

Forschungskonzept Energiespeicher und -systeme

Vorgelegt von Niedersächsischen ForscherInnen

Stand 2.11.2014



Kurzfassung (Executive Summary)

Niedersachsen ist ein Energieland. Es wird deshalb auch zukünftig für geeignete Energieversorgungssysteme eine herausragende Rolle spielen. Die niedersächsischen Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen wollen den Wandel der Energieversorgungssysteme mit den dafür erforderlichen wissenschaftlichen Untersuchungen qualifiziert unterstützen. Der Veränderungsprozess der Energieversorgung wird als große Herausforderungen dieses Jahrhunderts angesehen. Die teilweise sehr kontroversen Diskussionen zeigen jedoch, dass bisher noch kein breiter gesellschaftlicher Konsens für sinnvolle Umsetzungsstrategien gefunden wurde.

Neben leistungsfähigen Energienetzen, die die stark schwankende Einspeisung von Strom aus Wind und Photovoltaik (PV) aufnehmen und verteilen, werden auch in Zukunft Anlagen benötigt, die verschiedene Systemdienstleistungen bereitstellen, um jederzeit die gewünschte Versorgungssicherheit trotz fluktuierender Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (EE) zu gewährleisten. Diese und andere Systemdienstleistungen werden aktuell fast ausschließlich von Laufwasser-, Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken sowie thermischen Kraftwerken zur Verfügung gestellt. Bei Wärmekraftwerken sind es zu einem erheblichen Teil Kernkraftwerke, die derzeit diesen Beitrag zur Versorgungssicherheit erbringen. Durch Überschuss aus fluktuierendem EE-Strom und dem Wunsch sowie der Notwendigkeit, Überschussenergie für die Energieversorgung zu nutzen, wird die Energiespeicherung eine schnell wachsende Bedeutung erfahren.

Die Erprobung und Einführung neuer Speichertechnologien, Energiewandlungssysteme und Energiesystemkomponenten ist mit hohen Risiken und Kosten verbunden. Es ist notwendig, die neuen Systeme und deren Wirkung im Gesamtkontext integriert in verschiedenen Fachdisziplinen zu erforschen, um den Transformationsprozess bei Energiespeichern, Energiewandlungssystemen, den erforderlichen Systemdienstleistungen sowie den Energienetzen zu einem sicheren, resilienten und nachhaltigen Energiesystem zu ermöglichen.

Es wird empfohlen, ein abgestimmtes Forschungskonzept für Energiespeicher und -systeme zu entwickeln, um die wissenschaftliche Kompetenz in Niedersachsen zu bündeln und somit dessen Position als Energieland in Deutschland und darüber hinaus nachhaltig zu festigen.

Um die Schwerpunkte in der Erforschung der Energiespeicher und -systeme dort zu setzen, wo in Niedersachsen eine hohe Forschungskompetenz vorhanden ist, wurde ein Kompetenz- und Potenzialbericht erarbeitet (siehe hierzu EFZN-Schriftenreihe Nr. 22), der diesem Forschungskonzept als Grundlage dient. Ferner ist die Anbahnung von Kooperationen mit der Wirtschaft ein weiteres Ziel dieses Forschungskonzepts, um den Innovationstransfer in die Industrie und Dienstleistungsunternehmen zu stärken und deren Anforderungen für die Forschung zu erschließen.

Bei der Transformation des Energiesystems hin zu erneuerbaren Energieträgern muss stets gewährleistet sein, dass die Energieversorgung – insbesondere die Stromversorgung – gesichert ist sowie Anforderungen der Ökonomie, Ökologie, Gesellschaft und eine hohe Resilienz gegenüber Störungen Berücksichtigung finden. Mit der Bündelung der Forschung verfolgen die niedersächsischen WissenschaftlerInnen auch das Ziel, Entscheidungs- und

Handlungsunterstützung für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft in Niedersachsen zu liefern, um die sinnvolle Auswahl und Dimensionierung der Energiespeicher und -systeme im Energiesystem der Zukunft zu ermöglichen.

- Energiespeicher werden erforscht und je nach Entwicklungsstand bis zum Technikums-Maßstab erprobt, insbesondere elektrochemische, stoffliche und thermische Speicher sowie Pumpspeicherwerke.
- Effiziente Energiewandlungsverfahren werden erforscht, welche regenerativ erzeugte Elektroenergie in speicherbare Energieformen wandeln, insbesondere elektrochemische Energiewandlungssysteme und elektronische Leistungsumformung.
- Energiesystemdienstleistungen und gesicherte Leistung werden für ein System mit wachsendem Anteil an erneuerbaren Energien erforscht, welches die Versorgungssicherheit gewährleistet.
- Rahmenbedingungen werden erforscht, um für ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Anforderungen Theorien, Modelle und Strategien zu entwickeln, die eine langfristige Planung der Infrastrukturen und des gesamten Transformationsprozesses ermöglichen.

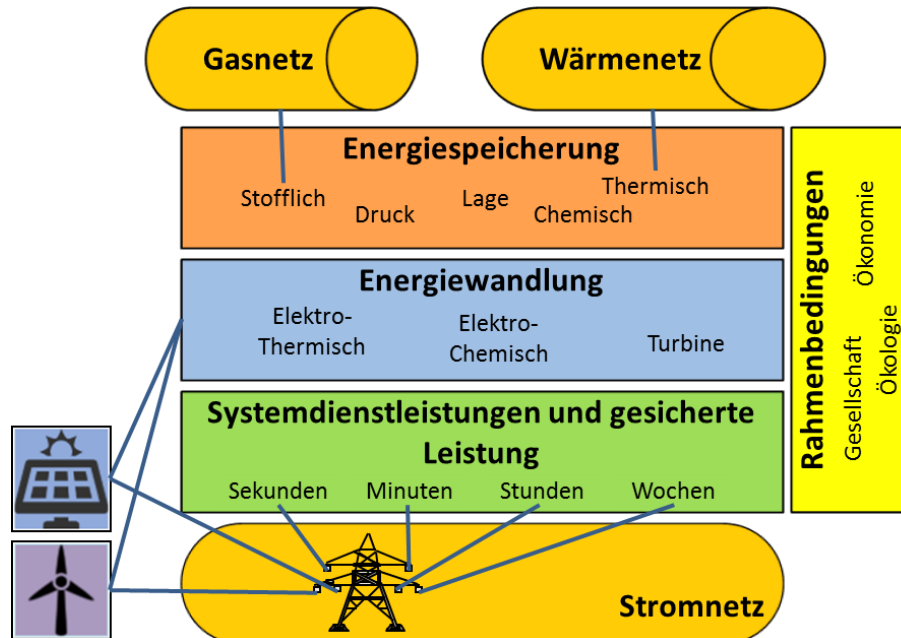


Abbildung 1: Forschungsschwerpunkte zum Forschungskonzept Energiespeicher und -systeme

