

Masterplan Energieforschung in Sachsen



Grußworte



Dr. Eva-Maria Stange
Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst
Foto: Martin Förster

Die Energieforschung besitzt für den Freistaat Sachsen einen hohen Stellenwert. Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen befassen sich in vielfältiger Weise mit dem Thema Energieforschung. Das Ineinandergreifen von Grundlagenforschung und angewandter Forschung prägt die Energieforschung in Sachsen heute genauso wie langfristige strategische Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Energieforschung in Sachsen ist z.B. in den Bereichen Materialforschung, Kälte- und Wärmekopplung, Speichertechnologien, Brennstoffzellenforschung, Energieeffizienz in der Produktion sehr gut und breit aufgestellt. Bestätigt wird dies durch die Veröffentlichung der durch das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA) in Auftrag gegebenen Akteursstudie. Gleichzeitig wurde darin aber auch deutlich, dass die nationale und internationale Sichtbarkeit der Energieforschung in Sachsen und die Drittmittelakquise auf verschiedenen Ebenen noch verbessert werden könnten. Auch die Transferpotentiale seien besser auszuschöpfen.

Doch wie lassen sich die beschriebenen Verbesserungschancen realisieren? Eine Antwort auf diese Frage zu finden, ist deshalb so wichtig, weil es gilt, die Energieforschung in Sachsen mit dem Ziel exzellenter Forschung und strategischer Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft weiterzuentwickeln. Aufgaben gibt es genug. Beispielhaft zu nennen ist die Thematik „Sektorenkopplung“, also die gesamtsystemische Integration der verschiedenen, bisher vielfach einzeln betrachteten Sektoren Elektrizität, Wärmeversorgung und Verkehr. Die Digitalisierung der Energiewirtschaft schreitet voran und bietet zahlreiche neue Möglichkeiten, um Mehrwerte zu erzielen, die weit über das hinausgehen, was die klassischen Aufgaben der Energiewirtschaft sind. Unsere exzellenten Kompetenzen in den Bereichen der Nanotechnologie und Mikroelektronik, der anwendungsorientierten Software- und Datenübertragungsforschung, in den Materialwissenschaften und beim Leichtbau sowie unsere rege Start-up-Szene und insgesamt die Unternehmenslandschaft suchen für alle diese Themen bereits heute nach neuen bahnbrechenden Erkenntnissen und innovativen Lösungen.

Der „Masterplan Energieforschung in Sachsen“ geht zurück auf einen Antragsbeschluss der Regierungsfractionen CDU und SPD im Sächsischen Landtag. Er soll zur Weiterentwicklung unserer sächsischen Energieforschung beitragen und damit vor allem einen strategischen Orientierungsrahmen für die verschiedenen Akteure schaffen. Der Masterplan Energieforschung ist das Ergebnis eines umfassenden Beteiligungsprozesses, an dem zahlreiche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie von Forschung und Entwicklung treibenden Unternehmen mitwirkten. Seine Inhalte wurden auf einem Kongress diskutiert, über verschiedene Umfragen abgerufen und umfassend ausgewertet. Ich danke ganz besonders den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der VDI/VDE-IT GmbH, die diesen Prozess in seinem gesamten Umfang intensiv begleitet haben.

Dr. Eva-Maria Stange
Sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst



Martin Dulig
Staatsminister für Wirtschaft Arbeit
und Verkehr und stellvertretender
Ministerpräsident
Foto: Götz Schleser

Sachsen ist ein traditionsreiches Energieland. Sowohl bei der Energieumwandlung als auch bei der Verteilung und der Speicherung von Energie werden in Sachsen modernste Verfahren und Technologien angewandt. Dabei ist uns stets wichtig, eine verlässliche, ökologisch sinnvolle und kosteneffiziente Energieversorgung in allen Bereichen zu erreichen. Die „Energiewende“ bedeutet einen grundlegenden Umbau unseres Energiesystems hin zu mehr dezentralen Erzeugungsanlagen für Strom und Wärme, neuen – intelligenten! – Formen der Energienutzung und nicht zuletzt der Einführung innovativer Verkehrs- und Antriebssysteme auf unseren Straßen. Dabei sind sächsische Unternehmen und Forschungseinrichtungen mehr denn je gefragt.

Eine weitere wichtige Herausforderung der kommenden Jahre ist die Digitalisierung der Energiewirtschaft. Immer mehr „verschwimmt“ das klassische Rollenbild vom Produzenten und Konsumenten, Verträge werden individuell auf die Bedürfnisse und Wünsche der Marktteilnehmer angepasst. Die Energiewende birgt viele Chancen, neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen zu entwickeln und anzubieten, die wir so heute noch nicht kennen. Die technologieübergreifende beziehungsweise interdisziplinäre Vernetzung ist dafür ein zentrales Instrument.

Um diesen Transformationsprozess sinnvoll begleiten zu können, haben wir gemeinsam mit dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK) sowohl die bereits bestehenden Stärken der sächsischen Energieforschungslandschaft identifiziert als auch nach Bereichen geschaut, die wir in Zukunft noch besser unterstützen wollen. Herausgekommen ist ein „Masterplan Energieforschung in Sachsen“, der die sächsischen Akteure in ihrem Handeln bestärken soll und Maßnahmen beschreibt, wie sich Sachsen weiterhin unter den Top Forschungs- und Innovationsstandorten in der Energieforschung in Deutschland behaupten kann.

Allein im Jahr 2015 wurden 21 Millionen Euro an reinen Landesmitteln in die Energieforschung in Sachsen investiert – das ist Platz vier im Bundesvergleich. Um die besten Lösungen zu finden, setzen wir in unseren Förderprogrammen u. a. auf Technologie- und Branchenoffenheit. Mit den Förderprogrammen unterstützen wir Projekte der angewandten Forschung sächsischer Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sächsischer Unternehmen, z.T. gemeinsam mit den wissenschaftlichen Einrichtungen, aber auch den Aufbau von Pilotlinien auf dem Gebiet der Schlüsseltechnologien. Ziel ist es, den Transfer von Forschungsergebnissen in deren wirtschaftliche Nutzung voranzutreiben.

Die Kombination aus Spitzenforschung und dem anschließenden Wissens- und Technologietransfer in die Wirtschaft ist eine besondere Stärke Sachsens. Die Staatsregierung wird dies auch in Zukunft unterstützen.

Martin Dulig
Sächsischer Staatsminister für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Grußworte | 2 |
| Abkürzungsverzeichnis..... | 7 |
| Begriffsdefinitionen..... | 10 |
| Zusammenfassung | 14 |
| 1 Zielstellung und Methodik..... | 20 |
| 1.1 Zielstellung..... | 20 |
| 1.2 Methodik..... | 21 |
| 2 Energieforschungspolitische Zielsetzungen und Förderschwerpunkte..... | 22 |
| 2.1 Energieforschung in Sachsen – Kontext und historische Bezüge | 22 |
| 2.2 Förderung der Energieforschung – EU, Bund und Land..... | 23 |
| 2.2.1 Energieforschungsförderung der EU | 23 |
| 2.2.2 Energieforschungsförderung der Bundesregierung | 24 |
| 2.2.3 Energieforschungsförderung des Freistaates Sachsen..... | 25 |
| 3 Energieforschung in Sachsen | 26 |
| 3.1 Darstellung der Akteurslandschaft..... | 26 |
| 3.2 Kooperationsplattformen sächsischer Akteure | 27 |
| 3.2.1 Nationale Kooperationsplattformen | 27 |
| 3.2.2 Internationale Kooperationsplattformen..... | 29 |
| 3.3 Analyse des FuE-Kompetenzportfolios..... | 30 |
| 3.3.1 Themenfeldanalyse „Energieumwandlung“ | 34 |
| 3.3.2 Themenfeldanalyse „Energieverteilung und Energienutzung“ | 36 |
| 3.3.3 Themenfeldanalyse „Übergreifende Energieforschung“ | 36 |
| 3.3.4 Themenfeldanalyse „Gesellschaftsverträgliche Transformation“ | 38 |
| 3.3.5 Themenfeldanalyse „Nukleare Sicherheitsforschung“ | 39 |
| 3.4 Schwerpunkte der Energieforschung in Sachsen | 39 |
| 3.4.1 Energieumwandlung..... | 39 |
| 3.4.2 Energieverteilung und Energienutzung..... | 63 |
| 3.4.3 Systemorientierte Energieforschung und Querschnittsthemen | 81 |
| 3.4.4 Fusionsforschung..... | 90 |
| 3.4.5 Nukleare Sicherheitsforschung..... | 90 |
| 3.5 Stärken/Schwächen-Analyse der Energieforschungslandschaft Sachsens | 93 |
| 3.5.1 Stärken | 93 |
| 3.5.2 Schwächen | 94 |
| 4 Strategischer Ausblick | 96 |
| 4.1 Besonders vielversprechende Forschungsansätze | 96 |
| 4.2 Partizipationsprozesse auf dem Gebiet der Energieforschung intensivieren | 97 |
| 4.2.1 Regionale Netzwerke..... | 97 |
| 4.2.2 Internationale Veranstaltungen sächsischer Akteure | 97 |
| 4.2.3 Finanzielle Unterstützung von Vernetzungsaktivitäten | 98 |

| | | |
|---|---|------------|
| 4.2.4 | Beteiligung an den Forschungsnetzwerken Energie der Bundesregierung | 98 |
| 4.2.5 | Beteiligung an den European Technology Platforms | 98 |
| 4.3 | Langfristige strategische Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft – als Basis für einen erfolgreichen Wissenschafts- und Technologietransfer | 98 |
| 4.3.1 | Pilotanlagen und Demonstrationsvorhaben | 98 |
| 4.3.2 | Modellregionen für Transformation und Entwicklung strukturschwacher Regionen | 99 |
| 4.4 | Steigerung der Beteiligung an EU-Programmen | 99 |
| 4.4.1 | Steigerung der Erfolgsquoten bei Horizon 2020-Anträgen | 99 |
| 4.4.2 | Beteiligung an den European Technology Platforms | 99 |
| 4.4.3 | Gutachteraufträge für Horizon 2020-Ausschreibungen | 99 |
| 4.4.4 | Nutzung direkter Kommunikationswege für die Mitgestaltung von Ausschreibungen | 100 |
| 4.4.5 | Weiterentwicklung der Zentralen EU-Serviceeinrichtung Sachsen (ZEUSS)..... | 100 |
| 4.4.6 | Intensivierung der Kooperation mit europäischen Nachbarstaaten | 100 |
| 4.5 | Steigerung der Beteiligung an Bundesprogrammen | 100 |
| 4.5.1 | Steigerung der Erfolgsquoten bei Bundesausschreibungen | 100 |
| 4.5.2 | Beteiligung an den Forschungsnetzwerken Energie der Bundesregierung | 100 |
| 4.5.3 | Initiierung von Verbundvorhaben über Netzwerke..... | 100 |
| 4.6 | Forschungsförderung auf Landesebene..... | 100 |
| 4.7 | Attraktivität des Energieforschungsstandortes Sachsen für Studierende und ansiedlungsinteressierte Unternehmen..... | 101 |
| ANHANG | | 102 |
| Anhang 1: Programm „Energiedialog“ 24.03.2017..... | | 103 |
| Anhang 2: Fragebogen..... | | 104 |
| Anhang 3: Nationale Kooperationsplattformen | | 109 |
| Anhang 4: Internationale Kooperationsplattformen..... | | 117 |
| Anhang 5: Expertenübersicht | | 120 |
| Anhang 6: Akteursüberblick - Zuordnungsmatrix | | 122 |
| Anhang 7: Mitglieder des Clusters „Organic Electronic Saxony“ | | 127 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|--|----|
| Abbildung 1: | SET-Plan mit sechs Handlungsfeldern, 10 Arbeitsthemen und 13 Bereichen des integrierten Plans | 24 |
| Abbildung 2: | Verteilung der Rückläufe auf die Gruppen von Akteuren | 26 |
| Abbildung 3: | Ungewichtete Anzahl der Nennungen der FuE-Themenfelder der Akteure (Gesamt, Unternehmen, Wissenschafts- und FuE-Einrichtungen) | 30 |
| Abbildung 4: | Gewichtete Anzahl der Nennungen der FuE-Themenfelder der Akteure (Gesamt, Unternehmen, Wissenschafts- und FuE-Einrichtungen) | 31 |
| Abbildung 5: | Analyse der Akteure nach Nennungen von FuE-Themenfeldern | 33 |
| Abbildung 6: | Analyse des FuE-Themenfeldes „Energieumwandlung“ in Hinblick auf die Verteilung zwischen regenerativen und fossilen Energieträgern | 34 |
| Abbildung 7: | Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Energieumwandlung" | 35 |
| Abbildung 8: | Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Energieverteilung und Energienutzung" | 36 |
| Abbildung 9: | Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Übergreifende Energieforschung" | 37 |
| Abbildung 10: | Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Gesellschaftsverträgliche Transformation" ... | 38 |
| Abbildung 11: | Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Nukleare Sicherheitsforschung" | 39 |
| Abbildung 12: | Wertschöpfungskette für Brennstoffzellenfahrzeuge (K. Lötsch, TU Chemnitz) | 55 |
| Abbildung 13: | Digitale energetische Verknüpfung von Fabrik und Energiemärkten | 78 |
| Abbildung 14: | Die Fabrik als „micro-grid“ im „Smart-grid“ der Zukunft | 79 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|--|----|
| Tabelle 1: | FuE-Themenfelder bzw. FuE-Schwerpunkte | 13 |
| Tabelle 2: | Eigene Zusammenstellung auf Basis von Wikipedia-Informationen | 40 |
| Tabelle 3: | Wichtige Zukunftstrends sowie Forschungs- und Entwicklungsfragen der Bereiche „Elektrolyse“, „H ₂ -Speicherung/Transport“ und „Brennstoffzelle“ | 52 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------------|---|
| AAL | Ambient Assisted Living |
| AC | Wechselstrom |
| AEL | Alkalische Elektrolyse |
| AGEE-Stat | Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik |
| AIREG | Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e. V. |
| ASME | America Society of Mechanical Engineers |
| BGR | Bundesamt für Rohstoffe und Geologie |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| BIPV | Building-integrated Photovoltaic (gebäudeintegrierte Photovoltaik) |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung und Forschung |
| BMEL | Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft |
| BMUB | Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit |
| BMVI | Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie |
| BPP | Bipolarplatten |
| BW | Baden-Württemberg |
| BZ | Brennstoffzelle |
| BZ-System | Brennstoffzellen-Systeme |
| CHFCA | Hydrogen Europe, Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association |
| CHG | H ₂ -Hochdruckspeicher |
| CIGRE | International Council on Large Electric Systems |
| CIREN | International Conference on Electricity Distribution |
| CO ₂ | Kohlenstoffdioxid |
| CSSI | Combined Storage System Integration |
| DBFZ | Deutsches Biomasseforschungszentrum |
| DC | Gleichstrom |
| DKE | Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik |
| DRESDYN | DREsden Sodium facility for DYNamo and thermohydraulic studies |
| DWV | Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband |
| E/A | Ein-/Ausgabe |
| ECNP | European Center for Nanostructured Polymers |
| ECRN | European Chemical Regions Network |
| EE | Erneuerbare Energie |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| EEN | European Enterprise Network (Europäische Kommission) |
| EERA | European Energy Research Alliance |
| EEX | European Energy Exchange |
| EFRE | Europäischer Fond für regionale Entwicklung |
| EL | Elektrolyse |
| EnEV | Energieeinsparverordnung |
| EnWG | Energiewirtschaftsgesetz |
| ERN | EnergieRohstoff-Netzwerk |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| ESF | Europäischer Sozialfonds |
| EU | Europäische Union |
| EVU | Energieversorgungsunternehmen |
| F/E | Forschung/Entwicklung |
| FCEV | fuel cell electric vehicle |
| FCH JU | Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking |
| F-Gase Verordnung | Verordnung über fluorierte Treibhausgase |
| FIRE | Freiberger Interessengemeinschaft der Recycling- und Entsorgungsunternehmen e. V. |
| Fraunhofer IFAM | Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung |
| Fraunhofer IKTS | Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme |
| Fraunhofer IWS | Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik |
| Fraunhofer IWU | Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik |
| FuE | Forschung und Entwicklung |

| | |
|-----------------|--|
| FRL | Fuel Readiness Level |
| FVEE | ForschungsVerbund Erneuerbare Energien |
| GDL | Gasdiffusionslagen |
| GDL | Gasdiffusionslagen |
| GHD | Gewerbe, Handel, Dienstleistungen |
| GWP-Wert | Global warming potential |
| H ₂ | Wasserstoff |
| HAPS | high altitude pseudo satellites |
| HZDR | Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf |
| IAEE | International Association for Energy Economics |
| IAHE | International Association for Hydrogen Energy |
| IEA | International Energy Agency |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IFW | Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung |
| IHK | Industrie- und Handelskammer |
| IIRM | Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig |
| INFAI | Institut für Angewandte Informatik e. V. |
| IT | Informationstechnik |
| KET-Branchen | Key Enabling Technologies-Branchen |
| KMU | kleine und mittelständische Unternehmen |
| KWK | Kraft-Wärme-Kopplung |
| LH ₂ | H ₂ -Flüssigspeicher |
| Li | Lithium |
| Li-S-Batterie | Lithium-Schwefel-Batterien |
| MEA | Membrane-Electrode-Assembly |
| MES | Manufacturing Execution System |
| Na | Natrium |
| Na-S | Natrium-Schwefel |
| NHA | National Hydrogen Association |
| NIP | Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie |
| NKS Energie | Nationale Kontaktstelle Energie |
| NOW | NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie |
| NRW | Nordrhein-Westfalen |
| NT-PEM-BZ | Niedertemperatur-Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen |
| OEM | Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster) |
| OES | Organic Electronics Saxony |
| ORC | Organic-Rankine-Cycle |
| PEM | Proton Exchange Membrane |
| PEMEL | Polymerelektrolytelektrolyse |
| PEMFC | Polymerelektrolytbrennstoffzelle |
| PKW | Personenkraftwagen |
| PPP | Public-private-Partnership |
| PtH | Power-to-Heat |
| PtX | Power-to-X |
| PV | Photovoltaik |
| RL | Richtlinie |
| S | Schwefel |
| SAB | Sächsische Aufbaubank - Förderbank |
| SAENA | Sächsische Energieagentur -SAENA GmbH |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition |
| SCI | Speicher und vernetzte Infrastrukturen |
| Sektoren GHD | Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen |
| SETIS | Strategic Energy Technology Information System |
| SET-Plan | Strategic Energy Technology Plan |
| SH ₂ | H ₂ -Sorptionsspeicher |
| SINTEG | Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende |
| SMWA | Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr |
| SMWK | Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst |
| SOEC | Solid oxide electrolyzer cell |

| | |
|-------------------|---|
| SOEL | Festoxidelektrolyse |
| SOFC | Festoxidbrennstoffzelle |
| SOFC | Festoxidbrennstoffzelle |
| SPS | speicherprogrammierbare Steuerung |
| SysDL 2.0 | Systemdienstleistungen aus Flächenverteilnetzen |
| TI | Taylor Instabilität |
| TP | Transferpotential |
| TRL | Technology Readiness Level |
| UFZ | Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung |
| ÜNB | Übertragungsnetzbetreibern |
| USA | United States of America |
| VDE | Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure e. V. |
| VDI/VDE-IT | VDI/VDE Innovation + Technik GmbH |
| VDMA | Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. |
| VKTA | Strahlenschutz, Analytik und Entsorgung Rossendorf e. V. |
| VNB | Verteilnetzbetreiber |
| ZIM | Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand |

Begriffsdefinitionen

Zum besseren Verständnis des vorliegenden Berichts werden nachfolgend häufig verwendete Begrifflichkeiten kurz erläutert.

Akteur

Unter Akteure verstehen sich im Rahmen der Studie im Freistaat Sachsen ansässige Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Netzwerke oder Verbände, die sich aktiv an der Forschung und Entwicklung im Bereich Energie beteiligen und eine auswertbare Rückmeldung bei der Anfrage mittels Fragebogen gegeben haben. Bei Hochschulen, von denen eine nach Instituten, Lehrstühlen oder Professuren aufgeschlüsselte Rückmeldung erfolgte, wurde jede individuelle Entität als eigener Akteur gezählt.

Blockchain

Als Blockchain versteht man eine dezentrale Datenbank, die durch eine stetig wachsende Liste von Transaktionsdatensätzen charakterisiert wird. Diese Datenbank erfährt eine chronologische, lineare Erweiterung und sichert damit die Integrität der Datenbank.

Carbon Leakage

Der Begriff „Carbon Leakage“ bezeichnet den Zustand, wenn ein Unternehmen aufgrund der mit Klimamaßnahmen verbundenen Kosten die Produktion in Länder mit weniger strengen Emissionsauflagen auslagert.

Day-ahead-Markt

Day-ahead-Markt ist ein Markt, auf dem jeweils Stromlieferungen für den folgenden Tag (basierend auf aktuellen Verbrauchsprognosen) gehandelt werden.

Dezentralisierung

Unter „Dezentralisierung“ wird im Berichtsverlauf insbesondere die Dezentralisierung der Stromerzeugung verstanden. Charakteristikum der dezentralen Stromerzeugung ist, dass die Erzeugung verbrauchernah mittels Kleinkraftwerken erfolgt.

Demonstrations- und/oder Pilotanlage

Eine technische Versuchsanlage mittlerer Größe, in der im Labor erarbeitete Verfahren vor ihrer Umsetzung auf Großanlagen in allen Einzelheiten nochmals überprüft werden, wird als Demonstrations- und/oder Pilotanlage bezeichnet.

Digitalisierung

Die Digitalisierung beschreibt die Transformation von analogen Strukturen in digitale Strukturen. Dies beinhaltet z. B. die Umwandlung und Darstellung von Informationen und die digitale Kommunikation.

(FuE)-Themenfeld bzw. FuE-Schwerpunkt

Bei der Datenerhebung wurden die FuE-Aktivitäten thematisch eingeteilt. Die Kategorisierung wurde in Anlehnung an den Bundesbericht Energieforschung 2015¹ gewählt. Dabei bezeichnet „Themenfeld“ eine übergeordnete Kategorie, in der gegebenenfalls weitere Unterkategorien vorgesehen wurden, die sogenannten „FuE-Schwerpunkte“. Die Tabelle auf Seite 13 enthält die vollständige Einteilung.

¹ Vgl. BMWi (2016): Bundesbericht Energieforschung 2016, www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/bundesbericht-energieforschung,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf, aufgerufen am 08.06.2017.

Future

Unter dem Begriff „Future“ versteht man die vertragliche Verpflichtung, eine festgelegte Strommenge zu einem festgelegten Preis in einer zukünftigen Lieferperiode zu beziehen bzw. zu liefern.

Intraday-Handel

Der Intraday-Handel bezeichnet den kontinuierlichen Kauf und Verkauf von Strom, der noch am gleichen Tag geliefert wird (kurzfristiger Stromgroßhandel).

KMU (kleine und mittelständische Unternehmen)

Zur Einteilung der Unternehmen wurde gemäß der Definition der Europäischen Kommission für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) verfahren². Demnach zählt ein Unternehmen zu den KMU, wenn die Zahl der Mitarbeiter kleiner als 250 ist und entweder der Umsatz höchstens 50 Millionen Euro oder die Bilanzsumme höchstens 43 Millionen Euro beträgt. Die ermittelten Kenndaten beruhen entweder auf der Datenbank der Sächsischen Wirtschaftsförderung GmbH oder auf Angaben der Unternehmen basierend auf deren Internetpräsenz. Abweichend von der Definition der Europäischen Kommission wurde die Unternehmensstruktur hier nicht berücksichtigt.

Niederspannungsnetz

Niederspannungsnetze sind Teil des Verteilnetzes und werden meist mit einer Netzspannung von 230 - 400 V bis zu 1000V betrieben.

Öffentlich finanzierte Wissenschaftseinrichtungen

Als „Öffentlich finanzierte Wissenschaftseinrichtungen“ werden einerseits alle staatlichen Hochschulen (in den Diagrammen ohne Schraffur dargestellt) sowie andererseits außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Landeseinrichtungen oder als An-Institute organisierte Industrienahe Forschungseinrichtungen (in den Diagrammen mit Schraffur dargestellt) bezeichnet.

Pilotprojekt/Modellprojekt

Der Begriff Pilotprojekt stellt einen Großversuch dar, welcher bei gesellschaftlich, wirtschaftlich und technisch risikobehafteten Entwicklungen vor die allgemeine Einführung gesetzt wird, mit dem Ziel Fragestellungen hinsichtlich der Akzeptanz, der ökonomischen und technischen Machbarkeit sowie des Marktpotentials im Feldversuch zu untersuchen.

Power-to-X

Unter dem Begriff Power-to-X (PtX) wird die Umwandlung von Strom in die Energieträger Gas (Power-to-Gas, PtG), Wärme (Power-to-Heat, PtH) und Treibstoff (Power-to-Fuel, PtF) bzw. die Anknüpfung an die Chemie-Industrie (Power-to-Chemicals, PtC) verstanden.

Rückläufe

Die von den Akteuren eingereichten, ausgefüllten Fragebögen werden im Folgenden als Rückläufe bezeichnet.

Sektorenkopplung

Bei der Verbindung von Sektoren der Energiewirtschaft, etwa von Strom, Wärme und Verkehr spricht man von Sektor- oder Sektorenkopplung. Im Ergebnis entsteht ein integriertes Energiesystem, in welchem alle Komponenten aufeinander abgestimmt werden können.

² Vgl. EU-Kommission (2005): KMU-Definition der Europäischen Kommission, <http://www.foerderinfo.bund.de/de/KMU-Definition-der-Europaeischen-Kommission-972.php>, aufgerufen am 08.06.2017.

Sloshing

Komplexe Oberflächeneffekte von Flüssigkeiten werden auch Sloshing (englisch für schwappen) genannt. Es handelt sich um einen Teil der Fluidmechanik und umfasst das Bewegungsverhalten von Flüssigkeiten in einem anderen Objekt.

Sonstige Forschungseinrichtungen

„Sonstige Forschungseinrichtungen“ sind im Kontext des vorliegenden Berichtes zum einen industrienahen Forschungseinrichtungen und zum anderen Institutionen, deren Haupttätigkeitsfeld Forschung und Entwicklung ist. Sie zählen nicht zu den öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen.

Systemdienstleistung

Unter Systemdienstleistungen werden Hilfsdienste zur Spannungs- und Frequenzerhaltung verstanden, die zur Steigerung der Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung dienen und damit eine Verkürzung der Dauer einer Versorgungsunterbrechung bei bzw. nach einer Störung bewirken.

Taylor Instabilität

Unter der Taylor-Instabilität versteht man in der Physik eine Instabilität, die in einer Flüssigkeitsschicht zwischen zwei coaxialen Zylindern auftreten kann.

Technologieorientierte FuE-Themenfelder

Als technologieorientierte Themenfelder werden Forschungsaktivitäten, die mehrheitlich auf neuartige Technologien und technische Innovationen fokussiert sind, zusammengefasst. Dazu zählen die Themenfelder „Energieumwandlung“, „Energieverteilung & Energienutzung“, „Materialforschung für die Energiewende“ und „Anlagenbau für die Energie- & Kraftstofftechnik“, „Fusionsforschung“ sowie „Nukleare Sicherheitsforschung“.

Umkehr des Leistungsflusses

Mit zunehmender dezentraler Einspeisung erneuerbarer Energien ins Mittel- und Niederspannungsnetz (z. B. durch Photovoltaik- oder Windenergieanlagen) kann es zur Umkehrung des Leistungsflusses kommen, sodass die veränderten Belastungssituationen die existierenden Netze an die Grenzen ihrer Aufnahmefähigkeit führen können. Lösungsansätze sind im Ausbau der Netzkapazität bzw. in der Ausstattung des Netzes mit Automatisierungstechnik und damit dem Ausbau zu intelligenten Netzen zu suchen.

Übergeordnete/gesellschaftliche FuE-Themenfelder

Übergeordnete bzw. gesellschaftliche Themenfelder konzentrieren sich auf die politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen der Energiewende. Diese sind in den beiden Themenfeldern „Übergreifende Energieforschung“ und „Gesellschaftsverträgliche Transformation“ zusammengefasst.

Übertragungsnetz

Das Übertragungsnetz ist der Teil des Stromnetzes, mit dem elektrische Energie über weite Entfernungen über Hochspannungsleitungen geleitet werden kann.

Verteilernetz

Die Verteilung von elektrischer Energie hin zu den Verbrauchern erfolgt über das Verteilernetz, welches in Hochspannung (110 kV), Mittelspannung (bis 50 kV) und Niederspannung (400 V) unterteilt ist. Während Industrieunternehmen vorrangig an das Hoch- oder Mittelspannungsnetz angeschlossen sind, werden kleinere Verbraucher an das Niederspannungsnetz angeschlossen.

Tabelle 1: FuE-Themenfelder bzw. FuE-Schwerpunkte

| FuE-Themenfeld | FuE-Schwerpunkte |
|--|---|
| Energieumwandlung | Photovoltaik |
| | Windenergie |
| | Bioenergie |
| | tiefe Geothermie |
| | Brennstoffzellen und Wasserstoff |
| | solarthermische Kraftwerke |
| | Wasserkraft und Meeresenergie |
| | Kohle/Gas |
| | Wärme-/Kälteerzeugung |
| | Grüne Kraftstoffe |
| Sonstiges | |
| Energieverteilung und Energienutzung | Speicher |
| | Netze |
| | Energieeffizienz in Gebäuden/Quartieren/Städten |
| | Energieeffizienz in Industrie/Gewerbe/Handel |
| | Sonstiges (z. B. Akkubetriebene Elektromobilität im Sinne der Speichertechnologien) |
| Übergreifende Energieforschung | Querschnittsforschung und Systemanalyse |
| | Begleitforschung und Evaluation der Projektförderung |
| | Informationsverarbeitung |
| | Sonstiges |
| Materialforschung für die Energiewende | |
| Anlagenbau für die Energie- und Kraftstofftechnik | |
| Fusionsforschung | |
| Gesellschaftsverträgliche Transformation | Bürger, Geschäftsmodelle |
| | Entwicklungsoptionen |
| | Gebäude und Siedlungen |
| | Governance |
| | Partizipationsstrategien |
| | Sonstiges |
| Nukleare Sicherheitsforschung | Reaktorsicherheitsforschung |
| | Endlager- und Entsorgungsforschung |
| | Strahlenforschung |
| | Sonstiges |
| Sonstige FuE-Schwerpunkte | (freie Nennungen) |

Zusammenfassung

Ziel des Strategiepapiers „Masterplan Energieforschung in Sachsen“

Das als „Masterplan Energieforschung in Sachsen“ vorgelegte Strategiepapier soll den verschiedenen Akteuren auf dem Gebiet der Energieforschung Orientierung für die Erstellung ihrer jeweiligen Einzelstrategien geben.

Mit dem „Masterplan Energieforschung in Sachsen“ werden folgende Einzelziele verfolgt:

- a) Abbildung aller zentralen Themen und Leitfragen der sächsischen Energieforschungslandschaft;
- b) Stärkung der nationalen und internationalen Sichtbarkeit der sächsischen Forschungsakteure;
- c) Steigerung der Drittmiteinnahmen der sächsischen Energieforschungsakteure;
- d) Verbesserung der Voraussetzungen für strategische Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in der Region als Basis für einen noch intensiveren Wissens- und Technologietransfer.

Insgesamt soll der Masterplan dazu beitragen, den Energieforschungsstandort Sachsen wissenschaftlich noch konkurrenzfähiger und erfolgreicher aufzustellen, um damit auch Impulse zur wirtschaftlichen Entwicklung des Energiestandorts Sachsen zu geben. Der Masterplan Energieforschung macht jedoch keine Vorgaben zu energiewirtschaftlichen Entscheidungen der Akteure.

Forschungspolitische Zielsetzungen und Förderschwerpunkte auf EU-, Bundes- und Landesebene

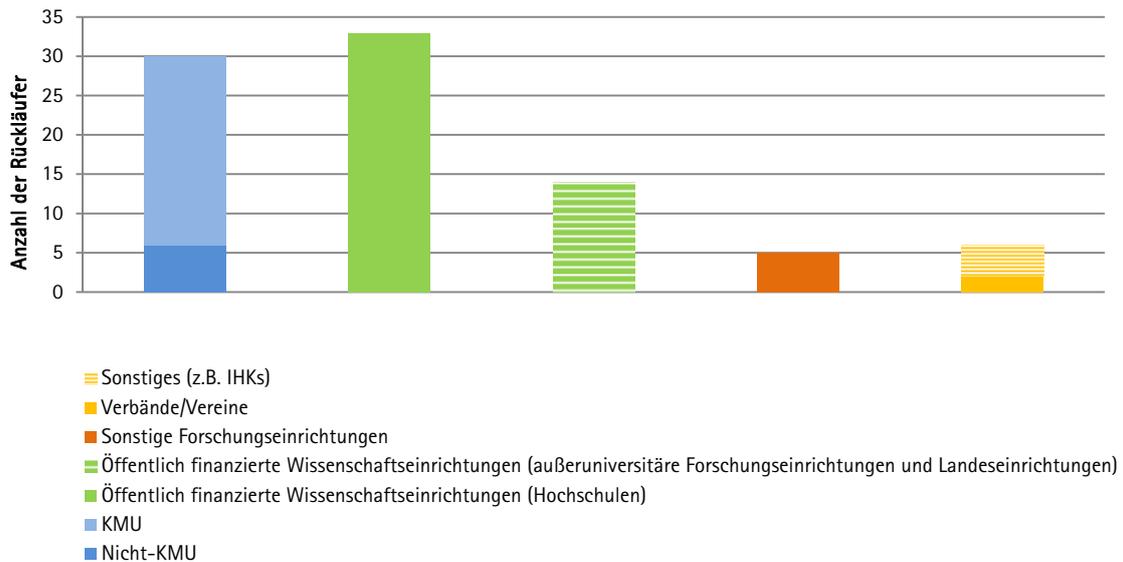
Die Ziele der EU-Energieforschung, die im Wesentlichen über das Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 gefördert wird, orientieren sich am Strategischen Energietechnologie Plan³ (SET-Plan). Leitend für die Förderung auf Bundesebene ist das derzeit geltende 6. Energieforschungsprogramm, dessen Nachfolger aktuell entworfen wird. Beide Fördermittelgeber, EU-Kommission und Bundesregierung, setzen bisher stark auf Themen, die Einzeltechnologien zugutekommen. Dazu zählen vor allem Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen und zur Steigerung der Energieeffizienz. Der Freistaat Sachsen verfolgt über die FuE-Projektförderung eine themenoffene Förderung. Die Förderung von Projekten zu Gesamtenergiesystemfragen, Digitalisierung und Sektorenkopplung wird ihrer zentralen Bedeutung für die Energieversorgung der Zukunft durch die bisherigen Vorgaben für die EU- und Bundesförderung noch nicht gerecht. Insofern sollten die EU-Kommission und Bund ihre Zielstellungen überprüfen und verstärkt Systemfragen adressieren.

Erkenntnisse aus der Analyse der Energieforschung in Sachsen

Das Akteursmapping und die Analyse der Energieforschungslandschaft Sachsen führten zu vielfältigen Erkenntnissen. Grundlage dafür war eine im April 2017 durchgeführte Befragung mittels eines Fragebogens. Insgesamt wurden 101 Rückläufe erfasst und davon 88 verwertet. Es haben sich alle sächsischen Universitäten an der Fragebogenbeantwortung beteiligt. Weiterhin nahmen zwei sächsische Hochschulen für angewandte Wissenschaften an der Abfrage teil. Außerdem beteiligten sich neben den Forschungseinrichtungen auch Unternehmen, Verbände bzw. sonstige Einrichtungen an der Umfrage. Zusätzlich recherchierte Daten aus frei verfügbaren Studien und Veröffentlichungen zur Branche auf Bundes- bzw. Landesebene wurden ebenfalls verwendet.

³ Vgl. EU Kommission(2017): SETIS Strategic Energy Technologies Information System, SET-Plan-Ziele (Englisch), <https://setis.ec.europa.eu/>.

Verteilung der Rückläufe auf die Gruppen von Akteuren



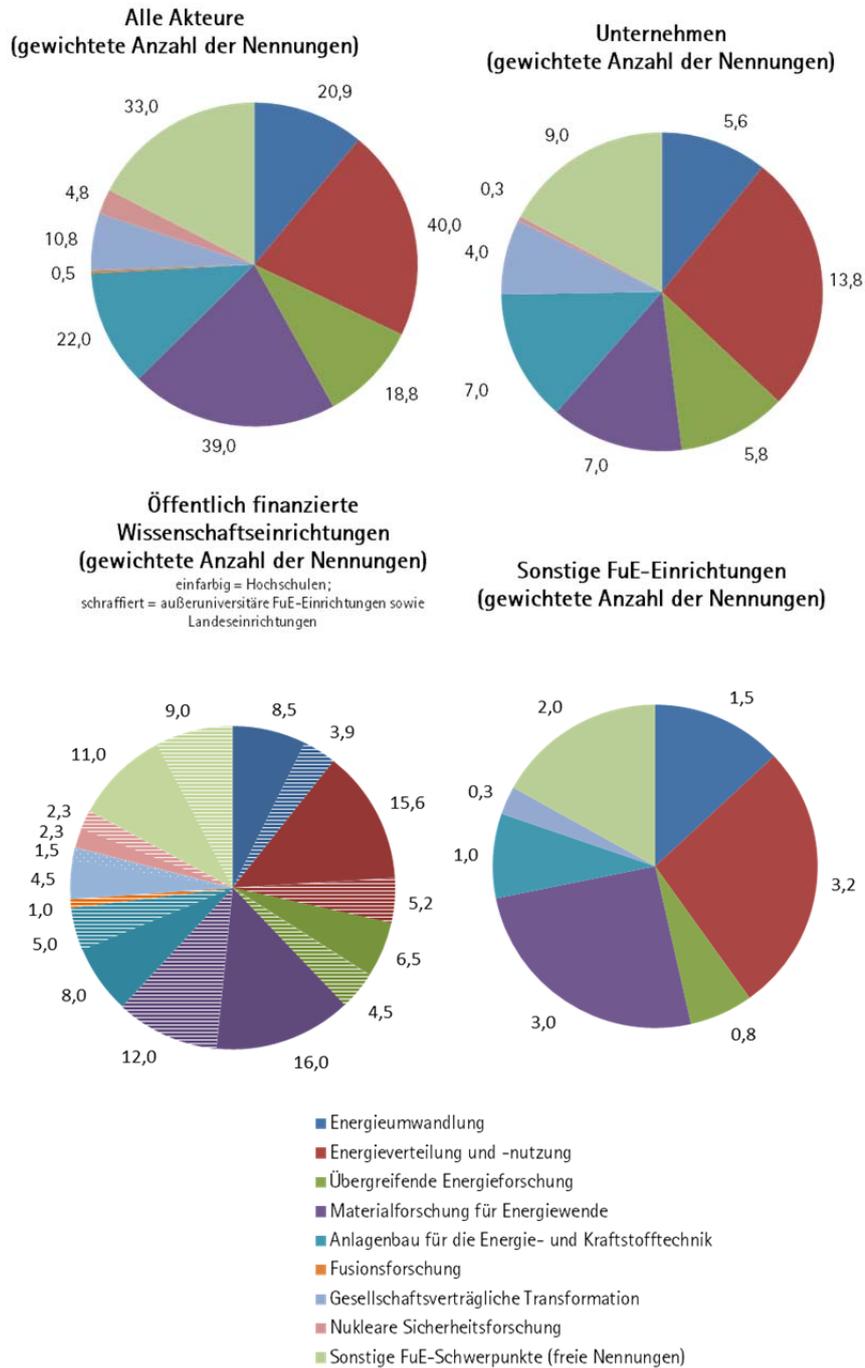
Die FuE-Aktivitäten im Energiesektor finden nach Auswertung der Fragebögen sowohl in öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen (Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) und in z. T. als An-Institute organisierte externe Industrieforschungseinrichtungen als auch in Unternehmen sowie „Sonstigen Forschungseinrichtungen“ statt. Zu den Sonstigen Forschungseinrichtungen zählen z. B. auch berufsständische Körperschaften des öffentlichen Rechts.

Neben Kooperationen im Rahmen von Forschungsverbänden bzw. Projektkonsortien war in der Umfrage von Interesse, inwieweit die Akteure in regionalen, nationalen oder sogar internationalen Netzwerkstrukturen vertreten sind. Zu den fünf nationalen Clustern, in denen sich die meisten sächsischen Energieforschungsakteure nach Auswertung der Fragebögen verorten lassen, zählen Energy Saxony e. V., Hydrogen Power Storage & Solution East Germany e. V., Silicon Saxony e. V., Organic Electronics Saxony e. V. sowie die Sächsische Industrieforschungsgemeinschaft e. V.

Auf die Frage nach der Zugehörigkeit zu internationalen Kooperationsnetzwerken oder Verbänden wurden 76 verschiedene Cluster und Verbände/Verbandsstrukturen benannt, wobei nur zehn dieser Netzwerke von mehr als einem Akteur genannt wurden. Die Diversifizierung der internationalen Vernetzung zeigt, dass sich die sächsischen Akteure international vernetzen, dabei jedoch sehr themenspezifische Mitgliedschaften bzw. Engagements anstreben. Eine übergreifende, energiesystemorientierte Arbeitsplattform scheint nicht existent zu sein oder jedenfalls nicht genutzt zu werden.

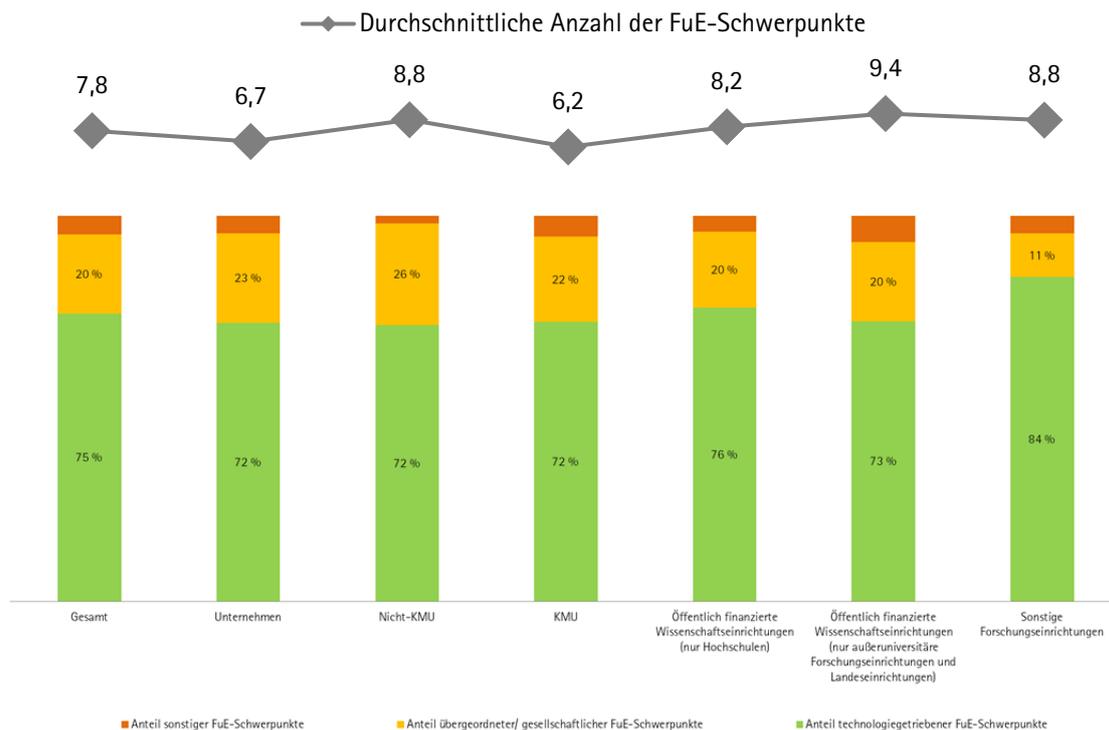
Zu den inhaltlichen Schwerpunkten der Energieforschung in Sachsen kann festgehalten werden, dass das Themenfeld „Energieverteilung und -nutzung“ eine große Rolle spielt. Weiterhin von hoher Relevanz sind die Themenfelder „Sonstige FuE-Schwerpunkte“ (z. B. Leistungselektronik für Energieanwendungen, Elektromobilität, Sektorenkopplung), „Materialforschung für die Energiewende“ (stärker von öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen dominiert), „Anlagenbau für die Energie- und Kraftstofftechnik“, „Übergreifende Energieforschung“ sowie „Energieumwandlung“.