Einleitung

Das vorliegende Forschungskonzept Energiespeicher und -systeme wurde innerhalb der niedersächsischen Wissenschaft (Universitäten, Hochschulen, Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft in Niedersachsen und anderen niedersächsischen Forschungsinstituten im Bereich Energiespeicher und -systeme) entwickelt und beschreibt Schwerpunkte zukünftiger Forschungsaktivitäten. Die Umsetzung soll durch gemeinsame Forschungsaktivitäten wie Graduiertenschulen und Verbundprojekte erfolgen. Basis des Konzeptes ist der im November 2014 in der EFZN-Schriftenreihe erscheinende Bericht niedersächsischer Wissenschaftler zu „Forschung zum Thema Energiespeicher und -systeme in Niedersachsen – Kompetenzen und Potenziale“¹, im Folgenden Kompetenz- und Potenzialbericht genannt.

Koordination:

Prof. Dr. rer. nat. H. Wenzl	Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme	Technische Universität Clausthal
------------------------------	--	----------------------------------

Beiträge und redaktionelle Endbearbeitung

Prof. Dr. M Breitner	Institut für Wirtschaftsinformatik	Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. R. Hanke-Rauschenbach	Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik - Fachgebiet Elektrische Energiespeichersysteme	Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. M. Könemund	Institut für Elektrische Anlagen und Automatisierungstechnik (IfEA)	Ostfalia Hochschule, Wolfenbüttel
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer	Institut für Energie- und Systemverfahrenstechnik	Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr. S. Lehnhoff	Energieinformatik	OFFIS Institut für Informatik
Prof. Dr. R. Leithner	Institut für Energie- und Systemverfahrenstechnik	Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. H. Richter	Institut für Informatik	Technische Universität Clausthal
Prof. Dr.-Ing. R. Scharf	Institut für Kraftwerkstechnik und Wärmeübertragung	Leibniz Universität Hannover
Dr. V. Schöber	Leibniz Forschungszentrum Energie	Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr. jur. H. Weyer	Institut für Rechtswissenschaften	Technische Universität Clausthal

Die im Folgenden genannten Wissenschaftler tragen das Konzept mit und unterstützen es:

Name		Forschungsinstitut
Prof. Dr. C. Agert	Next Energy	EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V., Oldenburg
Prof. Dr. Dr.h.c. J. Applerath	Department für Informatik	Universität Oldenburg

1 Beyer, K. et al. (Hrsg.): Forschung zum Thema Energiespeicher und -systeme in Niedersachsen - Kompetenzen und Potenziale. Ein Beitrag des Niedersächsischen Arbeitskreises "Forschungskonzept Energiespeicher und -systeme" in der EFZN-Schriftenreihe, Band 22, Cuvillier Verlag, 1.Aufl., Göttingen, 2014, ISBN: 978-3-95404-824-3

Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck	Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme	Technische Universität Clausthal
Prof. Dr. rer. nat. E. Boggasch	Institut für Energie optimierte Systeme (EOS)	Ostfalia Hochschule, Wolfenbüttel
Prof. Dr. H. Degenhart	Institut für Bank-, Finanz- und Rechnungswesen	Leuphana Universität Lüneburg
Prof. Dr. F. Dinkelacker	Institut für Technische Verbrennung	Leibniz Universität Hannover
Dr. A. Dyck	Next Energy	EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V., Oldenburg
Prof. Dr.-Ing. M.N. Fisch	Institut für Gebäude- und Solartechnik	Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr. Natalja Guschanski	Fachgebiet : Technologie, Fakultät für Elektro- und Informationstechnik	Hochschule Hannover
Prof. Dr. E.G. Hansen	Centre for Sustainability Management (CSM) und Innovations-Inkubator	Leuphana Universität Lüneburg
Prof. Dr. P. Heitjans	Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie	Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. S. Kabelac	Institut für Thermodynamik	Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr. U. Kunz	Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik	Technische Universität Clausthal
Prof. Dr.-Ing. A. Kwade	Institut für Partikeltechnik und Battery LabFactory Braunschweig	Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing O. Langefeld	Institut für Bergbau	Technische Universität Clausthal
Dr. R. Mautz	Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen an der Georg-August-Universität	Universität Göttingen
Prof. Dr. A. Mertens	Institut für Antriebstechnik und Leistungselektronik	Leibniz Universität Hannover
Dr. rer. nat. O. Opel	Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie	Leuphana Universität Lüneburg
Dr. rer. nat. T. Osterland	Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie und Innovations-Inkubator	Leuphana Universität Lüneburg
Prof. Dr. H.-J. Pfisterer	KEA – Kompetenzzentrum Elektronik & Antriebstechnik	Hochschule Osnabrück
Prof. Dr.-Ing. A. Raatz	Institut für Montagetechnik	Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. M. Reckzüge	Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik; Innovative Energiesysteme	Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. F. Renken	Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Automobil- und Leistungselektronik	Jade Hochschule, Wilhelmshaven
Prof. Dr.-Ing. W. Ruck	Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie	Leuphana Universität Lüneburg
Prof. Dr. W- Schade	Abteilung Faseroptische Sensoren	Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Außenstelle Goslar
Dr. Kerstin Schmidt	Projektgruppe Nachhaltige Mobilität	Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT, Wolfsburg

Prof. Dr. T. Schomerus	Institut für Nachhaltigkeits-steuerung und Leuphana Law School	Leuphana Universität Lüneburg
Prof. Dr. U. Schröder	Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie	Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr. M. Sonnenschein	Bereich Energie	OFFIS Institut für Informatik
Prof. Dr. S. Steinigeweg	Energie- & Umwelttechnik EUTEC Institut	Hochschule Emden/Leer
Prof. Dr.-Ing. T. Turek	Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik	Technische Universität Clausthal
Prof. Dr. W. Viöl		HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim / Holzminden / Göttingen
Dr. T. Vogt	Next Energy	EWE Forschungszentrum für Energietechnologie e.V. Oldenburg
Prof. Cynthia A. Volkert	Institut für Materialphysik	Universität Göttingen
Dr. W. von Wedel	Next Energy	EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V., Oldenburg
Prof. Dr. G. Wittstoch	Institut für Chemie	Universität Oldenburg
Dipl.-Ing. M. Zargari	Institut für Gebäude und Solartechnik	Technische Universität Braunschweig