Gewichtete Anzahl der Nennungen der FuE-Themenfelder der Akteure (Gesamt, Unternehmen, öffentlich finanzierte Wissenschaftseinrichtungen, sonstige Forschungseinrichtungen)



Unterteilt man die FuE-Themenfelder in technologieorientierte bzw. übergeordnete/gesellschaftliche Themenfelder, stellt man fest, dass insgesamt über alle Gruppierungen hinweg in Sachsen eine deutliche Dominanz technologieorientierter FuE-Aktivitäten zu erkennen ist. Grund ist mit großer Wahrscheinlichkeit die traditionell sehr technologiegeprägte Industrie im Freistaat Sachsen bzw. die charakteristischen Profile der Mehrheit der sächsischen Hochschulen (ingenieurwissenschaftlicher Schwerpunkt).

Analyse der Akteure nach Nennungen von FuE-Themenfeldern



Eine Gesamtdarstellung der wichtigsten FuE-Schwerpunkte der Energieforschung in Sachsen in Form einer Analyse der Vernetzung der Akteure und der jeweiligen Stärken/Schwächen im Hinblick auf die in Sachsen bzw. bundes- und EU-weit geltenden Rahmenbedingungen für die FuE-Aktivitäten macht die Breite der Energieforschung in Sachsen deutlich und zeigt spezifische Kompetenzen mit überregionaler und internationaler Sichtbarkeit in verschiedenen Themenfeldern.

Eine auf Basis der Rückläufe der Fragebögen durchgeführte Stärken-/Schwächenanalyse der Energieforschung in Sachsen zeigt vielfältige Ansatzmöglichkeiten für Optimierungspotentiale.

Als Stärken sind hervorzuheben:

- Wissenschaftliche Exzellenz und Vielfalt der sächsischen Hochschul- und außeruniversitären Forschungslandschaft
- Industrielle Basis mit KET-Branchen (z. B. Halbleiter-Industrie) als Grundlage für Synergieeffekte
- hohe Dichte an Forschungseinrichtungen
- technologieoffene Rahmenbedingungen
- gute Vernetzungsstrukturen und hohe Sichtbarkeit

Als Schwächen gelten aktuell:

- Unternehmen in der Region sind oftmals noch nicht in der Lage, die Forschungsergebnisse der Wissenschaft aufzugreifen und umzusetzen
- unzureichende Verknüpfung einzelner Forschungszweige
- zu wenig angewandte Forschung im Bereich der Sektorenkopplung
- zu wenige Start-ups aus der Wissenschaft heraus
- noch unzureichende Zahl an Leuchtturm- und Demonstrationsprojekten als Referenzen für die wirtschaftliche Verwertung von wissenschaftlichen Erkenntnissen

Strategien

Aus den zahlreichen Rückmeldungen der Akteure sowie der Stärken/Schwächen-Analyse ergeben sich folgende Orientierungen für die von den Akteuren zu erstellenden Einzelstrategien:

Die sächsische Energieforschung weist zahlreiche Stärken und Alleinstellungsmerkmale auf. Aufgabe der jeweiligen Akteure ist es, die bestehenden Stärken zu erhalten und weiterzuentwickeln. Das SMWK und das SMWA werden weiterhin eine themen- und technologieoffene Energieforschungsförderung betreiben, die es ermöglicht, die spezifischen Stärken zu unterstützen.

Das SMWK und das SMWA unterstützen die Akteure darüber hinaus gezielt dabei, ihre Chancen für eine erfolgreiche Teilnahme an Bundes- und EU-Ausschreibungen zu erhöhen. Beide Staatsministerien werden zudem ihre Möglichkeiten nutzen, um bei der Ausgestaltung zukünftiger Ausschreibungen des Bundes und der EU eine möglichst gute Passfähigkeit zu den spezifisch sächsischen Kompetenzen zu erreichen.

Um die gesamte Forschungs- und Entwicklungskette einschließlich Pilot- und Demonstrationsanlagen unterstützen zu können, werden das SMWK und das SMWA die Förderung noch besser als bisher aufeinander abstimmen, sodass die Unterstützung von Wissenschaft auf der einen Seite und die Unterstützung der Wirtschaft auf der anderen Seite möglichst nahtlos aneinander anschließen können. Es soll darauf hingewirkt werden, dass Wissenschaft und Wirtschaft möglichst frühzeitig die gesamte Forschungs- und Entwicklungskette einschließlich Pilot- und Demonstrationsanlagen in den Blick nehmen und Projekte konzipieren, die von Anbeginn auf Wissenschaft und Wirtschaft übergreifend angelegt sind. Gleichsam einer Matrixstruktur sollen Projekte von vornherein so ausgestaltet werden, dass sie von SMWK und SMWA mit ihren jeweiligen Richtlinien gefördert werden können. Die Überführung von erfolgreichen Pilotvorhaben aus der Wissenschaft in sich daran anschließende Demonstrationsvorhaben unter Beteiligung der Wirtschaft kann hilfreich sein, um den Transfer zu steigern.

Beide Staatsministerien setzen sich zudem für möglichst lange Projektförderzeiträume ein, um den Akteuren mehr Planungssicherheit zu verschaffen. Die Förderdauer sollte möglichst so angelegt sein, dass damit auch eine Mitwirkung beim Aufbau von Modellregionen inkl. Gründer- und Ansiedlungsunterstützung zur Entwicklung und Transformation von strukturschwachen Gebieten ermöglicht wird.

An sächsischen Alleinstellungsmerkmalen, wie der Forschung zur Reaktorsicherheit und der Forschung zur Realisierung von Kohlenstoffkreisläufen, soll im Rahmen der themen- und technologieoffenen Förderung festgehalten werden.

Die Förderprogramme des SMWK und SMWA sollen es ermöglichen, Bundes- oder EU-Programme so zu ergänzen, dass davon nicht abgedeckte Technologien erfasst und entwickelt werden können.

Darüber hinaus werden SMWK und SMWA darauf hinwirken, interdisziplinäre Forschungsverbünde im Sinne einer die Sektorenkopplung beachtenden systemischen Energieforschung zu stärken. Es soll zudem die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle vorangebracht werden, die durch die Digitalisierung der Energiewirtschaft möglich werden.

Die Vernetzung der Akteure hat für die Staatsministerien eine hohe Bedeutung und wird weiterhin unterstützt. Dies betrifft auch das Zusammenwirken auf nationaler und internationaler Ebene. Auch im Freistaat können durch Vernetzung weitere Potentiale erschlossen werden. Das gilt insbesondere für die interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Nutzung der sächsischen Kompetenzbereiche Digitalisierung, Software, Konnektivität, Mikroelektronik und Mobilität.

SMWK und SMWA werden sich gegenüber dem Bund dafür einsetzen, dass die Energieforschung zu den zentralen Themen zur Steuerung des Strukturwandels in der Lausitz und im Mitteldeutschen Braunkohlegebiet gehören und damit in Bundesprogrammen eine entsprechende Berücksichtigung finden wird.

Zur Erhöhung der Drittmiteinnahmen aus der EU kann auch eine noch erfolgreichere Vernetzung im Rahmen der EU-Gremien und EU-Gremiennetzwerken beitragen. Auch eine verstärkte Mitwirkung an Gutachteraufträgen ist geeignet, frühzeitig Kenntnisse über die Programme zu erhalten. SMWK und SMWA werden daher auf entsprechende Beteiligungsmöglichkeiten aufmerksam machen. Wichtige finanzielle Anreize und

Unterstützungsangebote können dabei die RL EuProNet⁴ des SMWK sowie die Horizon-Prämie (RL Landes-Technologieförderung) des SMWA leisten.

ZEUSS soll seine Wirksamkeit als erfolgreich eingeführte Organisationseinheit zur Einwerbung von EU-Mitteln mittelfristig weiter erhöhen. ZEUSS soll insbesondere auch helfen, administrative, nicht beseitigbare Hürden bei der EU zu überwinden.

Als ein zentrales Element zur Steigerung der Vernetzung, Drittmittelakquise sowie des Transfers, wird das SMWA den Aufbau einer „Kompetenzstelle Energieforschung in Sachsen“ u. a. zur Begleitung von Energieforschungsprojekten unterstützen. Damit soll die positive Darstellung des Energieforschungsstandorts Sachsen vorangebracht werden.

⁴ Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst (SMWK) zur Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen im Rahmen der wettbewerblichen EU-Förderprogramme für Forschung und Innovation.

1 Zielstellung und Methodik

1.1 Zielstellung

Der schrittweise Ausstieg aus der Kernenergie sowie der stetige Ausbau erneuerbarer Energiequellen führen zu einer grundlegenden Transformation der deutschen Energieversorgung. Die sächsische Energiepolitik verfolgt das Leitbild einer sicheren, wettbewerbsfähigen, klima- und umweltverträglichen sowie bezahlbaren Energieversorgung („SACHSENS ZUKUNFT GESTALTEN“ Koalitionsvertrag 2014 bis 2019 zwischen der CDU SACHSEN und der SPD SACHSEN) und damit das Ziel, „Sachsen schrittweise unabhängig von fossilen Energieträgern zu machen“. Der aufgrund des Ausbaus erneuerbarer Energien steigende Bedarf an Speicherkapazitäten, Flexibilisierungs- und Effizienzmaßnahmen stellt die sächsischen Akteure der Energieforschung vor große Herausforderungen, bietet ihnen zugleich aber auch hervorragende Chancen zur Stärkung von Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit.

Sächsische Unternehmen besitzen sehr gute Voraussetzungen, um von diesen Umbauprozessen wirtschaftlich profitieren zu können. Hierzu ist es notwendig, gemeinsam mit der in Sachsen exzellenten Forschungslandschaft in diesem Technologiefeld Innovationen voranzutreiben, diese in neue Produkte und Dienstleistungen zu überführen und erfolgreich am Markt zu platzieren, um auf diese Weise Umsätze in neuen Geschäftsbereichen generieren zu können.

Zahlreiche sächsische Akteure aus Industrie und Forschung sind bereits in unterschiedlichen Technologiefeldern des breiten Spektrums der Energieforschung aktiv. Die Vorstudie zum Masterplan „Akteursüberblick und aktuelle Forschungsthemen in der Energieforschung und Speichertechnologie in Sachsen“⁵ hat 175 Organisationen identifiziert, die im Freistaat an Energiethemen forschen. Die vorhandenen sächsischen Kompetenzen sind umfangreich und auf hohem wissenschaftlichen Niveau. Deutliche Schwerpunkte liegen in den Bereichen Energieumwandlung, -verteilung und -nutzung. Bei letzterem kommt der Forschung an Speichern die mit Abstand größte Bedeutung zu. Die Vorstudie wurde von der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT) in Kooperation mit Energy Saxony erarbeitet. Das seit 2014 bestehende und stetig an Mitgliedern wachsende Netzwerk Energy Saxony, für das die VDI/VDE-IT mit dem Clustermanagement beauftragt ist, vereint bereits heute einen Großteil der Akteure und bietet Unternehmen und Forschungseinrichtungen eine ideale Plattform, sowohl für den Wissensaustausch untereinander, als auch für die Initiierung von Projekten sowie für eine gemeinsame Interessensvertretung gegenüber verschiedenen Instanzen.

Das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK) sowie das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA) wirken aktiv auf die Entwicklung einer leistungsfähigen Energieforschungslandschaft in Sachsen hin. Mit dem „Masterplan Energieforschung in Sachsen“ wollen sie Wege aufzuzeigen, wie auch zukünftig strategisch zielführende Mittel zur Ausgestaltung und Steuerung der sächsischen Energielandschaft im Sinne der Energiewende bereitgestellt und die Wertschöpfung gesteigert werden können.

Vor diesem Hintergrund soll der Masterplan Energieforschung auf Basis einer Analyse der politischen und förderprogrammatischen Rahmenbedingungen die Stärken und Schwächen der sächsischen Energieforschungslandschaft und ihrer Technologietransferpotentiale abbilden. Konkret soll der Masterplan folgende Aufgaben erfüllen:

- Abbildung aller zentralen Themen und Leitfragen der sächsischen Energieforschungslandschaft, insbesondere auch unter Berücksichtigung des Ausbaus und der Förderung einer Infrastruktur dezentraler Speicher- und Stromerzeugungstechnologien
- Hinwirken auf die national wie international noch stärker wahrnehmbare Vernetzung der sächsischen Forschungsakteure
- Verbesserung der Drittmittelakquise seitens der sächsischen Energieforschungsakteure

⁵ Vgl. Energy Saxony (2015): Akteursüberblick und aktuelle Forschungsthemen in der Energieforschung und Speichertechnologie Sachsen, http://www.energie.sachsen.de/download/energie/Akteursueberblick_und_aktuelle_Forschungsthemen_in_der_Energiefoerderung_und_Speichertechnologie_in_Sachsen.pdf, aufgerufen am 10.07.2017.

- Auflistung von Maßnahmen zum erhöhten Transfer innovativer Ideen und Konzeptionen aus der Energieforschung

Im Ergebnis werden die Themenbereiche der Energieforschung mit besonderer Bedeutung für den Forschungs- und Innovationsstandort Sachsen herausgestellt und Empfehlungen für vermutlich zielführende, effektive und effiziente rahmengebende sowie förderpolitische Maßnahmen zur Verbesserung des sächsischen Forschungs- und Technologietransfers im Bereich der Energieforschung durch den Freistaat Sachsen abgeleitet.

1.2 Methodik

Methodisch erfolgte die Umsetzung durch vier Bausteine:

- Durchführung einer SMWK-Stakeholder-Veranstaltung „Energie-Dialog“ am 24.03.2017 in Dresden mit 156 Teilnehmern (Programm siehe [Anhang 1](#), ausführliche Informationen auf der Energy Saxony Website⁶)
- Experteninterviews sowie fachliche Zuarbeiten ausgewiesener Experten der sächsischen Energieforschungslandschaft Sachsens (Expertenübersicht: [Anhang 5](#))
- Fragebogenversand und quantitative als auch qualitative Auswertung (versandter Fragebogen: [Anhang 2](#))
- Desktop-Recherche

Die aktuellen politischen Rahmenbedingungen werden durch verschiedene Forschungsstrategien bzw. -agenden der zuständigen Einrichtungen des Bundes und der Länder sowie der EU geprägt. Auf sächsischer Ebene sind dabei insbesondere die Strategiepapiere von SMWK und SMWA einschlägig. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Dokumente und geplanten Förderprogramme sowie ein Exzerpt der wesentlichen Inhalte war Gegenstand der Recherchearbeit. Einen Schwerpunkt bilden derzeitige und geplante Förderprogramme auf EU-, Bundes- bzw. Landesebene.

Für den Entwurf des Masterplans Energieforschung wurden eine Retrospektive auf die sächsische Energieforschungspolitik und eine Darstellung der regional vorhandenen und national sowie international verbundenen Netzwerke und Förderorganisationen erstellt. Die umfangreichen Zuarbeiten der Forschungsakteure und das Feedback einer großen Zahl von Industriepartnern in den Fragebögen erlauben eine umfangreiche Darstellung der Stärken und Schwächen der Energieforschungslandschaft und eine detaillierte Analyse der jeweiligen Transferpotentiale.

⁶Vgl. Energy Saxony (2017): Masterplan Energieforschung in Sachsen, <http://www.energy-saxony.net/aktuelles/energiedialog-fuer-den-masterplan-energieforschung-in-sachsen-am-24-maerz-2017.html>; <http://www.energy-saxony.net/aktuelles/aufruf-zur-beteiligung-am-masterplan-energieforschung-in-sachsen.html>; <http://www.energy-saxony.net/aktuelles/erstellung-eines-saechsischen-masterplans-startet-mit-dialogveranstaltung-energieforschung-in-sachsen.html>.

2 Energieforschungspolitische Zielsetzungen und Förderschwerpunkte

2.1 Energieforschung in Sachsen – Kontext und historische Bezüge

Der Freistaat Sachsen hat sich beginnend mit der politischen Wende 1989/90 eine Spitzenstellung im nationalen und internationalen Vergleich⁷ in der Wissenschaft erarbeitet. Eine dezidiert forschungs- und innovationsfreundliche Politik hat in Sachsen eine hohe strategische Bedeutung. Die hierfür angelegte Strategie des Freistaates Sachsen⁸ hebt das Zukunftsfeld Energie als einen von sechs thematischen Schwerpunkten hervor. Die daran orientierten Maßnahmen sind finanziell so ausgestattet, dass die Aufwendungen des Landes für die Energieforschung im Ländervergleich Platz vier einnehmen⁹. Auch für das SMWK ist der Themenbereich „Energie“ im Sinne der Ressourcentechnologien/Umweltforschung/Energiotechnologien ein besonderes Zukunftsfeld für den Forschungs- und Technologiestandort Sachsen.¹⁰

Traditionell schon bietet der Industriestandort Sachsen, mit seinen ausgeprägten Stärken in den Bereichen Textilindustrie, Berg- und Maschinenbau, optimale Bedingungen, um Forschung auf dem Gebiet der Energietechnologie an den Marktbedürfnissen zu orientieren und diese in die wirtschaftliche Anwendung zu überführen. So entwickelte die Firma Friemann & Wolf aus Zwickau 1907 die weltweit ersten batterieelektrischen Kopflampen für Bergleute auf Nickel-Cadmium-Basis. 1891 lieferte das Kaolinbergbau- und Elektroporzellanunternehmen Margarethenhütte aus der sächsischen Oberlausitz Isolatoren für die weltweit erste Hochspannungsfernleitung. Auch der erste europäische, industriell gefertigte Elektromotor, 1888 von Oskar Ludwig Kummer entwickelt, kam aus Dresden. Schon vor über 100 Jahren schufen folglich Innovationen aus Sachsen die Grundlage für heute international hochaktuelle Entwicklungen bei Speichertechnologien, Stromverteilung und Sektorenkopplung, die zentraler Gegenstand dieses Masterplans sind.

Während der Strukturwandel die Wirtschaft in den 1990er Jahren in Sachsen stark veränderte, sorgte die hohe Dichte an 14 leistungsfähigen Hochschulen und 47 vom Freistaat Sachsen und/oder dem Bund finanzierten außeruniversitären Forschungseinrichtungen für Kontinuität. Sie wurden zu Beschleunigern des wirtschaftlichen Wiedererstarkens. Beispielhaft hierfür ist die 25-jährige Geschichte der Fraunhofer Institute in Sachsen. Der Umstand, dass neun Institutsleitungen im Freistaat ansässig sind, wirkt sich sehr positiv auch auf die Innovationskraft der hiesigen Energietechnologiebranche aus und sorgt für zahlreiche internationale Projekt- und Wirtschaftskooperationen. Zusätzlich gibt es noch privat finanzierte Forschungseinrichtungen, welche teilweise auch öffentliche Projektfördermittel erhalten.

Finanziell wurden und werden innovative Technologien maßgeblich über die zielgenau eingesetzten europäischen Strukturfondsmittel unterstützt. Von den im Förderzeitraum 2014 bis 2020 des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in Sachsen zur Verfügung stehenden 2,1 Milliarden Euro kommt ein signifikanter Anteil direkt und indirekt der Energietechnologiebranche zugute.

Die Akteure greifen insgesamt auf eine Vielzahl von Fördermöglichkeiten zurück, von denen es auf Landesebene sowohl allgemeine Forschungs- und Technologieförderinstrumente als auch themenspezifische Förderrichtlinien gibt. Zu letzteren zählt vorrangig die Förderrichtlinie Zukunftsfähige Energieversorgung (RL Energie/2014) des SMWA¹¹. In den kommenden Jahren wird sich verstärkt die Frage stellen, wie das hohe wissenschaftliche Niveau der Energieforschung in Sachsen gewahrt und womöglich noch gesteigert werden

⁷ Vgl. Europäische Kommission (2017): Regional Innovation Scoreboard, http://ec.europa.eu/growth/node/1378_de.

⁸ Vgl. SMWA (2013): Innovationsstrategie des Freistaates Sachsen, http://www.innovationsstrategie.sachsen.de/download/Innovationsstrategie_des_Freistaates_Sachsen.pdf, aufgerufen am 08.06.2017.

⁹ Vgl. BMWi (2017): Bundesbericht Energieforschung 2017, S. 55, Tabelle 8, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2017.html>, aufgerufen am 08.06.2017.

¹⁰ Vgl. SMWK (2014): Bericht des SMWK zur Forschungs- und Technologiepolitik und ihrer strategischen Ausrichtung, S.63 und S.67f., https://www.forschung.sachsen.de/download/Forschungsbericht_barrierefrei.pdf, aufgerufen am 10.07.2017.

¹¹ Vgl. SAB Sachsen: Übersicht der sächsischen Förderrichtlinien, <https://www.sab.sachsen.de/>.

kann. Es ist davon auszugehen, dass die in Sachsen zur Verfügung stehenden europäischen Strukturfördermittel im nächsten Förderzeitraum zurückgehen und somit andere Quellen zur Kompensation erforderlich werden. Hinzukommt, dass der Strukturwandel in der Lausitz schneller voranschreitet und die Region, die sich traditionell als Energieregion versteht, große Chancen als Reallabor und Modellregion für innovative (Groß-)Projekte bietet.

2.2 Förderung der Energieforschung – EU, Bund und Land

2.2.1 Energieforschungsförderung der EU

Die EU fördert die Energieforschung maßgeblich mit dem Forschungsrahmenprogramm „Horizon 2020“. In dessen dritter Säule, „Gesellschaftliche Herausforderungen“, wird als eines von sieben Themen „sichere, saubere und effiziente Energie“ adressiert¹². Von dem zwischen 2014 und 2020 zur Verfügung stehenden Budget in Höhe von 77 Milliarden Euro entfallen hierauf 3,8 Milliarden Euro. Inklusive der energieforschungsrelevanten Aspekte anderer Themenfelder, wie z.B. „intelligenter, grüner und integrierter Transport“ stehen 5,69 Milliarden Euro zur Verfügung, die 7,6 % des Gesamtbudgets entsprechen. Die Veröffentlichungen zum Arbeitsprogramm 2018 bis 2020 erfolgen im Oktober 2017. Förderinteressenten erhalten über die Nationale Kontaktstelle Energie¹³ einen umfassenden Überblick über aktuelle Ausschreibungen.

Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien werden über das PPP „Fuel Cell and Hydrogen – Joint Undertaking“ gefördert, welches hälftig über „Horizon 2020“ und private Mittel finanziert wird¹⁴. Insgesamt stehen dort 1,3 Milliarden Euro zur Verfügung.

Inhaltlich erfolgt die Ausrichtung der EU-Energieforschungsförderung anhand des Strategischen Energietechnologie Plans¹⁵ (SET-Plan). Dieser zielt im Wesentlichen darauf ab, die Entwicklung und Markteinführung kohlenstoffarmer Technologien zu beschleunigen, die Forschung an diesen zu koordinieren, Projekte zu fördern, die zur Verbesserung und Kostenreduzierung von Technologien beitragen und die Zusammenarbeit zwischen EU-Mitgliedsstaaten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen und der EU selbst zu intensivieren.

¹² Vgl. EU-Kommission (2016/2017): Competitive Low-Carbon Energy, <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/competitive-low-carbon-energy>.

¹³ Vgl. NKS Energie (2016/2017): EU-Förderprogramm Horizont 2020 – Energie, <https://www.nks-energie.de/eu-energiefoerderung/horizont2020>.

¹⁴ Vgl. FCH-JU (2017): Fuel Cells Hydrogen Joint Undertaking, <http://www.fch.europa.eu/>.

¹⁵ Vgl. EU Kommission(2017): SETIS Strategic Energy Technologies Information System, SET-Plan-Ziele (Englisch), <https://setis.ec.europa.eu/>.

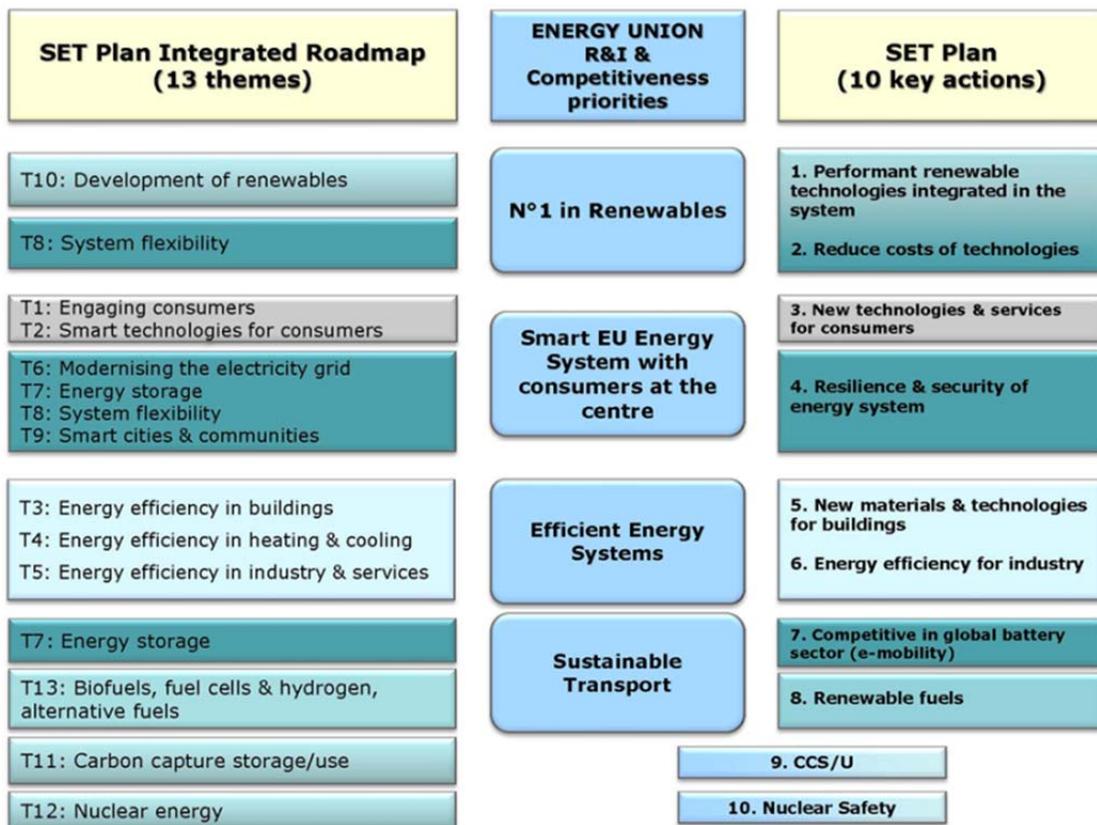


Abbildung 1: SET-Plan mit sechs Handlungsfeldern, 10 Arbeitsthemen und 13 Bereichen des integrierten Plans
Quelle: SETIS (Strategic Energy Technology Information System; SET-Plan 10 Key Actions, https://setis.ec.europa.eu/system/files/integrated_set-plan/integrated_roadmap_energy_union_integrated_set-plan_10_actions.pdf)

Zur Umsetzung des SET-Plans haben sich zehn fachspezifische Plattformen (European Innovation and Technology Platforms) unter Industriebeteiligung gegründet. Gleichzeitig sind die Wissenschaftseinrichtungen in der Europäischen Energieforschungsallianz (EERA) zu diesem Zweck verbunden.

Themenoffene Querschnittsfördermaßnahmen unter „Horizon 2020“ sind das KMU-Instrument¹⁶, welches insbesondere auch Einzelunternehmen offen steht, sowie vertragliche öffentlich-private Partnerschaften¹⁷, die unter anderem zu „umweltfreundlichen Fahrzeugen“ bestehen.

Um die Themen der Energieforschung zur Unterstützung der Umsetzung der Energiewende ideell wie auch öffentlichkeitswirksam zu unterstützen, schreibt die EU Kommission auch jährlich den EU Sustainable Energy Award aus.¹⁸

2.2.2 Energieforschungsförderung der Bundesregierung

Die Energieforschungsförderung der Bundesregierung ist an den Schwerpunktthemen des 6. Energieforschungsprogramms¹⁹ ausgerichtet. Unter Federführung des BMWi verbindet das Energieforschungsprogramm auch die ressortspezifischen Förderthemen von BMBF, BMUB und BMEL. Die Schwerpunkte in der Zuständigkeit des BMWi liegen in den Bereichen:

- Windenergie
- Photovoltaik
- Tiefe Geothermie
- Solarthermische Kraftwerke
- Wasserkraft und Meeresenergie

¹⁶ Vgl. NKS-KMU (Nationale Kontaktstelle zum EU-Programm Horizont 2020): <http://www.nks-kmu.de/>.

¹⁷ Vgl. Public Private Partnerships in research: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/ppp-in-research_en.html.

¹⁸ Vgl. <http://www.eusew.eu/about-awards-competition>.

¹⁹ Vgl. BMWi (2011): 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, aufgerufen am 10.07.2017.

- Kraftwerkstechnik sowie CO₂-Abscheidung und -speicherung
- Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologien
- Speichertechnologien
- Stromnetze
- Systemintegration erneuerbarer Energien
- Gebäude, Quartiere, dezentrale und solare Energieversorgung

Weitere Forschungsförderung im Energieforschungsprogramm erfolgt durch das BMBF für „energietechnologische Grundlagenforschung“ und durch das BMEL für „anwendungsorientierte Bioenergieforschung“.

Zur Umsetzung des Energieforschungsprogramms fördern die zuständigen Bundesministerien zunehmend Verbundprojekte zur Sektorenkopplung. So fördert z.B. das BMWi mit SINTEG²⁰ fünf Schaufensterregionen bei der Forschung, Entwicklung und Demonstration innovativer Anwendungen, Strukturen und Konzepte für ein intelligentes Energiesystem der Zukunft. Sachsen ist mit 13 Partnern am SINTEG-Konsortium WindNODE beteiligt. Die Koordinierung der sächsischen Partner, deren Gesamtprojektvolumen ca. 16,3 Millionen Euro beträgt, erfolgt durch das Cluster Energy Saxony e.V. Für die Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ist das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)²¹ zuständig, welches vorrangig durch das BMVI finanziert wird. Das BMBF hat mit den vier Kopernikuskonsortien neue Wege in der Energieforschungsförderung beschritten.²²

Weitere Förderaktivitäten mit Bezügen zur Energieforschung sind etwa die BMWi-Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050“. Zusätzlich können themenoffene Instrumente wie das „Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM) des BMWi und „KMU-innovativ“ des BMBF auch für Projekte mit Bezug zur Energieforschung genutzt werden. Eine umfassende Übersicht über alle Fördermaßnahmen gibt die Förderdatenbank des Bundes²³.

2.2.3 Energieforschungsförderung des Freistaates Sachsen

Der Freistaat Sachsen fördert die Energieforschung nicht über inhaltlich spezifisch festgelegte Programme. In den Jahren 2008 bis 2015 betragen die Aufwendungen Sachsens für die nichtnukleare Energieforschung gleichwohl 175 Millionen Euro. Die inhaltliche Orientierung der Förderung erfolgt anhand der Innovationsstrategie sowie des Energie- und Klimaprogramms. Die Ausgaben des Freistaates entfallen im Wesentlichen auf den Landesanteil der institutionellen Förderung der Wissenschaftseinrichtungen für Energieforschung sowie den Landesanteil an der mehrheitlich europäisch finanzierten Projektförderung (ESF und EFRE). Energieforschungsrelevante Förderrichtlinien²⁴ sind insbesondere die FuE-Projektförderung, die Förderrichtlinie „Zukunftsfähige Energieversorgung“ sowie „InnoTeam“ und „Innovationsprämie“.

²⁰ Vgl. BMWi (2016): Förderprogramm SINTEG: „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“, <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/sinteg.html>.

²¹ Vgl. Projektträger Jülich: Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP), <https://www.ptj.de/nip>.

²² Vgl. BMWi (2016): (Bundesbericht Energieforschung 2016 – Forschungsförderung für die Energiewende, S. 5f., Bundesbericht Energieforschung 2016, aufgerufen am 10.07.2017.

²³ Vgl. BMWi: Förderdatenbank, <http://www.foerderdatenbank.de>.

²⁴ Vgl. SAB Sachsen: Übersicht der sächsischen Förderrichtlinien, <https://www.sab.sachsen.de/>.

3 Energieforschung in Sachsen

Die nachfolgenden Ausführungen stellen ein Abbild der Akteurslandschaft Sachsens im Bereich der Energieforschung dar und geben darüber hinaus einen Einblick in die thematische Aufstellung der Akteure sowie ihrer Kooperationsgeflechte untereinander.

3.1 Darstellung der Akteurslandschaft

Alle dargestellten Daten beruhen auf der Auswertung der versandten Fragebögen im April 2017. Grundsätzlich stellen sie eine Fortschreibung der in 2015 im Rahmen der Vorstudie²⁵ erhobenen Daten dar.

Im Jahr 2015 wurden 104 verwertbare Rückläufe erfasst. 2017 konnten 88 verwertbare Fragebögen von sächsischen Akteuren sowie acht Fragebögen nicht-sächsischer Akteure erfasst werden. In die statistischen Auswertungen flossen nur die Angaben der sächsischen Akteure ein.

Die Abbildung 2 zeigt die Verteilung der sächsischen Rückläufe der Befragung auf die verschiedenen Gruppen von Akteuren.

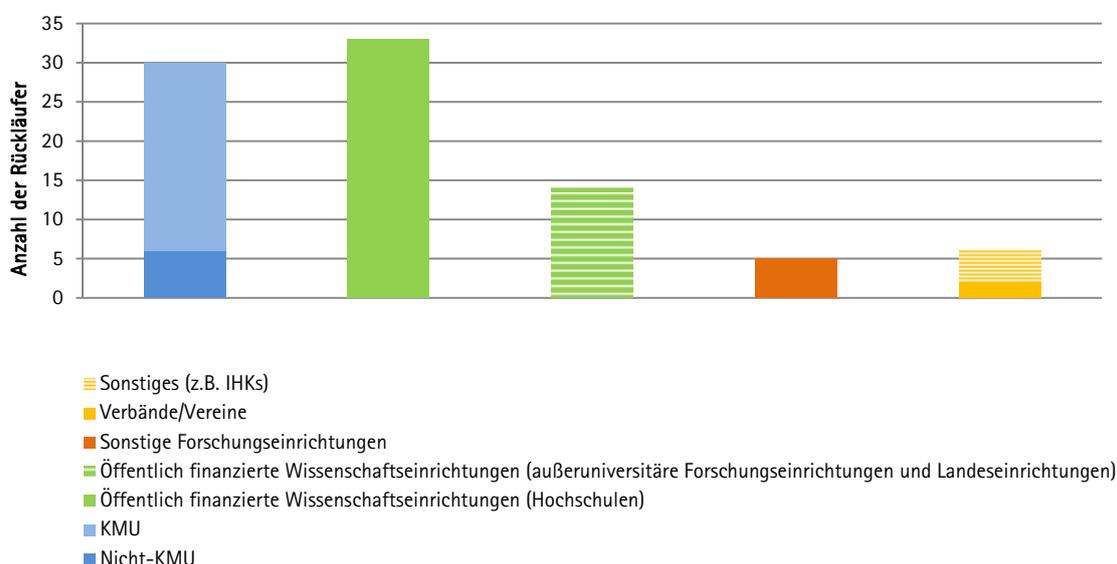


Abbildung 2: Verteilung der Rückläufe auf die Gruppen von Akteuren²⁶

Die FuE-Aktivitäten im Energiesektor finden nach Auswertung der Fragebögen sowohl im unternehmerischen (30 Fragebögen) als auch in öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen sowie sonstigen Forschungseinrichtungen (in Summe 52 Fragebögen) statt, wobei die Hochschulen insgesamt (34 Fragebögen) dominieren. Der Grund dafür ist jedoch vor allem in der Form der Einreichung der Fragebögen zu finden: zumeist erfolgte die Beantwortung des Fragebogens aufgeschlüsselt nach den einzelnen Instituten/Lehrstühlen/Professuren, sodass pro Hochschule mehrere Fragebögen in die Auswertung einfließen. Seitens der sächsischen Hochschullandschaft haben sich alle staatlichen Universitäten (TU Dresden, TU Bergakademie Freiberg, TU Chemnitz sowie die Universität Leipzig) an der Fragebogenbeantwortung beteiligt. Weiterhin nahmen zwei Hochschulen für angewandte Wissenschaften (Westfälische Hochschule Zwickau und Hochschule Zittau/Görlitz) an der Abfrage teil. Neben den Unternehmen und FuE-Einrichtungen nahmen auch sechs Vereine bzw. sonstige Einrichtungen (z. B. IHK, kommunale Behörden) an der Umfrage teil.

²⁵ Vgl. Energy Saxony (2015): Akteursüberblick und aktuelle Forschungsthemen in der Energieforschung und Speichertechnologie Sachsen.

²⁶ Vgl. Energy Saxony (2015): Akteursüberblick und aktuelle Forschungsthemen in der Energieforschung und Speichertechnologie Sachsen, S. 5.

3.2 Kooperationsplattformen sächsischer Akteure

Die nachfolgenden Erläuterungen enthalten die über spezifische Forschungsverbundstrukturen hinausgehenden Netzwerksaktivitäten sächsischer Akteure, welche per Fragebogen erfasst wurden.

3.2.1 Nationale Kooperationsplattformen

Zu den fünf Clustern, in denen sich die meisten sächsischen Energieforschungsakteure nach Auswertung der Fragebögen verorten lassen, zählen:

Energy Saxony e.V.

- Nennung in 50²⁷ Fragebögen
- Ziel: Energy Saxony ist ein wirtschaftsorientiertes Netzwerk, das darauf abzielt, die Wettbewerbsfähigkeit und die Exportstärke der Unternehmen der sächsischen Energiebranche auszubauen. Der Verein hat sich dabei die Aufgabe gestellt, ein dauerhaftes Cluster im Energiebereich in Sachsen zu bilden, das insbesondere die wirtschaftlichen Grundlagen seiner Mitglieder verbessert.
- Mitglieder (Stand 06/2017): 64
- Sitz: Dresden, Webseite: www.energy-saxony.net

Hydrogen Power Storage & Solution East Germany e. V.

- Nennung in neun Fragebögen
- Ziel: „Als eines von zehn ostdeutschen Innovationsprojekten im Rahmen der Förderinitiative "Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung möchte HYPOS ‚grünen‘ Wasserstoff aus erneuerbarem Strom im großtechnischen Maßstab für energietechnische Anwendungen herstellen – als effizienter Energieträger mit hervorragender Transport- und Speichereffizienz. Mit über 100 Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft werden in verschiedensten Umsetzungsvorhaben und Studien die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Energieumwandlung, -speicherung und des Energietransports mittels Wasserstoff erkundet. Ziel ist die Errichtung eines Schaufensters der Wasserstoffwirtschaft in Mitteldeutschland²⁸.“
- Mitglieder (Stand 06/2017): 113
- Sitz: Halle, Webseite: www.hypos-eastgermany.de

SiliconSaxony e. V.

- Nennung in acht Fragebögen
- Ziel: „Der Silicon Saxony e.V. verbindet über 300 Hersteller, Zulieferer, Dienstleister, Hochschulen, Forschungsinstitute und öffentliche Einrichtungen am Wirtschaftsstandort Sachsen. Damit ist das Branchennetzwerk für Mikro- und Nanoelektronik, Software, Applikationen, Smart Systems und Energy Systems das erfolgreichste in Europa. Mit dem Ziel, die Wirtschaftsregion als IKT-Standort nachhaltig zu stärken, versteht sich der Verein als Kommunikations- und Kooperationsplattform für seine Mitglieder²⁹.“
- Mitglieder (Stand 06/2017): >300
- Sitz: Dresden, Webseite: www.silicon-saxony.de

²⁷ Hinweis auch für alle fortfolgenden Daten (Nennungen in Fragebögen): Es werden alle Einzeleinrichtungen (z.B. Institute und Professuren ebenfalls erfasst), auch wenn diese einer Hochschule angehören.

²⁸ Vgl. HYPOS: Förderinitiative „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“, <http://www.hypos-eastgermany.de/hypos-hat-sich-zum-ziel-gesetzt-die-partielle-grundlastf%C3%A4higkeit-von-wind-und-photovoltaikstrom-zu>.

²⁹ Verweis SILICON SAXONY e.V.: <https://www.silicon-saxony.de/das-netzwerk/silicon-saxony-der-verein/>, aufgerufen im Juni 2017.

Organic Electronics Saxony e. V.

- Nennung in fünf Fragebögen
- Ziel: „Der Verein wurde am 6. Oktober 2008 von sieben Unternehmen und drei Forschungsinstituten aus der Organik-Branche mit dem Ziel gegründet, den Organik-Standort in Sachsen national und international gezielt zu stärken³⁰.“
- Mitglieder (Stand 06/2017): 33
- Sitz: Dresden, Webseite: www.oes-net.de

Sächsische Industrieforschungsgemeinschaft e. V.

- Nennung in fünf Fragebögen
- Ziel: Es handelt sich um den Interessenverband der sächsischen gemeinnützigen Industrieforschungseinrichtungen mit den Zielen:
 - Stärkung der gemeinnützigen Industrieforschungslandschaft
 - Kooperationspartner des sächsischen Mittelstandes für marktorientierte Forschung und Entwicklung
 - Ausrichtung auf Erhalt und Erweiterung des Leistungsspektrums, Flexibilität und Schnelligkeit bezogen auf die Innovationskraft der Partner
 - Kontinuierliche Sicherung und Ausbau von qualifizierten Arbeitsplätzen in Forschung und Industrie
- Inhaltliche Fokussierung auf Material-, Technologie- und Verfahrensentwicklung in den sächsischen Zukunftsbranchen „Werkstoffe und Materialien“, „Energie und Umwelt“, „Mensch und Gesundheit“, „Mobilität“, „IT und Digitalisierung“ sowie „Technologie und Prozesse“.
- Mitglieder (Stand 06/2017): 18
- Sitz: Dresden, Webseite: www.sig-forschung.de

Weiterhin finden Austauschprozesse der Akteure über zumeist deutschlandweit aufgestellte Verbandsstrukturen statt. Zu den fünf am häufigsten genannten zählen:

- **Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.**
(Hauptsitz Frankfurt/Main | 13 Nennungen)
- **Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.**
(Hauptsitz Frankfurt/Main | fünf Nennungen)
- **Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.**
(Hauptsitz Berlin | vier Nennungen)
- **Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.**
(Hauptsitz Bonn | vier Nennungen)
- **Verein Deutscher Ingenieure e.V.**
(Hauptsitz Düsseldorf | vier Nennungen)

Eine Auflistung aller nationalen Kooperationsplattformen (Cluster, Verbände etc.) befindet sich in [Anhang 3](#).