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	2
1. Zusammenfassung	8
2. Forschungskonzept Energiespeicher und –systeme	9
2.1 Motivation	9
2.2 Inhaltliche Präzisierung	9
2.2.1 Energiesystemtechnik und Energiespeicher	9
2.2.2 Stromerzeugung für Systemdienstleistungen und gesicherte Leistung	10
2.3 Ziel	10
3. Forschungsschwerpunkte	11
3.1 Elektrochemische Speicher	11
3.2 Elektrochemische Energiewandlungssysteme	12
3.3 Stoffliche Speicherung	13
3.3.1 Wasserstoffspeicherung in Kavernen und Porenspeichern	13
3.3.2 Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu Methan und anderen Energieträgern	13
3.4 Pumpspeicherwerke	14
3.5 Thermische Speicher	14
3.6 Verknüpfung von Speichern, Erzeugungseinheiten und Lasten (Netze)	15
3.6.1 Elektrische Netze	15
3.6.2 Gasnetz	15
3.6.3 Wärme- und Kältenetze	16
3.7 Systemdienstleistungen und gesicherte Leistung	16
3.8 IKT für die Energiewirtschaft (Energieinformatik)	17
3.9 Elektronische Leistungsumformung	17
3.10 Wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen	18
4. Tabellarische Übersicht über Schwerpunkte und Ressourcen	19

1. Zusammenfassung

Die im Folgenden genannten Forschungsschwerpunkte werden von den niedersächsischen Wissenschaftlern, die dieses Forschungskonzept mittragen, als Schwerpunkte für ihre perspektivische Zusammenarbeit im Bereich Energiespeicher und –systeme vereinbart. Damit soll die Stabilität und Sicherheit des Energieversorgungssystems und seiner Komponenten verbessert, die Systemgesamtkosten verringert und die Umsetzung der Energiewende erleichtert werden.

Zur Umsetzung werden die beteiligten niedersächsischen Wissenschaftler gemeinsam Projektanträge im Rahmen von nationalen und europäischen Ausschreibungen und zusätzlich Anträge an niedersächsische Ministerien stellen, z.B. zur Förderung von Projekten aus EFRE-Mitteln, mit denen die Umsetzung des Forschungskonzepts beschleunigt und ermöglicht werden kann.

Die vereinbarten Forschungsschwerpunkte basieren auf Kompetenzen niedersächsischer Forschungsinstitute und Unternehmen, den wirtschaftlichen Interessen des Landes als dem Energieland Nr. 1 in Deutschland, und den geographischen und geologischen Gegebenheiten Niedersachsens. Es bietet zahlreiche Kooperations- und Umsetzungspotenziale für die niedersächsische Industrie, auch kleinen und mittleren Unternehmen. Forschungskonzept sowie Kompetenz- und Potenzialbericht sollen den politischen Entscheidungsträgern, Industrieunternehmen und der an Energiethemen interessierten Öffentlichkeit einen Überblick über die vereinbarten Forschungsschwerpunkte geben und die Einordnung geplanter Aktivitäten in ein umfassendes Gesamtkonzept zum Thema Energiespeicher und -systeme ermöglichen.

Folgende Forschungsschwerpunkte wurden vereinbart:

1. **Elektrochemische Speicher**
2. **Elektrochemische Energiewandlungssysteme (Elektrolyseure und Brennstoffzellen)**
3. **Stoffliche Speicherung (inkl. Power to Gas)**
4. **Pumpspeicherwerke**
5. **Thermische Speicher**
6. **Verknüpfung von Speichern, Erzeugungseinheiten und Lasten (Netze)**
7. **Systemdienstleistungen und gesicherte Leistung**
8. **IKT für die Energiewirtschaft (Energieinformatik)**
9. **Elektronische Leistungsumformung**
10. **Wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen**

Auf der letzten Seite befindet sich eine tabellarische Übersicht über diese Schwerpunkte und Vorschläge für Maßnahmen zu Ihrer schnellen Umsetzung sowie den Budgetbedarf für bereits angedachte Projekte und Maßnahmen.

2. Forschungskonzept Energiespeicher und –systeme

2.1 Motivation

Der Wandel der Energieversorgung zu einem nachhaltigen Gesamtsystem ist aus Klima- und Umweltgründen notwendig, aber auch aus sozialen, industrie- und sicherheitspolitischen Erwägungen sinnvoll. Die Veränderungsprozesse gehen über technische Fragen zur zukünftigen Energieversorgungsstruktur hinaus und erfordern auch viele gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Veränderungen. Die niedersächsische Wissenschaft stellt sich diesen Fragestellungen und möchte an Lösungen mitwirken. Relevante Fragestellungen sind:

- Stabilität und Sicherheit des Energieversorgungssystems und seiner Komponenten
- Systemgesamtkosten und
- Maßnahmen und Rahmenbedingungen zur Umsetzung der Energiewende

Für die Festlegung der im Folgenden beschriebenen Schwerpunkte zur Ausrichtung von Forschungsaktivitäten müssen die bisherigen Arbeiten und Kompetenzen, aber auch die standortspezifischen Aspekte Niedersachsens bzgl. geographischer Lage und geologischen Gegebenheiten, und die energiewirtschaftliche Situation und Wirtschaftsstruktur des Landes in Einklang gebracht werden. Dieser Abgleich ist im vorgestellten Forschungskonzept erfolgt. Die Kompetenzen der niedersächsischen Wissenschaft sind im Kompetenz- und Potenzialbericht (s.o. – EFZN Schriftenreihe Band 22) ausführlicher beschrieben und spiegeln sich auch in zahlreichen Projekten wider, die unter www.efzn.de/forschung/projekte-nds/ abgerufen werden können.

2.2 Inhaltliche Präzisierung

Das Energieversorgungssystem der Zukunft wird von einer hohen Interaktion der Teilbereiche Strom, Gas, Wärme- und Kälte, sowie Verkehr geprägt sein. Die weitgehende Trennung der Vergangenheit in Einzelsysteme ist mittlerweile weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll. Dem Stromversorgungssystem kommt dabei eine besondere Rolle zu. Windkraftanlagen und Photovoltaik sind die Kerntechnologien einer nachhaltigen Energieversorgung und produzieren Strom direkt. Strom kann somit als der neue Primärenergieträger bezeichnet werden und der Wandel von den bisherigen konventionellen Primärenergieträgern hin zu Strom stellt die größte technische und wirtschaftliche Herausforderung dar. Drei Aspekte sind dabei zu beachten: Energiesystemtechnik, Energiespeicherung und Stromerzeugung zur Bereitstellung einer gesicherten Leistung.

2.2.1 Energiesystemtechnik und Energiespeicher

Die Themen Energiesystemtechnik (Netze für Strom, Gas und thermische Energie, ihr Betrieb und ihre Steuerung, z.B. Erzeugungsmanagement, Lastverteilung) und Energiespeicher lassen sich nur schwer trennen und werden deshalb hier zusammen dargestellt. Die Flexibilisierung der bestehenden Netze, die Erhöhung ihrer Kapazität und ihre Erweiterung sind somit wichtige Bestandteile für das Energieversorgungssystem der Zukunft. Dabei ist es von sehr hoher Bedeutung, nicht nur das Höchstspannungsnetz als Transportnetz zu betrachten, sondern auch die Verteilnetze, die immer mehr neben ihrer Verteilungsfunktion auch eine Sammelfunktion für dezentrale Stromerzeugung übernehmen werden (Flächenkraftwerk).

Energiespeicher sind eine wichtige Option zur Stabilisierung und Optimierung des Energiesystems. Sie ermöglichen die zeitliche Entkoppelung von Erzeugung und Verbrauch. In einem vernetzten Energiesystem können sie zu einer qualitativ hochwertigen, zuverlässigen Versorgung bei stark schwankender Erzeugung und Last beitragen. Die Situation von Speichern für elektrische Energie unterscheidet sich dabei von Speichern in Wärme- und Gasnetzen, die ein integraler Bestandteil der jeweiligen Netze sind. Speicher für elektrische Energie stehen im Spannungsfeld zu flexiblen, konventionellen Kraftwerken, schaltbaren Lasten und zum Netzausbau, mit dessen Hilfe große Energiemengen räumlich zwischen Erzeugungs- und Verbrauchsschwerpunkten transportiert werden können.

Im Kompetenz- und Potenzialbericht sind diese Aspekte weiter ausgeführt.

Speicher für elektrische Energie sind nicht in der Lage, den Ausbau der Transportnetze für Strom zu vermeiden. Lediglich die stoffliche Speicherung elektrischer Energie als Wasserstoff und daraus hergestellten anderen Energieträgern zur Versorgung von Stromerzeugungseinheiten an den Verbrauchsschwerpunkten ist eine Option, mit der der Ausbau von Transportnetzen für Strom vermieden werden könnte.

Die Untersuchung technischer und wirtschaftlicher Alternativen zu Energiespeichern sind ebenfalls wichtige Bestandteile des hier vorgelegten Forschungskonzepts. Im Wesentlichen handelt es sich um folgende Optionen:

- Anpassung des Stromverbrauchs an die Erzeugung mittels Energiemanagementsystemen
- Flexibilisierung und Ausbau der Netze, mit denen die weitere Durchdringung der Netze mit PV- und Windkraftanlagen auch ohne Rückgriff auf Speicher erreicht werden kann.

2.2.2 Stromerzeugung für Systemdienstleistungen und gesicherte Leistung

Die Aktivitäten zur Weiterentwicklung von Windkraftanlagen und Photovoltaik sind bereits in anderen Forschungsverbänden zusammengeführt, z.B. ForWind, so dass sie und ihre Potenziale zur Bereitstellung für Systemdienstleistungen bei der Erarbeitung des hier vorgelegten Forschungskonzepts ausgeklammert werden.

Die Szenarien für eine weitgehend vollständige Stromversorgung aus erneuerbaren Energiequellen zeigen, dass lange Phasen ohne oder mit nur geringen Mengen an regenerativ erzeugtem Strom überbrückt werden müssen. Für eine, unter allen Umständen zuverlässige Stromversorgung ist deshalb weiterhin eine Erzeugungsstruktur notwendig, die eine vollständige Stromversorgung aus konventionellen fossilen Energieträgern (Erdgas und Kohle, etc.) oder aus, mittels Überschussstrom produzierten Energieträgern (Wasserstoff bzw. synthetische Kohlenwasserstoffe) sicherstellen kann. Entwicklung und Systemintegration neuer und sehr flexibler Kraftwerke, sowie ihre Integration mit Speichern, sind für das zukünftige Energieversorgungssystem von großer Bedeutung. Im Kompetenz- und Potenzialbericht sind dazu weitere Details aufgeführt, die insbesondere die grundsätzlichen Änderungen der Anforderungen an Kraftwerke bzw. die zukünftigen Energiewandlungssysteme beschreiben.

2.3 Ziel

Das vorliegende Forschungskonzept hat die Schaffung wissenschaftlicher Exzellenz auf dem Gebiet der Energiespeicher und –systeme zum Ziel. Aus der obigen Zusammenstellung wird

deutlich, dass Forschungsarbeiten auf diesen Gebieten nur durch transdisziplinäre Zusammenarbeit vieler ingenieur- und naturwissenschaftlicher Disziplinen, Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften erfolgreich sein kann. Die Breite der Themen macht es fernerhin notwendig, sich auf wenige Fragestellungen zu konzentrieren.

Die vereinbarten Forschungsschwerpunkte sollen auch dazu beitragen, die Bildung von Konsortien zwischen Forschungsinstituten und Industriepartnern zu erleichtern. Darüber hinaus wird der erforderliche Ausbau der wissenschaftlichen Infrastruktur zur Verwirklichung der Forschungsarbeiten angestrebt.

Die Kombination von Forschungskonzept und Kompetenz- und Potenzialbericht zusammen gibt politischen Entscheidungsträgern einen Überblick über die Forschungsschwerpunkte der niedersächsischen Wissenschaft und erlaubt die Einordnung geplanter Aktivitäten in ein umfassendes Gesamtkonzept zum Thema Energiespeicher und –systeme. Den niedersächsischen Wissenschaftlern, die dieses Konzept mittragen, dienen die Konzepte als Leitfaden für die Zusammenarbeit und Entwicklung gemeinsamer Projekte.

Die niedersächsische Landesregierung hat zum 1. Juni 2012 die Landesinitiative Energiespeicher und –systeme eingerichtet, um die Entwicklung energieeffizienter und wirtschaftlicher Speichertechnologien sowie ihre Einbindung in das gesamte Energieversorgungssystem voranzutreiben. Das Forschungskonzept hat auch das Ziel, die Aktivitäten der Landesinitiative zu unterstützen.