Eine Zugehörigkeit zu den Forschungsnetzwerken ENERGIE des BMWi wurde im Rahmen der Fragebögen nicht angegeben. Der verantwortliche Projektträger Jülich konnte aus Gründen des Aufwands keine Auskunft zur Anzahl der sächsischen Akteure in der Mitgliedschaft aller Forschungsnetzwerke geben.

³⁰ Verweis OES e. V.: <https://oes-net.de/ueber-oes/>, aufgerufen im Juni 2017.

3.2.2 Internationale Kooperationsplattformen

In der Abfrage nach der Zugehörigkeit zu internationalen Kooperationsnetzwerken oder Verbänden wurden 76 verschiedene Cluster und Verbände/Verbandsstrukturen benannt, wobei nur zehn dieser Netzwerke mit mehr als einer Nennung durch einen Akteur versehen wurden. Zu diesen zehn Netzwerken gehören:

| Abkürzung | Name | Sitz | Europa | Global | Nennung im FB |
|-----------|---|--------------------|--------|--------|---------------|
| CIGRE | International Council on Large Electric Systems | Paris (Frankreich) | | x | 4 |
| CIREN | International Conference on Electricity Distribution | Liege (Belgien) | | x | 2 |
| ECNP | European Center for Nanostructured Polymers | Terni (Italien) | x | | 2 |
| EEN | European Enterprise Network (Europäische Kommission) | | x | | 2 |
| EERA | European Energy Research Alliance | Brüssel (Belgien) | x | | 2 |
| IAEE | International Association for Energy Economics | Cleveland (Ohio) | | x | 3 |
| IEA | International Energy Agency | Paris (Frankreich) | | x | 2 |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers | New York (USA) | | x | 2 |
| | European Bioeconomy Stakeholders Panel (Europäische Kommission) | | x | | 2 |
| | Hydrogen Europe | Brüssel (Belgien) | x | | 2 |

Eine vollständige Darstellung befindet sich in [Anhang 4](#).

Die Diversifizierung der internationalen Vernetzung zeigt einerseits, dass die sächsischen Akteure durchaus nach internationaler Vernetzung streben, andererseits jedoch sehr themenspezifische Mitgliedschaften bzw. Engagements anstreben. Eine übergreifende, energiesystemorientierte Arbeitsplattform scheint nicht existent oder genutzt zu werden.

Energy Saxony zielt daher darauf ab, im Rahmen einer strukturierten Internationalisierungsstrategie thematisch breit angelegte Netzwerkkooperationen mit vier ausgewählten Staaten und Regionen einzugehen, auf deren Basis sich dann die Akteure vernetzen und gemeinsame Projekte implementieren können.

Zu den vier Partnern gehören aufgrund ihrer grenznahen Lage Polen, Tschechien sowie wegen ihres Charakters als Hochtechnologiestandorte Israel und China. Zu allen vier Staaten existieren darüber hinaus bereits intensive Kontakte durch die Wirtschaftsförderung Sachsen (WFS).

3.3 Analyse des FuE-Kompetenzportfolios

Die Abfrage der prioritären FuE-Schwerpunkte der Akteure der Energieforschungslandschaft Sachsens erfolgte entsprechend der in Kapitel 1 beschriebenen Methodik in Anlehnung an die im Bundesbericht Energieforschung 2015 vorgenommene Kategorisierung. Dabei gliedern sich die einzelnen FuE-Themenfelder in eine unterschiedliche Anzahl von FuE-Schwerpunkten mit Ausnahme der Themenfelder „Materialforschung für die Energiewende“, „Anlagenbau für die Energie- und Kraftwerkstechnik“ und „Fusionsforschung“, bei denen keine weitere Unterteilung vorgenommen wurde. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die Verteilung der Nennungen auf die einzelnen FuE-Themenfelder gemäß der Kategorisierung.

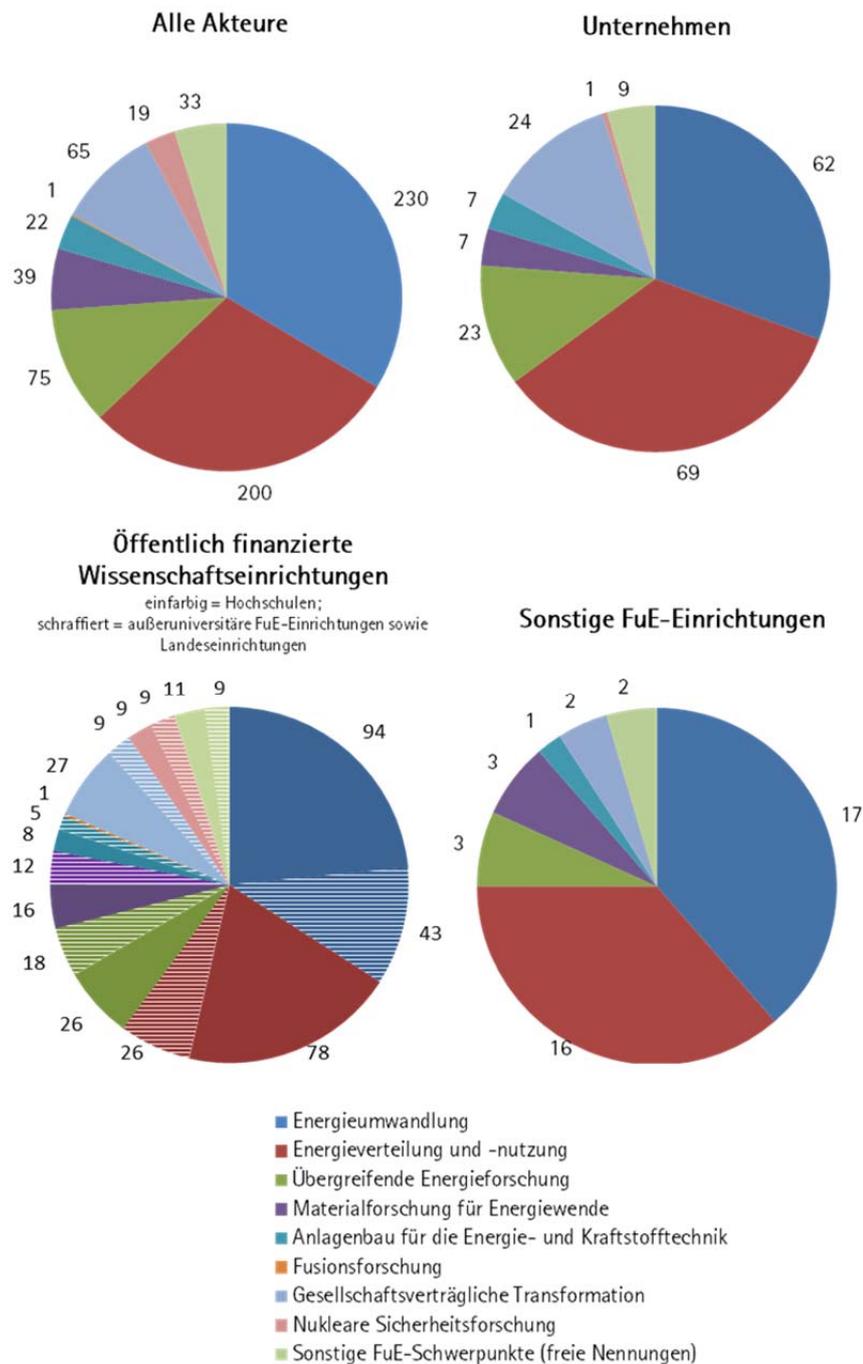


Abbildung 3: Ungewichtete Anzahl der Nennungen der FuE-Themenfelder der Akteure (Gesamt, Unternehmen, Wissenschafts- und FuE-Einrichtungen)

Die Gesamtzahl aller Nennungen beträgt 684. Mehrfachnennungen waren möglich. Die oben links angeordnete Grafik in Abbildung 3 zeigt das Gesamtbild ohne Unterscheidung der Akteure nach Herkunft bzw. der durch das Autorenteam vorgenommenen Gruppierung. Unten links in Abbildung 3 wurden alle Unternehmen, unabhängig von ihrer Größe zusammengefasst; nachfolgend erscheinen die staatlichen Wissenschaftseinrichtungen, gefolgt von den sonstigen Forschungseinrichtungen.

Da die FuE-Themenfelder bzw. die Anzahl an Unterkategorien (FuE-Schwerpunkte) in sehr unterschiedlicher Ausprägung vorliegen, ist eine Wichtung der Anzahl der Nennungen unerlässlich. Methodisch wurde dies durch Division der Gesamtzahl der Nennungen in einem Themenfeld durch die Zahl der darin enthaltenen FuE-Schwerpunkte umgesetzt. Die daraus sich ergebenden Änderungen sind in Abbildung 4 ersichtlich.

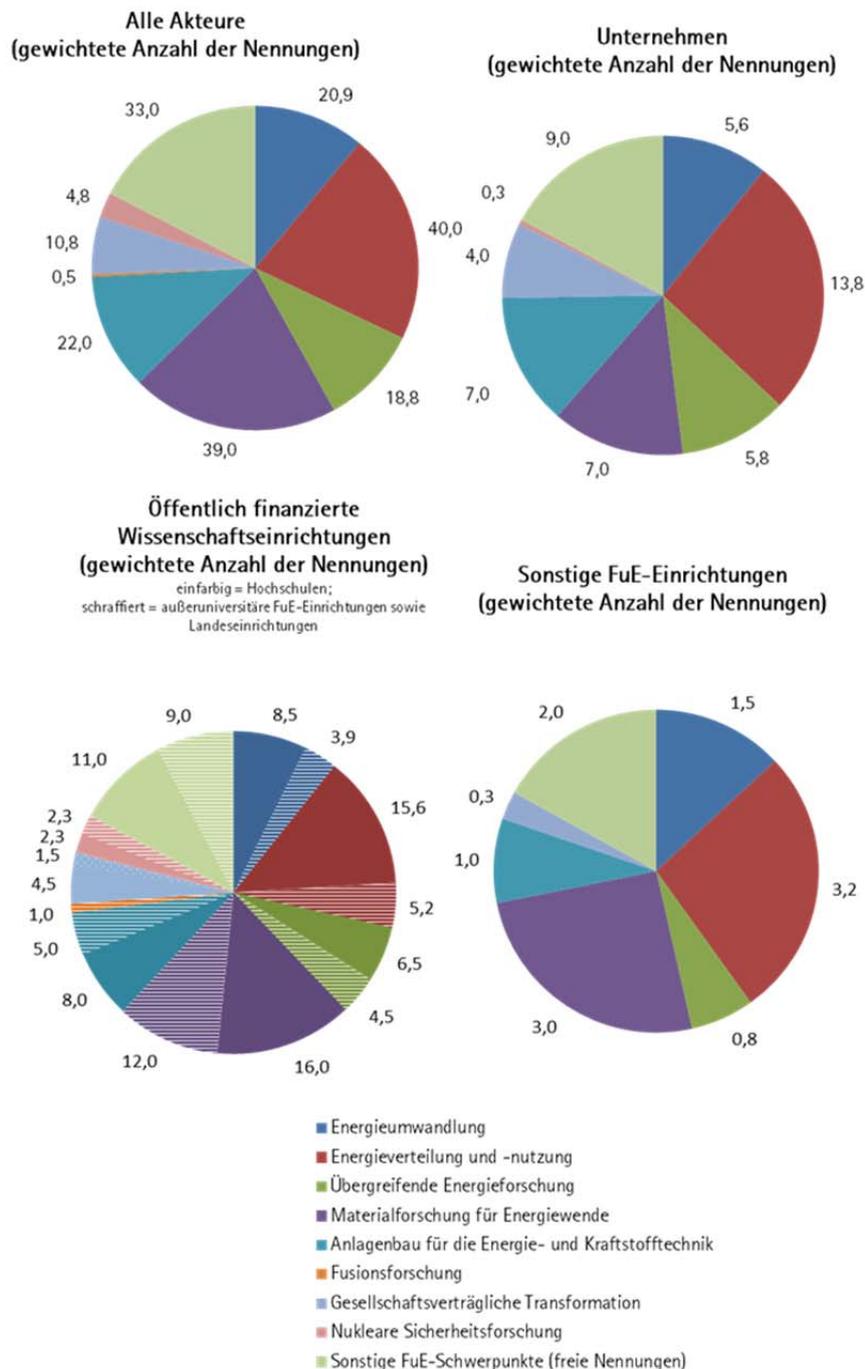


Abbildung 4: Gewichtete Anzahl der Nennungen der FuE-Themenfelder der Akteure (Gesamt, Unternehmen, Wissenschafts- und FuE-Einrichtungen)

Man erkennt, dass die Gewichtung eine deutliche Verschiebung der Schwerpunkte der Energieforschung Sachsens bedingt. Das Themenfeld „Energieverteilung und -nutzung“ ist auch nach der Gewichtung ein entscheidender Schwerpunkt der FuE-Aktivitäten. Deutlich an Gewicht zugelegt haben jedoch die FuE-Themenfelder „Materialforschung für die Energiewende“, „Anlagenbau für die Energie- und Kraftstofftechnik“ sowie „Sonstige FuE-Schwerpunkte“.

Auf Ebene der *Unternehmen* zählen zu den fünf wichtigsten FuE-Themenfeldern:

- Energieverteilung und -nutzung
- Sonstige FuE-Schwerpunkte
- Materialforschung für die Energiewende
- Anlagenbau für die Energie- und Kraftstofftechnik
- Übergreifende Energieforschung

Bei den „*Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen*“ sieht diese Priorisierung der Themenfelder ähnlich aus, nur dass die „Materialforschung für die Energiewende“ einen deutlich höheren Stellenwert einnimmt:

- Materialforschung für die Energiewende
- Energieverteilung und -nutzung
- Sonstige FuE-Schwerpunkte
- Anlagenbau für die Energie- und Kraftstofftechnik
- Energieumwandlung

Im Bereich der *Sonstigen Forschungseinrichtungen* ist eine ähnliche Priorisierung der fünf wichtigsten FuE-Themenfeldern festzuhalten:

- Energieverteilung und -nutzung
- Materialforschung für die Energiewende
- Sonstige FuE-Schwerpunkte
- Energieumwandlung
- Anlagenbau für die Energie- und Kraftstofftechnik

Grund für die Dominanz des Themenfeldes „Materialforschung für die Energiewende“ im Bereich der „*Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen*“ sowie „*Sonstigen Forschungseinrichtungen*“ ist die starke Grundlagenorientierung innerhalb dieses Themenfeldes, sodass hier vor allem Wissenschafts- bzw. FuE-Einrichtungen aktiv sind.

Die starke Relevanz des Themenfeldes „Sonstige FuE-Schwerpunkte“ in allen drei Akteursgruppen verdeutlicht die Vielfalt an weiteren Themen der Energieforschungslandschaft in Sachsen, wird jedoch auch bedingt durch die Abfragemodalität im Fragebogen. Durch die Akteure erfolgte die Nennung von Themenschwerpunkten innerhalb der „*Sonstigen FuE-Schwerpunkte*“ als einfache Wortgruppe. Da diese nicht weiter kategorisiert wurden, erfolgte auch die Gewichtung der Gesamtnennungen nur durch die Division mit dem Faktor „1“, sodass alle sehr diversifizierten Nennungen unter einem Themenschwerpunkt in die Wichtung eingingen. Um die Vielfalt der Nennungen zu belegen, sind nachfolgend Beispiele³¹ für „*Sonstige FuE-Schwerpunkte*“ aus den Fragebögen aufgeführt:

- Leitungsauskünfte³²
- Recycling von Schrotten der Elektronik und Elektrik
- Blockchaintechnologie (Energiehandel, Digitalisierung der Energiewirtschaft)
- Leistungselektronik für Energietechnologienanwendungen
- Elektromobilität (wurde vereinzelt von Akteuren auch im Themenfeld „Energieumwandlung“ und/oder „Energienutzung/-verteilung“ verortet)
- Additive Fertigung

³¹ Hinweis: Die Reihenfolge der Aufzählung stellt keine Rangfolge dar, sondern listet lediglich Einzelnennungen auf.

³² Hinweis: Im Vorfeld von Baumaßnahmen werden Leitungsauskünfte eingeholt, um Beschädigungen vorhandener Leitungen zu vermeiden. Forschungsgegenstände sind in diesem Zusammenhang bspw. die Entwicklung von Szenarien, Workflows und Lösungen zur Schaffung einer landesweiten Zentralstelle, da die Einholung dezentraler Art sehr aufwendig ist.

- IT-Sicherheit kritischer Energie- und Wasserinfrastrukturen

Sowohl die „Fusionsforschung“ als auch die „Nukleare Sicherheitsforschung“ spielen bei den Unternehmen keine Rolle. Bei den Forschungseinrichtungen gibt es vereinzelte Aktivitäten in diesen Themenfeldern.

Um die Vielfältigkeit der thematischen Ausrichtung der Akteure in der Energieforschung Sachsens zu belegen, ist die Anzahl der durchschnittlichen Nennungen von Themenfeldern, respektive Themenschwerpunkten, ein nutzbarer Indikator. Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der Auswertung der eingegangenen Daten aus den Fragebögen.

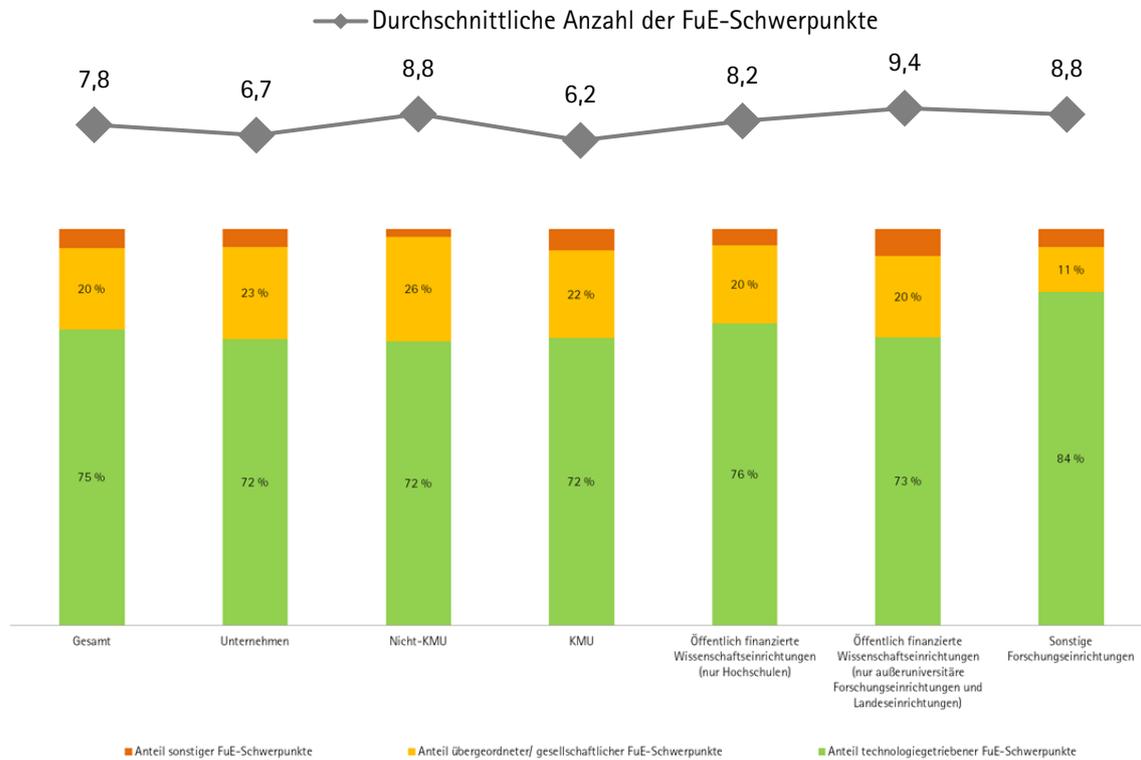


Abbildung 5: Analyse der Akteure nach Nennungen von FuE-Themenfeldern

Unabhängig von der Eingruppierung des Akteurs in die verschiedenen Kategorien, wurden im Durchschnitt 7,8 Themenschwerpunkte je Akteur angegeben. Auf Seiten der Unternehmen liegt dieser Durchschnitt etwas niedriger (6,7). Der Durchschnittswert für Nicht-KMU liegt mit 8,8 etwas über dem Unternehmens-Durchschnitt und ist darin begründet, dass sich Großunternehmen thematisch breiter positionieren können als KMU, die mit durchschnittlich 6,2 FuE-Themenschwerpunkten deutlich spezialisierter Energieforschungsthemen vorantreiben.

Natürgemäß ist dieser Wert bei den „Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen“ (8,2 bzw. 9,4) bzw. „Sonstigen Forschungseinrichtungen“ (8,8) mit einer breiten Anzahl an Fachgebieten größer. Neben der Darstellung der Gesamtnennungen je Akteursgruppe wurde eine Unterteilung in technologieorientierte bzw. übergeordnete/gesellschaftliche FuE-Schwerpunkte vorgenommen. Als technologiegetriebene Themen werden Forschungsaktivitäten, die mehrheitlich auf neuartige Technologien und technische Innovationen fokussiert sind, zusammengefasst. Dazu zählen die Themenfelder „Energieumwandlung“, „Energieverteilung und Energienutzung“, „Materialforschung für die Energiewende“ und „Anlagenbau für die Energie- & Kraftstofftechnik“, „Fusionsforschung“ sowie „Nukleare Sicherheitsforschung“. Dem gegenüber stehen übergeordnete bzw. gesellschaftliche Themen, die sich eher auf die politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen der Energiewende konzentrieren. Diese sind in den beiden Themenfeldern „Übergreifende Energieforschung“ und „Gesellschaftsverträgliche Transformation“ zusammengefasst. Die „sonstigen FuE-Themenschwerpunkte“ werden aufgrund der Diversität der Angaben in den Fragebögen und der damit verbundenen Schwierigkeit der Einordnung in eine der beiden Kategorien separat ausgeführt.

Abbildung 5 verdeutlicht, dass der relative Anteil an technologieorientierten Forschungsthemen über alle Gruppierungen hinweg ca. 70 % beträgt und damit das Themenspektrum deutlich dominiert. Grund ist mit

großer Wahrscheinlichkeit die traditionell sehr technologiegeprägte Industrie im Freistaat Sachsen bzw. die charakteristischen Profile der Mehrheit der sächsischen Hochschulen (ingenieurwissenschaftlicher Schwerpunkt).

Um nachfolgend Schlussfolgerungen zu den einzelnen Themenfeldern vornehmen zu können, wurden die Angaben in den Fragebögen einer dezidierten Themenfeldanalyse unterzogen. Eine Zuordnungsmatrix zwischen den Themenfeldern und den jeweiligen Akteuren ist in **Anhang 6** dargestellt.

3.3.1 Themenfeldanalyse „Energieumwandlung“

Im Rahmen der tiefergehenden Analyse des Themenfeldes war von Interesse, wie sich die FuE-Schwerpunktsetzung innerhalb der regenerativen Energien und der fossilen Energieträger bzw. auf andere FuE-Schwerpunkte verteilt. Zu den fossilen Energieträgern gehört der FuE-Schwerpunkt „Kohle/Gas“, wohingegen zu den regenerativen Energien die folgenden FuE-Schwerpunkte gezählt wurden:

- Photovoltaik
- Windenergie
- Bioenergie
- Tiefe Geothermie
- Solarthermische Kraftwerke
- Wasserkraft und Meeresenergie

Die FuE-Schwerpunkte „Brennstoffzellen und Wasserstoff“, „Wärme-/Kälteerzeugung“ sowie „grüne Kraftstoffe/E-Fuels“ wurden gemeinsam mit den Angaben unter „Sonstiges“ unter den „anderen FuE-Schwerpunkten“ subsummiert.

Abbildung 6 zeigt das Ergebnis der Analyse unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Akteursgruppen.

Analyse des FuE-Themenfeldes "Energieumwandlung" im Hinblick auf die Verteilung zwischen regenerativen und fossilen Energieträgern

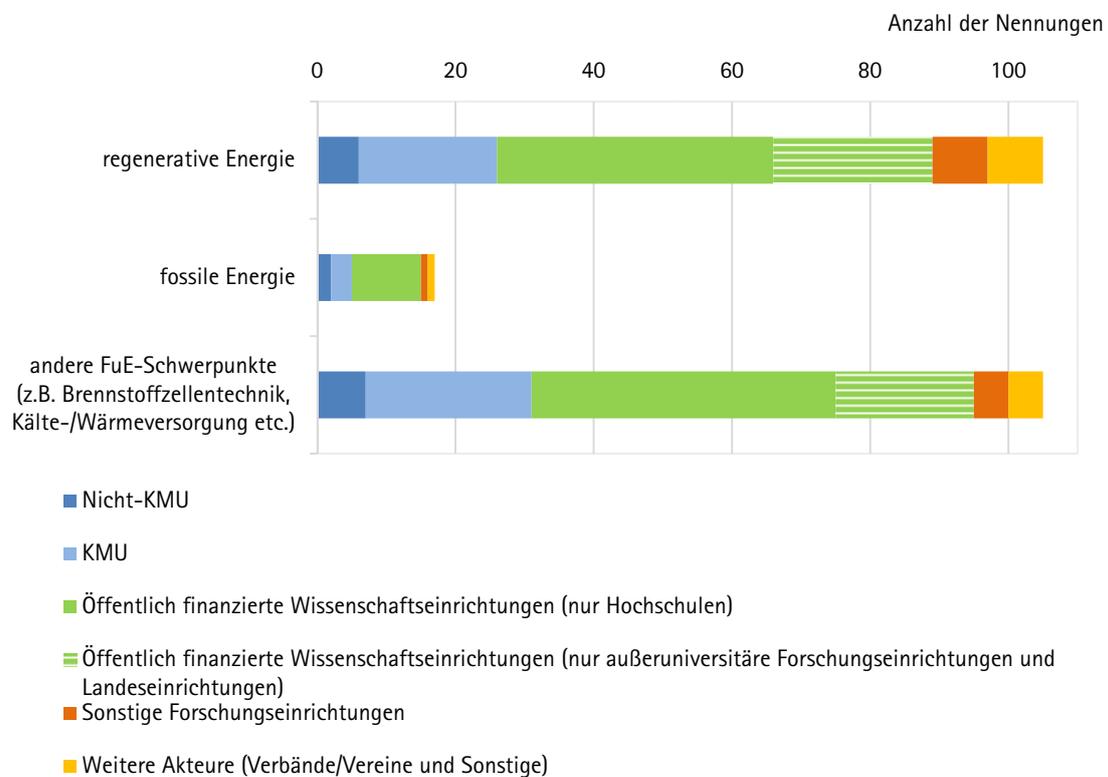


Abbildung 6: Analyse des FuE-Themenfeldes „Energieumwandlung“ in Hinblick auf die Verteilung zwischen regenerativen und fossilen Energieträgern

Es wird deutlich, dass fossile Energieträger forschungsseitig nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die FuE-Aktivitäten im Bereich der „regenerativen Energieträger“ sind in etwa gleich intensiv wie die FuE-Aktivitäten in den „anderen FuE-Schwerpunkten, worunter „Wärme-/Kälteerzeugung bzw. -versorgung“, „grüne Kraftstoffe/E-Fuels“; „Brennstoffzellen und Wasserstoff“ und „Sonstiges“ subsummiert werden. Innerhalb der beiden Themenfelder ist die Aufteilung der Nennungen zwischen den verschiedenen Akteursgruppen (Nicht-KMU, KMU etc.) relativ ähnlich.

Zur weiteren Aufschlüsselung des Themenfeldes dient Abbildung 7.

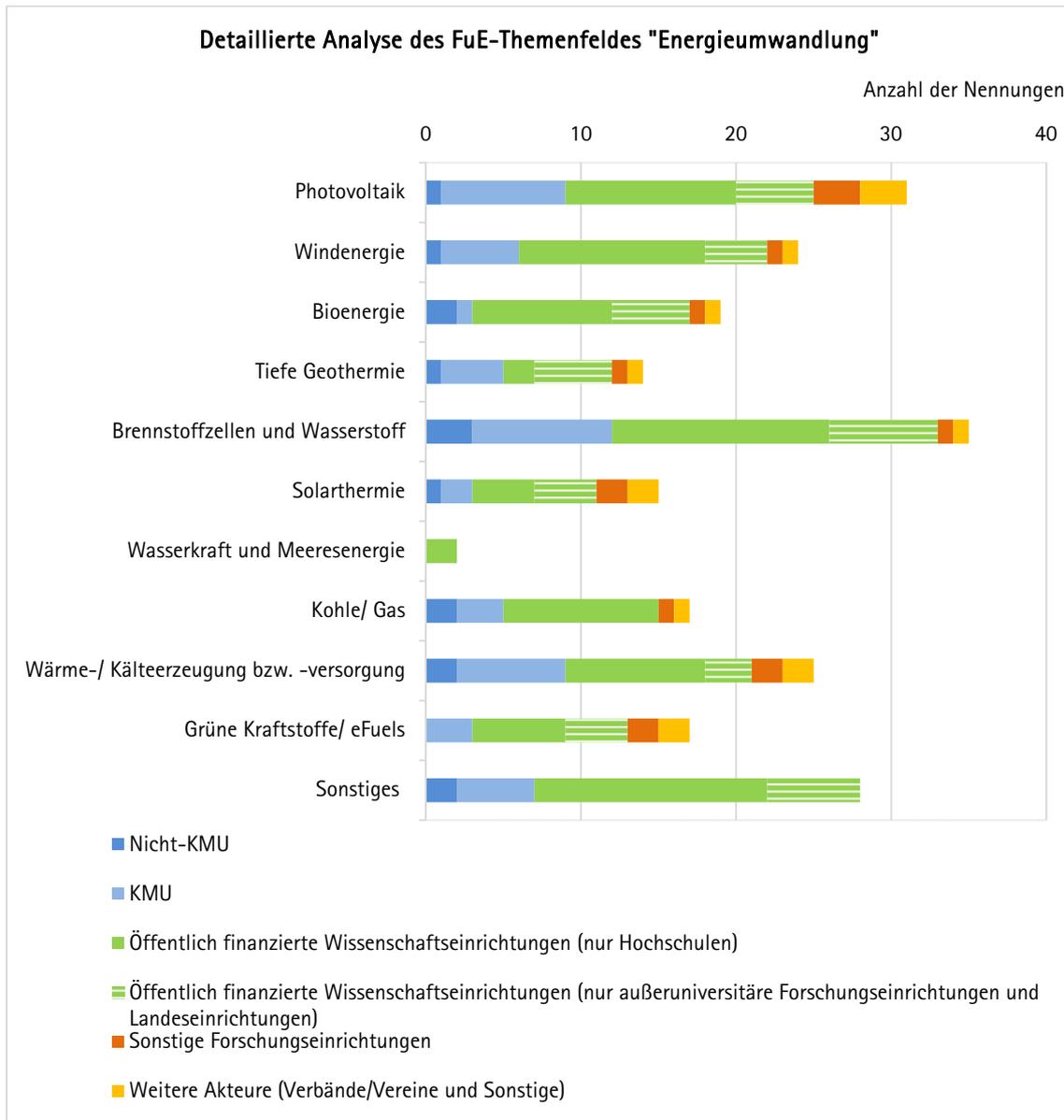


Abbildung 7: Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Energieumwandlung"

Die Themenschwerpunkte „Photovoltaik“, „Brennstoffzellen und Wasserstoff“ sowie „Wärme-/Kälteerzeugung bzw. -versorgung“ zählen zu den drei meist genannten FuE-Aktivitäten innerhalb des Themenfeldes „Energieumwandlung“. Die hohe Relevanz der Photovoltaik-Forschung liegt mit großer Wahrscheinlichkeit auch in den zahlreichen Aktivitäten in peripheren Forschungsbereichen, wie der Netzintegration oder auch der Charakterisierung von Solarzellen, begründet.

In allen drei Themenschwerpunkten dominieren die „Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen“ die Aktivitäten. Der FuE-Schwerpunkt „Sonstiges“ ist wie vorangehend beschrieben auch im Themenfeld „Energieumwandlung“ durch die Akteure mit freien Wortnennungen hinterlegt worden. Beispielhaft seien nachfolgend einige Nennungen aufgeführt:

- Netzdienliche Sektorenkopplung
- Batterien, elektronische Bauelemente der Leistungsumwandlung
- Bioökonomie
- Sektorenkopplung, auch im Sinne von Power-to-X als Technologiemix
- Thermoelektrik
- Aufbau- und Verbindungstechnik für Leistungselektronik
- Oberflächennahe Geothermie
- Elektromobilität und Infrastruktur

Die Bandbreite an Nennungen zeigt erneut die Vielfalt an Themengebieten in der Akteurslandschaft Sachsen und ist wiederum Grund für die Häufigkeit der Nennungen in Relation zu den konkret umschriebenen FuE-Schwerpunkten des Themenfeldes.

3.3.2 Themenfeldanalyse „Energieverteilung und Energienutzung“

Der am häufigsten genannte FuE-Schwerpunkt im Bereich der „Energieverteilung und Energienutzung“ ist bei Unternehmen (mit 18 Nennungen, wobei KMU mit 14 Nennungen dominieren) als auch „Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen“ (in Summe 31 Nennungen) das Themenfeld „Speicher“. Auch im Forschungsbereich „Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe und Handel“, welcher am zweithäufigsten von den Befragten angegeben wurde, liegen die „Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen“ (mit in Summe 23 Nennungen) vor den Unternehmen (insgesamt 16 Nennungen).

Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Energieverteilung und -nutzung"

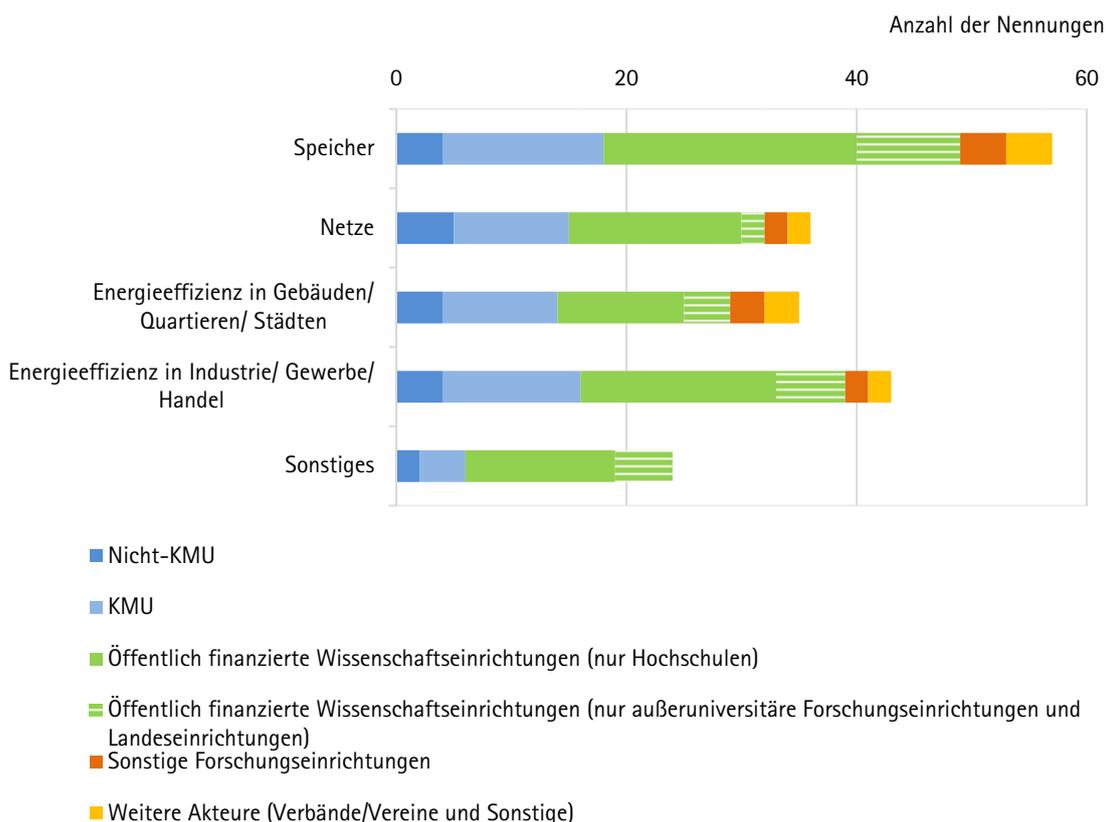


Abbildung 8: Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Energieverteilung und Energienutzung"

3.3.3 Themenfeldanalyse „Übergreifende Energieforschung“

Insgesamt betätigen sich 30 Akteure im Themengebiet „Übergreifende Energieforschung“ mit dem Schwerpunkt „Querschnittsforschung und Systemanalyse“, wobei die „Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen“ (mit in Summe 20 Nennungen) überproportional vertreten sind. Der Schwerpunkt „Informationsver-

arbeitung" wird (mit 10 Nennungen) knapp von den Unternehmen dominiert und ist (mit 21 Nennungen) das zweithäufigste genannte FuE-Themenfeld in diesem Bereich.

Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Übergreifende Energieforschung"

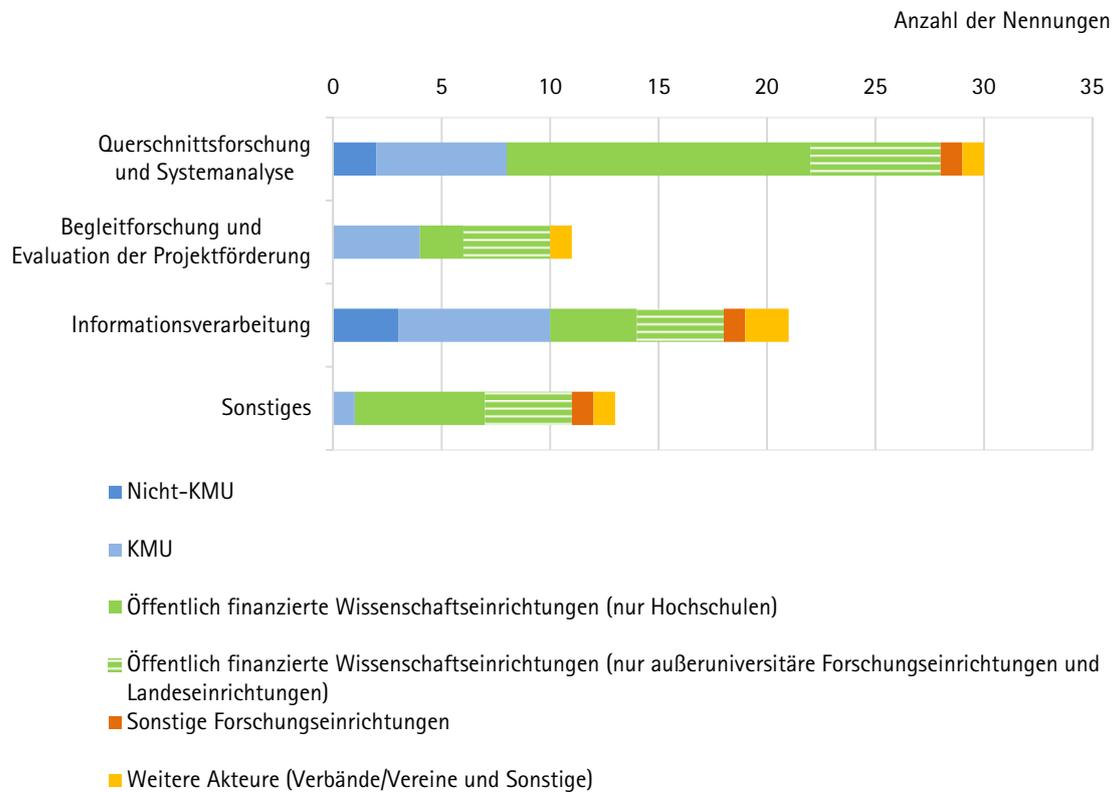


Abbildung 9: Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Übergreifende Energieforschung"

3.3.4 Themenfeldanalyse „Gesellschaftsverträgliche Transformation“

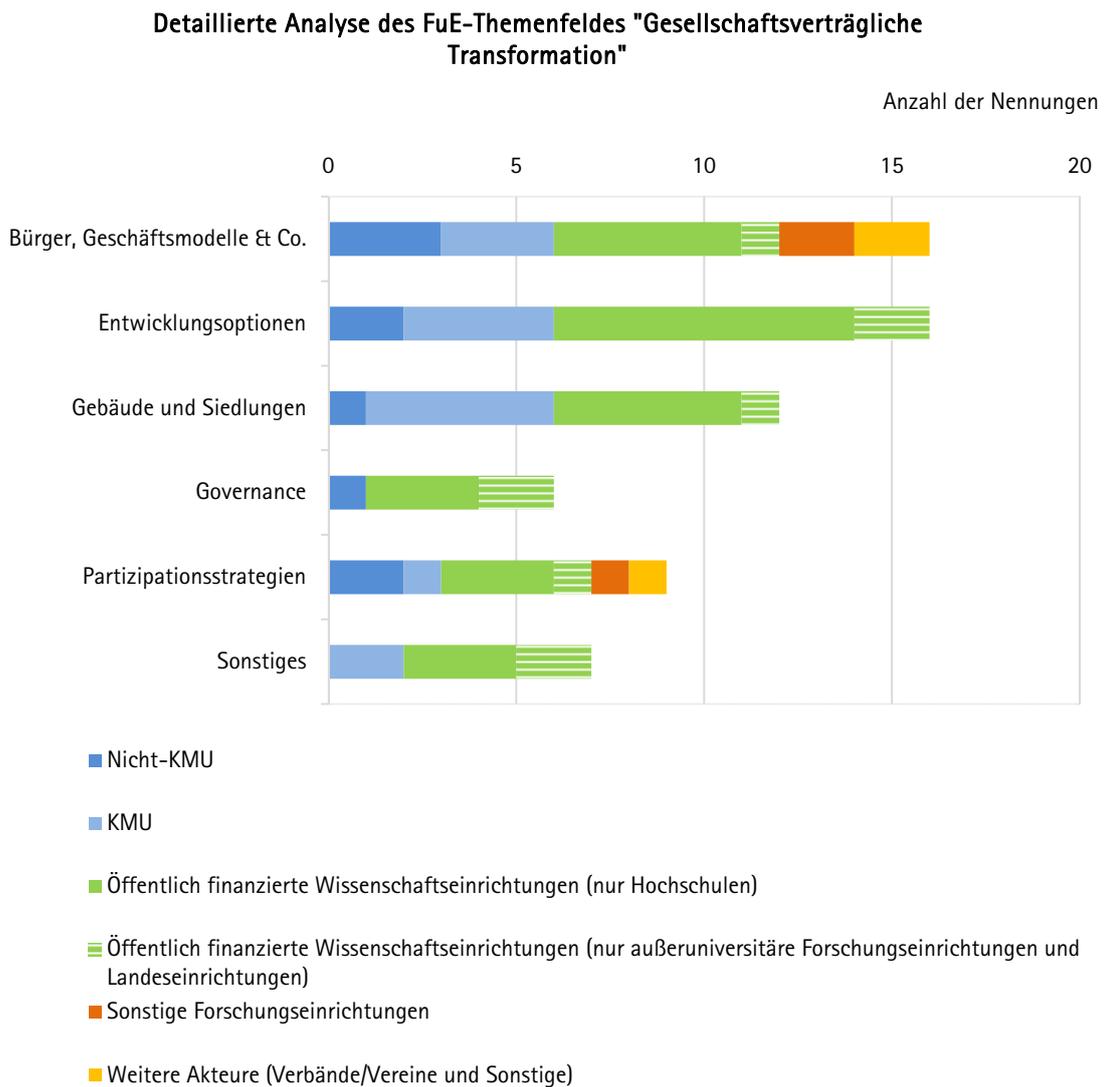


Abbildung 10: Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Gesellschaftsverträgliche Transformation"

Unter den Akteuren befinden sich auch Nicht-KMU, die sich mit dem Themenfeld „Gesellschaftsverträgliche Transformation“ beschäftigen. Im FuE-Schwerpunkt „Entwicklungsoptionen“ (mit insgesamt 17 Nennungen) sind die „Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen“ (mit zehn Nennungen) am stärksten aktiv. Dieser Bereich ist neben dem Themenschwerpunkt „Bürger, Geschäftsmodelle und Co.“ (ebenfalls 17 Nennungen in Summe) die am häufigsten genannte Option unter den beteiligten Akteuren.

3.3.5 Themenfeldanalyse „Nukleare Sicherheitsforschung“

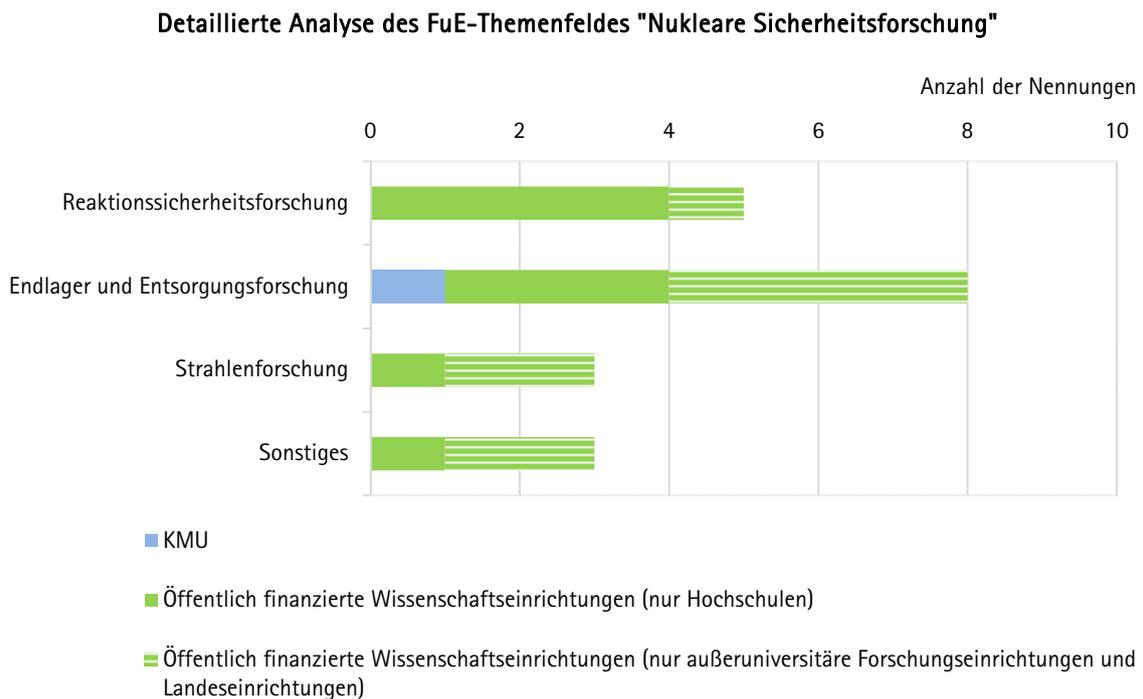


Abbildung 11: Detaillierte Analyse des FuE-Themenfeldes "Nukleare Sicherheitsforschung"

Wie sich auch schon in der Vorstudie³³ herausgestellt hat, bildet das Themenfeld der „Nuklearen Sicherheitsforschung“ nur einen untergeordneten Bereich innerhalb der FuE-Themenfelder. Stärkster Akteur sind weiterhin die „Öffentlich finanzierten Wissenschaftseinrichtungen“, welche sich besonders im Schwerpunkt „Endlager- und Entsorgungsforschung“ (mit 7 Nennungen) engagieren. Dies ist zudem der einzige Bereich in dem auch ein KMU-Akteur tätig ist.

3.4 Schwerpunkte der Energieforschung in Sachsen

Um die Expertise bzw. den aktuellen Stand der sächsischen FuE-Landschaft einschätzen zu können, wurden von ausgewählten Experten³⁴ der Energieforschung Sachsens thematische Zuarbeiten zu einem Überblick zusammengefasst. Die relevanten Themenfelder werden kurz vorgestellt und Aussagen zum Vernetzungsgrad der Akteure, Stärken und Schwächen innerhalb des jeweiligen Forschungsfeldes in Sachsen dargestellt sowie ein Ausblick zu Zukunftstrends und deren Transferpotentialen, soweit möglich, geschildert.

3.4.1 Energieumwandlung

3.4.1.1 Photovoltaik

Vorrangig genutzte erneuerbare Energiequellen sind Wasser, Biomasse, Wind und Sonne. Während ersteres, bedingt durch die vorherrschende Topographie in Mitteleuropa, nur eine untergeordnete Rolle spielt, bedürfen die anderen Ressourcen ausreichender Flächen. Damit konkurrieren sie in weiten Teilen mit anderen möglichen Nutzungsarten.

Demgegenüber weist die Photovoltaik noch umfangreiche, bisher ungenutzte Energiereserven auf. So übertrifft selbst in Deutschland die Sonneneinstrahlung den jährlichen Energieverbrauch um das Hundertfache.

³³ Vgl. Energy Saxony (2015): Akteursüberblick und aktuelle Forschungsthemen in der Energieforschung und Speichertechnologie in Sachsen, S. 41, http://www.energie.sachsen.de/download/energie/Akteursueberblick_und_aktuelle_Forschungsthemen_in_der_Energieforschung_und_Speichertechnologie_in_Sachsen.pdf, aufgerufen am 10.07.2017.

³⁴ Hinweis: Anhang 5 listet die für die jeweiligen Kapitel zuständigen Hauptautoren auf.

Heutige Solarzellen unterscheiden sich vor allem hinsichtlich des verwendeten photoaktiven Materials. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind zurzeit die folgenden Technologien:

Tabelle 2: Eigene Zusammenstellung auf Basis von Wikipedia-Informationen³⁵

| | Solarzellenmaterial | max. Wirkungsgrad im Labor ca. | max. Wirkungsgrad im Einsatz ca. | globaler Marktanteil 2011 |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Dickschicht | monokristallines Silizium | 25 % | 21 % | 38 % |
| | polykristallines Silizium | 20 % | 18 % | 47 % |
| Dünn-schicht | amorphes Silizium | 15 % | 9 % | 3 % |
| | Cadmium-Tellurid | 30 % | 10 % | 8 % |
| | Kupfer-Indium/ Gallium-Diselenid | 21 % | 12 % | 3 % |

Noch vor einigen Jahren waren in Sachsen zahlreiche Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Photovoltaik tätig. Parallel zur Entwicklung der Solarbranche gingen auch die Forschungsaktivitäten stark zurück. An sächsischen Fraunhofer-Instituten und Hochschulen werden derzeit vergleichsweise kleinere Labors und Forschungsprojekte mit Bezug zu herkömmlichen Solarzellen-Technologien betrieben, die sich überwiegend mit materialwissenschaftlichen Aspekten und mit Fragen der Energiesystemtechnik befassen.³⁶

International führend ist Sachsen nach wie vor in der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der organischen Photovoltaik. Organische Solarzellen sind eine relativ neue Technologie. Im Gegensatz zu Silizium-solarzellen bestehen sie aus Kohlenwasserstoffen, die aus einfachen und nachhaltig verfügbaren Grundbausteinen synthetisiert werden. Obwohl sich seit dem ersten im Labor funktionierenden Prototyp im Jahr 1986 der Wirkungsgrad bereits mehr als verzehnfacht hat, bergen sie immer noch großes Potential zur wesentlichen Verbesserung der relevanten Parameter Energieeffizienz, Kosten und Langlebigkeit. Im Gegensatz zur etablierten Technologie der Silizium-Solarzellen ist die organische Photovoltaik noch sehr innovativ und kann durch wirksame Schutzrechte asiatische Billigkonkurrenz abwehren.

Von wirtschaftlichem Interesse sind organische Solarzellen, weil sie leicht und flexibel sowie potentiell kostengünstig und nachhaltig herstellbar sind. Unter anderem bietet sich als Anwendungsfall die gebäudeintegrierte organische Photovoltaik (Building Integrated Photovoltaics, BIPV) an. Das sehr niedrige Gewicht der hauchdünnen Module, die teilweise auf Kunststofffolien aufgebracht sind, und das nach entsprechender Skalierung sehr kostengünstige, weil etablierte Herstellungsverfahren (Vakuumbeschichtung von Kunststoffen bzw. Glas) erlauben die großflächige Verkleidung von Bauwerken. Da organische Solarzellen auch semi-transparent hergestellt werden können, ist sogar der Einsatz in Verbundglasfenstern, z. B. in Bürogebäuden möglich. Eine gebäudeintegrierte organische Photovoltaik ermöglicht zudem die Produktion von elektrischer Energie in unmittelbarer räumlicher Nähe zu den Verbrauchern. Dies entlastet die Stromnetze. Eines der diese Technologie kommerziell vertreibenden Unternehmen ist die in Dresden beheimatete Heliatak GmbH, eine Ausgründung des IAPP. Sie beschäftigt derzeit fast 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und konzentriert sich auf die Produktion und Vermarktung gebäudeintegrierter Photovoltaik.

³⁵ Vgl. Wikipedia: Solarzelle, <https://de.wikipedia.org/wiki/Solarzelle>, aufgerufen am 10.07.2017 und Vgl. Photovoltaik: <https://www.photovoltaikeu/Archiv/Heftarchiv/Technik-von-morgen-oder-Schnee-von-gestern,QUIEPTQ00DgyMSZNSUQ9MTEwNDUz.html>, aufgerufen am 10.07.2017.

³⁶ Bis in das Jahr 2008 verzeichnete die Branche der Solarzellen- und Solarmodulhersteller in Mitteldeutschland ein stetiges bis exponentielles Wachstum. Dabei waren bzw. sind in Sachsen u. a. folgende Unternehmen angesiedelt: SolarWorld GmbH, Arise Technologies, SignetSolar, SolarWatt, Sunfilm AG, Heliatak GmbH, Heckert Solar GmbH, AVANCIS GmbH und Solarion AG.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Die Einrichtungen, die im Bereich der organischen Photovoltaik bzw. organischen Elektronik in Sachsen tätig sind, haben sich über den Verein „Organic Electronics Saxony (OES)“ eng vernetzt. Der Verein hat derzeit 30 Mitglieder, die zum allergrößten Teil regional verortet sind. Eine Liste der Mitglieder des Clusters befindet sich in [Anhang 7](#). Innerhalb dieser Struktur können z. B. übergreifende Forschungsanträge koordiniert und deren Antragstellung optimiert werden. Darüber hinaus bietet das Netzwerk Beratung und Unterstützung bei Unternehmensgründungen in diesem Technologiefeld, bündelt die Interessen der organischen Elektronik-Branche gegenüber der Öffentlichkeit und gegenüber politischen Entscheidungsträgern und wirbt für deren Innovationen und Visionen.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Organische Photovoltaik ist eine zukunftsweisende Technologie mit vielfältigen neuen Einsatzmöglichkeiten.
- Deutschland und speziell Sachsen sind weltweit führend in dieser Technologie.
- Aufgrund des hohen Innovationsgrades und grundlegender Schutzrechte ist die organische Photovoltaik gut gegen Billigkonkurrenz geschützt.
- Sachsen ist in der Forschung zur organischen Photovoltaik hervorragend vernetzt.

Schwächen

- Die Entwicklung der organischen Photovoltaik wird weitgehend nur noch von KMU vorangetrieben, die nicht die Mittel großer Konzerne haben.
- Die Photovoltaik als Ganzes befindet sich aufgrund asiatischer Billigkonkurrenz in einer Krise, die auch für die davon nicht betroffene organische Photovoltaik zu einer Verschlechterung des Investitionsklimas geführt hat.

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Die organische Photovoltaik hat bereits einen weiten Weg von der Entwicklung erster Prototypen bis hin zu marktreifen Produkten zurückgelegt. Organische Solarzellen stehen an der Schwelle zur Marktreife. Um den Photovoltaikmarkt nachhaltig zu durchdringen, sind auf technologischer Seite die wesentlichen Leistungsparameter weiter zu verbessern:

- Wirkungsgrad: Der Labor-Weltrekord von 13,2 % ist weiter zu verbessern, um in Konkurrenz zu herkömmlicher Photovoltaik zu treten. Dies kann z.B. durch weitere Materialforschung, d.h. Identifikation und chemische Synthese geeigneter organischer Moleküle oder durch Optimierung des Zellenaufbaus, auch mit Hilfe nanostrukturierter Oberflächen, gelingen.
- Lebensdauer: Organische Halbleiter degradieren schneller durch UV-Strahlung und Wassereinwirkung als ihre anorganischen Pendanten. Durch weitere Materialforschungen können insbesondere dünne und widerstandsfähige Folien zur Verkapselung der empfindlichen aktiven Schichten entwickelt werden.
- Kosteneffizienz: Die derzeit für organische Photovoltaikprodukte verwendeten organischen Materialien sind aufgrund der komplexen und nicht in großem Maßstab erfolgenden Produktion bisher nicht kosteneffizient. Die Suche nach kostengünstiger herstellbaren Materialien oder die effiziente Hochskalierung der Produktion sind wesentliche Einsparmaßnahmen.

Bereits jetzt kann die organische Photovoltaik den Nischenmarkt gebäudeintegrierter Photovoltaik (BIPV) besetzen, da dort keine konkurrierende Technologie existiert. Ihre vielen Vorteile bergen das Potential eines

technologischen Paradigmenwechsels in der Energiewirtschaft – auch im Hinblick auf die allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe in ausreichender Menge.

3.4.1.2 Windenergie

Windenergie gilt als zentraler Baustein der Energiewende und liefert derzeit (Bezugsjahr 2016) mit 37,1% den größten Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energien in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Forschungsaktivitäten zielen aktuell auf eine Senkung der Stromerzeugungskosten ab, spielen aber in Sachsen eine nur untergeordnete Rolle. Neben spezifischen Forschungsaktivitäten im Themenfeld gibt es insbesondere für Sachsen den Bedarf an umfangreichen Potentialanalysen (Stichwort „Potential nicht genutzter Vorrang- und Eignungsgebiete“ oder „Potential neuer Vorrang- und Eignungsgebiete“), die jedoch über die Energieforschung hinausgehende Marktforschung adressieren und daher im Folgenden nicht tiefergehend diskutiert werden.

3.4.1.3 Bioenergie

Die energetische Nutzung von Biomasse ist ein wichtiger Baustein der Energiewende. Im Jahr 2016 hatte Biomasse einen Anteil von 6,5 % am deutschen Primärenergieverbrauch³⁷. Dieser Anteil entspricht 64% aller erneuerbaren Energien.³⁸ Die Strom-, Wärme und Kraftstoffbereitstellung aus Biomasse sparte im Jahr 2016 durch die Substitution fossiler Energieträger zudem ca. 64 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent³⁹. Die Möglichkeiten der Klimagaseinsparung durch Bioenergie umfassen einerseits die energetische Nutzung bisher erschlossener Biomassepotentiale sowie andererseits die effiziente, emissionsarme und integrierte Weiterentwicklung der gegenwärtigen Biomassenutzung.

Die Verfügbarkeit von Biomasse ist limitiert. Um den vielfältigen Bedürfnissen an der Biomasse als Energieträger gerecht zu werden und dabei eine maximale Wertschöpfung aus den Ressourcen zu generieren, ist eine wesentlich effizientere Bewirtschaftung der für eine energetische Nutzung nachhaltig verfügbaren Biomassepotentiale notwendig. Gleichwohl darf dabei die Frage einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Landflächen in Konkurrenz zur Landwirtschaft mit dem Ziel der Lebensmittelversorgung nicht vernachlässigt werden. Eine so verstandene Bewirtschaftung umfasst zunächst die Entwicklung und Optimierung effizienter Prozesse entlang der gesamten Bereitstellungskette, vom Energiepflanzenanbau über Lagerung, Vorbehandlung, der Konversion in Energieträger bis hin zu einer effizienten Nutzung der Energieträger. Weiterhin sind die stofflichen und energetischen Verwertungspfade intelligent miteinander zu verknüpfen, um in Koppel- und Kaskadennutzung neue Ansätze zu finden bzw. die bestehenden zu optimieren.⁴⁰

In der Bioökonomie wird die Ressource Biomasse durch die Kopplung von stofflicher und energetischer Nutzung sowie Kaskadennutzung höchsteffizient eingesetzt. Es entstehen neue und verlängerte Nutzungspfade und Wertschöpfungsketten. In zukünftigen Bioraffinerien soll die Prozessenergie klimaneutral aus einem Teil der eingesetzten Biomasse bereitgestellt oder als Energieträger ausgekoppelt werden. Die eingesetzten Rohstoffe sollen vollständig genutzt werden. Nährstoffe können dabei in geschlossenen Kreisläufen geführt werden.

Eine optimierte Reststoff- und Abfallnutzung sowie die Verwertung neuer Reststoffströme aus Biomasse verarbeitenden Prozessen, z. B. der Chemie- und verarbeitenden Industrie, sowie das Schließen von Nährstoffkreisläufen eröffnen neue Einsatzfelder für Bioenergieverfahren. Um diese Potentiale zu heben, sind Lebenszyklusanalysen zur Nachhaltigkeitsbewertung ein wesentliches Element.

Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung der Bioenergie sind energieeffiziente, emissionsarme Konversionstechnologien. Eingesetzt werden dabei biochemische, thermo-chemische und physikalisch-chemische Umwandlungsprinzipien, die sich ihrerseits unter Berücksichtigung der Sektorenkopplung auch mit elektrochemischen Verfahren und damit mit anderen erneuerbaren Energien in sog. Hybridsystemen kombinieren las-

³⁷ Vgl. BMWi (2015): Energiedaten: Gesamtausgabe (Stand: Mai 2017), http://www.bmw.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&t=18, aufgerufen am 10.07.2017.

³⁸ FVEE Programmbroschüre: Forschungsziele 2017 – Gemeinsam forschen für die Energie der Zukunft.

³⁹ Vgl. Umweltbundesamt (2016): Erneuerbare Energien in Zahlen – Quartalsberichte 2016, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen?sprungmarke=quartalsberichte#quartalsberichte>, aufgerufen am 10.07.2017.

⁴⁰ Vgl. Nelles M. et al (2017): SMART-Bioenergy – Die Rolle der energetischen Verwertung von biogenen Abfällen und Reststoffe im Energiesystem und der biobasierten Wirtschaft.

sen. Zentrale Herausforderung ist in diesem Zusammenhang die Flexibilisierung dieser Komponenten zu „smarten“ Bereitstellungskonzepten.

Bioenergie bietet zeitlich und räumlich flexible Lösungen für Strom, Wärme und Kälte sowie für Mobilität. Durch gute Speicherbarkeit und wetterunabhängige Verfügbarkeit kann Bioenergie künftig in einem erneuerbaren Energiesystem dazu beitragen, den Restbedarf bei Strom, Wärme und Mobilität abzudecken, die nach Einsatz der fluktuierenden erneuerbaren Energien und der Effizienztechnologien noch verbleiben. Daher muss die Bioenergie mit allen anderen Komponenten im Energiesystem intelligent verknüpft werden. Durch die Kombination von Bioenergie mit anderen erneuerbaren Energien sind alternative regionale Versorgungssysteme realisierbar. Dies kann zu einer Entlastung der regionalen und überregionalen Stromnetze und der Verminderung der Nachfrage nach Netzausbau und Stromspeichern führen.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Im Themenfeld Bioenergie sind sowohl Forschungseinrichtungen als auch privatwirtschaftliche Unternehmen forschend tätig. Die Vernetzung innerhalb der Community ist hervorragend. Wichtige Akteure im Hochschulbereich sind:

- Professur Bioenergiesysteme in der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät an der Universität Leipzig
- Departments Bioenergie (BEN) am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ)
- Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ)
- Professur Chemische Reaktionstechnik sowie Institut für Technische Chemie an der Universität Leipzig
- Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft an der Technischen Universität Dresden
- Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen an der Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Professur Technische Thermodynamik an der Technischen Universität Chemnitz
- DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg
- Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik (IPM) der Hochschule Zittau/Görlitz
- Fachgruppe Physikalische Technik an der Westsächsischen Hochschule Zwickau
- Abteilung Biomassentechnologie und Membranverfahrenstechnik am Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Dresden
- Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Auch zahlreiche Unternehmen widmen sich den Bioenergieforschungsaktivitäten und sind in FuE-Verbundprojekten mit den oben genannten Akteuren verbunden, um Forschungsergebnisse in die Praxis zu transferieren. Dazu zählen beispielsweise Chemieranlagenbau Chemnitz GmbH, die LAV Landwirtschaftliches Verarbeitungszentrum Markranstädt GmbH oder auch die VNG - Verbundnetz Gas AG.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Potentiale zur wirtschaftlich attraktiven Wertschöpfung von Nebenprodukten sowie Rest- und Abfallstoffen in Zusammenhang mit einer gekoppelten stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe
- Weiterhin Möglichkeit der bedarfsgerechten Erzeugung (zeitlich und örtlich)
- Starke sächsische Forschungslandschaft im Bereich Bioenergie/Bioökonomie durch den Ausbau von Forschungseinrichtungen in den vergangenen Jahren
- Gute Vernetzung und Austausch zwischen den Forschungseinrichtungen, Unternehmen und staatlichen Strukturen in Sachsen
- Chance zur Erhöhung der Wertschöpfung der Landwirtschaft durch intelligente Kopplung der Biomasseproduktion für Nahrung, Futter und stoffliche Rohmaterialien mit einer energetischen Nutzung der Nebenprodukte, Reststoffe und späteren Nutzungsrückstände

Schwächen

- Fehlende mittel- bis langfristige einrichtungsübergreifende Vision für die (Bio-)Energieforschung in Sachsen zur Ableitung von Einzelstrategien und -konzepten
- Relativ wenig angewandte Forschung im Bereich der erneuerbaren Energien und insbesondere im Bereich der Sektorenkopplung
- Fehlende komplexe und sektorenübergreifende Forschungsvorhaben mit Leuchtturmcharakter
- Verbesserungswürdige Wahrnehmung der sächsischen Forschungslandschaft außerhalb Sachsens und auf EU-Ebene

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

FuE-Aktivitäten zur integrierten stofflichen und energetischen Nutzung

Die Biomasse dient als Ausgangsstoff unzähliger Wertschöpfungsketten. Die Forschung verfolgt eine gekoppelte, kaskadierende Nutzung. Auch bei einer primär energetischen Vornutzung können wertvolle, stofflich nutzbare Produkte anfallen:

- Energieträger / Prozessenergie aus Nebenprodukten stofflicher Prozesse
- Entwicklung neuer Koppel- und Kaskadennutzungspfade
- Prozesse zur Gewinnung und zum Recycling von Nährstoffen und zum Schließen von Stoffkreisläufen, insbesondere Kohlenstoffkreisläufe
- Integration neuer Wertschöpfungsketten in bestehende Bioenergieprozesse
- Entwicklung neuer Pflanzen, Pflanzenanbau- und Ernteverfahren zur Erhöhung der stofflichen und energetischen Gesamteffizienz des Biomasseanbaus
- CO₂-Minderungspotential weiter ausschöpfen und Nutzungskonkurrenzen reduzieren

FuE-Aktivitäten zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte

Die dezentrale und kosteneffiziente Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte im industriellen und privaten Sektor soll weiter mit hoher Wirksamkeit für Versorgungssicherheit und Netzstabilität optimiert werden:

- Anlagenkonzepte für die netz- und versorgungsstabilisierende Integration von Bioenergieanlagen in

- bestehende und zukünftige Infrastrukturen
- Prozessregelung für die bedarfsgerechte Anlagenflexibilisierung
- Entwicklung möglichst emissionsarmer Verbrennungstechnik
- Einbindung von ORC-Anlagen, Turbinen und Vergasersystemen sowie (Mikro)- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen
- Optimierung von schadstoffarmen, last- und brennstoffflexiblen Kraft-Wärme-Kälte Kopplungsanlagen
- Erhöhung der Lebensdauer, insbesondere der hochbelasteten Heißgaskomponenten in Bezug auf erhöhte Anzahl der Startvorgänge und Lastwechsel
- Reduktion der Herstellungskosten, insbesondere der hochbelasteten Heißgaskomponenten
- Gasreinigungsverfahren zum Synthesegaseinsatz in Brennstoffzellen
- Tools zur Planung und Wirtschaftlichkeitsbeurteilung von Nahwärmenetzen mit Speichern auf Basis von Biomasse
- Untersuchung der Möglichkeiten, Solarthermie (in Nahwärmenetzen) kombiniert mit Bioenergie zu verwenden
- Effizienzsteigerung zur Ausnutzung knapper Rohstoffpotentiale, insbesondere Rest- und Abfallstoffe
- Erforschung kosteneffizienter Emissionsminderungstechnologien und Überführung in die Praxis
- Konzepte für die hochflexible und gleichzeitig hocheffiziente Bereitstellung von Strom- und Wärme

FuE-Aktivitäten zur Bereitstellung von Kraftstoff

Nachhaltige erneuerbare Energieträger wie Biokraftstoffe sind wesentlicher Baustein für klimafreundlichen Verkehr. Dies geht einher mit den Herausforderungen in der Einhaltung von Emissionsstandards im Zusammenspiel der Energie- und Verkehrsträger, hocheffiziente Kraftstoffherstellung sowie entsprechend vielfältig einsetzbarer Nebenprodukte in weiterentwickelten und neuen Bioraffinerien (Stichwort fortschrittliche Bio-Kraftstoffe):

- Weitere Rohstoffdiversifizierung (z.B. biogene Rest- und Abfallstoffe, perspektivisch auch Nebenprodukte der Algenverwertung)
- Optimierung und Weiterentwicklung von Einzelkomponenten und Gesamtprozessketten zur Kraftstoffherstellung
- Einbindung von elektrochemischen Verfahren (z. B. durch Bereitstellung von elektrolytischem Wasserstoff aus erneuerbaren Energien) für Produktsynthesen und Produktaufbereitung
- Erhöhung des erneuerbaren Kohlenstoffanteils in Bioraffinerieprodukten und Kraftstoffen durch Nutzung von erneuerbarem CO₂ (z.B. aus Bioenergieanlagen)
- Technologieoffene Weiterentwicklung der Bioraffinerieansätze, um bis zum Jahr 2050 Optionen am Markt zu etablieren; dazu schrittweise Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben
- Frühindikation für Wettbewerbsfähigkeit im Kontext Nachhaltigkeit durch TRL/FRL-angepasste Technologiebewertung

FuE-Aktivitäten zur Einbindung von Bioenergie in das Energiesystem

Bioenergie muss ganzheitlich, systembezogen und im Zusammenspiel mit den anderen erneuerbaren Energieformen weiterentwickelt werden.

- Systemanalyse der bedarfsgerechten Bioenergiebereitstellung, auch im Kontext der Integration verschiedener Energieträger, und Ableitung von Steuerungselementen auf nationaler und regionaler Ebene
- Untersuchung der Bedeutung einer bedarfsgerechten Bioenergiebereitstellung im Rahmen der Sektorenkopplung
- Analysen zu Märkten, Wettbewerb und möglicher Wertschöpfung (regional, national, international)
- Entwicklung und Anwendung von Markt- und Optimierungsmodellen zur Einbindung von Bioenergie ins Energiesystem
- Simulationsgestützte Konzeptentwicklung/-bewertung
- Integrierte (inter-)kommunale Energiekonzepte zur Mobilisierung und Nutzung biogener Reststoffe
- Netzdienstleistungen von Bioenergieanlagen

- Monitoringsysteme und Nachhaltigkeitskriterien und insbesondere ökologische Aspekte der Biomasseproduktion und der stofflich-energetischen Nutzung
- Nutzungskonkurrenzen sowie räumliche, strukturelle und politische Rahmenbedingungen; auch im Kontext Bioenergie und anderer erneuerbarer Energien
- Verbesserung der lokalen Effekte und sozialen Akzeptanz von Biomassebereitstellung und Bioenergienutzung als Baustein der Energiewende
- Flexible Bioenergie: Potentiale und Grenzen für die Unterstützung des Energiesystems, u.a. durch Szenarioanalysen (Ziele versus technische Möglichkeiten über verschiedene Zeithorizonte unter Berücksichtigung von Landnutzungskonkurrenzen)
- Entwicklung von Systemreglern und standardisierten Kommunikationsschnittstellen für eine einfache Kopplung verschiedenster Energieversorgungsoptionen
- Implementierung der Digitalisierung 4.0 zur Ausnutzung der Informationsvorteile für eine maximale Effizienz und Effektivität der Bioenergie in einem integrierten Energiesystem unter Beachtung des notwendigen Datenschutzes und der Funktionssicherheit gegenüber Angriffen von außen
- Einbettung von Bioenergieanlagen in multivalente Versorgungssysteme und deren Steuerung

3.4.1.4 Tiefe Geothermie

Die Nutzung geothermischer Energie aus tiefen Geothermal-Bohrungen hat in Sachsen noch keinen Durchbruch erfahren, da die notwendigen Bedingungen für den Betrieb eines geothermischen Kraftwerks, sprich frei bewegliches heißes Wasser, nicht gegeben sind. Zur Einrichtung eines geothermischen Kraftwerks ist es erforderlich, dass zwei Bohrungen bis in die Tiefen mit den entsprechenden Temperaturen abgeteuft und anschließend hydraulisch miteinander verbunden werden. Erst dann entsteht die essenzielle Wasserzirkulation, bei welcher heißes Wasser aus dem Untergrund an die Oberfläche gefördert und abgekühltes Wasser wieder in den Untergrund geleitet wird. Anschließend wird das abgekühlte Wasser durch viele und lange Risse im Gestein geführt, damit es sich wieder entsprechend aufheizen kann (Wärmetauschereffekt).

Das Verbinden der Bohrungen sowie das Erzeugen der künstlichen Risse stellt in Sachsen aufgrund des vorhandenen massiven Hartgesteins eine technische Herausforderung dar. Um das Potential tiefer Geothermie optimal nutzen zu können, bedarf es deshalb innovativer Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen. In diesem Zusammenhang stellt u. a. die Erforschung natürlicher unterirdischer Wärmetauscher in vier bis sechs km Tiefe einen neuen Ansatz dar. Umfangreiche seismische Untersuchungen z. B. im Raum Schneeberg haben das Vorhandensein mehrerer großräumiger Störzonen bestätigt. Weitere Forschungsaktivitäten in Form von Testbohrungen sind nun nötig, um zu klären, ob diese Störzonen als Wärmetauscher für die großen Wassermengen eines effektiv arbeitenden geothermischen Kraftwerks geeignet sind.

Erste praktische Machbarkeitsuntersuchungen werden bereits durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Hannover durchgeführt. Dabei soll geklärt werden, ob petrothermale Energie aus Tiefenbohrungen in Deutschland sinnvoll nutzbar ist. Darüber hinaus besteht ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich Bohrtechnologie und -technik, wobei einerseits entsprechende Werkstoffe und Werkzeuge entwickelt werden müssen, um die Bohrgeschwindigkeit zu erhöhen. Andererseits ist es notwendig, für diese Anwendungsgebiete einsetzbare Mess- und Datenübertragungstechnologien zu entwickeln, um Fündigkeitsrisiken zu minimieren.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Die praktische Machbarkeit einer Forschungsbohrung im Gestein des Erzgebirges wird derzeit unter der Leitung des BGR Hannover untersucht. Forschungspartner sind neben dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf und der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, auch das Geoforschungszentrum Potsdam sowie das Leibniz-Institut für angewandte Geophysik. Dies zeigt, dass die sächsischen Forschungseinrichtungen hervorragend untereinander und über die Landesgrenzen hinweg sehr gut vernetzt sind. Darüber hinaus werden in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern Fragestellungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit dieser Energiegewinnungsform erörtert.

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Gelingt der Nachweis natürlicher Vorkommen von Wärmetauschern, so würde dies die Tür für eine kommerzielle Nutzung der petrothermalen Tiefengeothermie sowohl in Sachsen als auch in anderen Gebieten Deutschlands und der Welt öffnen.

In diesem Zusammenhang sind Fragestellungen zur Wirtschaftlichkeit dieser Energiegewinnungsform zu klären. Dies beinhaltet u. a. die Entwicklung innovativer Bohrhämmer und -verfahren zur Erhöhung der Bohrgeschwindigkeit und zur Reduzierung der Kosten. Die TU Bergakademie Freiberg hat in Zusammenarbeit mit der TU Dresden und weiteren Industriepartnern bereits das Potential neuartiger Werkstoffe zum Hochgeschwindigkeitsbohren des sächsischen Hartgesteins im Labormaßstab nachgewiesen. Im nächsten Schritt müssen diese Ergebnisse im Feldversuch validiert und anschließend in die kommerzielle Nutzung transferiert werden.

Darüber hinaus muss ebenso das Fündigkeitsrisiko der Tiefengeothermalbohrungen minimiert werden. Das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau der TU Bergakademie Freiberg weist auf diesem Gebiet eine hervorragende Expertise auf. Der Trend geht dabei in Richtung Digitalisierung und Datenübertragung während der Tiefbohrung, um so den Zugriff auf Echtzeit-Daten von der Bohrlochsohle signifikant zu erhöhen. Auf diese Weise können untertäglich gemessene Daten dazu genutzt werden, Tiefengeothermiebohrungen effektiv in hoffige Zielbereiche zu lenken.

3.4.1.5 Flexibilisierung thermischer Energieanlagen

Mit dem zunehmenden Ausbau der regenerativen Energien steigt auch der Bedarf an Speicherkapazitäten im Energieversorgungssystem.

Die Bereitstellung von elektrischer Energie wird durch stark fluktuierende Primärenergiequellen wie Wind- und Sonnenkraft dominiert. Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten und große Stromausfälle zu vermeiden, sind konventionelle Kraftwerke unverzichtbar, um die verbleibende Differenz zwischen Bereitstellung aus regenerativen Quellen und dem Bedarf im Netz zu kompensieren. Dies hat zur Folge, dass thermische Kraftwerke zunehmend kurz- und mittelfristig Netzdienstleistungen bereitstellen und deutlich häufiger als bei der Auslegung vorgesehen von Teillastfahrweisen sowie Stillständen gekennzeichnet sind. Der Betrieb eines thermischen Kraftwerkes in Schwachlastfahrweise bzw. die Realisierung häufiger Lastwechsel sowie die erhöhte Anzahl von An- und Abfahrprozessen, führt zu einem gesteigerten Verschleiß der Kraftwerkskomponenten. Die sich daraus ergebenden Betriebsregime wirken sich negativ auf alle Komponenten eines thermischen Kraftwerkes aus. Dadurch sinkt deren Verfügbarkeit und die Instandhaltungskosten steigen an. Des Weiteren sinkt durch die Schwachlastfahrweise der Wirkungsgrad der Kraftwerksanlage und der relative Ausstoß klimaschädlicher Gase steigt an. Die weitere Flexibilisierung des sächsischen Kraftwerksparks, verbunden mit einer Reduktion der nachteiligen Wirkungen, ist von hohem Stellenwert für die Sicherstellung der Energieversorgung.

Bei Wind- und Photovoltaikanlagen ist die Speicherbarkeit der Primärenergie derzeit noch nicht gegeben. Um elektrische Energie anstatt Primärenergie zu speichern, müssen große Aufwendungen durch zentrale Großspeicher betrieben und ggf. die Transport- und Verteilungswege mehrmals durchlaufen werden. Bisher erreicht die direkte Speicherung von elektrischer Energie nur geringe Speicherkapazitäten. Bei der indirekten Speicherung von elektrischer Energie entstehen weitere Umwandlungsverluste. Damit verbunden ist auch ein erhöhter Ausstoß klimaschädlicher Gase bei jeder weiteren Umwandlung. Es sind demzufolge Speichermöglichkeiten zu wählen, die eine effiziente Speicherung am Kraftwerksstandort mit geringen Umwandlungsverlusten ermöglichen. Hierzu zählt beispielsweise die Speicherung von Wärme vor der Umwandlung in elektrische Energie.

Die Wärmespeicherung erfolgt im vorderen Teil der Energieumwandlungskette. Es ist bereits mit relativ geringen Speicherkapazitäten möglich, thermisch träge Bauteile wie z. B. den Dampferzeuger kurzzeitig von der Wärmesenke zu entkoppeln und so die maximale Dynamik der Turbine zur Regelenergiebereitstellung auszunutzen, ohne dass die Energie über die Umleitstation ungenutzt abgeleitet werden muss. Der Einsatz von thermischen Energiespeichern bietet ein hohes Potential für thermische Kraftwerke und verfahrenstechnische Anlagen und für Netzdienstleistungen zur Stabilisierung der Übertragungsnetze. Er unterstützt somit einen weiteren Ausbau der regenerativen Energien.

Mit dieser Zielsetzung könnten heutige Großinfrastrukturen in Form der Kraftwerke – insbesondere in der vom Strukturwandel betroffenen Lausitz – durch entsprechende Modernisierungsmaßnahmen auch künftig einen erheblichen Beitrag bei der Energieversorgung in der Region leisten. Gleichfalls könnten Arbeitsplätze erhalten bleiben. Schließlich könnten solcherart modernisierte Anlagen auch bundesweit bzw. international als modellhafte Groß-Demonstratoren dienen.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Zentrales Instrument für die Vernetzung der Akteure im Freistaat Sachsen ist das Netzwerk ENERGY SAXONY (vgl. Kapitel 3.2).

Auf nationaler Ebene vergleichbar ist dies mit dem Forschungsnetzwerk Energie des BMWi. Weiterführend finden Veranstaltungen im Rahmen des VDI und der Arbeitskreise des BMWi zum Thema Energieversorgung statt. Im internationalen Kontext ist hervorzuheben, dass ein fachlicher Austausch mit der American Society of Mechanical Engineers (ASME) stattfindet.

Darüber hinaus finden vorwiegend bilaterale Abstimmungen zwischen den Industriepartnern und Forschungseinrichtungen des Freistaates Sachsen statt. Diese sind dadurch charakterisiert, dass die Ergebnisse der Zusammenarbeit häufig nicht publiziert werden dürfen und daher nicht allgemein zugänglich sind.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Vorhandensein umfangreicher Vorarbeiten zur Flexibilisierung thermischer Energieanlagen in Verbindung mit der erforderlichen experimentellen Infrastruktur (bspw. im Zittauer Kraftwerkslabor)
- Kooperationen zwischen Energieversorgungsunternehmen und Forschungseinrichtungen an den Schnittstellen der Wissenschaftsdisziplinen
- Guter Ausbau der experimentellen Basis für Grundlagenuntersuchungen und für industrielle Anwendungen

Schwächen

- Noch unzureichende Diskussion über die Herausforderungen und Chancen eines Ausstiegs aus der fossilen Bereitstellung von elektrischer Energie in ein regenerativ dominiertes Energieversorgungssystem

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Die Integration thermischer Energiespeicher in thermische Energieanlagen ist im Wesentlichen durch folgende Herausforderungen charakterisiert:

- Maschinentechnische Einbindung in eine bestehende Anlage und Konzeption von Neuanlagen (Back-Up Kraftwerke, Speicher-Kraftwerke)
- Leittechnische Integration in eine bestehende Anlage
- Betrieb des Speichers in Abhängigkeit der technischen Erfordernisse unter Berücksichtigung von Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit

Die maschinentechnische Einbindung ist Stand der Technik und erfordert keinen größeren Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Die effiziente leittechnische Integration eines thermischen Energiespeichers in eine thermische Energieanlage erfordert weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Insbesondere sind Untersuchungen notwendig, um eine möglichst automatisierte Einbindung des Speichers in das vorhandene Leitsystem der Anlage sicherzustellen und damit den Integrationsaufwand zu senken. Die hierfür zu entwickelnden Methoden sind auch für andere Branchen (Automatisierung, IT-Sicherheit, Hersteller von Schaltanlagen) im Freistaat von Interesse.

Im Rahmen des Betriebs eines thermischen Speichers in einer entsprechenden Anlage sind Algorithmen anzuwenden und weiterzuentwickeln, die die technischen Möglichkeiten des Speichers, hinsichtlich Flexibilität, Anlagenschonung und Umweltschutz, vollumfänglich ausnutzen und die gleichzeitig sicherstellen, dass die Anlagen die höchstmöglichen Erlöse am Markt erzielen. Zur Lösung dieses Zielkonfliktes können fortschrittliche Methoden der Künstlichen Intelligenz zur Anwendung kommen. Die Ergebnisse sind gleichermaßen für Unternehmen im IT- und Automatisierungsbereich im Freistaat von Interesse.

Grundsätzlich besteht die Aufgabe darin, die derzeit verfügbaren Speicherkonzepte kontinuierlich weiterzuentwickeln, um die technischen Hürden bei einem Einsatz herabzusetzen und die Kosten zu senken. Dabei bietet die derzeit einsetzende Digitalisierung der Industrie das Potential, unterschiedliche Speicherkonzepte im Rahmen der Sektorenkopplung zu vernetzen und dadurch weitere Synergien zu heben.

Im Rahmen der Weiterentwicklung der Speichertechnologie besteht ein hohes Potential in der Entwicklung und Einführung funktionsintegrierter thermischer Energiespeicher unter der Verwendung neuer Verbundmaterialien und Herstellungsverfahren zur Erhöhung der Speichereffizienz. Dazu ist der Einsatz von Verbundmaterialien erforderlich, welche den thermodynamischen und thermomechanischen Lastwechselanforderungen für hochtransiente Fahrweisen standhalten und zudem die effiziente Nutzung derartiger Speicher erhöhen. Für eine optimierte Einbindung und einen effizienten und autonomen Betrieb des thermischen Energiespeichers in einer beliebigen thermischen Anlage ist die Integration von Funktionalitäten zur Online-Zustandsdiagnose erforderlich. Die Funktionsintegration bildet die Grundlage für die Kommunikation zwischen Speicher und Anlage. Dadurch kann die Anlagenfahrweise in Abhängigkeit des Bedarfsverlaufes, des Lastzustandes und des Beladezustandes des Speichers selbstlernend optimiert werden.

Durch die Privatisierung der Energieversorgung wurde die Verantwortung für die Versorgungssicherheit mit elektrischer Energie von den Energieversorgungsunternehmen auf die Übertragungsnetzbetreiber übertragen. Laut § 13k des Energiewirtschaftsgesetzes „können Betreiber von Übertragungsnetzen Erzeugungsanlagen als besonderes netztechnisches Betriebsmittel errichten, soweit ohne die Errichtung und den Betrieb dieser Erzeugungsanlagen die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystems gefährdet ist. Die Errichtung der Erzeugungsanlagen soll dort erfolgen, wo dies wirtschaftlich oder aus technischen Gründen für den Netzbetrieb erforderlich ist“.