3. Forschungsschwerpunkte

Es werden die folgenden Schwerpunkte vereinbart:

1. Elektrochemische Speicher
2. Elektrochemische Energiewandlungssysteme (Brennstoffzellen und Elektrolyseure)
3. Stoffliche Speicherung
4. Pumpspeicherwerke
5. Thermische Speicher
6. Verknüpfung von Speichern, Erzeugungseinheiten und Lasten (Netze)
7. Systemdienstleistungen und gesicherte Leistung
8. IKT für die Energiewirtschaft (Energieinformatik)
9. Elektronische Leistungsumformung
10. Wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Im Folgenden findet sich eine kurze Beschreibung jedes Forschungsschwerpunkts mit Verweis auf weitere Informationen im Kompetenz- und Potenzialbericht. Zum Schluss ist eine Übersichtstabelle mit einer Budgetübersicht für Projekte und Maßnahmen enthalten.

3.1 Elektrochemische Speicher

Unter elektrochemischen Energiespeichern werden alle Batteriesysteme (Lithium-Ionen-Batterien sowie neue Batteriesysteme wie wiederaufladbare Metall-Luft-Batterien und Lithium-Schwefel-Systeme) sowie Redox-Flow-Batterien verstanden, ihre Herstellungsverfahren und das Recycling am Ende der Lebensdauer. Ein zusätzlicher Themenbereich

wird Batteriesensorik zur Zustandserfassung sein. Der weitere Forschungsbedarf und das Innovationspotenzial, sowie die bereits vorhandene gute Zusammenarbeit der vielen Forschungsinstitute im Bereich elektrochemische Speicher und die exzellente Passfähigkeit der Ausrichtung mit der Industrie wird in Kapitel 5 des Kompetenz- und Potenzialberichts beschrieben.

Zur Weiterentwicklung des erreichten Standes und Nutzung der aufgebauten Infrastruktur sowie zur Intensivierung der Kooperationen zwischen den Hochschulen des Landes untereinander wird eine Weiterführung der Graduiertenschule GEENI vorgeschlagen. Ferner sind zur effizienten Nutzung der gerade aufgebauten Expertise der mehr als 20 niedersächsischen Forschungsgruppen große Verbundprojekte geplant und sinnvoll, die von grundlagenorientierten bis hin zu ingenieurwissenschaftlichen, produktionsnahen Fragestellungen unter Nutzung bereits vorhandener Infrastruktur (Battery LabFactory Braunschweig BLB und Batterietestzentrum) und unter intensivierter Einbindung der Automobil- und produzierenden Industrie reichen. Dies festigt die Position der Batterieforschung in Niedersachsen. Auf diesem Weg wäre eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Forschung und Ausbildung im Bereich der Elektrochemie und technischen Speichersysteme möglich.

3.2 Elektrochemische Energiewandlungssysteme

Aktuell ist die Wandlung von Strom in speicherbares synthetisches Gas und wieder in Strom unter ökonomischen Randbedingungen nicht darstellbar. Die Speicherung und Verteilung von Gas ist dagegen durch Kavernen in Norddeutschland und das Erdgasnetz weitgehend gelöst. Daher wird es eine entscheidende Rolle spielen, die Kosten für elektrochemische Energiewandlungssysteme auf ein wettbewerbsfähiges Niveau zu reduzieren. Dies kann einerseits durch die Verbesserung der Technologien oder durch ein besseres Verständnis und gezielte Optimierung des gesamten Energiesystems erfolgen. Mit Blick auf die Brennstoffzellen-Aktivitäten der Volkswagen AG und weiterer industrieller Akteure in Niedersachsen ist eine Intensivierung der Forschungsarbeiten in diesem Bereich von großer Bedeutung. Gegenwärtig ist in ausgewählten Bundesländern eine Bündelung von Forschungsaktivitäten im Bereich Elektrolyse zu beobachten. Um in diesen Wettbewerb den niedersächsischen Vorsprung in der Wissenschaft zu erhalten und künftig entscheidende Impulse zum aktuellen Diskurs beitragen zu können, ist eine Landesförderung notwendig. Im Rahmen dieses Forschungsschwerpunkts werden daher elektrochemische Energiewandlungssysteme betrachtet, insbesondere Wasserelektrolyseure und Brennstoffzellen. Eine Übersicht über die Kompetenzen und den Forschungsbedarf hierzu findet sich auch in Kapitel 6.1 und 6.2 des Kompetenz- und Potenzialbericht.

Der Wasserelektrolyse erlaubt die Wandlung überschüssiger Elektroenergie in Wasserstoff (Power-to-Gas), die beispielsweise entweder direkt oder nach einer Methanisierung ins Erdgasnetz eingespeist werden kann. Hierbei ist es notwendig, die Eigenschaften von verschiedenen Elektrolýsetechnologien auf die Anforderungen hinsichtlich der Systemgröße als auch der Betriebsweise des Überschussstroms aus EE auszurichten.

Brennstoffzellen ermöglichen die Rückverstromung des regenerativ bereitgestellten Wasserstoffs bzw. der daraus erzeugten Energieträger (SNG, Methanol, etc.) mit einem hohen Wirkungsgrad. Wichtige Fragestellungen, die gegenwärtig auch von mehreren nieder-

sächsischen Gruppen bearbeitet werden, liegen im Bereich Lebensdauersteigerung, Kostenreduktion und Systemtechnik.

Für diese Forschungsaktivitäten sind erhebliche Investitionen in Laborkapazitäten und Forschungsanlagen erforderlich. Zum Aufbau der Kompetenzen bedarf es zudem einer fachgebietsübergreifenden Verbundforschung.

3.3 Stoffliche Speicherung

Die stoffliche (chemische) Speicherung volatiler erneuerbarer Energien als Wasserstoff und die Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu Methan und anderen Rohstoffen ist von besonderer Bedeutung für die Transformation der Energieversorgung, da so und nur so Energiemengen im Bereich von TWh über sehr lange Zeiträume gespeichert werden können. Neben dem eigentlichen Speicherprozess von Wasserstoff ist dabei auch die nachfolgende Umwandlung in weitere Rohstoffe zu betrachten. Dabei ist eine Prioritätensetzung für die Nutzung von Wasserstoff sinnvoll, um hohe Umwandlungsverluste und Kosten zu vermeiden, von der unmittelbaren Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff oder Chemierohstoff als erste Priorität bis zur thermischen Nutzung als geringste Priorität.

Das Thema stoffliche Speicherung gliedert sich in zwei Teile, der Speicherung von Wasserstoff und der Umwandlungstechnologien von Wasserstoff in andere Stoffe.

3.3.1 Wasserstoffspeicherung in Kavernen und Porenspeichern

Die Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyseanlagen ist für die Energiewirtschaft nur dann sinnvoll, wenn Speicher existieren, die große Energiemengen aufnehmen und eine Entkopplung von fluktuierendem Energieangebot für die Wasserstofferzeugung und den Wasserstoffverbrauch gewährleisten können. Die technischen Alternativen, der Forschungsbedarf und das Innovationspotenzial, sowie die herausragenden geologischen Voraussetzungen in Niedersachsen für große Wasserspeicher sind in Kapitel 7.1 des Kompetenz- und Potenzialberichts dargestellt.

Die zur Realisierung großer Wasserstoffspeicher erforderlichen Forschungsarbeiten benötigen eine kontinuierliche weitere Bearbeitung der Fragestellungen, aber auch eine umfassende ideelle und finanzielle Unterstützung des Landes- sowie der Bundesregierung, insbesondere, wenn Forschungsprojekte mit Demonstrationscharakter bewilligt werden.

3.3.2 Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu Methan und anderen Energieträgern

Mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff können etablierte und alternative Energieträger wie Methan, flüssige Kraftstoffe und Ammoniak sowie Grundstoffe für die chemische Industrie erzeugt werden, die in etablierten Märkten eingesetzt werden können. Die dafür benötigten Prozesse sind seit langem bekannt. Die Prozesse, das Innovationspotenzial und der Forschungsbedarf sind in Kapitel 8 des Kompetenz- und Potenzialberichts ausführlich erläutert.

Um die niedersächsische Forschung im Bereich der chemischen Transformation von Wasserstoff zu Brennstoffen und Chemierohstoffen zu fördern und sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene wettbewerbsfähig und sichtbar zu machen, wird die Gründung einer transdisziplinären Graduiertenschule und/oder die Entwicklung großer

Verbundprojekte vorgeschlagen. Bei erfolgreicher Akquirierung von Projekten mit Demonstrationscharakter ist eine weitere hohe Unterstützung vermutlich erforderlich.

3.4 Pumpspeicherwerke

In Stromversorgungssystemen stellen Pumpspeicherwerke seit Jahrzehnten neben Druckluftspeicherkraftwerken die einzige großtechnische wirtschaftlich umsetzbare Art der Energiespeicherung dar. Pumpspeicherwerke sind technisch weitgehend ausgereift. Die Zahl möglicher neuer Standorte ist aber wegen der geographischen Voraussetzungen, des Landschaftsverbrauchs und des Eingriffs in die Natur begrenzt. Lösungen für diese Problematik sind Pumpspeicherkraftwerke unter Tage. Diese Lösung, der dafür erforderliche Forschungsbedarf und die Chancen dieses neuen, in einer Machbarkeitsstudie schon untersuchten Konzepts sind in Kapitel 9.1 des Kompetenz- und Potenzialberichts ausführlich erläutert.

Zur Weiterentwicklung des Konzepts Pumpspeicher unter Tage und Bearbeitung der zahlreichen Fragestellungen wurde am EFZN eine eigene Gruppe geschaffen, die sich aktiv um Forschungsprojekte bemüht und unter anderem auch das jährliche wissenschaftliche Symposium für Pumpspeicherwerke organisiert. Die für die Umsetzung erforderlichen Projekte sind sehr groß und erfordern die Unterstützung der Landesregierung bei Antragstellung und Genehmigung, sowie die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung.

3.5 Thermische Speicher

Thermische Speicher dienen wie alle Speicher dem Ausgleich zwischen Bereitstellung und Nutzung von Energie und Leistungsspitzen. Thermische Speicher sind integrale Komponenten bzw. Funktionen von vielen thermischen Energieversorgungssystemen. Trotz der großen Marktreife vieler thermischer Speicher und Wärme- bzw. Kälteerzeugungsanlagen gibt es angesichts der Transformation des Energiesystems ein hohes Innovationspotenzial und viele neue wissenschaftliche Fragestellungen. Diese sind in Kapitel 9.3 des Kompetenz- und Potenzialberichts beschrieben. Aufgrund des millionenfachen Einsatzes von sensiblen Wärmespeichern haben die systemgerechte Integration und die verlustminimierte Installation eine hohe Praxisrelevanz mit zahlreichen Forschungsaspekten.

Des Weiteren ist die geothermische Speicherung von Wärme auf unterschiedlichem Temperaturniveau und die Regeneration von Erdreichreservoirs ein wichtiges Forschungsthema, insbesondere in Verbindung mit Wärmepumpen als hocheffiziente Wärmeerzeuger und in Verbindung mit Wärmenetzen.

Zur Ausgestaltung und zum weiteren Aufbau der Aktivitäten in diesem Bereich sind Prüfstände für hocheffiziente Speicherentwicklungen und deren Systemintegration einschließlich Hochtemperaturspeichern sowie Phasenwechsel- und thermochemischen Speichern, und Stellen für wissenschaftliche Mitarbeiter in Projekten dafür notwendig.

3.6 Verknüpfung von Speichern, Erzeugungseinheiten und Lasten (Netze)

Die Integration von Speichern in Netze erweitert die bisherigen Funktionen des Netzes als Verknüpfung von Erzeugungseinheiten und Lasten. Eng im Zusammenhang mit der Nutzung und dem Betrieb von Speichern steht der Ausbau und die Optimierung des Betriebs von Versorgungsnetzen, sowohl bei den elektrischen Übertragungs- und Verteilnetzen, den Erdgastransport- und -verteilnetzen als auch bei Wärme- und Kältenetzen. Der Forschungsschwerpunkt Netze muss durch Forschungen zu Fragen der wirtschaftlichen und rechtlichen Gestaltung und Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen begleitet werden, sowie Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz der notwendigen Veränderungen (siehe Kapitel 15 des Kompetenz- und Potenzialberichts) behandeln.

Die Interaktion der Netze dominiert die Forschungsarbeiten im Schwerpunkt Netze. Die im Folgenden aufgeführten Forschungsthemen sollten als Netzinfrastruktur übergreifend unter Berücksichtigung aller Aspekte verstanden werden und die Informations- und Kommunikationstechnik für die Überwachung und Steuerung der Netze einschließen. IKT für die Energiewirtschaft, wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte werden als eigener Forschungsschwerpunkte betrachtet (3.8 und 3.10), weil sie auch alle anderen Forschungsschwerpunkte betreffen.