Solche mit einem thermischen Energiespeicher ausgestatteten Kraftwerke könnten als sogenannte Netzstabilisierungsanlagen durch die Netzbetreiber errichtet, betrieben und über die Netzentgelte finanziert werden. Durch die Integration der verfügbaren Speicherkonzepte in Bestandskraftwerke besteht zudem die Möglichkeit, die Weiterentwicklung der Bestandsanlagen in Versorgungssicherungsanlagen voranzutreiben. Zukünftig ist anzustreben, moderne Speicherkraftwerke (Versorgungssicherungsanlagen) an den bereits bestehenden und in der Bevölkerung akzeptierten Energiestandorten in der Lausitz zu errichten. Besondere Vorteile dieses Vorgehens bestehen darin, dass sich die Energiestandorte bereits an technisch relevanten Punkten im Verteilernetz befinden. Die Speicherkraftwerke sind in der Lage, im Rahmen der flexiblen Erzeugerkapazität hochdynamisch Netzdienstleistungen zu erbringen. Die Anlagen zeichnen sich dadurch aus, dass der Betrieb mit unterschiedlichen Energieträgern (Kohle, Gas, Reststoffe) erfolgen kann. Darüber hinaus verfügen die Speicherkraftwerke über Power-to-X Komponenten und sind in der Lage, Kohlendioxid aus dem Verbrennungsprozess abzuscheiden und unmittelbar einer Weiternutzung zuzuführen.

3.4.1.6 Brennstoffzellen und Wasserstoff

Eine Brennstoffzelle dient der direkten Umwandlung von chemischer in elektrische Energie. Dabei wird ein energiereicher Brennstoff, wie beispielsweise Wasserstoff oder Methanol, in einer elektrochemischen Reaktion mit einem Oxidationsmittel (in der Regel Sauerstoff aus der Luft) und mithilfe eines Katalysators zur

Reaktion gebracht. Man spricht auch von der „kalten“ katalytischen Verbrennung, da die meisten Brennstoffzellen auf einer niedrigen Betriebstemperatur von 50°C bis 80°C arbeiten. Es entstehen direkt elektrische Energie, Abwärme sowie chemische Reaktionsprodukte. Wird eine Brennstoffzelle mit reinem Wasserstoff betrieben, so entsteht lediglich Wasser bzw. Wasserdampf als Reaktionsprodukt. Damit ist die wasserstoffbasierte Brennstoffzellentechnologie eine sehr umweltfreundliche Technologie, da keinerlei CO₂ emittiert wird. Der Wirkungsgrad einer wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle ist – verglichen mit Verbrennungsmotoren – sehr hoch. In technisch ausgereiften Systemen können heutzutage elektrische Wirkungsgrade bis zu 65% erreicht werden. Weiterhin emittiert eine Brennstoffzelle wenig Geräusche und Vibrationen, da in der elektrochemischen Reaktion keine beweglichen Teile zum Einsatz kommen.

Das Herz eines Brennstoffzellensystems bildet der Zellstapel (engl. *stack*), eine Aneinanderreihung von bis zu mehreren hundert Einzelzellen, in denen die o. g. Reaktion abläuft. Die Speicherung des gasförmigen oder flüssigen Brennstoffes erfolgt in einem separaten Tank als Druckgas, Flüssiggas oder an ein Sorptionsmittel gebunden (= Energievorrat). Moderne Betankungstechnologien für gasförmige oder flüssige Brennstoffe erlauben eine Befüllung des Speichertanks innerhalb weniger Minuten, was insbesondere für den Mobilitätssektor relevant ist.

Der Vorteil eines Brennstoffzellensystems gegenüber einer Batterie ist einerseits die Entkopplung der Leistungsparameter von der Energiekapazität. Andererseits wird das Oxidationsmittel in der Regel der Außenluft entnommen und muss nicht (wie in Batterien) mitgeführt werden. Dadurch sind insgesamt sehr hohe sowohl masse- als auch volumenbezogene Leistungs- und Energiedichten mit Brennstoffzellensystemen erreichbar. Beispielsweise erreicht eine 100-kW-Brennstoffzelle eines modernen Mittelklasse-PKW (engl. *fuel cell electric vehicle* FCEV), der bereits Reichweiten von 600 km erreicht, etwa die Größe eines konventionellen Motorblocks. Brennstoffzellen sind in Leistungsklassen von wenigen Watt bis mehreren Megawatt verfügbar. Eingesetzt werden sie als zuverlässige Stromerzeuger im stationären Bereich (z. B. Notstromversorgung), in der Elektromobilität (z.B. eBikes, PKW, Busse, Boote) und für portable Verbraucher (z. B. Elektronik).

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Die wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Akteure der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sind weltweit sehr gut vernetzt. Diese Netzwerke haben sich durch intensive Verbandsarbeit (z.B. International Association for Hydrogen Energy IAHE, Hydrogen Europe, Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association CHFC, National Hydrogen Association NHA, Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband DWV), über Branchentreffs (z. B. Messen, Konferenzen, Workshops), spezialisierte Branchenmedien (z. B. Fuel Cell Bulletin, International Journal of Hydrogen Energy) oder gemeinsam durchgeführte Entwicklungsprojekte (z. B. Fuel Cell and Hydrogen Joint Technology Initiative (JTI FCH), Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (FCH2), Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP), HYPOS) seit Ende der 1990er Jahre herausgebildet.

Schwerpunktregionen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie hinsichtlich Entwicklung und Fertigung sind:

- Nordamerika (Kanada, Vereinigte Staaten von Amerika)
- Fernost (Japan, Südkorea, China, Singapur)
- Europa (Deutschland, Frankreich, Dänemark, Vereinigtes Königreich Großbritannien und Nordirland)

Innerhalb Deutschlands sind alle wichtigen Akteure im DWV aktiv vertreten, der auch ein gemeinsames Sprachrohr gegenüber politischen Entscheidungsträgern auf Bundesebene ist.

Auf Ebene der Länder gibt es spezielle Vereine, die sich der Vernetzung der Akteure sowie der Beförderung und Verbreitung der Technologie verschrieben haben. Vorreiter sind hierbei Hamburg, NRW, Hessen sowie Baden-Württemberg.

Im Freistaat Sachsen reicht die Vernetzung innerhalb der Branche etwa zehn Jahre zurück, als 2008 die Sächsische Brennstoffzellen-Initiative gegründet wurde, die später im ENERGY SAXONY e.V. einbezogen wurde.

Auch innerhalb großer Branchenverbände sind Arbeitsgruppen oder Fachausschüsse im Wasserstoff- und Brennstoffzellenbereich aktiv, wie beispielsweise im VDMA oder VDI. Zusammenfassend kann festgestellt

werden, dass die Branche bereits einen sehr hohen internen Vernetzungsgrad aufweist. Um den wirtschaftlichen Durchbruch der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zu fördern, ist eine stärkere Vernetzung speziell mit den Anwendern dieser Technologie ratsam.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Im internationalen Vergleich hohe Dichte an Forschungseinrichtungen (Institute, Universitäten, Hochschulen für Angewandte Wissenschaften) mit z.T. herausragenden Ergebnissen über die letzten zehn Jahre
- Forschungseinrichtungen mit sehr breiten FuE-Spektren
- Stetige Forschungsförderung im Forschungsfeld durch Bund und Land
- Kommerzialisierung → sechs Start-up-Unternehmen der Forschungsinstitute; dennoch insgesamt zu wenig wirtschaftliche Erfolgsgeschichten
- Ausgeprägte Industrielandschaft im Fahrzeugbau, Maschinenbau, Anlagenbau bei den klassischen Technologien
- Hoher und stabiler Vernetzungsgrad innerhalb der Branchen
- Hervorragende Vernetzung des Forschungsfelds und seiner Akteure
- Hohe Akzeptanz der Technologie in der Bevölkerung
- Lokale Förderung und Unterstützung bei Technologiedemonstrationen
- Erste Ansätze zu innovationsorientierter Beschaffung durch SIB und öffentlicher Hand in Sachsen

Schwächen

- Keine oder geringe Unterstützung durch finanzkräftige Großunternehmen vor Ort
- Bisher keine kommerzielle Nachhaltigkeit
- Fehlende H₂-Infrastruktur (Tankstellennetz)
- Teilweise enttäuschte Erwartungen aufgrund fehlender Marktreife
- Geringe strategische Abstimmung in Förderprojekten
- TRL 6 bis 9 nur gering förderbar (Konflikt „Forschung vs. Entwicklung“)
- Fehlende Finanzierung ist die entscheidende Bremse für eine erfolgreiche Kommerzialisierung der Produkte und Technologien durch Start-ups/KMU im Forschungsfeld
- Innovation wird noch immer primär technisch interpretiert – zu geringe Innovation bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen und Marketingstrategien

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Heutzutage ist die technische Tauglichkeit von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien entlang der gesamten Produktlinie „Elektrolyseure–H₂-Speicher–Brennstoffzellen“ vielfältig nachgewiesen. Für eine breite Marktdurchdringung hinderlich sind die vergleichsweise hohen Kosten, die mit der Technologie derzeit noch verbunden sind. In der Zukunft kommt es entscheidend darauf an, die Werkstoffe und die Komponenten der Systeme, die der Erzeugung, Speicherung bzw. Verteilung von Wasserstoff dienen sowie für Brennstoffzellen verwendet werden, in großen Stückzahlen kostengünstig und zuverlässig zu fertigen.

Besonders im Bereich der Brennstoffzellenfahrzeuge muss in den kommenden Jahren die Frage der flächendeckenden und nachhaltigen Versorgung von Grünem⁴¹ Wasserstoff als Kraftstoff befriedigend beantwortet werden, d.h. das derzeit noch dünne H₂-Tankstellennetz sollte dringend ausgebaut werden. In diesem Zusammenhang müssten ebenso regulatorische Hindernisse spürbar abgebaut werden, mit denen Wasserstoff als chemischer Speicher erneuerbarer Energien derzeit leider belastet wird. Dies betrifft im Besonderen die Erneuerbare-Energien-Gesetz-Umlage (EEG-Umlage), die für den Betrieb von Elektrolyseanlagen zur Wasserstoffherstellung gezahlt werden muss, oder die angemessene Anerkennung der Umweltfreundlichkeit von Grünem Wasserstoff im Prozess der Kraftstoffherstellung.

Wichtige Forschungs- und Entwicklungsfragen sowie Zukunftstrends der Bereiche „Elektrolyse“, „H₂-Speicherung/Transport“ und „Brennstoffzelle“ sind in nachfolgender **Tabelle 3** dargestellt. Dabei wird deutlich, welche wirtschaftlichen Potentiale diese Technologie für den Freistaat Sachsen heben kann.

Tabelle 3: Wichtige Zukunftstrends sowie Forschungs- und Entwicklungsfragen der Bereiche „Elektrolyse“, „H₂-Speicherung/Transport“ und „Brennstoffzelle“

| Elektrolyse ⁴² | H ₂ -Speicherung/Transport ⁴³ | Brennstoffzelle ⁴⁴ |
|--|--|--|
| Zukunftstrends | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ AEL: Erhöhung der Stromdichte auf 1,2 A/cm²; hochporöse edelmetallfreie Katalysatorbeschichtungen der Elektroden; automatisierte Fertigung von Komponenten ▪ PEMEL: edelmetallarme bzw. -freie Katalysatoren; Lebensdauererhöhung der Polymerelektrolytmembranen; kostengünstige sowie korrosionsbeständige Bipolarplatten; automatisierte Fertigung ▪ SOEC: Steigerung Temperaturwechselbeständigkeit bei dynamischer Betriebsführung; reversibler Betrieb im Elektrolyse- und Brennstoffzellenmodus | <ul style="list-style-type: none"> ▪ CHG: Druckspeicher bis 900 bar; produktivere Wickeltechniken für faserverstärkte, leichte Druckspeicher; Freiform-Druckspeicher für kompakte Bauweisen; kryogene Hochdruckspeicher ▪ LH2: effizientere Ortho-Para-Katalysatoren; effizientere und preiswertere Verflüssigungsprozesse ▪ SH2: leichtgewichtige und volumeneffiziente sowie preiswerte H₂-Niedrigdruck-Sorptionsmaterialien; automatisierte Fertigung von Sorptionsmaterialien und -speichern | <ul style="list-style-type: none"> ▪ PEMFC: edelmetallarme bzw. -freie Katalysatoren; Lebensdauererhöhung der Polymerelektrolytmembranen; kostengünstige sowie korrosionsbeständige Bipolarplatten; automatisierte Fertigung von Zellstapeln und Brennstoffzellensystemen; kostengünstigere Brennstoffzellensystem-Komponenten (Ventile, Lüfter, Steuerung, Sensoren etc.) ▪ SOFC: Steigerung der Temperaturwechselbeständigkeit bei dynamischer Betriebsführung; reversibler Betrieb im Brennstoffzellen- sowie im Elektrolysemodus |

⁴¹ Vgl. D. h. Wasserstoff aus erneuerbaren Energien über Elektrolyse hergestellt.

⁴² Vgl. Unterschieden wird in die drei wichtigsten Elektrolyse-Arten: Alkalische Elektrolyse (AEL), Polymerelektrolytelektrolyse (PEMEL) sowie Festoxidelektrolyse (SOEL).

⁴³ Vgl. Unterscheiden wird in H₂-Hochdruckspeicher (CHG), H₂-Flüssigspeicher (LH2) sowie H₂-Sorptionspeicher (SH2).

⁴⁴ Vgl. Unterschieden wird in die zwei wichtigsten Brennstoffzellen-Arten: Polymerelektrolytbrennstoffzelle (PEMFC) sowie Festoxidbrennstoffzelle (SOFC).

| Elektrolyse ⁴⁵ | H ₂ -Speicherung/Transport ⁴⁶ | Brennstoffzelle ⁴⁷ |
|--|---|--|
| Forschungs- und Entwicklungsfragen | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ AEL: Optimierung des Zeldesigns für hohe Stromdichten; Katalysatorentwicklung (chemische Zusammensetzung und geeignete Beschichtungstechnologien); Erprobung und Bewertung geeigneter Fertigungstechniken für automatisierte Produktion ▪ PEMEL: Katalysatorentwicklung; Entwicklung preiswerter und dauerhafter Korrosionsschutzschichten; Entwicklung optimierter Bipolarplatten; Entwicklung dauerhafter und stabiler Polymermembranen; Erprobung und Bewertung geeigneter Fertigungstechniken für automatisierte Produktion ▪ SOEL: Entwicklung temperaturwechselbeständiger Werkstoffe (keramischer Elektrolyt, Dichtungen etc.); Entwicklung reversibler Katalysatoren für Elektrolyse (EL)- sowie Brennstoffzellen (BZ)-Modus | <ul style="list-style-type: none"> ▪ CHG: Entwicklung und Erprobung produktiverer Wickeltechniken; Entwicklung und Erprobung von Freiformdrucktanks; Entwicklung von kryogenen H₂-Druckspeichern ▪ LH₂: Entwicklung von Ortho-Para-Katalysatoren; Entwicklung effizienterer H₂-Verflüssigungsprozesse ▪ SH₂: Erprobung der Aufskalierung der kostengünstigen Materialsynthese vom Labor- über den Technikums- zum Produktionsmaßstab (Metallurgie, chemische Synthese); Entwicklung und Erprobung von automatisierten Fertigungstechnologien für Sorptionsspeicher | <ul style="list-style-type: none"> ▪ PEMFC: Katalysatorentwicklung; Entwicklung dauerhafter und stabiler Polymermembranen; Entwicklung preiswerter und dauerhafter Korrosionsschutzschichten sowie geeigneter Beschichtungsprozesse; Entwicklung optimierter Bipolarplatten; Erprobung und Bewertung geeigneter Fertigungstechniken für automatisierte Produktion von Zellstapeln und Brennstoffzellensystemen ▪ SOFC: Entwicklung temperaturwechselbeständiger Werkstoffe (keramischer Elektrolyt, Dichtungen etc.); Entwicklung reversibler Katalysatoren für BZ- sowie EL-Modus |
| Transferpotential in Sachsen | | |
| <p>Alle drei EL-Technologien haben ein enorm großes Transferpotential in die sächsische Wirtschaft, speziell den chemischen Anlagenbau und den Maschinenbau (automatisierte Fertigung und Montage von Komponenten und Systemen). Außerdem können EL-Anlagen direkt in der lokalen Energie- und Chemieindustrie eingesetzt werden.</p> | <p>Allein vor dem Hintergrund der im FCEV-Bereich benötigten Stückzahlen an H₂-Speichern haben die drei Speichertechnologien ein großes Transferpotential in die sächsische Wirtschaft, speziell den Leichtbau, den chemischen Anlagenbau (H₂-Verflüssiger, Tankstellen), die metallurgische Industrie (Sorptionmaterialien), den Maschinenbau (automatisierte Fertigung und Montage von Komponenten und Speichersystemen) sowie den zukünftigen Fahrzeugbau von FCEV.</p> | <p>Die Prognose der aktuellen Stückzahlen von weltweit produzierten BZ-Systemen (60.000 in 2015)⁴⁸ und die prognostizierten Steigerungen im FCEV-Bereich lassen den Schluss zu, dass die Produktion und Fertigung von Brennstoffzellenkomponenten und gesamten Systemen ein enorm großes Transferpotential in die sächsische Wirtschaft haben, speziell den Maschinenbau (automatisierte Fertigung und Montage von Komponenten und BZ-Systemen), die elektro-</p> |

⁴⁵ Vgl. Unterschieden wird in die drei wichtigsten Elektrolyse-Arten: Alkalische Elektrolyse (AEL), Polymerelektrolytelektrolyse (PEMEL) sowie Festoxidelektrolyse (SOEL).

⁴⁶ Vgl. Unterscheiden wird in H₂-Hochdruckspeicher (CHG), H₂-Flüssigspeicher (LH₂) sowie H₂-Sorptionspeicher (SH₂).

⁴⁷ Vgl. Unterschieden wird in die zwei wichtigsten Brennstoffzellen-Arten: Polymerelektrolytbrennstoffzelle (PEMFC) sowie Festoxidbrennstoffzelle (SOFC).

⁴⁸ Vgl. D. Hart, F. Lehner, R. Rose, J. Lewis: E4tech – The Fuel Cell Industry Review 2016.

| Elektrolyse ⁴⁵ | H ₂ -Speicherung/Transport ⁴⁶ | Brennstoffzelle ⁴⁷ |
|--|---|--|
| | | nische Industrie (Steuerung, Regelung) sowie den zukünftigen Fahrzeugbau von FCEV. |
| Zeithorizont und Umsatz | | |
| 2 - 6 Jahre Umsatz > 600 Mio. € p.a. in Sachsen | 2 - 10 Jahre Umsatz > 300 Mio. € p.a. in Sachsen | 2 - 10 Jahre Umsatz > 800 Mio. € p.a. in Sachsen |

3.4.1.6.1 Exkurs: Brennstoffzellen im Mobilitätssektor

Die Brennstoffzelle stellt eine Schlüsseltechnologie im Rahmen der Energiewende und der steigenden Elektrifizierung des automobilen Antriebsstranges dar. Verschiedene Treiber erhöhen den Bedarf an umweltfreundlichen Fahrzeugen:

- Gesellschaft durch steigendes Umweltbewusstsein
- Gesetzgebung durch Emissionsgrenzwerte
- Energiewirtschaft durch Ressourcenverknappung und lokale Abhängigkeiten

Brennstoffzellenelektrofahrzeuge versprechen mit kurzen Betankungszeiten, großen Reichweiten und nutzbarer Wärme zur Beheizung des Innenraums konventionelle Fahrzeuge bei gleichem Komfort zu ersetzen. Bereits in der nächsten Dekade werden bei vielen deutschen Automobilherstellern erste Brennstoffzellenfahrzeugmodelle auf den Markt kommen. Dabei setzen Automobilbauer, Gesetzgeber und erste Anwender auf wasserstoffbetriebene Fahrzeuge auf Basis sogenannter Niedertemperatur-Polymer-elektrolyt-Brennstoffzellen (NT-PEM-BZ), die mit Wasserstoff als Sekundärenergieträger betrieben werden. Derartige Brennstoffzellen setzen den in Drucktanks mitgeführten Wasserstoff durch die Reaktion mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft in Strom, Wärme und Wasserdampf als schadstofffreies Abgas um. Eine einzelne Zelle besteht aus einer protonenleitenden Membran mit aufgebrachtten Elektroden (Membrane-Electrode-Assembly - MEA), zwei Gasdiffusionslagen (GDL) und zwei angrenzenden Bipolarplatten (BPP). Dabei soll der Wasserstoff sowohl emissionsfrei direkt erzeugt oder als Byprodukt einiger Industriezweige (z.B. der chemischen Industrie) in nennenswerten Mengen bereitgestellt werden.

Der schon vielfach erbrachte Funktionsnachweis dieser Antriebstechnologie wurde spätestens mit den ersten Serienfahrzeugen Toyota Mirai in 2014, Honda FCV Clarity sowie Hyundai ix35 in 2015 eindrucksvoll bestätigt. Als Wegbereiter für die breite Marktaktivierung in Deutschland wurde bereits das geförderte Joint Venture H2Mobility gegründet, um bis 2023 eine flächendeckende Wasserstoffinfrastruktur zu schaffen. Damit bleiben als größte Hemmnisse fehlende Akzeptanz und Wissen über die neue Technologie sowie die aktuell hohen Produktions- und Materialkosten für Brennstoffzellenkomponenten in kleinen Stückzahlen.

Eine mögliche vollständige Wertschöpfungskette für Brennstoffzellenfahrzeuge ist in Abbildung 12 dargestellt. Sie beginnt bei den Halbzeugen (Rohstoffe) über Komponenten, Baugruppen, Systeme bis hin zur Endanwendung, und wird begleitet durch die Querschnittsthemen Qualitätsmanagement, Standardisierung, Sicherheit.

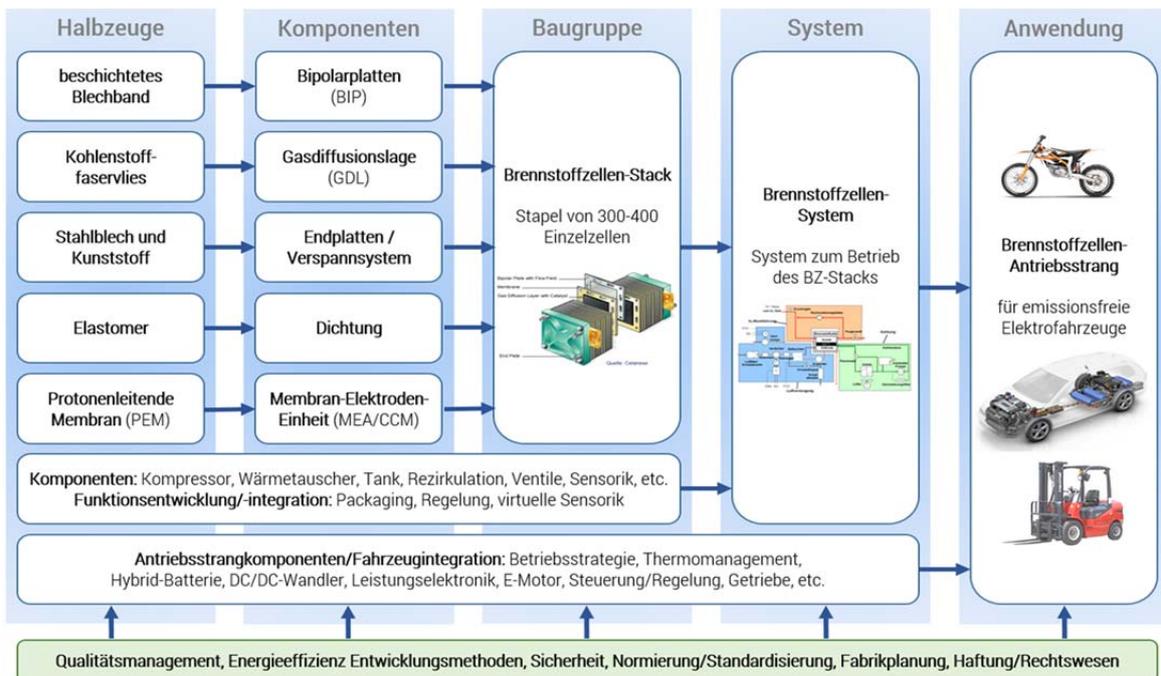


Abbildung 12: Wertschöpfungskette für Brennstoffzellenfahrzeuge (K. Lötsch, TU Chemnitz)

Für eine Großserienproduktion von PKW-Brennstoffzellen sind kostengünstige Materialien und Herstellverfahren erforderlich, welche jedoch hohe Eigenschaftsanforderungen erfüllen müssen, um gewünschte Parameter wie Leistung, Lebensdauer und Wirkungsgrad der Brennstoffzelle zu erreichen. Branchenweit orientiert man sich dazu an den aktuellen Zielen des Department of Energy (USA).

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

In Sachsen hat sich 2015 unter dem Namen *HZwo* ein Kompetenzzentrum aus vorwiegend kleinen und mittleren Unternehmen gegründet. Die TU Chemnitz leitet das Netzwerk und treibt den weiteren Ausbau voran. *HZwo* steht für den Aufbau einer Wertschöpfungskette für Brennstoffzellenantriebe in Sachsen mit dem Ziel, das Land mittelfristig als Produktionsstandort dieser neuen Technologie zu etablieren. Der Transfer von der wissenschaftlich-industriellen Entwicklungsarbeit in die industrielle Umsetzung ist dabei besonders bedeutend. Das Projekt wird durch das SMWA mit 3,6 Millionen € über die ESF-Innoveam-Richtlinie gefördert.

In enger Abstimmung mit *HZwo* hat sich 2017 im Netzwerk Energy Saxony e.V. ein Arbeitskreis „Intelligente Mobilität“ gegründet, der unter anderem den Aufbau der erforderlichen Infrastruktur, wie Wasserstoffproduktion und -tankstellen, entscheidend voranbringen soll.

Eine bundesweite Vernetzung oder Clusterbildung zum Thema „Wertschöpfungskette von Brennstoffzellenfahrzeugen“ findet bisher nicht statt. Es existieren lediglich landesweite Zusammenschlüsse der Brennstoffzellentechnologie wie das *H₂-BZ-Cluster-Hessen* oder das *H₂-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW*. Mit der Nationalen Organisation Wasserstoff GmbH (NOW) existiert eine den zuständigen Ressorts BMBF, BMVI und BMWi unterstehende Institution für Koordination und Steuerung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP). Mit dem Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. existiert eine Dachorganisation für die Technologie in Deutschland, welche interessierte Personen und Firmen koordiniert, Fachleute, Öffentlichkeit und Entscheidungsträger der Politik informiert. Sie ist eng mit Partnerorganisationen in anderen Ländern vernetzt.

Die Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) ist eine Public Private Partnership, die Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration in der Brennstoffzellentechnologie in Europa unterstützt. Ziel ist es, die Markteinführung zu beschleunigen und ihr Potential als Instrument zur Erreichung eines kohlenstoffarmen Energiesystems zu verwirklichen.

Eine enge Vernetzung mit dem asiatischen Raum als wichtigen zukünftigen Absatzmarkt, insbesondere China, befindet sich intensiv im Aufbau. Viele Delegationen aus den chinesischen Provinzen sind auf der Suche nach europäischen Partnern im Themenfeld der automobilen Brennstoffzellenantriebe. Sachsen ist in jüngster Vergangenheit mit zunehmender Häufigkeit Partner in Kooperationsgesprächen.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Großer Anteil an KMUs mit weit gestreutem und spezifischen Know-how
- Viele Automobilzulieferer mit grundlegendem Technologie-Know-how, welches auf die zukünftigen Fragestellungen der Brennstoffzellen-Elektromobilität übertragen werden kann
- Wachsender und offener Markt für PEM-Brennstoffzellen und Zulieferer
- Gesellschaftliche und politische Forderungen nach Klima-, Umweltschutz und Elektromobilität
- Gute Drittmittelsituation durch NIP II auf nationaler Ebene
- Gute nationale und internationale Vernetzung der lokalen Automobilzulieferindustrie Sachsens, insbesondere in Wachstumsregionen (z.B. China)
- Umfangreiche technologieoffene Förderprogramme

Schwächen

- Aktuell starke Orientierung in Richtung Batterie; unzureichende Berücksichtigung der PEM-Brennstoffzelle als Antrieb für die Langstreckenmobilität und Nutzfahrzeuge
- Fehlende Aufklärung von Unternehmen darüber, dass derzeitige Technologien in Form der Verbrennungsmotoren mit teils wenigen Modifikationen auf Brennstoffzellenfahrzeuge übertragen werden können
- Deutlicher Rückstand im Technologie- und Branchenwettbewerb gegenüber z.B. Baden-Württemberg (national) und z.B. Japan (international)
- Hohe Investitionskosten zur Erforschung und Entwicklung von marktreifen und kostengünstigen Brennstoffzellensystemen
- Noch steigerbares Bewusstsein für Arbeitsplatz- und Standortsicherung durch viele hochinnovative und anspruchsvolle Komponenten und Verfahren für die Produktion von Brennstoffzellenantriebssystemen

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Neben der mangelnden Betankungsinfrastruktur stellen die Kosten ein wesentliches Markthemmnis dar. Zur Senkung von Produktions- und Materialkosten sind weiterhin Projekte industrieller Forschung auf Komponenten- und Systemebene notwendig. Dabei steht die Entwicklung großserientauglicher Produktionsprozesse im Fokus, um mit steigenden Absatzzahlen auch von Skalierungseffekten durch Massenproduktion zu profitieren. Um eine flächendeckende Wasserstoffinfrastruktur zu schaffen, wurde bereits das vom BMVI geförderte Joint Venture H2Mobility gegründet. Nach deren Maßnahmenplan kann man in Sachsen erst Mitte der 2020er Jahre von flächendeckender Versorgung sprechen. Es besteht also Handlungsbedarf hinsichtlich Infrastruktur und Kosten.

Zusammenfassend können die Zukunftstrends und offenen Forschungsfragen wie folgt beschrieben werden:

- Kostenreduktion durch Großserienproduktion und -produktionsprozesse mit zunehmendem Automatisierungsgrad
- Ressourceneffiziente Produktion von Brennstoffzellenkomponenten, -systemen und -fahrzeugen
- Sektorenkopplung – Nutzung der Fahrzeuge für integriertes Energiemanagement im stationären Bereich (Fahrzeuge als Energiespeicher und Energieversorger), Nutzung des Wasserstoffs als hoch-

effizienten Energiegroßspeicher zur Pufferung von Lastschwankungen im Versorgungsnetz (Netzstabilisierung)

- Substitution teurer Rohstoffe (Platin, Gold, ...) durch kostengünstige Materialien, Reduktion des Edelmetallgehalts in Fahrzeugbrennstoffzellen
- Effiziente Simulationstools, Betriebsstrategien und Methoden zur Steigerung des Systemverständnisses von Fahrzeugbrennstoffzellenantrieben für die Weiterentwicklung von zuverlässigen, sicheren, effizienten und kostengünstigen Lösungen für verschiedene Anwendungen
- Aus- und Weiterbildungsinhalte im Bereich Elektromobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzellen
- Life Cycle Engineering, Life Cycle Assessment, End-of- Life/Recycling für Brennstoffzellenfahrzeuge, Well-to-Wheel Bilanzen für verschiedenste Energiepfade von der Wasserstoffherzeugung bis zum Vortrieb am Rad
- Zertifizierungs- und Prüfeinrichtungen für Brennstoffzellensysteme und Antriebsstrang und die Entwicklung neuer, benötigter Normen und Richtlinien

Konkrete Themen, die zukünftig durch intensive Forschungsaktivitäten begleitet werden sollten, sind:

- Etablierung und Ausbau einer Wertschöpfungskette für Fahrzeugbrennstoffzellenantriebe, beginnend mit den Halbzeugen (Rohstoffen) über Komponenten, Baugruppen, Systeme bis hin zur Endanwendung, begleitet durch die Querschnittsthemen Qualitätsmanagement, Standardisierung, Sicherheit, u.a. (s. Abbildung 13)
- Großserientaugliche Baukasten- und Baureihenkonzepte für PEM-Brennstoffzellenmodule für marktorientierte Entwicklung und Produktion
- Entwicklung von großserientauglichen Brennstoffzellenkomponenten für eine kostengünstige Produktion
- Skalierbare Modulkonzepte und innovatives Thermomanagement
- Platinfreie und großserientaugliche Katalysatoren für eine kostengünstige Produktion von Membranen für PKW-Brennstoffzellen
- Kompaktes und großserientaugliches Wasserstoff-Tankmodul mit integriertem Gasversorgungsmodul

Hohe Transferpotentiale bestehen insbesondere für folgende FuE-Ansätze:

- Massentaugliche Produktionsmethoden für PEM-Brennstoffzellen – Die Beantwortung der Forschungsfragen kann Akteure befähigen, zukünftig neue Geschäftsfelder zu erschließen. Unternehmen aus Branchen wie der Chemieindustrie können sich zunehmend ansiedeln, um Teil der Wertschöpfungskette in Sachsen zu werden.
- Massenproduktionstaugliche Komponenten für Brennstoffzellenfahrzeuge ermöglichen Akteuren den wettbewerbsfähigen Zugang zum weltweiten Markt
- Mess-, Steuerung- und Diagnosetechnik für Brennstoffzellenfahrzeuge bringt für Akteure Synergien zum konventionellen und batteriebetriebenen Fahrzeug und führt schneller zu großen Stückzahlen der Produkte

Nahezu alle Handlungsakteure aus dem Bereich Brennstoffzellentechnologie seitens Forschungseinrichtungen oder Automobilhersteller (OEM) gehen von einer nennenswerten Zunahme des europäischen Marktes für Brennstoffzellenfahrzeuge in der nächsten Dekade (2020er Jahre) aus. Für den asiatischen Markt werden aufgrund der erheblichen Umweltprobleme durch automobilen Abgasen und des politischen Drucks der Staatsregierung auf die Unternehmen weit früher Markteintritte prognostiziert. Daher ist es insbesondere für künftige Zulieferer essentiell, sich jetzt zügig auf den Markteinstieg durch Forschungs- und Entwicklungsprojekte vorzubereiten.

3.4.1.7 Wärme- und Kälteversorgung

Die Bedeutung dieses FuE-Schwerpunktes ergibt sich unter anderem aus der Tatsache, dass mehr als die Hälfte (57–59 %) ⁴⁹ des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf die Versorgung mit Wärme/Kälte entfallen. Der größte Anteil davon ist Raumwärme und -kälte, wobei aber auch ein erheblicher Anteil auf Prozesswärme und -kälte entfällt.

Im Jahr 2010 betrug der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch 8,9 % ⁵⁰, im Jahr 2014 wurden 9,9 % erreicht. Die Zielstellung für 2020 umfasst eine geplante Steigerung auf 14 %. Jedoch scheint dies angesichts des bisher Erreichten und der aktuell niedrigen Preise für fossile Energieträger bisher als nur schwer erreichbar.

Im Gebäudebereich besteht weiterhin das Ziel, bis 2050 einen klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. Diese Fakten führen zu der Erkenntnis, dass eine beschleunigte Wärmewende zur Erreichung der ehrgeizigen Klimaziele unabdingbar ist.

Für eine regenerative Wärme- und Kälteversorgung stehen eine Vielzahl von Technologieoptionen, wie z.B. Wärmepumpen, Solarthermie, Blockheizkraftwerk (BHKW), Kessel, "Heizstab" mit entsprechenden Energieträgern/Wärmequellen (Strom, Biomasse, Sonnenlicht, Geothermie/Umweltwärme) zur Verfügung, deren Umwandlung in nutzbare Wärme/Kälte mit höchstmöglicher Effizienz erfolgen sollte.

Der Heizenergiebedarf für neue bzw. energetisch sanierte Gebäude wird in den nächsten Jahren insgesamt sinken und infolgedessen auch der relative Anteil der für die Brauchwassererwärmung notwendigen Energie.

Viele Zukunftsszenarien gehen von einer verstärkten oder sogar überwiegenden Nutzung von (erneuerbarem) Strom im Wärmesektor aus. Momentan wird dies vor allem durch regulatorische Maßnahmen (EnEV) unterstützt, wobei damit hauptsächlich Neubauten jedoch nicht der den Verbrauch dominierende Gebäudebestand erreicht werden.

Für einen vermehrten Stromeinsatz ist neben technologischen Fortschritten vor allem eine Änderung der sehr unterschiedlichen Steuern und Abgaben auf verschiedene Energieträger erforderlich. Momentan ist die Nutzung von Strom zur Wärmebereitstellung, selbst bei Einsatz effizienter Wandlungstechnologien (Wärmepumpen), häufig kaum wirtschaftlich darstellbar.

Wie im Gebäudesektor bestimmen auch im Bereich der industriellen Wärmeversorgung seit Jahren preisgünstige fossile Energieträger – vor allem Erdgas – das Bild, sodass zumeist investitionsintensive Effizienztechnologien und erneuerbare Alternativen, wie Solarthermie, Wärmepumpen oder Abwärmenutzung, kaum zum Einsatz kommen. Durch Innovationen erzielbare Kostensenkungen der Alternativtechnologien kann hier ein wichtiger Beitrag geleistet werden.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Die im Themenfeld Wärme- und Kälteversorgung tätigen Forschungseinrichtungen sind sowohl innerhalb Sachsens als auch national und international gut vernetzt. Die Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und sächsischen Herstellern der Branche kann ebenfalls als positiv eingeschätzt werden.

Eine Verstärkung von Cluster-/Vernetzungsaktivitäten, z.B. durch den Energy Saxony e.V., die Sächsische Energieagentur SAENA GmbH und die Industrie- und Handelskammer IHK, ist für die notwendige vermehrte Initiierung und Umsetzung von Projekten zur Abwärmenutzung erforderlich. Darüber hinaus können sie einen wichtigen Beitrag zur erfolgreichen Einwerbung von Bundes- und EU-Mitteln in Ausschreibungen für multilaterale, großvolumige Ausschreibungen leisten.

⁴⁹ Vgl. AG Energiebilanzen e. V.: Daten der Internetpräsenz der AG Energiebilanzen e.V., www.ag-energiebilanzen.de, aufgerufen am 10.07.2017.

⁵⁰ Vgl. Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) im Auftrag des BMWi, 25.03.2015.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Existenz vieler Hersteller von Komponenten und Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung/-versorgung in Sachsen
- Leistungsfähige FuE- sowie Ausbildungseinrichtungen („Dresdner Schule der Thermodynamik“)
- Vielfältige Akteurslandschaft im FuE-Bereich

Schwächen

- Teilweise „nur“ Produktionsstätten ohne FuE
- Fehlende Vernetzung mit anderen Themenfeldern
- Mangelhafte Präsenz der Wärmewende in der Energiewendediskussion (oft rein stromlastig) und damit auch zu wenig Beachtung der Thematik bei den beteiligten Dialogpartnern und getroffenen bzw. zu treffenden Maßnahmenpaketen

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale im Bereich Wärme- und Kälteversorgung

Wärmepumpen:

- Verstärkte Nutzung umweltfreundlicher/natürlicher Arbeitsstoffe (Kältemittel) in Wärmepumpen (GWP-Wert, F-Gase Verordnung etc.)
- Nutzwärmespeicherung in Kombination mit Wärmepumpen bzw. Integration von Wärmespeichern in Wärmepumpen, um mehr erneuerbaren Strom zu nutzen
- Nutzung „neuer“, effizienter Wärmequellen (Saisonal- und Eisspeicher, Grundwasser)
- Hochtemperatur-Wärmepumpen zur Prozesswärmebereitstellung (Wiederverwendung von Prozessabwärme)
- Weiterentwicklung von Komponenten und verstärkter Einsatz der Wärme-Kälte-Kopplung in geeigneten Anwendungsfällen
- Nutzung der Potentiale „Kalter Nah-/Fernwärme“ mit dezentralen Wärmepumpen
- Hybride/Multivalente Versorgungslösungen unter Einbeziehung von Wärmepumpen in Kombination mit Gas/Strom/Solarthermie
- Kopplung von Wärmepumpen und Nah-/Fernwärmenetzen (auch für PtH)

Es gibt in Sachsen einige Hersteller von Wärmepumpen und Komponenten für Wärmepumpen, die mit Produktinnovationen die Marktpotentiale der genannten Lösungen erschließen können. Pilot- und Referenzanlagen mit Monitoring und Verbreitungsaktivitäten dazu können hilfreich sein.

Solarthermie:

- Optimierung der hydraulischen und regelungstechnischen Kopplung verschiedener Wärmeerzeuger und -speicher
- Integration von Solarwärme in Wärmenetze
- Hybridsysteme aus Solarwärme und Wärmepumpen
- Solarthermische Prozesswärmebereitstellung

Sächsische Planer und Anlagenbauer könnten von den Ergebnissen sehr profitieren. Hersteller von Solarthermiekomponenten gibt es in Sachsen jedoch nicht.

Prozess- und Klimakälteversorgung:

- Forcierte Umstellung auf natürliche/umweltfreundliche Kältemittel
- Steigerung der Effizienz auf Komponenten und Systemebene
- Optimierung und Einbindung von thermischen Speichern zur Erhöhung der Effizienz und des Lastmanagementpotentials

- Verstärkte Nutzung von (sommerlichen) Wärmeüberschüssen (z.B. aus Biogas-, Kraft-Wärme-Kopplungs- (KWK) und/oder Solarthermieanlagen) sowie von industrieller/gewerblicher Abwärme zur thermischen Kälteerzeugung
- Entwicklung und Erprobung kostengünstiger Lösungen zur Erfüllung der gestiegenen Hygieneanforderungen von Rückkühlwerken
- Erarbeitung von Lösungen zur Deckung des steigenden sommerlichen Komfortklima-kältebedarf in Gebäuden, z.B. PV-betriebene Kälteerzeugung in Verbindung mit Kältespeichern
- Entwicklung technisch-wirtschaftlicher Lösungskonzepte zur Anpassung an Klimaänderungen (längere sommerliche Hitzeperioden, Überschreiten bisheriger Auslegungstemperaturen)

(Dezentrale) Kraft-Wärme-Kopplung:

- Flexibilisierung der KWK (Wärmespeicherung) zur zeitlichen Entkopplung von Wärmebedarf und -erzeugung; Ermöglichung eines stromgeführten Betriebs

Wärme- und Kältespeicher:

- Skalierung im Labor getesteter neuer Speicherlösungen in den Anwendungsmaßstab und Umsetzung von Pilotanlagen
- Weiterentwicklung anwendungsspezifischer Latentwärmespeicher

Biomasse:

- Weiterentwicklung der Kessel hin zu emissionsarmen, hocheffizienten Systemen
- (Umstellung zur) Nutzung in hocheffizienter KWK
- Kombinationslösungen mit anderen Wärmeerzeugungstechnologien (wie Solarthermie oder Wärmepumpen), Nutzung der Speicherbarkeit fester/flüssiger Biomasse

3.4.1.8 Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft – Braunkohle als Partner der Energiewende

Sachsen hat durch die historisch gewachsene Braunkohlewirtschaft exzellente Voraussetzungen, um durch Sektorenkopplung eine nachhaltige Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft zu etablieren, um damit die Transformation von einer linearen Wertschöpfung hin zu einer zirkulären Wirtschaft zu vollziehen und voranzutreiben. Dazu müssen die Sektoren „Abfallwirtschaft“, „Chemie“ (insbesondere Kunststoff-Synthesechemie), (erneuerbare) Energiewirtschaft (insbesondere Stromüberschüsse) und zunächst auch noch Braunkohlewirtschaft kombiniert und systemisch betrachtet werden, und so Stoffkreisläufe geschlossen werden.