3.6.1 Elektrische Netze

Der Forschungsbedarf, um die zukünftigen Anforderungen an die Übertragungs- und Verteilnetze zu erfüllen, insbesondere auch die Fragen nach dem Beitrag zur Bereitstellung von Netzdienstleistungen durch die Verteilnetzbetreiber, sind in Kapitel 10.1 des Kompetenz- und Potenzialberichts ausführlich erläutert. Auch die erheblichen Kompetenzen niedersächsischer Forschungsinstitute und Unternehmen sind dort dargestellt. Die Forschungen werden dabei nicht auf die Konzepte begrenzt, die durch die jetzige Regulierung vorgegeben sind, sondern werden auch Optionen, die nur bei anderen regulatorischen Rahmenbedingungen möglich sind, beinhalten.

Zur Bearbeitung dieses Forschungsschwerpunkts ist auch ein Ausbau von Laborkapazität notwendig, mit denen Netzbedingungen experimentell umfassend nachgebildet und variiert werden können, sowie Verbundprojekte, die die Arbeit an jetzt bereits laufenden Vorhaben fortführen und erweitern.

3.6.2 Gasnetz

Anders als im Stromversorgungssystem lassen sich in der Gasversorgungsinfrastruktur Netze und Speicher nicht getrennt voneinander betrachten, da das Gasnetz gleichzeitig Energietransport- als auch Speicherfunktionen hat. Ferner sind zusätzliche, sehr große Gasspeicher, z.B. in Salzkavernen, Stand der Technik. In Niedersachsen befinden sich europaweit die meisten Gasspeicher in Salzkavernen mit entsprechend leistungsstarker Anbindung an Transportnetze.

Die das Gasnetz betreffenden Forschungsfragen, die vor allem auf die Interaktion mit dem Stromnetz sowie Wärme- und Kältenetzen beruhen, sind in Kapitel 10.2 des Kompetenz- und Potenzialberichts erläutert.

Auch zur Untersuchung dieser Themen ist die Gründung einer Graduiertenschule oder die Entwicklung von Verbundprojekten geplant, um den erreichten wissenschaftlichen Stand auszubauen. Weiterhin wird der Aufbau von Laborkapazitäten vorgeschlagen, mit denen im Labor experimentell zugängliche Fragen untersucht werden können.

3.6.3 Wärme- und Kältenetze

Neben elektrischen Netzen und dem Gasnetz existieren bereits Wärmenetze in unterschiedlicher Ausprägung. Die Wärme- bzw. Kältenetze werden in Zukunft sehr eng mit dem Stromnetz gekoppelt (Power to Heat, Kraft-Wärme-Kopplung) und dieser umfassende Umbruch bedingt die Festlegung von Wärme- und Kältenetzen als eigenständigen Forschungsschwerpunkt neben thermischen Speichern. Ausführliche Darstellungen des Innovationspotenzials und Forschungsbedarfs sind in Kapitel 10.3 des Kompetenz- und Potenzialberichts enthalten. Wegen der großen Bedeutung dieses Themas plant das EFZN in Kooperation mit der Landesinitiative Energiespeicher und –systeme die Bildung einer Dialogplattform Power to Heat, die den Ausbau von Wärmenetzen und thermischen Speichern gemeinsam mit Industrieunternehmen voranbringen möchte. Zusammen mit Industrieunternehmen sollen dann Projekte definiert werden.

Im Bereich kleinerer Versorgungsstrukturen (z. B. in Quartieren oder Siedlungen) sind daher Fernwärmeleitungen auf unterschiedlichem Temperaturniveau wie beispielsweise kostengünstige Niedertemperaturnetze (sog. Low-Exergy- und Kalte-Nahwärme- Leitungen) systemintegriert einzubeziehen. Der strom- und wärmenetzbezogene Betrieb erfordert neue Lösungen in der Regelungstechnik. Hierzu sollen neben den Grundlagenarbeiten innovative Projekte mit Kommunen, Stadtwerken und Wohnungsgesellschaften entwickelt werden.

Ähnlich wie bei Gas- und Stromnetzen wird vorgeschlagen, dass neben dem Aufbau von personellen Ressourcen im Rahmen einer Graduiertenschule oder einem großen Verbundprojekt Laborkapazitäten zur experimentellen Untersuchung des Systemverhaltens aufgebaut werden.

3.7 Systemdienstleistungen und gesicherte Leistung

Zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit müssen Vorkehrungen für lang andauernde, ungünstige Wetterlagen mit geringer Stromproduktion aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen getroffen werden. Es besteht Konsens darüber, dass deshalb im Stromnetz jederzeit zuschaltbare Stromerzeugungseinheiten mit hoher Verfügbarkeit vorhanden sein müssen (s. Kap. 6.3 des Kompetenz- und Potenzialberichts), die durch den Einsatz vorgehaltener Brennstoffe den Gesamtbedarf decken können. Aus heutiger Sicht werden für diese Aufgabe auch langfristig thermische Kraftwerke und Motorenkraftwerke sowie Speicherkraftwerke (z.B. Druckluftspeicherkraftwerke und geothermale Kraftwerke) benötigt. Für die Bereitstellung der benötigten Brennstoffe ist auch eine stoffliche Speicherung von regenerativem Überschussstrom möglich. Die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an diesen Kraftwerkspark werden sich aber stark von den jetzigen Anforderungen unterscheiden und führen zu zahlreichen Forschungsaufgaben (s. Kap. 6.3 und 9.2 des Kompetenz- und Potenzialberichts). Dieser Kraftwerkspark muss jedoch nicht nur die gesicherte Leistung zur Verfügung stellen, sondern den Beitrag an

Systemdienstleistungen erbringen, der von anderen Betriebsmitteln nicht bereitgestellt werden kann.

Die erforderlichen Forschungen sollen im Rahmen einer Graduiertenschule und Verbundprojekten erfolgen. Als experimentelle Basis dieser Graduiertenschule sollen die neuen Versuchsanlagen im Forschungsbau „Dynamik der Energiewandlung“ dienen, für die dann auch weitere Investitionen notwendig sind.

3.8 IKT für die Energiewirtschaft (Energieinformatik)

Mit dem Einsatz von IKT wird die Kopplung und ganzheitliche Optimierung des Gesamtsystems möglich, da dynamische Prozesse simulativ und real abbildbar sind und Daten in Echtzeit ausgetauscht werden können. Die Vielzahl der Fragestellungen und das hohe Innovationspotenzial sind in Kapitel 11 des Kompetenz- und Potenzialberichts dargestellt.

Zusätzlich sollen Labore für Informations- und Kommunikationstechnologie eingerichtet und mit Hard- und Software ausgestattet werden, um in einem Verbundprojekt verschiedener Partner Fragestellungen koordiniert zu untersuchen. Die Schwerpunkte bei den IKT-Laboren liegen dabei einerseits in der Bereitstellung von Energiesystemmodellen, in Automatisierungssystemen für eine optimierte Betriebsführung dezentraler Energiespeicher und in der leittechnischen Integration von Speichersystemen und Darstellung in zukünftigen Leitwarten zur Betriebsführung. Auf der anderen Seite soll eine Cloud-basierte, simulative Ausführung der Energiesystemmodelle erfolgen, Leitwartendaten sollen mit Verbraucherdaten fusioniert werden, um mittels einer Big Data-Analyse smarte Entscheidungsfindungen zu generieren, und Rechnernetzprotokolle und Schedulingverfahren sollen für die virtuelle Kopplung verteilter Energiespeicher entwickelt werden.

Schließlich sollen die IKT-Labore als Kompetenzzentrum den anderen Wissenschaftlern bei IKT-relevanten Fragen beratend beiseite stehen, um inkompatible Insellösungen auf der Komponentenseite zu vermeiden.

3.9 Elektronische Leistungsumformung

Soll die gespeicherte Energie genutzt werden, wird sie in der Regel in elektrische Energie umgewandelt. Um sie dann ins Netz einzuspeisen, sind elektronische Leistungsumformer erforderlich, die von der Leistungselektronik bereitgestellt werden. Sie erlauben gleichzeitig die exakte und hochdynamische Steuerung und Regelung von Strömen und Spannungen. Die Leistungselektronik ist für die Anbindung der meisten Speicher und für viele Optionen in aktiven Verteilnetzen und für Schalthandlungen bei Energiemanagementsystemen unverzichtbar. Damit ist die Leistungselektronik eine Schlüsseltechnologie für Energiespeicher und –systeme. Der Forschungsbedarf dafür und das Innovationspotential sind in Kapitel 12 des Kompetenz- und Potenzialberichts erläutert. Er umfasst vor allem die Steigerung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von elektrischen Leistungsumformern, die Steigerung ihrer Effizienz, die Senkung des Aufwands und der Kosten für Geräte und Anlagen der Leistungselektronik, und die Stabilisierung ihres Zusammenwirkens im Netz. Zur Ausgestaltung dieses Schwerpunkts wird eine Graduiertenschule vorgeschlagen sowie dafür benötigte Labor- und Testeinrichtungen.

3.10 Wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Die wirtschaftlichen, rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen betreffen die Entwicklungslinien aller der obigen Forschungsschwerpunkte in hohem Maße (s. Kap. 13, 14 und 15 des Kompetenz- und Potenzialberichts). Notwendig ist eine standortübergreifende enge Kooperation, an der möglichst viele Universitäten und Hochschulen beteiligt sind. Hier sollen verschiedene Technologien verglichen werden, z.B. bzgl. Wirtschaftlichkeit, Finanzierung, Geschäftsmodelle und Betreiberkonzepte, Akzeptanz, Ökobilanzen und rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen. Ferner müssen volkswirtschaftliche Fragen adressiert werden, z.B. regionale und nationale Wertschöpfung und Arbeitsplätze, Einnahmen aus Steuern und Sozialabgaben, Belastungen von Bürgern und sinnvolle staatliche Anreize und Subventionen. Die Forschung - präferiert im Rahmen einer Graduiertenschule - muss inhaltlich und organisatorisch eng verzahnt werden mit allen anderen Forschungsschwerpunkten.

4. Tabellarische Übersicht über Forschungsschwerpunkte und Ressourcen

Die Budgetabschätzung beruht auf einem Ansatz von 60.000 € pro Promotionsstelle und einer Dauer von 4 Jahren plus geringe Beträge für Reisen und Material, insgesamt 260.000 € pro Mitarbeiter.

	Forschungsschwerpunkt	Aktivitätenplanung	Budget für vier Jahre
1	Elektrochemische Speicher	Fortführung des jetzigen Graduiertenkollegs GEENI zusammen mit niedersächsischen Hochschulen, Gezielte Nutzung der Kompetenz der mehr als 20 Gruppen mittels Verbundprojekten mit teilweise grundlagenorientiertem, teilweise ingenieurwissenschaftlichen und produktionsnahen Themenstellungen, u.a. zusammen mit der Industrie	Ca. 21560 T€
2	Elektrochemische Energieumwandlungssysteme	Aufbau und Erweiterung von Knowhow mit Schwerpunkt auf systemorientierten Fragestellungen	Ca. 12900 T€
3	Stoffliche Speicherung	Erweiterung bestehender Aktivitäten und Aufbau neuer bei der Speicherung von Wasserstoff und der Weiterveredelung zu Methan und Methanol Gründung einer Graduiertenschule und Durchführung von Verbundprojekten	Ca. 10810 T€ Weitere finanzielle Unterstützung wird benötigt, wenn erfolgreich Projekte mit Demonstrationscharakter akquiriert werden.
4	Pumpspeicherwerke	Fortführung der bestehenden Aktivitäten	Ca. 1940 T€ Weitere hohe finanzielle Unterstützung wird benötigt, wenn Projekte mit Demonstrationscharakter akquiriert werden.
5	Thermische Speicher	Fortführung und Ausbau bestehender Arbeiten in Verbundprojekten, Erweiterung von Laborkapazitäten bzw. Prüfständen	Ca. 5475 T€
6	Verknüpfung von Speichern, Erzeugungseinheiten und Lasten (Netze)	Weiterentwicklung und Ausbau von Verbundprojekten in den gekoppelten Themen Strom-, Gas- und Wärmenetze	Ca. 4550 T€
7	Systemdienstleistungen und gesicherte Leistung	Graduiertenschule mit weiterer Aufbau von Versuchseinrichtungen und Verbundprojekten	Ca. 15290 T€
8	IKT für die Energiewirtschaft (Energieinformatik)	Verbundprojekte unter Aufbau von Laboreinrichtungen	Ca. 4480 T€
9	Elektronische Leistungsumformung	Graduiertenschule und Ausbau von Laboreinrichtungen	Ca. 6420 T€
10	Wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen	Gemeinsame Graduiertenschule für die Bearbeitung von wirtschaftswissenschaftlichen, rechtswissenschaftlichen und gesellschaftswissenschaftlichen Fragestellungen	Ca. 4120 T€
		Gesamter Mittelbedarf:	Ca. 87545T€