Da dieser Kreislauf bedingt durch Kohlenstoffverluste, z.B. im Rahmen der Restabfallbehandlung (thermische Abfallbehandlung), eine Lücke aufweist, wird Braunkohle als ergänzende Kohlenstoffquelle, und damit als chemischer Rohstoff, nicht als Energieträger benötigt. Laut Experten soll sie aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften im Rahmen der anstehenden FuE-Arbeiten helfen, die Prozesse und Verfahren der sogenannten Kohlenstoff-Kreislauf-Technologien stabil zu halten. Mittel- und Langfristig wird es technisch darum gehen, die Anteile der Braunkohlebestandteile zu verringern bzw. außen vor zu lassen.

Als Schnittstellentechnologie für diese Sektorenkopplung dient die Vergasungstechnologie, d. h. die Partialoxidation. Die Vergasung ist die einzige Option zur flexiblen und gekoppelten Nutzung verschiedener Kohlenstoffträger (Abfälle und biogene Reststoffe u.a.), da sie die Entkopplung der Produkteigenschaften von den Eigenschaften der Einsatzstoffe und damit eine echte Kreislaufschließung bzw. ein chemisches Recycling ermöglicht. Das im Vergasungsprozess erzeugte Synthesegas wird mit Hilfe von Syntheseprozessen in sog. Plattform-Chemikalien, z.B. Methanol, umgesetzt. Methanol oder andere Plattformchemikalien bilden wiederum die Basis für die Massenkunststoffe Polyethylen und Polypropylen sowie für eine Vielzahl anderer organisch-chemischer Produkte.

Der zentrale FuE-Bedarf in diesem Themenschwerpunkt liegt bei neuen Vergasungstechnologien sowie den zugehörigen Feststoffeinspeisesystemen. Wichtige Entwicklungsaufgaben betreffen (nicht abschließend) wassersparende und abwasserfreie Gasreinigungsprozesse sowie Synthesen, in denen Kohlenstoffdioxid als Reaktionspartner genutzt werden kann. Die Anwendung soll in Großanlagen an Chemie- oder Energiestandorten mit vorhandener Infrastruktur als auch in kleineren, dezentralen Anlagen (Kohlenstoffkreislaufanlagen) zur Ergänzung und Ablösung von thermischen Abfallbehandlungsanlagen erfolgen. Der aktuell anstehende

Entwicklungsschritt ist der Nachweis der gesamten Synthesekette bis zum Chemieprodukt im Demonstrationsmaßstab.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Die im Themenfeld Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft tätigen Netzwerke aus Wirtschaft und Wissenschaft sind auf deutscher Ebene:

- Energie-Rohstoff-Netzwerk (ERN)*
- AIREG Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V.
- Innovation in Carbon
- Arbeitsgemeinschaft ARGE Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft (im Aufbau)*

Des Weiteren weisen einzelne deutsche Länder regionale Netzwerkstrukturen zum Themenfeld auf:

Sachsen:

- FIRE Freiburger Interessengemeinschaft der Recycling- und Entsorgungsunternehmen e.V.

Sachsen-Anhalt:

- Netzwerk Innovative Braunkohle-Integration Mitteldeutschland Phase 2 ibi2.0*
- Cluster Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland

Bayern:

- Kraftstoffmodellregion Oberfranken (regenerative Kraftstoffe)

Nordrhein-Westfalen

- CarbonConversion

Vernetzungsstrukturen im Bereich der deutschen Wissenschaftseinrichtungen im Themenfeld bestehen im Rahmen folgender FuE-Projektstrukturen:

- Kopernikus-Projekte für die Energiewende
- Fraunhofer Initiative Kohlenstoffketten IK2*
- Fraunhofer Reviernetzwerk Kohlenstoffketten*

Internationale Vernetzungsaktivitäten finden statt im Rahmen von:

- International Freiberg Conference on IGCC & XtL Technologies*
- Europäisches Netzwerk der Chemieregionen (ECRN)
- Dreiländernetzwerk für Stoffliche Kohlenstoffnutzung (Polen, Tschechien, Deutschland)*

Initiator und Mitinitiator sowie wissenschaftliches Zentrum der mit (*) gekennzeichneten o.g. Netzwerke für die Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft sind das IEC (TU Bergakademie Freiberg) und die Fraunhofer-Gesellschaft, Fraunhofer-Institut IMWS/Halle. Fraunhofer hat dazu ein eigenes Kompetenz-Netzwerk Initiative Kohlenstoffketten IK2 gegründet. Die Netzwerke sind auf die Sektoren Chemie, Verarbeitende Industrie und Recyclingwirtschaft zu erweitern, mit dem Schwerpunkt der Vernetzung der einzelnen Sektoren und Bereiche. Ein erster wesentlicher Schritt ist der Aufbau der neuen Arbeitsgemeinschaft ARGE Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft. Perspektivisch soll das Netzwerk europaweit und international ausgebaut werden. Verstärkt werden muss die Zusammenarbeit auf der Basis der vom Europäischen Netzwerk der Chemieregionen (ECRN) angestoßenen Europäischen Forschungsinitiative für die stoffliche und energetische Verwertung der Braunkohle im Rahmen des Programms Horizon2020. Das Netzwerk soll als kompetenter und sektorenübergreifender Ansprechpartner für strategische und politische Entscheidungen bereitstehen.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Energieartenforschung ist in Sachsen breit aufgestellt (Rohstoffe, Werkstoffe, Materialien)
- Starke Fraunhofer-Forschung für dezentrale Systeme

Schwächen

- Zu geringe Unterstützung für Energieforschung für Kohlenstoffkreisläufe/Sektorenkopplung

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Zukunftstrends leiten sich aus nationalen und internationalen Aktivitäten, Vereinbarungen und gesetzlichen Regelungen zur Senkung der Treibhausgasemissionen, zur Verbesserung der Ressourcen- und Energieeffizienz und zum Übergang von primären zu sekundären Rohstoffen (COP21, Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung, neues Verpackungsgesetz 2017, neues Klärschlammgesetz usw.) ab. In diesem Rahmen können neue Wertschöpfungskreisläufe zur Kohlenstoffnutzung realisiert werden.

Kohlenstoffkreislauf durch Sektorenkopplung Chemie, Abfall, erneuerbare Energie:

- Emissionsminimierte Verwertung von kohlenstoffhaltigen Abfällen (inkl. Klärschlamm) durch chemisches Recycling ohne Downcycling, chemische Speicherung für erneuerbare Energie sowie priorisierte und flexible Einbindung sekundärer Biomassen (u.a. Holzabfälle, Gärreste, landwirtschaftliche Abfälle) je nach Verfügbarkeit
- Einheitliche und flexible Nutzung verschiedener kohlenstoffhaltiger Rohstoffe (u.a. Abfall, Biomasse) durch eine gemeinsame Nutzbarmachung als Synthesegas und anschließende Produktsynthese
- Verbesserung der Verfügbarkeit kommunaler Abfallströme als Rohstoffbasis für die chemische Industrie
- Schnittstellentechnologie Vergasung

Chemische Synthesen mit Kohlenstoffdioxid und erneuerbarer Energie:

- Nutzung von Kohlenstoffdioxid als Reaktionspartner durch Einkopplung von erneuerbarem Überschussstrom in Form von elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff
- CO₂-tolerante Syntheseprozesse für CO₂-haltige Synthesegase
- Chemische Speicherung von erneuerbarem Überschussstrom

Verringerung der Importabhängigkeit von Erdgas und Erdöl, Minderung der Verlagerung von CO₂-Emissionsquellen (Carbon Leakage):

- Bereitstellung von heimischen Kohlenstoffquellen (Abfälle, biogene Reststoffe) als Rohstoff für die Kreislaufwirtschaft in der chemischen Industrie
- Unterstützung der Verfahrensentwicklung zur Bereitstellung von heimischen Kohlenstoffquellen (Abfälle, biogene Reststoffe) als Rohstoff für die chemische Industrie
- Deckung des Bedarfs der chemischen Industrie an kohlenstoffbasierten Basisprodukten durch Wertschöpfung im eigenen Land

Transferpotentiale:

Da es sich um einen bis nach 2050 angelegten Transfer der Wirtschaft – auch international – von der linearen zur zirkularen Kohlenstoffökonomie handelt, sind die Transferpotentiale groß. Deutschland kann sich weltweit als Technologieführer für innovative Technologien zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufs etablieren. Das kann den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Deutschland stärken. Um die Markteinführung einer solchen integrativen Technologie zu ermöglichen, ist eine umfassende Erprobung und verlässliche Demonstration aller technologischen Schritte im Verbund notwendig.

Technologiedemonstration und Marktdurchdringung in Deutschland

- Technologie-Demonstration der neuen Kohlenstoffketten in einem Maßstab, der die Übertragbarkeit in die Großtechnik bis 2030 erlaubt (angestrebtes Demonstrationszentrum in Leuna)
- Erschließung des Exportpotentials für Technologieanbieter und Anlagenbauer aus Sachsen/Deutschland

Verstetigung und Verwertung

- Wissenschaft:
 - Fraunhofer-Initiative Kohlenstoffketten IK₂
 - neue Fraunhofer-Abteilung „Chemische Umwandlungsprozesse“ des Fraunhofer IMWS mit Anbindung an Freiberg
 - Bündelung von Forschung und Entwicklung zur Schließung von Stoffkreisläufen
 - Etablierung eines internationalen Netzwerks
- Wirtschaft
 - Bildung der Arbeitsgemeinschaft Kohlenstoffkreislaufwirtschaft ARGE K2
 - Bereitstellung und internationale Vermarktung der neuen Technologien
 - Marktanalysen zu Produkten und Anwendungsfeldern von neuen Kohlenstoffketten (national und international)
 - Machbarkeitsstudien für die Anwendung der Technologien an konkreten Standorten
 - Vermarktung des gewonnenen Know-how (z.B. Patent- und Lizenzverwertung)

3.4.2 Energieverteilung und Energienutzung

Da in Sachsen in den FuE-Schwerpunkten „Speicher“ und „Netze“ zahlreiche spezifische FuE-Aktivitäten verfolgt werden, scheint eine differenziertere Ausführung einzelner FuE-Aktivitäten zielführend. Dabei werden in den ersten beiden Kapiteln die Wechselwirkungen zwischen Speichern und Netzen aus systemischer Sicht adressiert und im Folgenden verschiedene Batteriespeichertechnologien dargestellt. Abschließend erfolgt eine Darstellung von FuE-Aktivitäten im Bereich der Energieeffizienz in verschiedenen Anwendungsfällen.

3.4.2.1 Transformation des Elektroenergiesystems

Um der angestrebten Energiewende in Deutschland gerecht zu werden, müssen die Stromnetze um- und ausgebaut werden, sodass Veränderungen in der Stromerzeugungsstruktur netzseitig ermöglicht und eine gleichbleibende Versorgungssicherheit und Versorgungsqualität gewährleistet werden. Das Stromübertragungsnetz steht vor vielfältigen Herausforderungen: Steigende Stromtransporte, insbesondere von Windenergie vom Norden und Osten in die Lastschwerpunkte im Süden und Westen Deutschlands sowie Transite durch den europäischen Stromhandel belasten bestehende Netze in hohem Maße. Der weiter voranschreitende Ausbau und der überwiegende Anschluss von Anlagen für die Umwandlung Erneuerbarer Energien in den Verteilnetzen führen zu einer zunehmenden Dezentralisierung der Stromerzeugung. Überlastungen der Netzbetriebsmittel und Verletzungen der Spannungsgrenzen müssen dabei vermieden und gestalterische Möglichkeiten in der Netzführung erhalten werden. Vor diesem Hintergrund ist der deutliche Ausbau- und Innovationsbedarf hin zu intelligenten Netzen motiviert.

Bei den Herausforderungen bleibt in der Umsetzung ebenfalls der Kostenfaktor zu beachten. Denn eine hochwertige Energieversorgung muss auch künftig sozialverträglich für Endverbraucher finanzierbar bleiben.

Ein erster Baustein liegt in der Transformation der Aufgabenteilung in einem zukünftigen Elektroenergiesystem. Konventionelle Kraftwerke, die heute noch überwiegend die Systemdienstleistungen für den stabilen Netzbetrieb bereitstellen, werden mit voranschreitendem Zubau von erneuerbaren Energien in immer weniger Stunden am Netz sein. In intensiver Forschung erarbeitete Werkzeuge befähigen Erneuerbare-Energien-Anlagen in immer höherem Maße, diese Transformation aktiv zu gestalten. Ein zweiter Baustein betrifft die notwendige Vernetzung von Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten, um die Potentiale der dezentralen regenerativen Energieerzeugung weitreichender ausnutzen zu können. Dies wird häufig unter dem Schlagwort Digitalisierung der Energietechnik zusammengefasst. Neben Sektorenkopplung im Wärme- und Mobilitätsbereich und den derzeit viel diskutierten und in ersten Forschungsvorhaben erprobten Speichertechnologien stellt die flexible Anpassung der Lastseite an die schwankende Erzeugung eine vielversprechende Alternative dar. Befähigungen zur flexiblen Strombeschaffung und eine moderne Kommunikationsinfrastruktur können

bei gleichzeitig verbesserter Auslastung der Verteilnetze als Treiber für einen reduzierten Netzausbau und innovative Produkte im Smart Grid Umfeld dienen.

Der großflächige Einzug leistungselektronischer Technologien in Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten spiegelt sich zudem in veränderten Zeit-Leistungs-Charakteristika wider. In umfangreichen Messkampagnen erfasste Daten dienen der Modellbildung und damit der Bewertung der Netzzrückwirkungen der neuen Technologieklassen. Des Weiteren bedingt der volatile Leistungsfluss Anpassungen in der Netzstruktur und stellt erhöhte Anforderungen an die Betriebskonzepte. Wichtiger Bestandteil der Energieforschung ist daher eine Validierung und ggf. Erweiterung bestehender Betriebskonzepte.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Innerhalb Sachsens existieren enge Partnerschaften zwischen den Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Neben innerstrukturellen Vernetzungsaktivitäten wie z.B. dem Forschungscluster „Combined Storage System Integration (CSSI) der TU Dresden (Bereich der Energiespeicher), bestehen sowohl regionale (z.B. Energy Saxony e.V.) als auch nationale Kooperationsgeflechte mit Institutionen aus Wissenschaft und Wirtschaft.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Neue Methoden der Netzbetriebsführung ermöglichen eine Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Elektroenergieerzeugung
- Erhöhung des ortsgebundenen Verbrauchs von erneuerbaren Energien durch bedarfsgerechte Sektorenkopplung
- Vermeidung bzw. Verringerung von Netzausbaukosten
- Befähigung dezentraler Energieerzeugungsanlagen zur Erbringung von Systemdienstleistungen
- Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit (Power Quality) in zukünftigen Netzen durch Untersuchungen der Netzzrückwirkungen von Geräten auf Basis von Leistungselektronik (PV- und Windenergieanlagen, Elektromobilität)
- Bidirektionaler Erfahrungsaustausch mit Teilen der ostdeutschen Netzbetreiber hinsichtlich zukünftiger Probleme, Anforderungen und Potentiale

Schwächen

- Bisher nur wenige und vergleichsweise kleine Projekte zur Netzbetriebsführung mit regionalen sächsischen Industriepartnern
- Noch nicht ausgenutztes Transferpotential für durch Erfahrungsaustausch angelegte Konzepte in wirtschaftlich umsetzbare Lösungen
- Regulatorische Hemmnisse erschweren neuartige Konzepte im Bereich der Smart Services (Systemdienstleistungen, Erzeugungs- und Lastmanagement etc.)
- Zu geringe Anzahl von Ausgründungen (Wirtschaftsförderung)
- Hohe Anforderungen an die IT-Sicherheit und den Datentransfer benötigen technisch umfangreiche und teure Kommunikationsmethoden

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Aktuell lassen sich vier große Forschungstrends im Bereich der elektrischen Energieforschung erkennen:

- Dezentralisierung der Energiemärkte
- Sektorenkopplung und Digitalisierung
- Systemdienstleistung in den Verteilnetzen
- Zellulare Energieversorgung

Dezentralisierung der Energiemärkte:

In den letzten Jahren der Energiewende wurde vor allem die Dezentralisierung der elektrischen Energieversorgung durch den Ausbau von Wind- und Photovoltaikanlagen vorangetrieben. Dies führt zu einem erhöhten Netzausbaubedarf. Ein in der Forschung aktuell diskutierter alternativer Lösungsansatz ist die dezentrale Vermarktung von Lasten und Erzeugern, bei der Strom je nach Bedarf im Verteilnetz „getauscht“ wird. Dazu müssen die notwendige technische Infrastruktur und Methoden erforscht werden. Hier sind zum Beispiel die Projekte SERVING und RVK zu benennen. Für einen Durchbruch dieser Verfahren am Markt müssen jedoch auch die regulatorischen Rahmenbedingungen geschaffen werden. Um den Transfer der Forschungsergebnisse zu befördern, sollten Modellregionen entstehen, in denen zum Beispiel lokale Energiemärkte getestet werden können.

Sektorenkopplung und Digitalisierung:

Neben der elektrischen Energieversorgung muss die Energiewende auch auf den anderen Energiesektoren, wie Wärme und Mobilität, vorangetrieben werden. Mithilfe der Sektorenkopplung werden die Speicher und Flexibilität in den Energiesektoren gemeinsam betrachtet und ein übergreifendes Optimum beim Betrieb angestrebt. Aktuell werden vor allem die Kopplung zwischen elektrischer und thermischer Energieversorgung untersucht und Methoden für das Demand-Side-Management bzw. die Laststeuerung und Virtuelle Kraftwerke entwickelt. Für die Kopplung des Sektors Mobilität in das Gesamtsystem besteht ein hoher Forschungsbedarf. Vor allem die Integration von E-Mobility in die elektrischen Netze stellt eine große Herausforderung dar. Eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung und den Betrieb dieser neuen energetischen Versorgungsstrukturen ist die kommunikationstechnische Erschließung aller Verbraucher und Erzeuger. Hierfür ist ein extrem leistungsfähiges Kommunikationssystem und Rechnernetz notwendig.

Systemdienstleistung in den Verteilnetzen:

Um einen störungsfreien und stabilen Netzbetrieb zu gewährleisten, sind Systemdienstleistungen zur Einhaltung von Frequenz, Spannung und Leitungsbelastungen innerhalb zulässiger Grenzwerte, die aktuell durch konventionelle Großkraftwerke in den Übertragungsnetzen bereitgestellt werden, von entscheidender Bedeutung. Mit der zunehmenden Dezentralisierung der Energieversorgung könnten diese Kraftwerke in Zukunft nicht mehr zur Verfügung stehen. Das heißt, Systemdienstleistungen müssten durch dezentrale Anlagen aus der Verteilnetzebene erbracht werden. Erste Ansätze der notwendigen Verfahren werden dabei zum Beispiel im Projekt SysDL 2.0 entwickelt. Neben den Verfahren müssen aber auch hier die regulatorischen Randbedingungen und entsprechenden Märkte entwickelt werden.

Zellulare Energieversorgung:

Beim zellularen Ansatz wird eine komplette neue Lösung für die Energieversorgung als Gesamtes verfolgt. Ziel dabei ist es, dass sich das gesamte System in Zellen organisiert. Innerhalb einer Zelle wird ein Energieausgleich hergestellt und definierte Energieflüsse zu anderen Zellen ausgetauscht. Der Betrieb innerhalb der Zellen erfolgt dabei über die verschiedenen Energiesektoren hinweg und mithilfe von lokalen Energiemärkten. Neben dem Energieaustausch können die Zellen aber auch Systemdienstleistungen untereinander austauschen. Bei der zellularen Energieversorgung werden damit die oben genannten Trends in einem Gesamtsystem umgesetzt. Dieser Ansatz befindet sich allerdings noch in einem frühen Forschungsstadium.

3.4.2.2 Dezentrale Energiespeichersysteme auf Niederspannungsebene

Aus dem Anstieg an dezentraler regenerativer Elektroenergieerzeugung ergeben sich auch zwingend Veränderungen in Struktur und Ausbau der entsprechenden Netzabschnitte, welche die Elektroenergieerzeuger in das Elektroenergienetz einbindet. Die Integration der dezentral in das Elektroenergiesystem einspeisenden Erzeuger verursacht unter Umständen eine Umkehr des Leistungsflusses und muss im ungünstigsten Fall aufgrund der fehlenden Integrationskapazitäten des Netzes verhindert werden. Insbesondere im Niederspannungsnetz unterliegt die Integration aufgrund der fehlenden Überwachungsmöglichkeiten verhältnismäßig hohen Anforderungen.

Um die Potentiale der dezentralen, regenerativen Elektroenergieerzeugung weitreichender ausnutzen zu können, ist eine netzseitige Integration von Batteriespeichern sinnvoll. Das machte die Entwicklung eines leistungsflussoptimierenden Energiemanagements für zukünftige Niederspannungsnetze notwendig. Als ein besonderes Beispiel für ein solches Optimierungsverfahren gilt der in Sachsen entwickelte Lösungsansatz CLUMA. Um den Betrieb von Niederspannungsnetzen mit einer hohen Durchdringung von steuerbaren Erzeugern und Verbrauchern (u. a. auch Speicher) zu optimieren, unterteilt CLUMA den entsprechenden Netzabschnitt in Teilnetze. Aus den Daten zum aktuellen Leistungsbedarf bzw. der aktuellen Elektroenergieerzeugung der einzelnen Knoten wird für jeden Anschlussknoten ein Steuerungssignal ermittelt, welches den Ausgleich zwischen Verbrauch und Erzeugung im Teilnetz ermöglicht. Der Signalempfänger braucht dem Steuersignal nicht zu folgen, wenn sich der aktuelle elektrische Elektroenergiebezug nicht aus dem vorhandenen Energiespeicher abdecken lässt. Dabei wird der Speicherzustand nicht zwingend als Eingangsvariable benötigt. Die Steuerung kann auch einen nicht reagierenden Knoten beachten und versuchen, deren Leistungsbezug erst bei einem umgekehrten Leistungsfluss wieder zu verändern. Somit würden sich trotz einzelner voller bzw. leerer Speicher, die im Teilnetz verbleibenden Leistungen weiterhin optimal ausgeglichen werden, ergeben.

Eine weitere Umstrukturierung der Niederspannungsnetze entsteht perspektivisch durch die Integration von Ladestationen für Elektrofahrzeuge in das Elektroenergiesystem. Durch den hohen punktuellen Leistungsbedarf dieser Komponenten wird eine deutliche Leistungsflussverschiebung erfolgen. Diese kann an exponierten Stellen auch zu Überlastungen des Netzabschnittes führen. Um diesen Umstand oder die vorsorgliche Vermeidung der Ladestationsintegration in ein Teilnetz vorzubeugen, wird die Unterstützung des Ladesystems durch einen stationären Energiespeicher (im Projekt ECoMobility) untersucht. Dabei bietet ein Batteriespeicher bilanz- und netzdienliche Unterstützung der Ladevorgänge an. Bilanziell kann durch diesen der Anteil an in der Umgebung erzeugten Erneuerbaren Energie erhöht werden. Durch die gezielte Unterstützung des Ladevorgangs im Starklastfall des Energienetzes können zudem entferntere Leitungen von den Ladevorgängen entlastet werden. Somit ergeben sich eine höhere regionale Auslastung von erneuerbaren Energien, beziehungsweise ein erhöhtes Zubaupotential, und ein geringerer Aufwand im Bereich Netzausbau bezüglich des Wachstumssektors Elektromobilität.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Schon bisher werden sächsische Forschungsaktivitäten vermehrt interdisziplinär an den Hochschulen umgesetzt. Ein sehr aktiver Forschungsstandort ist z. B. die TU Chemnitz, an der verschiedene Fachbereiche und Institute hierzu arbeiten. Dort wurde im Rahmen der Nachwuchsforschergruppe „Intelligente dezentrale Energiespeichersysteme“ in Kooperation mit fünf weiteren Professuren (Regelungstechnik und Systemdynamik, Leistungselektronik und Elektromagnetische Verträglichkeit, Mess- und Sensortechnik, Technische Thermodynamik sowie Computerphysik) die Integration von dezentralen Energiespeichern auf Niederspannungsebene und deren Betriebsweise untersucht. Eine weitere Vernetzung wird aktuell auf diesem Themengebiet durch die Nachwuchsforschergruppe „ECoMobility“ realisiert. Hierbei arbeiten sieben Professuren (Energie- und Hochspannungstechnik, Schaltkreis- und Systementwurf, Nachrichtentechnik, Allgemeine und Arbeitspsychologie, Unternehmensrechnung und Controlling sowie Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement) unter anderem zur Forschungsfrage der intelligenten Ladesteuerung von Elektrofahrzeugen mithilfe von stationären Batteriespeichern zusammen.

Weiterhin besteht auf diesem Themengebiet eine detaillierte Vernetzung auf sächsischer Ebene mit der TU Dresden sowie dem Fraunhofer Institut für Werkzeug- und Umformtechnik (Fraunhofer IWU) und der Adapted Solutions GmbH.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Elektroenergieerzeugung
- Erhöhung des ortsgebundenen Verbrauchs von erneuerbaren Energien (Eigenbedarfsoptimierung)
- Vermeidung bzw. Verringerung von Netzausbaukosten
- Verbesserung der ökologischen Bilanz von batterieelektrischen Fahrzeugen
- Optimierung des Zubaus von Ladestationen für Elektrofahrzeuge
- Konzepte für netzdienliche Energiespeichernutzung jenseits der zur Verfügung gestellten Regelleistung

Schwächen

- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erweisen sich unter aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen als nicht positiv
- Steuerungsaufwand ist je nach Umsetzung groß, IT-Sicherheit unter Umständen aufwendig

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Die zukünftige Entwicklung von dezentralen Energiespeichersystemen hängt vorwiegend von neuen Anwendungsgebieten für dezentrale Energiespeicher ab. Neben Anlagen zur Eigenbedarfsoptimierung sind zur Nutzung von Energiespeichern Netzdienstleistungen, insbesondere für die Bereitstellung von Regelleistungen zu entwickeln.

In Zukunft kann man davon ausgehen, dass ein Energiespeicher mehrere Nutzungskonzepte parallel verfolgt. So kann es zum Beispiel sein, dass ein Batteriespeicher in einem Einfamilienhaus neben der Eigenbedarfsoptimierung zudem noch für das Regelleistungsportfolio oder direkt an der Energiebörse eingesetzt wird. In Abhängigkeit von der aktuellen Marktsituation sind die Anteile der verschiedenen Nutzungskonzepte unterschiedlich ausgeprägt.

Bei den dezentralen Energiespeichern handelt es sich um Anlagen mit einer Nennleistung im kW-Bereich, wodurch nur ein Einsatz in der Niederspannungsebene (0,4 kV) infrage kommt. Für den Betrieb einer Vielzahl von solchen dezentralen Energiespeichern in Verbindung mit dezentralen Elektroenergieerzeugern sowie steuerbaren Verbrauchern ist auch in dieser untersten Spannungsebene ein Energiemanagement nötig. Solche Steuerkonzepte verfolgen mehrere Ziele:

- Reduzierung der Netzverluste
- Einhaltung des Spannungsbands
- Vorrangige Nutzung von erneuerbaren Energien
- Reduzierung der Netzausbaukosten
- Erhöhung des Integrationsgrades von dezentralen Elektroenergieerzeugern

Für einige der genannten Fragestellungen wurde bereits eine technische Detaillösung gefunden. Jedoch ist das komplexe Gesamtsystem noch nicht ausreichend genau erforscht. Hinderlich ist der aktuelle regulatorische Rahmen. Er bietet keine Anreize für solche Systeme. Unklar ist zudem, wie die zukünftig zu erwartenden Änderungen der Regularien die Entwicklung dezentraler elektrischer Energiespeicher beeinflussen werden.

In der Studie „Flexibilität von Stromversorgungsnetzen“ der Bundesnetzagentur vom April 2017 wird deutlich, dass der Bedarf nach flexiblen Erzeugungs- und Verbrauchsstrukturen kontinuierlich steigt. Jedoch wird auch in dieser Studie deutlich, dass dafür regulatorische Rahmenbedingungen zu entwickeln sind. Aus

technischer Sicht dürfte ein Transferbedarf bei Elektroenergieversorgern und Netzbetreibern oder bei anderen eigenständigen Systembetreibern bestehen.

3.4.2.3 Flüssigmetallbatterien

Flüssigmetallbatterien, d.h. Batterien, bei denen sowohl beide Elektroden als auch der Elektrolyt im flüssigen Zustand vorliegen, stellen ein vielversprechendes Konzept dar. Die Verwendung billiger, gut verfügbarer Rohstoffe als Aktivmaterialien in großen Batteriezellen ermöglicht die Nutzung von Skaleneffekten zur Kostenreduktion. Flüssigmetallbatterien stellen damit eine konkurrenzfähige Option für Großspeicher dar.

Mit ihrem komplett flüssigen Inventar haben Flüssigmetallbatterien gegenüber konventionellen Zellen eine Reihe von Vorteilen: Bei entsprechender Auswahl der Flüssigkeitsdichten ergibt sich eine stabile Schichtung – die Zelle baut sich quasi von selbst auf. Vorgänge an flüssig-flüssig Grenzschichten weisen eine ausgesprochen schnelle Kinetik auf. Dies ermöglicht hohe Lade- und Entladeströme ohne große Wirkungsgradverluste. Da die Elektrodenstruktur der Flüssigkeiten immer wieder den Ausgangszustand annimmt, treten dort keine Alterungseffekte auf, sodass eine sehr hohe Zyklenzahl erreicht werden kann. Gleichwohl bestehen bei dieser Technik noch Risiken und Forschungsbedarfe:

1. Durch die hohen Stromdichten und die angestrebten hohen Zellquerschnitte können pro Zelle sehr hohe Ströme entstehen. Lorentzkräfte, hervorgerufen durch das Zusammenwirken des hohen Zellstromes mit seinem eigenen oder einem externen Magnetfeld, können direkt Strömungen antreiben oder Instabilitäten, wie z.B. die Tayler Instabilität (TI), anregen. Die durch die TI hervorgerufene rotierende Strömung kann zu einer Verdrängung des Elektrolyten (Salzschmelze) zwischen den Elektroden führen. Dieser Kurzschluss würde zu einem Ausfall der Batterie führen. Je nach Aspektverhältnis der Zellen können auch weitere Instabilitäten den Betrieb von Flüssigmetallbatterien stören, zum Beispiel Oberflächenwellen ähnlich dem Sloshing bei Aluminiumreduktionszellen.
2. Die FuE-Aktivitäten in diesem Themenfeld finden u.a. am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) statt. Dort werden diese Instabilitäten experimentell und numerisch untersucht und Gegenmaßnahmen entwickelt. Zum Beispiel kann die Entstehung der TI verhindert werden, indem man der Zelle ein zusätzliches Magnetfeld aufträgt, das sich dem ursprünglichen Feld überlagert. Das Gesamtfeld lässt sich dann so gestalten, dass die Zelle nicht mehr für die TI anfällig ist. Eine mögliche Quelle für das zusätzliche Magnetfeld findet man in dem Strom, der von oder zur Zelle geleitet wird. Indem man diesen Strom beispielsweise isoliert durch die vertikale Zellachse leitet, wird die Zelle auch bei hohen Strömen stabilisiert.
3. Die starke Koppelung von Elektrodynamik, Fluidodynamik und Elektrochemie kann bei der Simulation der Zellen zum Auftreten komplexer Phänomene führen, was bei der Simulation mit erhöhten Rechenzeiten einhergeht. Großskalige Experimente sind in DRESDYN (DREsden Sodium facility for DYNamo and thermohydraulic studies) vorgesehen. Dort werden die notwendige Infrastruktur für den sicheren Umgang mit Flüssigmetallen und die notwendige Strömungsmesstechnik bereitgestellt.

Derzeit werden im Batterielabor flüssige Elektroden und elektrolytische Salzschmelzen elektrochemisch untersucht sowie Zellen gefertigt und getestet. Für die Skalierung der Zellen, zur Verbesserung der Wirkungsgrade und zur Gewährleistung der Langzeitstabilität sind Versuche mit verschiedenen Materialien für die Gehäuse und Isolatoren der Zellen notwendig. Forschungsaktivitäten zum Betrieb der Zellen, zum Upscaling und zur Integration ins Energiesystem erfolgen im Rahmen der gemeinsamen Initiative Energiesystem 2050, einem Netzwerk aus acht Helmholtz-Zentren, mit dem Ziel, verwertbare systemtechnische Erkenntnisse und technologische Lösungen zu erarbeiten, die von der Wirtschaft aufgegriffen werden können.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Die Arbeiten zu Flüssigmetallbatterien sind Bestandteil der Helmholtz-Allianz „Liquid Metal Technologies – LIMTECH“ und außerdem in das Programm „Speicher und vernetzte Infrastrukturen (SCI)“ der dritten Periode der programmorientierten Förderung (PoF-III) der Helmholtz-Gemeinschaft eingebunden. Enge und direkte Kooperationsbeziehungen im Rahmen von LIMTECH bestehen vor allem zur Technischen Universität Ilmenau und zur Coventry University. Am Topic 1 „Elektrochemische Energiespeicher“ des Programms SCI beteiligen sich Wissenschaftler des Karlsruher Institutes für Technologie (KIT), des Forschungszentrums

Jülich, des Helmholtz-Zentrums Berlin, der DLR Stuttgart, des Helmholtz-Institutes Ulm, des Helmholtz-Instituts Münster und des HZDR.

In Sachsen sind die Flüssigmetallbatterieaktivitäten im Verbundprojekt „BaSta (Batterie - stationär in Sachsen)“ vertreten. Sie gaben auch den Anstoß zur Mitarbeit im von der TU Dresden koordinierten Verbundprojekt AMTEC-D (Entwicklung eines Alkalimetall-Konverters zur hocheffizienten Direktumwandlung von Wärme in elektrischen Strom). Arbeitsbeziehungen bestehen weiterhin zur Université Paris Sud/LIMSI, zur Norwegian University of Science and Technology in Trondheim und zur University of Rochester (USA). Das HZDR ist Mitglied der EERA (European Energy Research Alliance).

FAKTCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Vielzahl an Forschungseinrichtungen und Hochschulen erzeugt wissenschaftliche Exzellenz
- Enge Vernetzung mit den Hochschulen (insbesondere TU Dresden, HTW Dresden, TU Bergakademie Freiberg, HS Zittau Görlitz)

Schwächen

- Industrielle Kooperationspartner sind nur schwer zu finden
- Auf EU-Ebene fehlt ein spezifisch auf die Förderung von Speichern ausgerichtetes Programm

FAKTCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Da sich in Stromnetzen Angebot und Bedarf zu jedem Zeitpunkt decken müssen, erfordert ein hoher Anteil von bedarfsunabhängig fluktuierenden Quellen Möglichkeiten zur Stromspeicherung, falls Abregelungen vermieden und der Anteil fossiler Reservekapazität gering gehalten werden soll. Der im Maßstab einer Volkswirtschaft entstehende Ausgleichsbedarf liegt in der Größenordnung von TWh. Entsprechend bedeutsam ist die Verfügbarkeit hoher Speicherkapazität zu geringen Preisen, die derzeit noch nicht gegeben ist.

Für den jahreszeitlichen Ausgleich scheint eine Wandlung von elektrischer Energie in chemische Energieträger (z.B. Wasserstoff) unumgänglich. Sie ist jedoch i.d.R. nur mit geringen Gesamtwirkungsgraden bei der „Wiederverstromung“ (Strom-zu-Strom) möglich. Für die Speicherung im Stunden- bis Tagesbereich sollten die prinzipbedingt deutlich effizienteren elektrochemischen Speicher vorgezogen werden. Deren Preise sind allerdings noch zu hoch, um eine breite und wirtschaftliche Anwendung zu erlauben. Na-S Systeme zeichnen sich besonders durch die preiswerten und gut verfügbaren Aktivmaterialien aus, jedoch sind die ionenleitende Keramik und deren Einbindung bei Hochtemperaturzellen kostentreibend. Niedertemperatur Na-S Systeme sind derzeit in der Entwicklung und erscheinen vielversprechend, sofern sich die noch bestehenden Probleme bei der Zyklenlebensdauer als lösbar erweisen.

Flüssigmetallbatterien verfolgen einen anderen Ansatz, der jedoch auch auf preiswerte und gut verfügbare Aktivmaterialien angewiesen ist. Die Systemkosten sollen durch die Verwendung nur weniger sehr großer Zellen und das damit ausgesprochen günstige Verhältnis von Aktiv- zu Konstruktionsmaterial gering gehalten werden. Speicher im MWh-Bereich, die aus einer größeren Anzahl kleinerer Flüssigmetallzellen bestehen, sollen Ende 2017/Anfang 2018 von der in Cambridge MA ansässigen Firma AMBRI auf den Markt gebracht werden. Bei großen Zellen besteht noch umfangreicher Forschungsbedarf. Bis zu deren Marktreife wird deutlich mehr Zeit vergehen.

3.4.2.4 Lithium-Schwefel- und Natrium-Schwefel-Batteriezellen

Lithium-Schwefel-Batterien (Li-S-Batterien) zeichnen sich durch eine hohe spezifische Energie und geringe Materialkosten im Vergleich zu Lithium-Ionen-Batterien aus. Damit ist diese Zellchemie äußerst attraktiv für

zukünftige Speicherlösungen, insbesondere zur Steigerung der Reichweite von Elektrofahrzeugen. Aktuelle Li-S-Prototyp-Zellen erreichen eine spezifische Energie von 350 Wh/kg (30-40 % höher als die besten Li-Ionen-Zellen). Größte Herausforderung stellt bisher die geringe Lebensdauer der Zellen dar. Die Zellen degradieren innerhalb der ersten 100 Lade-/Entladezyklen und sind bisher nicht ausgereift für den Einsatz in der Elektromobilität. Eine Erhöhung der Zyklenstabilität und/oder eine weitere Erhöhung der spezifischen Energie würde das Anwendungspotential für diesen Zelltyp deutlich erweitern. Auf Basis von Natrium-Schwefel-Batterien (Na-S-Batterien) lassen sich Energiespeicher aufbauen, deren Rohstoffe weltweit kostengünstig verfügbar sind. Damit bieten sie ideale Voraussetzungen für den Einsatz in zukünftigen Energiespeichersystemen für die Entlastung der Netze bei weiterem Ausbau von erneuerbarer Energie. Bisher bekannt ist jedoch lediglich eine Hochtemperatur-Zelle auf Basis von flüssigem Natrium und flüssigem Schwefel, welche ein Sicherheitsrisiko darstellt und durch den Wärmebedarf eine verminderte Energieeffizienz aufweist.

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (Fraunhofer IWS) hat sich zum Ziel gesetzt, für diese Batterietypen Lösungen von der Material- und Elektrochemie bis zur Produktion von Zellen zu entwickeln. Zusammen mit Partnern aus der Forschung und Industrie werden so Fragestellungen entlang der Wertschöpfungskette bearbeitet und für die Herstellung und Evaluierung von Prototypzellen umgesetzt.

So gelang erstmalig der Nachweis von 4.000 reversiblen Lade-/Entladezyklen in einer Li-S-Zelle mit einem neuem Anodenmaterial. Die Na-S-Technologie konnte erfolgreich in Zellen bei Raumtemperatur demonstriert werden. Für die Elektrodenherstellung wurde ein Verfahren entwickelt, das ganz auf Lösungsmittel verzichtet und auch auf andere Anwendungsgebiete übertragen werden kann.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Mit dem Batterie-Wing-Zentrum „BaMoSa“ (Batterie-mobil-in-Sachsen) ist seit 2012 eines von vier vom BMBF geförderten Zentren in Dresden lokalisiert. Hier arbeiten Fraunhofer- und Leibniz-Institute sowie die TU Dresden eng auf fachlicher Ebene zusammen an der Entwicklung von Speicherlösungen der nächsten Generation. Verschiedene weitere Forschungsvorhaben sind bereits aus diesem Netzwerk entstanden. Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (Fraunhofer IWS) hat zudem den internationalen „Li-S-Battery-Workshop“ etabliert. Diese thematisch fokussierte Veranstaltung bietet eine Plattform, um sowohl die lokalen als auch nationalen und internationalen Akteure in diesem Themenfeld zu vernetzen. Darüber hinaus gibt es zahlreiche nationale und internationale Veranstaltungen und Konferenzen als Plattform für Austausch und Vernetzung.

Der Austausch mit potentiellen Anwendern könnte noch ausgebaut werden, um frühzeitig die jeweiligen Anforderungen in der Zellentwicklung zu berücksichtigen.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Gute Vernetzung der wissenschaftlichen Community (national und international), z.B. durch den Li-S-Workshop
- Elektrochemische Speicher stellen einen großen Wachstumsmarkt dar, auch in Nischen (abseits von Consumer Electronics und akkubetriebener Elektromobilität).
- Die Li-S-Technologie hat durch die höhere spezifische Energie ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal.
- Großes Entwicklungspotential; im Gegensatz zu Li-Ionen ist man bei Li-S noch am

Schwächen

- Noch ungenügende Vernetzung mit potentiellen Anwendern von Zellen und dadurch unzureichende Berücksichtigung von Anforderungen bei der Entwicklung
- Langwierige FuE-Arbeit
- Viele Forschungs-Laboregebnisse lassen sich nicht ohne Weiteres in Prototypzellen transferieren → Forschung sollte auch direkt an Prototypzellen erfolgen → relativ großer Aufwand

Anfang der Entwicklung

- Bisher breite Förderprogramme auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Eine Erhöhung der Zyklenstabilität und/oder eine weitere Erhöhung der spezifischen Energie bzw. der spezifischen Leistung würde das Anwendungspotential für Li-S und Na-S-Batteriezellen deutlich erweitern. Dafür sind Forschung und Entwicklung an verschiedenen Schwerpunkten nötig:

Materialentwicklung

Die Materialien und Zellkomponenten bestimmen maßgeblich die Zelleigenschaften. Ein Durchbruch der Technologie ist nur durch eine Weiterentwicklung der Komponenten zu erreichen. Besondere Bedeutung dabei haben:

- a) Elektrolyte
- b) Anodenschutzfilme
- c) Kohlenstoffnanomaterialien in Kathoden
- d) Stromkollektoren

Die Zellkomponenten beeinflussen sich untereinander, sodass für die Weiterentwicklung die Li-S-Zelle immer als ganzheitliches System verstanden werden muss. Inaktivkomponenten (Stromkollektoren, Packaging und Elektrolyt) nehmen einen Großteil des Zellgewichtes ein und haben daher eine besondere Bedeutung in der ganzheitlichen Optimierung von Zellen.

Fertigungsverfahren

Kostengünstige und skalierbare Fertigungsverfahren sind die Voraussetzung für die Markteinführung einer neuen Zelltechnologie. Zum einen ist die Übertragbarkeit auf bestehende Produktionsanlagen (aus der Li-Ionen-Technologie) zu betrachten, zum anderen bietet eine neue Zelltechnologie auch die Chance, neue Fertigungsverfahren einzuführen. Zu nennen ist hier das Trockenfilmverfahren, das durch den Verzicht auf Lösungsmittel Kostenvorteile verspricht und weitere Vorteile aufweist.

Entwicklung an Prototypzellen

Es hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass sich viele Ansätze aus wissenschaftlichen Publikationen nicht in Prototypzellen mit hoher Energiedichte übertragen lassen. So arbeiten viele Laborzellen mit einem hohen Überschuss an Elektrolyt, was die Ergebnisse drastisch beeinflusst. Um eine schnelle Übertragbarkeit und eine tatsächliche Verbesserung der Zelleigenschaften zu gewährleisten, ist die Entwicklung an Prototypzellen in einem frühen Stadium unumgänglich. Der damit verbundene relativ hohe Aufwand könnte sich durch ein höheres Transferpotential und kürzere Zeiten zur Markteinführung kompensieren.

Transferpotentiale

Die ersten Anwendungen von Li-S-Zellen werden zunächst außerhalb der Massenmärkte erfolgen. Fluganwendungen wie HAPS (high altitude pseudo satellites) profitieren schon jetzt von dem geringen Gewicht der Zellen. Jede Verbesserung von Zyklenstabilität, Leistungsfähigkeit und Energiedichte wird das Anwendungspotential erweitern. Die genaue Zeitschiene dafür ist aus jetziger Sicht nicht bestimmbar.

Ein konkretes Beispiel für die sächsische Innovationsstärke ist die Forschung und Entwicklung am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden. Hier werden Li-S-Batterien mit Kohlefasern bestückt, um so deren Speicherkapazität zu erhöhen. Vor allem im Bereich der akkubetriebenen Elektromobilität bestehen hier enorme Potentiale.

3.4.2.5 EMBATT-Bipolarbatterie

Die Batterie ist eine entscheidende Komponente für den Erfolg von akkubetriebenen Elektromobilen. Darum haben sich die Hersteller ehrgeizige Ziele gesteckt: Sie wollen die Energiedichte auf Systemebene von derzeit rund 250 Wattstunden pro Liter (Wh/l) auf 450 Wh/l verdoppeln und gleichzeitig die Herstellungskosten signifikant senken, um alltagstaugliche Reichweiten zu erreichen. Für die etablierte monopolare Lithium-

Zell-Technologie wird dies durch Einführung von Aktivmaterialien mit erhöhter Energiedichte oder optimiertes Zell- und Systempackaging adressiert.

Untersuchungen bei Automobilherstellern und eigene Analysen der IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr haben gezeigt, dass auf Systemebene eine Energiedichte von mindestens 450 Wh/l Voraussetzung ist, um relevante Reichweiten im Fahrzeugbetrieb darzustellen. Heutige Batteriepackagings erreichen allerdings nur weit geringere Energiedichten von 140-300 Wh/l. Diese resultieren daraus, dass die eigentlichen Batteriezellen nur ca. 40-60 % des Systemvolumens ausmachen und der verbleibende Bauraum durch Aufbau- und Verbindungstechnik, Batteriemangement und Kühlung beansprucht wird.

Aber auch die Energiedichte der Batteriezellen selbst, die heute in monopolarer Bauweise aufgebaut werden, ist nach wie vor optimierungsbedürftig. Für 18650-Zellen⁵¹ können aufgrund der jahrelangen Prozessoptimierung bei hoher Stückzahl heute hohe volumetrische Energiedichten von bis zu 680 Wh/l realisiert werden. Kommerzielle prismatische Zellen haben im Inneren eine Wickelstruktur aus kontinuierlichen Elektroden- und Separatorbändern. Die ovalen Wickel füllen aufgrund der Radien den Zellinnenraum nicht vollständig aus und sind durch Kontaktierungselemente mit den Polen der Zellen elektrisch verbunden. Die Energiedichten dieser Zellformate liegen dadurch bei ca. 400 Wh/l und bleiben damit hinter denen von Rundzellen deutlich zurück [Interne Analyse IAV]. Auch die in den letzten Jahren mit viel Energie vorangetriebenen Entwicklungen neuer Aktivmaterialien mit höherer Energiedichte konnten dieses Bild nicht in relevantem Maße verändern.

Das EMBATT-Konzept wählt einen völlig neuen Ansatz für die Realisierung von Traktionsbatterien auf Basis großflächiger Bipolarbatterien. Die EMBATT-Bipolarbatterie besteht aus Zellen, die in einer Stackbauweise derart gestapelt sind, dass der Ableiter der negativen Elektrode einer Zelle die Kontaktierung der positiven Elektrode der nächsten Zelle darstellt. Damit teilen sich zwei in Reihe geschaltete elektrochemische Zellen die Ableiter – eine Seite der Bipolarelektrode dient als Anode in einer Zelle und die andere Seite als Kathode in der nächsten Zelle.

Das bipolare Batteriekonzept umgeht durch seinen Stapelaufbau ein aufwendiges Zellpackaging und liefert eine Stackspannung, die sich über die Anzahl der gestapelten Einzelzellen ergibt. Vorteile der EMBATT-Batterie sind der geringe Innenwiderstand im Stapel, potentiell sehr große Elektrodenflächen und stark vereinfachte Verbindungstechnik im Batteriesystem. Das EMBATT-Konzept überführt damit die hohe Energiedichte auf Zellebene direkt ins Batteriesystem.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Mit der EMBATT-Batterie verfolgt das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (Fraunhofer IKTS) gemeinsam mit den Partnern IAV GmbH und ThyssenKrupp System Engineering GmbH einen neuen Ansatz. Das Konsortium entwickelt gemeinsam großflächige Lithium-Bipolarbatterien, abgestimmte Fertigungstechnologien sowie Konzepte für die direkte Integration ins Chassis des Fahrzeuges. Darüber hinaus arbeitet das Konsortium mit unterschiedlichen Partnern deutschlandweit zusammen, um die Herausforderungen insbesondere in der Materialentwicklung zu adressieren.

Zur Verbreitung der Projektergebnisse wurde und wird u.a. eine zwischen Dresden und Graz im jährlichen Wechsel ausgetragene Konferenz, die BATTERY DAYS, genutzt. Das Organisationskomitee besteht aus der FUEL CELL and BATTERY CONSULTING - FCBAT Ulm, der VARTA Micro Innovation GmbH in Graz sowie dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (Fraunhofer IKTS) in Dresden. Zielgruppe der Konferenz sind Akteure der Energiespeicherung im gesamten europäischen Raum.

⁵¹ Vgl. Wikipedia: 18650-Zellen sind eine weitverbreitete Bauform, vor allem in Elektroautos.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Starkes Konsortium im Bereich der Materialentwicklung, Fertigungstechnologie und Fahrzeugintegration vorhanden
- Bipolar-konzept stellt im Bereich der Lithium-Ionen-Technologie einen disruptiven Ansatz dar
- Aufgrund des disruptiven Ansatzes gute Chancen auf Technologieführerschaft für deutsche Unternehmen
- Verschiedene Märkte adressiert, z.B. Elektromobilität, Speicherung Energie aus fluktuierenden Quellen

Schwächen

- Finanzierung der Überführung in den Pilotmaßstab

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Aktuell unternimmt die deutsche Forschungs- und Industrielandschaft signifikante Anstrengungen, um für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien den Wissensvorsprung der bereits etablierten asiatischen Hersteller aufzuholen. Zukünftig werden sich deutsche Unternehmen aber nur durch eigene Lösungen mit deutlichen Alleinstellungsmerkmalen und hohem Marktpotential nachhaltig im Wettbewerb positionieren können. Daher entwickelt das EMBATT-Konsortium eine echte Alternative zu konventionellen monopolaren Lithium-Batterien, um deren Einschränkungen bei der Realisierung hoher Systemenergiedichten zu überwinden. Das Konsortium setzt sich damit das Ziel, für ein neues Batteriekonzept zu liefern, das erstmals eine Systemenergiedichte $> 450 \text{ Wh/l}$ und damit alltagstaugliche Reichweiten ermöglicht.

Die anspruchsvollen Ziele der EMBATT-Entwicklung werden von einem Verbund kompetenter Partner bearbeitet. Diese Bündelung an Kompetenzen schafft optimale Voraussetzungen, die Erforschung neuer Materialien und innovativer Prozesse für die Realisierung großflächiger Bipolarbatterien zielgerichtet anzugehen. Dadurch können die technischen Risiken, die aus dem hohen wissenschaftlichen Anspruch und der technologischen Breite der Projektziele resultieren, reduziert werden.

Mit erfolgreicher Umsetzung der Projektziele wird für den Wirtschaftsstandort eine neue Generation von Energiespeichern erschlossen. Die EMBATT-Technologie bietet aufgrund ihrer hohen Energiedichte $> 450 \text{ Wh/l}$ bei geplanten Systemkosten $< 200 \text{ €/kWh}$ [IAV/tk SY interne Studie] eine potentiell hohe Marktdurchdringung in Anwendungsgebieten für Industrie, erneuerbare Energien sowie den Nutz- und Individualverkehr.

Neben der Einführung von Traktionsbatterien mit hoher Energiedichte für die Fahrzeugintegration in der Bodengruppe will das Projektkonsortium auch ganz neue Anwendungsfelder erschließen, wie beispielsweise die direkte Integration der planaren Batterien in Solarmodule.

3.4.2.6 Post-Lithium-Konzepte zur elektrochemischen Energiespeicherung

Die weltweite Nachfrage nach Energiespeichern steigt mit der wachsenden Anzahl an Elektrofahrzeugen, mobilen Elektrogeräten und stationären Energiespeichern für das Stromnetz. Im Jahr 2015 wurden weltweit etwa 425 GWh an wiederaufladbaren elektrochemischen Zellen produziert. Eine jährliche Wachstumsrate von etwa 12 % (nach €) wird erwartet. Aktuell und mittelfristig wird neben der Blei-Säure-Technologie die Lithium-Ionen-Technologie aufgrund ihres ausgereiften Stands den Markt der Sekundärspeicher dominieren. Überwiegend große japanische oder koreanische Elektronikunternehmen treiben diese Technologie voran, was auch die exponentiell steigende Zahl von Patenten wiedergibt. Deutsche Unternehmen hingegen finden sich nicht unter den Top 10 der Patentanmelder. Dies langfristig zu ändern, erscheint durch insbesondere

Post-Lithium-Ansätze auf Basis hochvalenter Ionen möglich. Um konkurrenzfähig zu sein, müssen daher neue Wege im Fertigungsprozess beschritten und bei der Materialevaluierung einbezogen werden.

Zieht man die gesamten weltweit verfügbaren Ressourcen und die zurzeit noch nicht wirtschaftlich nutzbaren Reserven von Lithium heran (ca. 14 Mio. t), so würden diese nach aktuellem Stand für ca. 1 Milliarde PKW (mit jeweils ca. 500 km Reichweite) reichen, was dem heute bereits vorhandenem weltweiten Bestand entspricht. Diese Zahl veranschaulicht, dass die Umsetzung der Energiewende, die elektrochemische Energiespeicher nicht nur für die Elektromobilität, sondern auch für stationäre Anwendungen benötigt, allein mit der Lithium-Ionen-Technologie kaum möglich erscheint. Die TU Bergakademie Freiberg (TU Bergakademie Freiberg) arbeitet daher aktiv an alternativen Materialsystemen für eine Technologie-Diversifizierung, auch um im Bereich der Energiespeicher wettbewerbsfähig zu bleiben. Der Ansatz der TU Bergakademie Freiberg ist dadurch gekennzeichnet, dass in einer umfassenden Betrachtung von den einzelnen chemischen Elementen ausgegangen wird und diese bewertet werden. Die Bewertungskriterien schließen, neben elektrochemischen Parametern, Ressourcenverfügbarkeit, Umweltverträglichkeit, Recycling, Materialkosten und Betriebssicherheit ein. Demgemäß erscheinen Konzepte wiederaufladbarer Hochvalent-Ionen-Festkörperbatterien, wie z.B. auf Aluminium-Basis, als aussichtsreich. Das bietet einerseits den Vorteil einer viermal höheren theoretischen Ladungsdichte im Vergleich zu Lithium. Bei gleichem Volumen einer Al-Ionen-Batterie würde ein Auto potentiell die zwei- bis sechsfache Reichweite im Vergleich zu kommerziellen Lithium-Ionen-Batterien aufweisen. Andererseits ist Aluminium das häufigste Metall der Erdkruste. Es existiert eine ausge-reifte Produktionsindustrie und Recyclinginfrastruktur, sodass Aluminium folglich kostengünstig ist. Es ist ein Kostensenkungspotential gegenüber kommerziellen Lithium-Systemen um ein Fünftel, bezogen auf den Preis pro Kilowattstunde, zu erwarten. Darüber hinaus entzündet sich Aluminium nicht wie Lithium an Luft, wodurch eine höhere Sicherheit entsprechender Zellen und vereinfachte Verarbeitbarkeit gewährleistet werden kann. Damit könnten die Aluminium-Ionen-Batterien einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.

Für die Identifizierung geeigneter Materialien werden an der TU Bergakademie Freiberg ausgewählte theoretische Methoden kombiniert. Schließlich erfolgt die Herstellung von Materialien, Komponenten und ganzen Zellen. Bisher war es nicht möglich, dieses technologische Potential zu nutzen, da geeignete Materialien fehlten. Das Auffinden von Materialien mit hoher Ionenmobilität – einsetzbar als Festelektrolyte oder Interkalationskathoden – könnte einen Innovationssprung im Bereich der wiederaufladbaren Hochvalente-Ionen-Batterien ermöglichen.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Da das an der TU Bergakademie Freiberg etablierte Forschungsfeld Alleinstellungscharakter besitzt, sind spezifische Vernetzungsaktivitäten erforderlich, die zunächst die internationalen Experten auf den jeweiligen Fachgebieten adressieren und zusammenführen.

Auf internationaler Ebene ist die in Freiberg etablierte und in zweijährigem Turnus stattfindende *International Freiberg Conference on Electrochemical Storage Materials* (EStorM) ein wichtiges Vernetzungsinstrument. Weitere wichtige internationale Vernetzungsaktivitäten ergeben sich durch bilaterale Auslandsprojekte oder Stipendien für einen Mitarbeiteraustausch. Beides ist noch ausbaufähig. Ganz wesentlich sind ebenso aktive Teilnahmen an fachlich einschlägigen Konferenzen, Tagungen und Workshops.

Auf nationaler Ebene sind Teilnahmen an äquivalenten Veranstaltungen wichtig, beispielsweise im Rahmen der Aktivitäten der Deutsche Gesellschaft für Kristallographie e.V., der Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. oder des Kompetenznetzwerks Lithium-Ionen-Batterien e.V.

Auf regionaler Ebene ist die Zusammenarbeit im Rahmen des Energy Saxony e.V. Netzwerks sowie von Verbundprojekten (Projektpartner verschiedener Forschungseinrichtungen und Unternehmen) bedeutend.

Weitere wichtige Aktivitäten sind gemeinsame Veröffentlichungen, Patente und Projektanträge (Sachsen, Bund, EU) mit Experten auf dem jeweiligen Gebiet.

Das Freiburger Netzwerk umfasst Kontakte in die Länder Belgien, Frankreich, Großbritannien, Israel, Italien, Russland, Singapur, Spanien und USA und bezieht auch Initiativen wie das *Materials Project* mit ein.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Thematisch sehr breit gefächert
- Zahlreiche starke Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen
- Starkes Interesse an Vernetzung
- Hohe Expertise und Kompetenz in der Materialforschung, sowohl in theoretischer als auch experimenteller Hinsicht
- Guter internationaler Ruf von Sachsen

Schwächen

- Noch steigerbare Transferaktivitäten von Universitäten
- Langfristfinanzierung für schwierige neuartige Technologieentwicklungen (3 Jahre)
- Zu wenig finanzstarke größere Unternehmen (insbesondere in der Zellfertigung) für langfristige FuE-Partnerschaften. KMU (typisch für Sachsen) können meist nur zeitlich und finanziell begrenzt Partnerschaften eingehen, sind an kurzfristiger Verwertung interessiert

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Folgende Zukunftstrends sind zu erkennen:

- Post-Lithium-Konzepte
- Hochvalente-Ionen-Batterien (Magnesium, Kalzium, Aluminium)
- Metallanoden
- Feststoffelektrolyte
- Feststoffbatterien
- Dünnschichtbatterien

Insbesondere sind Feststoffsysteme im Betrieb sicherer, es können höhere Zellspannungen angewendet und Degradationsprozesse wie Dendritenwachstum oder Verdunstung von Flüssigelektrolyt vermieden werden. Durch Nutzung von Metallanoden und Nicht-Lithium-Systemen ist Feuchtigkeit während der Produktion zudem ein weniger wichtiges Thema. Insbesondere bieten oben genannte Trends das Potential für revolutionäre statt evolutionäre Fortschritte (z.B. im Bereich der Kapazitätsdichten). Damit sind vielfältige Patentierungsaktivitäten möglich, z.B. von Technologien, Fertigungsverfahren oder spezifischen Anwendungen, die dann die Sicherung des Verwertungspotentials gewährleisten.

Feststoffelektrolyte haben das Potential, dass sie auch für Sensoren oder zum Recycling von Stoffgemischen zur Wiedergewinnung seltener/teurer Rohstoffe (cradle-to-cradle) eingesetzt werden können. Das breite Anwendungsspektrum dieser Materialien sichert eine besonders nachhaltige Forschung: Anschlussfähigkeit und Diversifizierung.

Generelle Treiber sind stationäre Energiespeicher, die Elektromobilität aber auch das „Internet der Dinge“. Daneben sind auch Effizienzerhöhungen von Industrieprozessen, die einen hohen Strombedarf haben, Treiber für die Erforschung von elektrochemischen Energiespeichern.

Alle oben genannten Themen haben einen mittel- bis langfristigen Zeithorizont, da an einem neuen bzw. jungen Forschungs- und Entwicklungsstand (5-10 Jahre) angeknüpft wird.

Ein für die Stärkung des Transfers großer Erfolg ist die Förderzusage für Saxony5, den Transferverbund von fünf sächsischen Hochschulen, die vom BMBF und dem SMWK über fünf Jahre bei ihren Kooperationsaktivitäten über das Programm „Innovative Hochschule“ unterstützt werden.

3.4.2.7 Energieeffizienz in der Produktion

Der starke Ausbau erneuerbarer Energien führt zu Herausforderungen, aber auch zu Chancen für neue Gestaltungsoptionen. Die Beherrschung der zunehmenden Volatilität in der Energieerzeugung und -verteilung, in der Energienachfrage und damit auch bei den Energiepreisen ist nur durch grundlegende Veränderungen in der Energiewirtschaft und des damit verbundenen Energiesystems zu meistern. Zusätzlich ist eine enge Kooperation mit Produktionsunternehmen nötig.

Bisher lag der größte Teil genutzter Primärenergie bereits gespeichert vor und konnte in den produzierenden Unternehmen bedarfsgerecht „freigesetzt“ werden. Die industrielle Produktion konzentrierte sich daher vorrangig auf die Erreichung einer höheren Energieeffizienz, sodass die Senkung des Energieverbrauchs im Fokus vieler Konzepte stand – und sich darauf beschränkte. Handlungsoptionen zur Anpassung des produktionsbedingten Lastverlaufs industrieller Verbraucher, mögliche Synergieeffekte der Dezentralität bis hin zu Herausforderungen für Produktionsbetriebe als Teilnehmer am Energiemarkt in zukünftigen Smart-Grids werden aktuell hingegen nahezu nicht genutzt. Die Entwicklung von Lösungen, die eine Kompatibilität des zukünftigen Energiesystems und der industriellen Produktion unterstützen und befördern, insbesondere für die industrielle Produktion im Mittelstand, sind als enorm wichtig und zukunftssträftig einzustufen.

Mit Blick auf zu erwartende Multiplikations- bzw. Long-Tail-Effekte bei der Energienutzung sind insbesondere die zahlreichen – für den Wirtschaftsstandort Deutschland immens wichtigen – kleinen und mittelständischen produzierenden Unternehmen (KMU) mit oft auch nur geringeren Energiebedarfen zu berücksichtigen. Hier liegt wesentliches Potential für Innovation. Aufgrund der Komplexität muss gerade der Mittelstand durch eine anwendungsorientierte Forschung und die gezielte Migration neuer FuE-Ansätze und -Ergebnisse zielorientiert unterstützt werden. Die zentralen Ziele dabei sind ein effizienter und sicherer Netzbetrieb bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien sowie das effiziente und sichere Zusammenspiel aller Akteure im intelligenten Energienetz durch eine dezentrale Optimierung des Einsatzes erneuerbarer Energien. Durch die Synchronisation vor Ort erzeugter Energien und dem zur Produktion notwendigen Energiebedarf werden der Bezug und der Transport erneuerbarer Energien zum Bedarfsort vermindert. Zusätzlich sinkt die Menge der in das Verteilernetz eingespeisten Energie, was wiederum zu einer Entlastung des Stromnetzes führt und den Netzausbaubedarf auf Verteilnetzebene reduziert.

Aktuell verfügbare technologische Prozesse und die zu deren Durchführung eingesetzten Produktionssysteme sind nur bedingt in der Lage, die Anforderungen an ein zukünftiges innovatives Energiesystem zu erfüllen, um Bedarfen an Flexibilität entsprechen zu können. Im Fokus steht daher eine ganzheitliche Betrachtung kompletter Produktionssysteme. Zu berücksichtigen ist die Sicherstellung der Interoperabilität in der produktionsnahen Informationstechnologien, die Realisierung einer Echtzeitfähigkeit zur schnellen Bereitstellung benötigter Informationen an die Nutzer und die Netzwerkfähigkeit – und damit die Erweiterung des Blickfelds – von einem Unternehmen auf Verbünde von Standorten oder Unternehmen.

Mit Blick auf die KMU ist dabei besonderes Augenmerk auf die Digitalisierung, im Sinne der praktischen Vernetzung von Energiequellen, -senken und -speichern auf sowohl elektrotechnischer als auch auf informationstechnischer Ebene, zu legen. Denn nur durch die konsequente Vernetzung und (teil-)automatische Steuerung/Regelung aller beteiligten Subsysteme können energetische Bedarfe entsprechend des Produktionsprogramms, ausreichend genau geplant und gegebenenfalls die damit entstehenden Flexibilitätspotentiale mittels der Integration von Energiespeichern besser genutzt werden. Eine kurzfristige Anpassung an die vorhandenen Energieversorgungskapazitäten wird erst dadurch ermöglicht.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Die Akteure der industriellen Produktion und der Produktionsforschung sind vielfältig vernetzt. Aktuell bestehen sowohl regionale, nationale als auch internationale Forschungsnetzwerke mit unterschiedlichen technischen und technologischen Schwerpunkten. Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft ist das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (Fraunhofer IWU) als Leitinstitut für die Ressourceneffiziente Produktion in der Fraunhofer-Gesellschaft über profilbildende Leitprojekte sowie die Mitarbeit in Fraunhofer-Verbänden und -Allianzen mit verschiedenen inhaltlichen Schwerpunkten vernetzt.

Der fachliche Austausch sowie konkrete gemeinsame Forschungsaktivitäten zu ausgewählten Themenbereichen finden in zahlreichen, seit vielen Jahren bestehenden nationalen und internationalen Netzwerken statt. Trotz der langjährigen, sehr guten Vernetzung aus Sicht der Produktionsforschung haben die Heraus-

forderungen der Energiewende hinsichtlich einer Steigerung der Energieeffizienz und der energetischen Flexibilisierung der industriellen Produktion an relevanten Stellen zu neuen Partnerschaften geführt. Der intensive Austausch mit den im Energiesystem handelnden Akteuren wie Energieversorger, Netzbetreiber, Endnutzer und anderen ist notwendig, um ein gemeinsames Verständnis und Lösungen für das zukünftige Energiesystem zu entwickeln. Regional ist das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (Fraunhofer IWU) seit Dezember 2014 mit verschiedenen Akteuren aus dem Bereich »Energie« im wirtschaftsorientierten Netzwerk Energy Saxony e.V. verbunden. Insbesondere der vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (Fraunhofer IWU) geführte Arbeitskreis »Ressourceneffiziente Produktion« beschäftigt sich vorrangig mit Aspekten der Energieeffizienz in Produktionsanlagen und -prozessen, aber auch mit bedarfsgerechter Energieverteilung innerhalb von Produktionsstandorten und -anlagen.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Viele Technologielieferanten (Energieeffizienz im Maschinen- und Anlagenbau, Energie-Speichersysteme, IT-Dienstleister etc.)
- Vergleichsweise viele Anwender vorhanden (Automobilproduktion und Zulieferer, Maschinen und Anlagenbau, viele KMU)

Schwächen

- Energieforschungslandschaft ist sehr technologielastig (Photovoltaik, Thermospeicher)
- Energiethemen konzentrieren sich mehr auf Erzeuger/Verteilrolle, sind zu wenig nutzerbezogen
- Internationale Sichtbarkeit noch schwach – Sachsen wird noch nicht stark genug als Energieforschungsland wahrgenommen
- Es fehlen Demonstratoren als sichtbare Anwenderleuchttürme

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Mit der Zunahme des Anteils erneuerbarer Energien nehmen die Herausforderungen zur Sicherstellung der Netzstabilität deutlich zu. Der in den letzten Jahren zu verzeichnende rasante Kostenanstieg für Redispatch-Maßnahmen (Netzbetreiber Tennet ca. 700 Millionen Euro im Jahr 2014⁵²) ist ein Beleg dafür. Bis zum Jahr 2050 soll der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung von derzeit 29 % auf 80 % gesteigert werden. Es lässt sich daraus ableiten, dass nicht nur bei Energieerzeugung und -verteilung, sondern vor allem auch auf Nutzerseite ein neuer Grad an planbarer Flexibilität notwendig sein wird. Neben den Sektoren GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Haushalte und Verkehr verantwortet die Industrie 29 % des bundesweiten Endenergieverbrauchs. Es ergibt sich daraus ein direkter Auftrag zur (Weiter-)Entwicklung von Lösungen für noch energieeffizientere und -flexible Produktionstechnik. Folgende Forschungsfragen sind unter anderem zu beantworten:

- Wie kann die zunehmende Volatilität in der Erzeugung bei industriellen Verbrauchern – insbesondere KMU – wirtschaftlich nutzbar gemacht werden?
- Welche neuen technisch-technologischen und organisatorischen Lösungen sind notwendig, um zukünftig eine wirtschaftlich sinnvolle Energienutzung in der industriellen Produktion plan-, steuer-

⁵² Vgl. FAZ: „Kampf gegen Stromausfälle so teuer wie noch nie“, 17.1.2016, <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/energiepolitik/kampf-gegen-stromausfaelle-so-teuer-wie-noch-nie-14018769.html>.

und regelbar umzusetzen (Digitalisierung von ganzen Produktionsstandorten)?

- Was bedeutet Energieflexibilität für den Mittelstand in Bezug auf evtl. notwendige Investitionen in Ausrüstung (Hardware, Software, Facility)?
- Wie ist Energieflexibilität definierbar und wie können Flexibilitätssteigerungsmaßnahmen ökonomisch bewertet werden?
- Welche Daten-/Informationskonzepte sind zu berücksichtigen, um die zum Energiemanagement erforderliche Transparenz als Entscheidungsgrundlage bereitzustellen (Digitaler Energetischer Zwilling)?
- Was bedeutet die Nutzung bzw. Reaktion auf die Energieflexibilität für den Menschen in der Produktion? (Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind zu berücksichtigen bzw. anzupassen?)

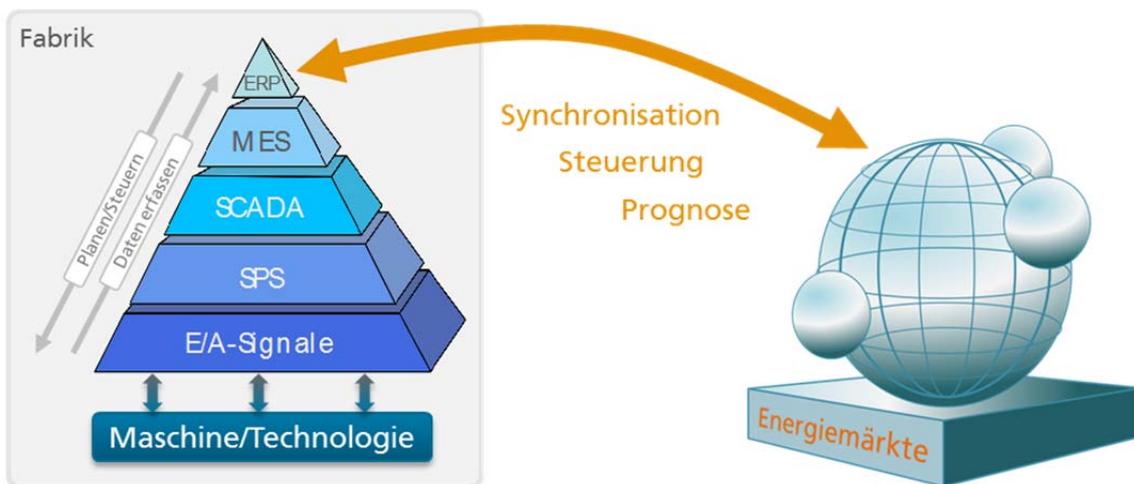


Abbildung 13: Digitale energetische Verknüpfung von Fabrik und Energiemärkten

Zu entwickelnde Lösungen müssen dabei einzelne Ansätze über die komplette Automatisierungspyramide abbilden und diese wiederum untereinander verknüpfen (Abbildung 13). Das bedeutet, künftig müssen vom Sensor über die Maschinensteuerungs- und Produktionsplanungs-/Steuerungsebene bis zur Unternehmensführung auch energiesensitive Funktionen und Schnittstellen vorhanden sein. Um eine wirtschaftlich sinnvolle Teilnahme am zukünftigen Energiemarkt sicherzustellen, ist es notwendig, diese Aspekte durchgängig digital abzubilden und bereits vorhandene Beschreibungen (Modelle) in den einzelnen Ebenen um energetische Aspekte anzureichern. Dieses Vorgehen ist Voraussetzung dafür, eine Kommunikation »Energiemärkte-Unternehmen« umzusetzen und zu einem Gesamtmodell zu qualifizieren.

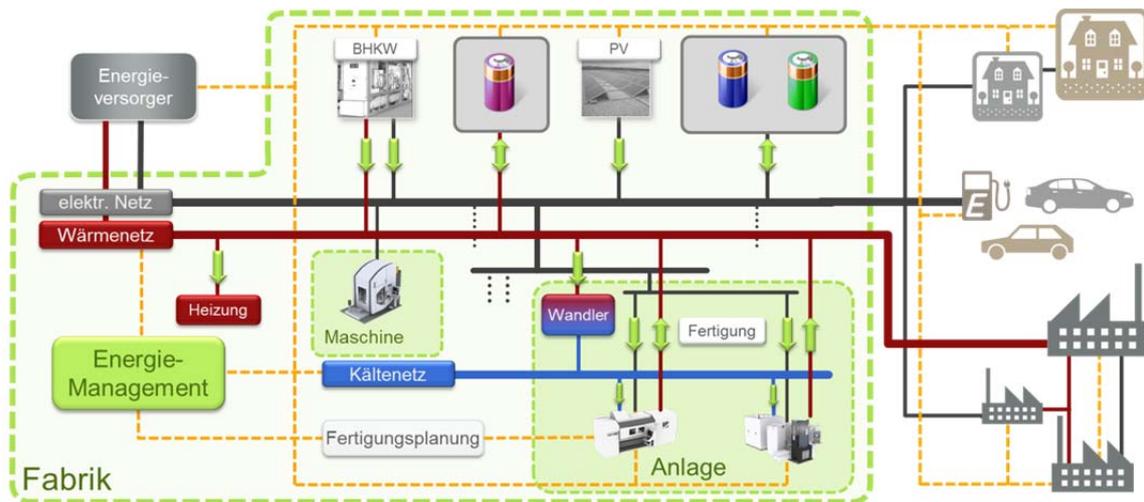


Abbildung 14: Die Fabrik als „micro-grid“ im „Smart-grid“ der Zukunft

Aus Sicht der energetisch-wirtschaftlichen Optimierung sind unter anderem folgende technische Lösungsansätze/Zukunftstrends für die Entwicklung von Unternehmen der industriellen Produktion abzuleiten:

Transparenzerhöhung

Durchgängiges Ressourcen-Monitoring zur Erfassung, Analyse und Bereitstellung/Visualisierung von energierelevanten Daten/Informationen an Produktionsstandorten

Aktives Energiemanagement – Sektorenkopplung in der Fabrik

Unternehmensinterne, gemeinsame Planung/Steuerung/Regelung sämtlicher Energiequellen, -senken, -speichern und -wandlern aller Energieformen aus allen Unternehmensbereichen (Produktionstechnik, Produktionsinfrastruktur, Gebäudeinfrastruktur/Leittechnik)

Energiespeicher

Einsatz von elektrischen und thermischen Energiespeichern in verschiedenen Verteilebenen (Maschine, Anlage, Fabrik)

Produktionsplanung und -steuerung

Nutzung von Methoden zur energiesensitiven Produktionsplanung und -steuerung

Regenerative Energien

Nutzung dezentral erzeugter erneuerbarer Energie direkt am Produktionsstandort

Energiebeschaffung

Wirtschaftlich orientierte Teilnahme von Fabriken am zukünftigen Energiemarkt (»prosumer«)

3.4.2.8 Energieeffizienz in Gebäuden, Industrie und Handwerk, Verkehr und Versorgungsnetzen

Der *International Energy Outlook*⁵³ zeigt, dass sich zum einen der Elektroenergiebedarf weltweit verdoppeln und zum anderen der Anteil von erneuerbaren Energien auf knapp 40 % steigen wird. Das wird entsprechend der Literaturquelle in den kommenden zwei Jahrzehnten geschehen.

Es entstand in letzter Zeit ein komplett neuer Industriezweig „Technik zur Energieversorgung und für den Klimaschutz“, der weltweit in nur sieben Jahren seine Umsätze von 30 auf 60 Milliarden Euro verdoppelt hat. Bis 2020 soll dieser Markt nun sogar weltweit auf deutlich über 400 Milliarden Euro explodieren.

Drei Viertel der Experten, die in der jüngsten Delphi-Studie zum Thema befragt wurden, denken, dass um das Jahr 2040 herum eine „All Electric Society“ Realität werden kann⁵⁴. Hierfür wird es wichtig, die Überschüsse

⁵³ Vgl. EIA (2016): International Energy Outlook 2016, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>, aufgerufen am 10.07.2017.

⁵⁴ Vgl. et Energiewirtschaftliche Tagesfragen: „Sektorkopplung: All Electric Society?“, Autor U. Weidenfeld, Verlag EW Medien.

aus den fluktuierenden regenerativen Einspeisern sinnvoll im Zusammenspiel mit intelligenten Verbrauchern und Speichern verwerten zu können.

Die Sektorenkopplung übernimmt an dieser Stelle eine zentrale Rolle. Hierbei werden intelligente, steuerbare Verbraucher notwendig, die auch die überschüssigen Kapazitäten an Sonnen- und Windtagen nutzen und einen sinnvollen weiteren Zubau von erneuerbaren Energien rechtfertigen. Einige Verbraucher können nur außerhalb des klassischen Stromsektors gewonnen werden – etwa im Verkehrs- und Wärmesektor. In diesen Sektoren existieren extrem hohe Potentiale, intelligente Verbraucher wie Elektrofahrzeuge oder Power-to-Heat-Anwendungen einzubeziehen und zusätzlich die herkömmlichen Klimagase einzusparen. Die Hersteller versprechen hierfür zum Teil bereits marktreife Technologien.

In Deutschland stehen, vornehmlich auf windreichen Flächen in dünn besiedelten Gegenden, rund 26.000 Windenergieanlagen. Die Energieausbeute im Jahr 2016 lag bei 88 Terawattstunden. Im Jahr 2050 soll laut Fraunhofer Energiemix-Szenario der Wind (on- und offshore) mit rund 300 Terawattstunden Energie zu Buche schlagen. Die immer weniger verfügbaren Ausbaufächen bilden künftig jedoch einen Engpass. Aus heutiger Sicht kann ein massiver Ausbau von regenerativer Energie nur gelingen, wenn der technische Fortschritt eine Energiespeicherung ermöglicht und diese wirtschaftlich konkurrenzfähig ist.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Es besteht eine sehr gute regionale, nationale und internationale Vernetzung. Im Rahmen von Aktivitäten der Akteure im Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE) Arbeitskreis "Elektrische Energiespeicherforschung Westsachsen" erfolgt eine wesentliche Vernetzung mit regelmäßigen Treffen und Beratungen regional und national. Weitere Vernetzungsaktivitäten erfolgen im Rahmen der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) bzw. der European EMTP Users Group.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Starke Industrie, insbesondere weit verzweigte KMU-Landschaft mit einer Möglichkeit zur Produktpassung auf zukünftige Märkte
- Hochmotivierte, leistungsfähige und gut vernetzte Forschungseinrichtungen (Hochschulen, Fraunhofer etc.)

Schwächen

- Oftmals noch Unterschätzung des wissenschaftlichen Potentials der Hochschulen für angewandte Wissenschaften

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Der größte Zukunftstrend scheint die „All Electric Society“ zu sein. Dieser Begriff steht für eine komplette Umstellung auf eine „vollelektrische Gesellschaft“ bis zum Jahr 2040. Die heutigen Trends, welche uns dort hinführen, sind die Energiewende, die Elektromobilität, die Sektorenkopplung, Industrie 4.0 und Wohnen etc.

Zur Realisierung von Null-Emissions-Quartieren wird zukünftig zwingend die Sektorenkopplung benötigt. Hierfür sind hocheffiziente Speichertechnologien und die Kombination elektrischer und thermischer Gesamtkonzepte erforderlich. Energieeffiziente und sozialgerechte Quartiersentwicklungen sind vor dem Hintergrund aktueller Megatrends (Klimawandel, demografische Entwicklung etc.) für den besonders vulnerablen Wohnungsmarkt ein Kernthema. Der urbane Raum mit seinen Quartieren, Gebäuden und (Energie-) Infrastrukturen zählt zudem zu den wichtigsten Verursachern des Klimawandels.

Es gilt, die Bezahlbarkeit des Wohnens mit neuen Technologien und wirtschaftlich tragfähigen Konzepten sowie sozialwissenschaftlichen Methoden nachhaltig zu sichern. Zudem müssen Wohnungen seniorenge-recht ausgestattet sein (Ambient Assisted Living (AAL)). Nur mithilfe neuartiger Konzepte und Systeme, die auf Quartiersebene definiert, geplant und demonstriert werden, können diese Ziele erreicht werden.

Bisher werden Quartiere meist zentral mit elektrischer Energie und zum Teil mit Wärme versorgt. In den letzten Jahren gab es hier bereits ein Umdenken. Es wurden Ansätze zur Dezentralisierung verfolgt. Zahlreiche Anlagen zur Erzeugung von regenerativer Energie, wie z. B. PV-Anlagen für die elektrische Versorgung oder solarthermische Anlagen für die Wärmeversorgung, wurden installiert.

Die sich daraus ergebende Herausforderung ist die notwendige Energiespeicherung vor Ort. Für eine ziel-führende Energiespeicherung müssen elektrische und thermische Energiespeichersysteme zusammen fun-gieren. Neue Entwicklungen müssen diesen Markt erschließen. Erst mit einer geeigneten, wirtschaftlichen Variante der Energiespeicherung wird die Energiewende, die "All Electric Society", die Elektromobilität und schlussendlich die Sektorenkopplung gelingen. Die Industrie 4.0 ist ein weiterer großer Zukunftstrend, in dem industrietaugliche, intelligente Komponenten zum Teil erst entwickelt und eingesetzt werden müssen. Auch die hiermit verbundene Vernetzung der Geräte und der Sektoren und die einhergehende Digitalisie-rung sind zukünftige Trends mit enormem Transferpotential. Vor allem die Etablierung von Leuchtturmpro-jekten und von Modellregionen zur praxisorientierten Energieforschung sollte in Sachsen weiter forciert werden.

3.4.3 Systemorientierte Energieforschung und Querschnittsthemen

3.4.3.1 Gesellschaftliche Transformation und Digitalisierung der Energielandschaft

Das Themenfeld „Gesellschaftliche Transformation und Digitalisierung der Energielandschaft“ führt zunächst von der isolierten Betrachtung von einzelnen Energietechnologien zu einer übergreifenden Betrachtung, um insbesondere die Systemrelevanz von Technologien analysieren zu können. Darüber hinaus wird im Rahmen des Forschungsfelds die gesellschaftliche Perspektive als Bewertungskriterium für Energiesysteme eingeführt, da sich diese zu einem kritischen Erfolgsfaktor für technologische Neuerungen im Energiesystem entwickelt hat. Zur gesellschaftlichen Dimension gehören insbesondere Fragen der Wirtschaftlichkeit, der Umweltver-träglichkeit, der Versorgungs-, Entsorgungs- und Betriebssicherheit sowie der sozialen Akzeptanz.

Zur erfolgreichen Gestaltung der Energiewende werden eine Vielzahl von Optionen, z. B. Smart Grids, Ener-gieeffizienz oder Speicherlösungen, in der deutschen sowie sächsischen Forschungslandschaft diskutiert und entwickelt. Viele dieser Optionen ergänzen sich, jedoch stehen einige auch in direkter systemischer und/oder wirtschaftlicher Konkurrenz zueinander. Die Energiesystemanalyse kann an dieser Stelle Entscheidungen in der sächsischen Energiepolitik und Energieforschung im Hinblick auf Technologiewahl und Infrastrukturaus-bau wissenschaftlich und systematisch unterstützen. Darüber hinaus sind es nicht mehr nur die technisch-physikalischen sowie ökonomischen Herausforderungen, die es bei der Transformation des Energiesystems zu bewältigen gilt, denn immer mehr rücken für eine erfolgreiche Umsetzung von Großprojekten auch gesell-schaftliche Aspekte wie Akzeptanz in den Vordergrund. In der Konsequenz gilt es, gesellschaftliche Aspekte sowohl bei der Wahl von Transformationspfaden als auch bei der Einführung von Technologieoptionen zu berücksichtigen.

Neben der Bewertung von Technologien und Systemlösungen aus sozio-techno-ökonomischer Sicht stellt sich zunehmend die Frage nach der Fortentwicklung des Designs der Energiemärkte mit dem Ziel, die Versor-gungssicherheit auch bei einem hohen Anteil der erneuerbaren Energien aufrecht zu erhalten.

Die Oberkategorie „Digitalisierung der Energielandschaft“ umfasst IT-gestützte Systemlösungen zur Unter-stützung des Entwurfs, des Aufbaus, der Wartung und des Betriebs von Energieversorgungssystemen sowie der dazugehörigen energiewirtschaftlichen Prozesse (z.B. im Bereich der Erzeugung, des Großhandels (Tra-ding und Risikomanagement), des Vertriebs (Geschäftsmodelle, Marketing und Customer-Relationship-Management), des Netzmanagements und der energienahen Dienstleistungen). Hierzu gehören Mess- und Regelungseinrichtungen (z. B. „Smart Meter“) zum Monitoring und Steuern dezentraler Anlagen zur Energie-bereitstellung, zum Energietransport, zur Energiespeicherung und zur Energienutzung, ebenso wie Kommu-nikationsprotokolle und Softwaresysteme (z.B. Plattformen) zur sicheren Vernetzung der genannten Bereiche. In räumlicher Hinsicht reichen die Forschungsgegenstände von Smart Home Anwendungen über Mieter-strommodelle, Microgrids für Industrieanlagen bis hin zu virtuellen Kraftwerken und Softwarelösungen für

die Energiebörsen. Ein zusätzlicher Innovationsschub für die Energiewirtschaft wird durch neuartige digitale Lösungen aus dem Finanzsektor auf Basis der Blockchain-Technologie erwartet. Neben Energiewirtschaftlern und Softwareanbietern müssen in diesem Feld Spezialisten aus dem Bereich der Regulierung und der Datensicherheit zusammenarbeiten.

Die Digitalisierungsstrategie des Freistaates Sachsen⁵⁵ „Sachsen Digital“ erkennt an, dass der Vernetzung von Energie- und Datennetzen eine zentrale Bedeutung bei der Gestaltung des Energiesystems der Zukunft zukommt. Die Beherrschung der Volatilität im Energieangebot, in der Energienachfrage und damit auch bei den Energiepreisen ist nur durch grundlegende Veränderungen in der Energiewirtschaft und des Energiesystems mit allen seinen Beteiligten zu meistern. Zusätzlich zu den bekannten Herausforderungen der Energiewende stehen Energieversorgungsunternehmen (EVU), Netzbetreiber und wesentliche Energienutzer, wie zum Beispiel die industrielle Produktion, aktuell mit der Digitalisierung vor einer weiteren fundamentalen Umwälzung, die sowohl deren interne Prozesse als auch Geschäftsmodelle insgesamt und grundlegend verändern wird. Innovative Dienstleistungen und automatisierte Geschäftsprozesse erfordern gleichwohl einen besonderen Schutz – die digitale Souveränität aller Akteure muss gewahrt bleiben. Während sich das EVU-Geschäft durch den steigenden Anteil „grünen“ Stroms wandelt, verändern sich zeitgleich Marktstrukturen und Kundenbeziehungen.

Aufgrund der exzellenten Forschungslandschaft und der Erfahrung als Energieregion einerseits und der äußerst agilen IT-Start-up-Szene andererseits ist Sachsen prädestiniert, die Digitalisierung der Energiewirtschaft aktiv zu gestalten und Akzente mit bundes- und europaweiter Ausstrahlung zu setzen.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Zu den wichtigen Akteuren im Bereich des Forschungsfeldes „Systemanalytische Bewertung im gesellschaftlichen Kontext“ gehören das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ), das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, das Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig (mit den Professuren für „Bioenergiesysteme“, „Energiemanagement und Nachhaltigkeit“ und „Institutionenökonomische Umweltforschung“ sowie der Forschungsstelle Kommunale Energiewirtschaft), das Leipziger Institut für Energie GmbH und die Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Energiewirtschaft der TU Dresden.

Durch gemeinsame Berufungen besteht eine besonders enge Vernetzung des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig (IIRM) mit dem UFZ und dem DBFZ. Regional betrachtet, arbeiten die Akteure im Netzwerk Energie- und Umwelt e.V. (Leipzig), im Mitteldeutschen BioEconomy Spitzencluster des BMBF und im wissenschaftlichen Beirat der 50Hertz Transmission GmbH zusammen.

Zu den wichtigen Akteuren im Bereich der „Digitalisierung der Energielandschaft“ gehören neben Forschungsinstitutionen (z.B. der Forschungsstelle für Kommunale Energiewirtschaft und der Professur für Energiemanagement und Nachhaltigkeit am Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM) der Universität Leipzig, den Professuren des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Universität Leipzig, dem Institut für Angewandte Informatik (INFAl) e.V., der Professur für Smart Diagnostik und Online Monitoring der HTWK Leipzig) insbesondere die European Energy Exchange (EEX), innovative Unternehmen im Bereich der Direktvermarktung bzw. Betreiber von Virtuellen Kraftwerken sowie mehrere namhafte Softwareunternehmen und Anbieter von IT-bezogenen Branchenlösungen im energiewirtschaftlichen Bereich (Arvato Systems Bertelsmann, EXXETA GmbH, GET AG etc.).

An der Hochschule Mittweida finden im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben zur Blockchain-Technologie auch wichtige Arbeiten zu den Themen Energietechnik- und Umweltmanagement statt.

Darüber hinaus besteht im Bereich der interdisziplinären Zusammenarbeit eine Vernetzung mit dem Boysen Graduiertenkolleg in Dresden, welches sich mit unterschiedlichen Fragestellungen zum Umweltschutz beschäftigt. Regionale Kontakte, insbesondere in Ostsachsen, sowohl mit Bezug zur Digitalisierung aber auch der systemanalytischen Bewertung bestehen zu regionalen Energieversorgern und -verteilern wie beispielsweise der ENSO AG oder der DREWAG GmbH.

⁵⁵ Vgl. SMWA (2016): Digitalisierungsstrategie des Freistaates Sachsen, Herausgeber: SMWA, Referat 41 – Industrie, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/25926>, aufgerufen am 15.03.2018.

Innerhalb der Forschungsinstitutionen besteht ein produktiver Dreiklang zwischen den Professuren für betriebliche Umweltökonomie und elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik sowie der Professur für Energiewirtschaft der TU Dresden. Die Professuren setzen sich mit einem breiten Spektrum an gesellschaftlichen und technischen Bewertungskriterien auseinander. In diesem Zusammenhang ist auch das Zentrum für Nachhaltigkeitsbewertung und -politik (PRISMA) zu erwähnen, welches sich der Fragestellung nach einer ökonomisch erfolgreichen und ökologisch sowie sozial verträglichen langfristigen Entwicklung unter Berücksichtigung räumlicher und zeitlicher Begebenheiten mit innovativen, interdisziplinär entwickelten Bewertungsansätzen widmet und eine herausragende Vernetzung zu Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der TU Dresden wie auch Partnereinrichtungen vorweisen kann. Hinzu existiert eine Vielzahl an Kooperationen zu Themen der Digitalisierung an der TU Dresden, sowohl zu Professuren in der Wirtschaftsinformatik als auch in der Informatik.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Hohes Gewicht der Ingenieurwissenschaften an sächsischen Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen
- Hohe umweltwissenschaftliche Expertise zur Erforschung der umweltbezogenen Begleitaspekte der Energiewende am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
- Innovative sächsische Technologieunternehmen
- Innovative energiewirtschaftliche Start-ups im Umfeld der European Energy Exchange (EEX) in Leipzig – einem der führenden Energiehandelsplätze in Europa – sowie der Verbundnetz Gas VNG AG – einem der umsatzstärksten Unternehmen in den neuen Ländern
- Vereinzelt interdisziplinäre Forschungsplattformen

Schwächen

- Konzentration auf technologische Entwicklung und ingenieurwissenschaftliche Forschung
- Isolierte Betrachtungen zur Potentialermittlung

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Das Forschungsfeld „Gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems“ umfasst insgesamt die drei Kernpunkte bzw. -elemente *Energiesystemanalyse*, *Technologiebewertung* und *Umsetzungsanalyse*, die sowohl aufeinander aufbauend als auch isoliert voneinander betrachtet werden können. Die dazugehörigen Forschungsfragen können ebenfalls entsprechend gegliedert werden:

Energiesystemanalyse

- Welche Technologien werden in welchem Umfang und zu welchem Zeitpunkt benötigt?
- Welche Auswirkung haben Technologien im System auf Versorgungssicherheit, Umwelt und Gesellschaft?

Ziel der Energiesystemanalyse ist es, technologische Alternativen im Konkurrenzverhältnis unter Berücksichtigung

sichtigung der gesellschaftlichen Perspektive zu analysieren. Dabei können vor allem die folgenden Untersuchungsfelder besondere Relevanz für den Freistaat Sachsen haben:

- In zukünftigen Energiesystemen ist vermehrt Flexibilität notwendig, um angebotsabhängige Schwankungen der Einspeisung aus erneuerbaren Energien auszugleichen. Auch in Sachsen wird an verschiedenen Technologieoptionen, wie dezentralen Energiespeichern oder Power-to-X-Anwendungen, geforscht bzw. werden diese bereits entwickelt. Unter Berücksichtigung technischer und ökonomischer Charakteristika gilt es, die Optionen in Konkurrenz zueinander systemperspektivisch zu untersuchen. Für eine umfassende Bewertung müssen außerdem gesellschaftliche Aspekte wie die Flächeninanspruchnahme berücksichtigt werden.
- Der Freistaat Sachsen verfügt über ein signifikantes Potential zur Elektrizitätserzeugung aus Windkraft, Photovoltaik sowie Biogas aus landwirtschaftlicher Biomasse. Im Rahmen der Systemanalyse ist es möglich, diese Potentiale regional hoch aufgelöst zu erfassen und im Konkurrenzverhältnis zueinander auf Basis des aktuellen Energieversorgungssystems zu bewerten. Auch hier ist eine sozio-ökonomische Bewertung von Flächen für bestimmte Technologien Teil der Energiesystemanalyse.
- Ein steigender Anteil von erneuerbaren Energien im Elektrizitätsversorgungssystem bedeutet auch zusätzliche Herausforderungen für die Systemsicherheit. Die systemanalytische Betrachtung der verschiedenen Teilmärkte für Strom (Future, Day-Ahead, Intraday, Regelleistung) sowie des Bedarfs an weiteren Systemdienstleistungen, z. B. Blindleistung und deren Interaktion, erlaubt die Bestimmung von Risiken für die Versorgungssicherheit sowohl auf nationaler als auch auf regionaler Ebene in Sachsen.

Technologiebewertung

- Sind einzelne Technologien passfähig zu vorhandenen Systemen (technologisch, ökonomisch, rechtlich, politisch und gesellschaftlich)?

Während im Rahmen der Energiesystemanalyse einzelne technologische Alternativen auf einem vergleichsweise hohen Aggregationslevel in direkter Konkurrenz untersucht werden, werden bei der Technologiebewertung einzelne Alternativen im technischen, wirtschaftlichen, regulatorischen sowie gesellschaftlichen Spannungsfeld in höherer Detailtiefe analysiert. Um die technischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und rechtlichen Herausforderungen einzelner Technologien zu analysieren, können folgende sechs Analyseschritte herangezogen werden, die ein interdisziplinäres Vorgehen erfordern:

- Technologische Bewertung von Umweltauswirkungen und Risiken
- Volkswirtschaftliche Bewertung (auf Basis der Energiesystemanalyse)
- Ökonomische Analyse aus Investorenperspektive auf Basis von Cashflow-Rechnungen
- Analyse rechtlicher Vorgaben auf verschiedenen Ebenen (EU, Bundes- und Landesebene)
- Identifizierung politischer Hemmnisse auf Basis einer Akteursanalyse
- Bewertung gesellschaftlicher Akzeptanz mit empirischen Methoden

Dieses Vorgehen eignet sich einerseits zur isolierten und vergleichenden Bewertung von Technologieoptionen, die aktuell in Sachsen erforscht bzw. entwickelt werden, und andererseits zur Identifizierung und Bewertung von Technologien, die derzeit noch nicht im sächsischen Forschungsportfolio enthalten sind.

Umsetzungsanalyse

- Wie müssen Rahmenbedingungen ausgestaltet sein, damit neue Technologien effizient und sozialverträglich eingeführt werden können?
- Wie kann die Einführung vor Ort im Rahmen von Energiekonzepten unterstützt werden?
- Wie müssen erfolgreiche Kommunikations- und Beteiligungsprozesse gestaltet werden?

Exemplarisch für Sachsen können bezüglich der Umsetzungsanalyse folgende Herausforderungen thematisiert werden:

- In den kommenden Jahren ist ein substantieller Netzausbau in Deutschland notwendig, welcher regional jedoch unterschiedlich stark ausfällt. Aufgrund der gegenwärtigen Wälzungsverfahren für Netzausbaukosten führt dies zu abweichend hohen Netznutzungsentgelten für Endkunden in unterschiedlichen Regionen. Daraus entstehende Verteilungseffekte können sowohl zu Akzeptanz-

problemen als auch zu regionalen Wettbewerbsnachteilen führen. Modellgestützte Umsetzungsanalysen können Auswirkungen von alternativen Wälzungsmechanismen und deren regionaler Effekte analysieren.

Insbesondere für Regionen in Sachsen, die bisher von der Elektrizitätserzeugung aus Braunkohle geprägt sind, bedeutet die Entwicklung hin zu einem steigenden Anteil Erneuerbarer Energien einen zu gestaltenden Strukturwandel. Im Rahmen der Umsetzungsforschung sind dabei Maßnahmen zur Gestaltung des Strukturwandels zu entwickeln.

Ein zentraler Zukunftstrend bei systemanalytischen Bewertungen von Energieversorgungssystemen stellt die Erweiterung sowie Kopplung von Modellansätzen dar, z.B. die Erweiterung von Systemgrenzen (regional bzw. hinsichtlich Energieträger), die Verknüpfung von Markt- und Netzmodellen oder die Kopplung von Energiesystemmodellen mit makroökonomischen Modellen.

Daneben gewinnen interdisziplinäre Ansätze in der Energiesystemmodellierung weiter an Bedeutung, die neben technischen Restriktionen auch gesellschaftliche Aspekte berücksichtigen.

Zu den Zukunftsthemen im Forschungsfeld „Digitalisierung der Energielandschaft“ gehören *kurz- und mittelfristig* insbesondere Fragestellungen zur Umsetzung des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende (Smart-Meter-Rollout und damit zusammenhängende Fragen der technischen Umsetzbarkeit, der Wirtschaftlichkeit sowie der Datensicherheit). Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Frage der Nützlichkeit der im Rahmen des Smart-Meter-Rollouts gesammelten Big-Data-Informationen für Energieversorger, Netzbetreiber und Dienstleistungsanbieter. Die Hebung von zeitabhängigen Flexibilitäten im Bereich des Lastmanagements erfordert im industriellen Bereich die Verknüpfung von energiewirtschaftlichen Informationssystemen mit innerbetrieblichen Systemen des Energiemanagements und der Produktionsplanung. Im Bereich der Haushalte ergibt sich eine entsprechende Notwendigkeit in Bezug auf Smart Home Anwendungen.

Durch die Energiewende steigt *mittel- und insbesondere langfristig* der Bedarf an Flexibilität im deutschen Stromversorgungssystem. Diese Flexibilität muss mit zunehmendem Grad der Dekarbonisierung im Stromsektor verstärkt auch dezentral bereitgestellt werden. Bereits heute gibt es Regionen, insbesondere in der Regelzone von 50Hertz, mit großen Gebieten ohne nennenswerte konventionelle Kraftwerksleistung. In diesem Zusammenhang waren in den letzten Jahren steigende Redispatch-Volumina und Redispatch-Kosten sowie eine ansteigende Anzahl von Ereignissen zu verzeichnen, die nach § 13 Abs. 2 EnWG auf Anweisung von Übertragungsnetzbetreibern oder Verteilnetzbetreibern zu einer Abregelung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien geführt haben. Eine zusätzliche Problemstellung ergibt sich für dezentrale energietechnische Anlagen, die in einem engpassbehafteten Verteilnetz als Teil eines virtuellen Kraftwerks Regelleistung erbringen sollen.

Die Frage wie regionale Märkte aussehen müssen, die es angebots- und nachfrageseitigen Flexibilitäten im Energieversorgungssystem im Verbund mit Stromspeichern und Power-to-X-Anlagen (z. B. Power-to-Heat, Power-to-Gas, Power-to-Battery, Power-to-Liquid) nicht nur erlauben, *marktdienlich* (z. B. durch Direktvermarktung an der Börse) oder *systemdienlich* (z. B. aggregiert zu einem am Regelenergiemarkt agierenden virtuellen Kraftwerk) eingesetzt zu werden, sondern auch *netzdienlich*, gehört zu den großen Herausforderungen im Kontext eines weiter voranschreitenden Ausbaus der fluktuierenden erneuerbaren Energien. Die zu lösenden Aufgaben betreffen energiewirtschaftliche Fragen in Bezug auf das Design der regionalen Flexibilitätsmärkte ebenso wie regulatorische Fragen zu deren Vereinbarkeit mit übergeordnetem (EU-)Recht.

Der Übergang vom Smart Grid hin zu digital gekoppelten Infrastruktursystemen für die Bereitstellung von Energie und Wasser sowie Entsorgung von Abwasser und Abfall ist informationstechnisch eine Herausforderung. Daran schließt sich die Entwicklung von urbanen Strukturen im Sinne von Smart-City-Ansätzen an, für die die Digitalisierung der Energielandschaft als Blaupause dienen kann.

3.4.3.2 SINTEG – Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende

Mit der zunehmenden und gewünschten Einspeisung dezentraler, regenerativer Erzeugungsanlagen ergibt sich eine Vielzahl von Herausforderungen, wenn auch in Zukunft Netzstabilität und Versorgungssicherheit gewährleistet bleiben sollen. Da die Volatilität der Stromeinspeisung zunimmt, ist bei den Abnehmern immer

stärker Flexibilität gefragt, um Netzengpässen vorzubeugen. Zudem sind intelligente Netze und Steuerungsmechanismen für die Energieversorgung der Zukunft unerlässlich, da durch die steigende Zahl der Akteure, die gleichzeitig immer vielfältigere Aufgaben erfüllen, der Komplexitätsgrad des Energiesystems enorm wachsen wird. Dadurch ergibt sich auch ein Bedarf nach neuen Marktmechanismen und überarbeiteten Vergütungskonzepten für Erzeuger und Anbieter von Flexibilitäten und Regelleistung.

Um für diese Herausforderungen realisierbare, systemorientierte Konzepte zu entwickeln, fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des Programms SINTEG („Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“) fünf Schaufensterregionen, in denen Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen gemeinsam skalierbare Musterlösungen entwickeln und demonstrieren werden. Der Schaufenstercharakter ist dabei ein wichtiger Bestandteil des Projekts, um einerseits Aufmerksamkeit für die erarbeiteten Lösungskonzepte zu schaffen und andererseits einen Beitrag zur Akzeptanzförderung und Veranschaulichung der Energiewende zu leisten. Im Dezember 2016 sind die fünf Schaufensterprojekte C/sells, Designetz, enera, NEW 4.0 und WindNODE angelaufen. Insgesamt werden sie vier Jahre lang mit über 200 Millionen Euro vom BMWi unterstützt.

WindNODE, das Schaufenster für intelligente Energie aus dem Nordosten Deutschlands, umfasst als Modellregion die Länder Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Mit über 70 Projektpartnern ist es eines der größten Schaufenster in SINTEG und bildet als Gesamtsystem alle Dimensionen einer kompletten Übertragungsnetzbetreiber-Regelzone ab – von Gegenden mit spärlicher Besiedelung und sehr hoher regenerativer Einspeisung bis hin zu lastintensiven Industriestandorten und städtischen Gebieten. Da die regenerative Stromerzeugung innerhalb der Region schon heute etwa 42 % des Verbrauchs entspricht, eignet sie sich hervorragend, um Konzepte für eine auf regenerativer Erzeugung basierenden Energiewirtschaft zu entwickeln.

Die Herausforderungen der Energiewende werden in WindNODE umfänglich adressiert: In neun Arbeitspaketen widmen sich die Projektpartner der Hebung von Flexibilitäten in Gewerbe, Industrie und Wohnquartieren, dem netzdienlichen Betrieb regenerativer Erzeugungskapazitäten und ihrer Möglichkeiten zur Systemdienstleistungsbereitstellung, der Ausgestaltung des Strommarktes 2.0 und der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Vergütungskonzepte. Alternative Maßnahmen zum Netzausbau werden untersucht und Betrachtungen des Gesamtsystems hinsichtlich seiner Effizienz und zukünftiger Entwicklungsperspektiven angestellt. Ein großer Bestandteil des Projektes ist die Anwendung von Sektorenkopplung in verschiedensten Einsatzbereichen. Die als grundlegend verstandene Notwendigkeit der Digitalisierung wird durch die Entwicklung einer IKT-Vernetzungsplattform erfüllt, die mit standardisierten Schnittstellen die Basis für eine intelligente Vernetzung innerhalb der Modellregion schafft. Zusätzlich werden umfassende digitale Sicherheitskonzepte erstellt.

Der Schaufenstercharakter wird durch eine Vielzahl von „besuchbaren Orten“ gefördert, an denen Interessierte einen Einblick in verschiedene Vorhaben des Projekts erhalten können. Außerdem gibt es weitere Bestrebungen, das Projekt in die Öffentlichkeit zu tragen, wie zum Beispiel eine dauerhafte WindNODE-Ausstellung oder Ideenwettbewerbe. Das Gesamtziel des Projektes ist es, eine aus technisch umsetzbaren und wirtschaftlich sinnvollen Maßnahmen bestehende Blaupause für die Umsetzung der Energiewende zu erstellen.

FAKTENCHECK: Vernetzung und Projekte der WindNODE-Akteure

WindNODE steht unter der Schirmherrschaft der Ministerpräsidenten bzw. des Regierenden Bürgermeisters der sechs beteiligten Länder. Außerdem wird das Projekt vom Marschall der polnischen Województwo Lubuskie unterstützt, da es ein Teilvorhaben zur grenzüberschreitenden Systemintegration mit diesem Verwaltungsbezirk gibt. Die Projektpartner bestehen aus führenden Akteuren der Energiewirtschaft, der Informations- und Kommunikationstechnikbranche, Forschungseinrichtungen und Energienutzern aus Industrie, Gewerbe und Privathaushalten. Das Konsortium wird geleitet vom Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz, der auch die Projektkoordination übernimmt.

Sachsen ist in WindNODE mit 13 Partnern vertreten. Darunter befinden sich lastintensive Industrieunternehmen, Vertreter der Energiebranche und namhafte Forschungseinrichtungen, die eine Vielzahl unterschiedlicher Projekte bearbeiten. Belectric und BMW bringen sich mit zwei verschiedenen Teilvorhaben zu Batteriespeichern ein, energy2market erweitert den Industriestandard für virtuelle Kraftwerke, Siemens

befasst sich mit umfassenden Gesamtsystemanalysen auf der Basis von Lebenszyklusuntersuchungen und mit der Nutzung industrieller Lastverschiebungspotentiale. Die Landeshauptstadt Dresden beschäftigt sich in einem Teilvorhaben mit kommunalem Lastmanagement und Energy Saxony ist neben der Projektarbeit Mitglied des WindNODE-Lenkungskreises.

Im Bereich der Flexibilitätshebung werden das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (Fraunhofer IWU) und die Karosseriewerke Dresden aktiv, die sich im Rahmen von WindNODE mit intelligenter Lastverschiebung bei industriellen Produktionsprozessen auseinandersetzen. Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (Fraunhofer IWU) konzipiert ein umfangreiches System zur Datenerfassung, um Produktionsprozesse realitätsgetreu abbilden zu können, und entwirft anschließend ein Energiemanagementsystem zur Synchronisation von Energieangebot und -nachfrage unter größtmöglicher Nutzung regenerativer Energiequellen. Dieses Energiemanagementsystem wird anschließend von ausgewählten Industriepartnern in unterschiedlicher Ausprägung implementiert und demonstriert, so auch von den Karosseriewerken Dresden. Das Teilvorhaben hat das Ziel, die Kompatibilität zwischen Energiesystem und Produktionsbetrieben zu verbessern und Industriestandorten die Möglichkeit zu geben, aktive Teilnehmer am Energiemarkt zu werden.

Die Zwickauer Energieversorgung und die Westsächsische Hochschule Zwickau arbeiten gemeinsam mit SenerTec an einem umfangreichen Konzept für intelligente Wohnquartiere. Im Quartier Marienthal wird ein funktionstüchtiges Smart Grid auf Niederspannungsebene mit intelligenten Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Speichereinheiten aufgebaut; außerdem werden zusätzliche Wohnungen mit Smart Home Komponenten aufgerüstet. Neben der Untersuchung diverser Anwendungsszenarien für Energiespeicher widmet sich das Teilprojekt außerdem der Entwicklung von Prognoseverfahren und Steuerungsalgorithmen für die Speichersysteme und das Versorgungsnetz. Zudem wird erprobt, in welcher Form der Energiemarkt angepasst werden muss, um das volle Potential des intelligenten Quartiers zu nutzen. Für die Öffentlichkeit werden die Projektergebnisse in einem besuchbaren Ort zugänglich gemacht.

Im Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden werden Möglichkeiten zur weiteren Flexibilisierung der strombasierten Kälteerzeugung untersucht, insbesondere in der Vakuumflüssigeis-Erzeugung. Diese Technologie wird erweitert und entsprechende Prototypen entwickelt, die in der Nahrungsmittelindustrie bei großen Kälteverbrauchern zum Einsatz kommen sollen. Gemeinsam mit Radeberger wird das ILK Anwendungsszenarien untersuchen, um die Speichertechnologie auf die realen Produktionsabläufe abstimmen zu können und ein marktfähiges Produkt zu entwickeln.

Das Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig beschäftigt sich mit dem Design eines Strommarktes 2.0, besonders mit der Rolle marktbasierter Instrumente zur Vermeidung absehbarer Netzengpässe. Dazu sollen konkrete Umsetzungskonzepte für die im Weißbuch des BMWi angeführten Maßnahmen geschaffen und die gelbe Ampelphase der BDEW-Ampel ausgestaltet werden. Außerdem werden die Partner der anderen Arbeitspakete in Szenarien für die Preisentwicklung am Strom- und Regelleistungsmarkt eingebunden, um Aussagen über die Wirtschaftlichkeit des Projekts formulieren zu können. Insgesamt entsteht hier ein Gesamtkonzept für eine rechtskonforme, netzdienliche Einbindung von regenerativen Erzeugern und Flexibilitäten aller Art sowie konkrete, rechtspolitische Handlungsempfehlungen.

Die sächsischen WindNODE-Partner greifen somit nicht nur bundesweite Trends in der Energieforschung auf, wie die Untersuchung von Flexibilitäten, Digitalisierung im Bereich Smart City sowie industrielle Produktion und zukunftsfähige Strommärkte – sie sind auch ein Beispiel für starke Vernetzung und landesübergreifende Kooperation.

3.4.3.3 Materialforschung für die Energiewende

Materialien definieren die wesentlichen Elemente der Energiewende:

Erzeugung von Strom:

Die Erzeugung von Strom erfolgt, speziell in Sachsen, nach wie vor zu einem großen Teil mit thermischen Kraftwerken (Kohle, Gas) oder kleineren, dezentralen Einheiten (BHKW, Turbinen). Diese Einheiten kompensieren die zyklische Abhängigkeit von erneuerbaren Energien und werden dadurch stark steigenden Schwan-

kungen in der Belastung ausgesetzt. Die wichtigste erneuerbare Energieform ist die Windkraft. Durch neue Werkstoffe und Leichtbau werden Windkraftanlagen immer kostengünstiger und langlebiger. Photovoltaik stellt die dritte Kategorie dar. Während Silizium-Photovoltaik in Sachsen faktisch keine Wertschöpfung mehr findet, aber die Installationen dominiert, gibt es nach wie vor Forschung und Entwicklung zu alternativen PV-Systemen. Mit dem dramatischen Verschwinden von Solarzellenherstellern gingen auch die Forschungsaktivitäten stark zurück.

Verteilung von Strom:

Konventionelle Stromleiter (Oberirdische Leiterkabel) werden heute materialeitig auf höhere Festigkeit (Durchhängen) und Stromtragfähigkeit hin entwickelt. Gleichstromkabel erfordern zudem neue Legierungs- und Isolatorwerkstoffe. Für die Materialforschung höchst interessant sind unterirdische Kabel. Für kurze Stromtrassen in speziellen Anwendungen können Stromkabel aus Hochtemperatur-Supraleitern eine interessante Alternative darstellen. Insbesondere steigende Leistungsspitzen in Innenstädten, z.B. durch Elektromobilität, können supraleitende Kabel erfordern. Die durch die Energiewende immer komplexer werdenden Anforderungen an das Stromnetz erfordern deutlich mehr aktive Netzkomponenten. Hier können wiederum Supraleiter eine herausragende Rolle spielen (z.B. supraleitende Kurzzeit-Magnetspeicher, Fehlerstrombegrenzer). Aber auch konventionelle Netzkomponenten müssen effizienter und kostengünstiger werden. Einen gestiegenen Bedarf gibt es u.a. bei Anlagen zur DC/AC-Wandlung (Inverter) bzw. zur DC-Kopplung von Energieanlagen oder bei der Blindleistungskompensation/Frequenzstabilisierung.

Speicherung von Strom:

Supercaps, Batterien und Redox-Flow-Zellen sind Speichersysteme, die Strom direkt in Aktivmaterialien/-flüssigkeiten speichern. Der Bezug zur Materialforschung liegt auf der Hand. Bei den für die Energiewende benötigten sehr großen Mengen an Stromspeichern (> 100 GWh) erlangen Fragen wie Preis, strategische Verfügbarkeit und chemische Darstellbarkeit von Batterie- und Speichermaterialien eine enorme Bedeutung. Die Materialforschung muss sich demnach insbesondere solchen Materialien und Materialpaarungen widmen, die in ausreichender Menge und mit einem strategischen Zugang verfügbar sind. Es gibt nicht den „einen“ Speicher, der alle Nutzungsfälle abdeckt. Verschiedenste Anwendungen existieren, die den Bereich von Sekunden (Netzstabilität), Minuten (Regelleistung), Stunden (Lastpunktverschiebung, PV-Speicher) bis hin zu Tagen (Reserveleistung, Dunkelflaute) adressieren. Entsprechend werden verschiedene Batteriesysteme und zugehörige Materialsysteme entwickelt (Supercaps auf Basis von Kohlenstoff, Li-Batterien, Na-Batterien, Flowbatterien für Vanadium und Zink, Luftbatterien, Metallbatterien).

Chemische Energiespeicher (Power-to-X) und Sektorenkopplung:

Sehr große Strommengen (etwa > 10 MWh) können nicht mehr sinnvoll in Batterien gespeichert werden. Die Umwandlung von Überschussstrom in Gase wird als Power-to-Gas bezeichnet, die Erzeugung höherwertiger chemischer Produkte als Power-to-Chemicals oder Power-to-Fuel. Gespeichert wird also nicht der Strom direkt, sondern eine chemische Substanz, die üblicherweise eine sehr hohe Energiedichte und einfachere Lagerfähigkeit bietet. Power-to-X-Systeme bieten das Potential zur langfristigen Speicherung von Energie (Tage, Wochen, Monate).

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Punktuell und speziell im Bereich der Batterie- und Speicherforschung sind die sächsischen Akteure bereits sehr gut vernetzt, nach innen, national und international. Insbesondere um die außeruniversitären Forschungseinrichtungen herum (Fraunhofer IWS, Fraunhofer IKTS, HZDR, Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung IFW) haben sich thematische Cluster gebildet, z. B. zu Li- und Li-Schwefel Batterien (Fraunhofer IKTS, Fraunhofer IWS), die in regelmäßige und dauerhafte gemeinsame Projektarbeit münden. Ebenfalls sehr positiv zur Vernetzung von Forschung und Industrie beigetragen haben gemeinsame Infrastrukturprojekte, um die herum sich starke Konsortien mit nationaler Bedeutung gruppieren (Beispiel Li-Batterietechnik PleiBa).

Lücken gibt es noch in dem zunehmend wichtigen Bereich Power-to-X und chemische Energiespeicher, speziell im Bereich kleinerer und dezentraler Anlagen. Hier gibt es zwar starke Player (TU Bergakademie

Freiberg, Fraunhofer IKTS, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, sunfire GmbH), aber noch sehr wenige themenspezifische Vernetzungsmöglichkeiten. Dies mag insbesondere an den hohen Anforderungen liegen, die der Versuchsbetrieb und die Demonstration solcher Techniken stellen. Da dieses Feld deutschlandweit noch nicht erschöpfend bearbeitet wird, ergibt sich eine Chance für Sachsen, durch eine gezielte Vernetzung eine Führungsposition einzunehmen.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Im internationalen Vergleich enorm hohe Dichte von Forschungseinrichtungen der Materialforschung mit nationaler und teils internationaler Reputation und Bedeutung
- Hoher und stabiler Vernetzungsgrad innerhalb der Akteure
- Bestehende Projektnetzwerke mit nationaler Sichtbarkeit
- Voraussetzungen sind gegeben, um einen spezifisch „sächsischen Weg“ mit Modellcharakter beschreiten zu können, der die intelligente Verknüpfung der Energiesysteme darstellt
- Bestehende, mittelständische industrielle Struktur mit Kompetenz für mittelgroße, dezentrale Energiesysteme

Schwächen

- Keine oder geringe Unterstützung durch finanzkräftige Großunternehmen
- Insbesondere fehlen werkstoffnahe Industrien, bzw. haben diese den Fokus auf Solar
- Geringe öffentliche Wahrnehmung der Energiespeichertechnik (Vermischung mit Elektromobilität)
- Schwieriger Zugang zu Risikokapital für längerfristige industrielle Entwicklungsvorhaben (dies ist materiallastigen Technologien mit hohem Investbedarf wie der Batterietechnik wesensimmanent)
- Sehr komplexe und widersprüchliche regulatorische Randbedingungen

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

In der Kraftwerkstechnik, der regenerativen Erzeugungstechnik sowie der Stromverteilung sind noch wichtige Fragen zu klären. Sachsen verfügt aber durch das Fehlen großer industrieller Player in diesen Bereichen über ein beschränktes Transferpotential. Größte Chancen hingegen bieten die Felder Stromspeicherung sowie Power-to-X bzw. Sektorenkopplung.

Folgende werkstoffbezogene Trends lassen sich für Sachsen ableiten:

Für die Stromerzeugung:

- **Leichtbau** und Tribologie, **Magnetwerkstoffe** für Windkraftanlagen. Limitiertes Transferpotential, da große Hersteller in anderen Regionen sitzen, starker Preisdruck
- Neue Werkstoffe für die nächste Generation Solarzellen
- Werkstoffe für den thermisch hoch belasteten und zyklischen Betrieb von thermischen Erzeugungsanlagen

Für die Stromübertragung:

- **Supraleiter** für die Stromübertragung und für aktive Netzkomponenten
- Neue **Magnetwerkstoffe** (Weichmagnete) für aktive Wandler und Übertrager

Für die Stromspeicherung

- Verbesserte **konventionelle Batterien** (Supercaps, Lithium): Hohes Transferpotential, Hersteller sitzen in Sachsen, Ansiedlungen gelingen zunehmend, Umsetzung sofort
- Kostengünstige Herstellung von konventionellen Lithium-Batterien. Hohes TP, zahlreiche Kooperationspartner und Technikumsanlagen in Sachsen vorhanden, Umsetzung < 3 Jahre
- **Lithium-Festkörperbatterien**: Mittleres Transferpotential, Technologie bietet sehr große Chance zur regionalen Differenzierung (keine industriellen Wettbewerbsaktivitäten in anderen Ländern), aber Umsetzung > 5 Jahre
- **Post-Lithium-Batterien** (Festkörper-Ionenleiter, Natrium): Sehr hohes Transferpotential, Systemintegratoren stehen bereit, Umsetzung < 2 Jahre; Transfer, insbesondere Chance als Konversionsprodukt für Firmen, die bisher Solaranlagen integriert haben
- Alternative Speicherkonzepte (Redox-Flow, Flüssigmetall): Mittleres Transferpotential

Für Power-to-X-Konzepte

- **Elektrolysestacks und Power-to-X-Reaktoren**, Elektrokatalysatoren für die Elektrolyse: sehr hohes Transferpotential. Sachsen kann bereits Stacks und Systeme für Brennstoffzellen kommerziell herstellen. Für Elektrolyse und Power-to-X müssen vorhandene Kompetenzen aus Brennstoffzellen transferiert und erweitert werden. Es werden größere Stacks der Klasse > 20 kW benötigt, für dezentrale Systeme > 100 kW, Umsetzung ~ 2 Jahre
- Heterogene Katalysatoren für die Wertstoffsynthese
- Werkstoffe für die Speicherung von Wasserstoff

3.4.4 Fusionsforschung

Wie bereits in der statistischen Auswertung in Kapitel 3.3.5 deutlich wurde, spielt das Themenfeld Fusionsforschung in Sachsen nur eine sehr untergeordnete Rolle und wird daher nicht tiefergehend betrachtet.

3.4.5 Nukleare Sicherheitsforschung

Die nukleare Sicherheitsforschung ist gegenwärtig auf drei Hauptthemen fokussiert. Das sind:

- der Erhalt und die Verbesserung der Sicherheitseigenschaften der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke
- die Beurteilung der Sicherheit der im Ausland in Bau oder in Planung befindlichen Anlagen, die über neu entwickelte Systeme zur Störfallbeherrschung verfügen sowie
- die Zwischenlagerung, Behandlung und Entsorgung der radioaktiven Reststoffe

Es besteht Forschungsbedarf zu speziellen Aspekten, die auch international Bedeutung haben. Abgebrannte Brennelemente werden nach dem Einsatz im Reaktor im kraftwerksinternen Brennelement-Lagerbecken für etwa fünf Jahre aufbewahrt, um die Radioaktivität und damit die Wärmefreisetzung abklingen zu lassen. Die drastischen Auswirkungen des Versagens der Lagerbeckenkühlung hat der Störfall in Fukushima 2011 deutlich gemacht. In Sachsen, speziell an der Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik der TU Dresden, finden experimentelle und theoretische Untersuchungen zu den thermohydraulischen Abläufen bei Störfällen im Brennelement-Lagerbecken mit dem Ziel statt, die Temperatur- und Strömungsfelder zeitabhängig zu bestimmen, um letztlich das Erreichen von Grenztemperaturen, bei denen die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Brennstäben beginnt, zuverlässig vorhersagen zu können.

Die derzeit laufenden Arbeiten haben eine Reihe weiterer Fragen auf mikro- und makroskaliger Ebene aufgeworfen, deren Beantwortung für die Sicherheitsbeurteilung wichtig ist. Abgebrannte Brennelemente können nach dem Abtransport aus dem Kernkraftwerk in externen Lagerbecken unter Wasser für weitere Jahre aufbewahrt werden. Es wird angestrebt, die notwendige Wärmeabfuhr aus dem Lagerbecken mit Systemen zu realisieren, die ohne den Einsatz von aktiven Komponenten wie Pumpen, Lüftern und Armaturen funktionieren. Kreisläufe auf Basis von Naturumlaufströmungen können diese Bedingung prinzipiell erfüllen und damit einen Wärmeaustausch zwischen den abgebrannten Brennelementen und ihrer Umgebung erzeugen. Sie nutzen das temperaturabhängige Dichteverhalten des Wassers aus. So wird beständig kaltes Wasser zugeführt und durch die Brennelemente erwärmt. Das dabei erhitzte Wasser steigt an die Oberfläche. Dort verdunstet es und führt damit Wärme ab. Dadurch entsteht ein natürlicher Kreislaufprozess. Jedoch ist das

Verhalten der Naturumlaufströmungen bei den zur Verfügung stehenden geringen Temperaturdifferenzen in den Lagerbecken noch nicht hinreichend vorhersagbar. Kommen in den Kreisläufen neuartige Kältemittel zum Einsatz, sind die thermohydraulischen Eigenschaften der dabei auftretenden Zweiphasenströmungen zu beurteilen. Diesbezügliche Arbeiten auf experimenteller Ebene finden derzeit an der Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik der TU Dresden statt, um die Effektivität der Wärmeabfuhr und die optimale Gestaltung der Wärmeübertragung zu ermitteln. Neben einer Erweiterung der Experimente sind hinsichtlich der Modellierung und der Ermittlung der Stabilitätseigenschaften weitere Anstrengungen notwendig.

International beinhaltet die Entwicklung neuer Reaktorkonzepte den Einsatz passiv wirkender Komponenten zur Wärmeabfuhr bei Störfällen. Damit erreicht man ein deutlich höheres Sicherheitsniveau, weil die passiven Komponenten keine zusätzliche Energie benötigen, also z. B. unabhängig von der Stromversorgung starten und arbeiten und verbunden mit großen Wasservorräten in der Kraftwerksanlage eine deutliche Verlängerung der Karenzzeiten bis zum erforderlichen Eingreifen des Betriebspersonals bewirken. Die Funktionsweise solcher passiven Wärmeabfuhrsysteme ist aktueller FuE-Gegenstand sowohl experimentell als auch theoretisch im Rahmen von Untersuchungen an einem generischen Reaktorkonzept. Ziel ist es, die internationalen Entwicklungen zu begleiten und zu beurteilen, um kompetente Aussagen zu den Sicherheitseigenschaften zu ermöglichen.

Kernreaktoren in Betrieb weisen unter bestimmten Bedingungen Stabilitätseigenschaften auf, die mit etablierten Methoden der linearen Analyse nicht zu beurteilen sind. FuE-Aktivitäten der TU Dresden richten sich daher auf die Entwicklung einer nichtlinearen Stabilitätsanalyse, die mit mathematisch-physikalischen Methoden Eigenschaften aufdeckt, die so vorher mit theoretischen Modellen nicht auffindbar waren. Neben der Stabilitätsbewertung, vor allem von Siedewasserreaktoren, finden diese Methoden auch Anwendung auf das Stabilitätsverhalten der passiven Wärmeabfuhrsysteme. Prinzipiell ist aber auch eine Anwendung in vielen anderen stabilitätsgefährdeten technischen Bereichen vorstellbar, weil die grundlegenden mathematisch-physikalische Aspekte universeller Natur sind.

FAKTENCHECK: Vernetzung der sächsischen Akteure

Im Kompetenzzentrum Ost für Kerntechnik (KOMPOST) sind die TU Dresden, das Helmholtz Zentrum Dresden-Rossendorf, die Hochschule Zittau/Görlitz und der VKTA - Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e. V. zusammengeschlossen. Innerhalb von KOMPOST wird derzeit eine Reihe von Forschungsverbundvorhaben bearbeitet. Grundlage dafür ist, dass für nahezu jedes Themengebiet Kompetenzen in einer der beteiligten Institutionen vorhanden sind.

Starke Verbindungen existieren über die konkrete Projektarbeit aber auch zu den Universitäten/Hochschulen in Stuttgart, Karlsruhe, Aachen, Hamburg und München. Daneben gibt es Kooperationen zur Industrie über die Projektförderung (AREVA GmbH) und Projektberatung (Preussen-Elektra). Seit kurzem bestehen auch Kontakte zur DREWAG-Netz GmbH, um Methoden aus der nuklearen Sicherheit auf konventionelle Anlagen zu übertragen. Die Kontakte zur Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH dienen neben der Projektarbeit dem intensiven fachlichen Austausch zur Einschätzung des erreichten Standes von Wissenschaft und Technik und der zukünftigen Entwicklung.

International von Bedeutung sind auf dem Gebiet der nichtlinearen Stabilitätsanalyse die Kontakte zu den schwedischen Universitäten in Chalmers und Stockholm, zum Paul Scherrer Institut und der École polytechnique fédérale de Lausanne in der Schweiz, zur Universität Politècnica Valencia in Spanien und zur University of Illinois in den USA.

FAKTENCHECK: Stärken und Schwächen des FuE-Themenfeldes in Sachsen

Stärken

- Innerhalb des Kompetenzzentrums Ost für Kerntechnik (KOMPOST) Bündelung von experimentellen und theoretischen Kompetenzen zur Durchführung anspruchsvoller Verbundforschungsvorhaben
- Relativ geringe räumliche Entfernungen zwischen den KOMPOST-Partnern erleichtern den wissenschaftlichen Austausch
- Beantragung von Projekten mit etablierten Partnern hat bessere Erfolgchancen

Schwächen

- Geringe Bewilligungsquoten bei Förderprogrammen auf Bundes- und EU-Ebene führen zu Planungsunsicherheiten

FAKTENCHECK: Zukunftstrends und Transferpotentiale

Da die Kernenergienutzung zur Bereitstellung elektrischer Energie in Deutschland in wenigen Jahren beendet sein wird, werden nur noch die unbedingt notwendigen Forschungsaktivitäten zum Erhalt und Einschätzung der Sicherheit von noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken durchgeführt. Aufgrund der Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente in den standortnahen Zwischenlagern (Trockenlagerung) sowie der bisher ungeklärten Langzeitsicherheit und der möglicherweise erforderlichen Umladung in andere Behälter bleibt auch in den kommenden Jahren ein beständiger Forschungsbedarf bestehen. Es sind allerdings eher Technologie- und Werkstofffragen als thermohydraulische Fragen zu erwarten. Die Nasslagerung in Zwischenlagern ist eine Lösung, die international durchaus Beachtung findet (auch schon in einer Anlage in der Schweiz in Betrieb ist). Der Forschungsbedarf ist, insbesondere beim Einsatz neu entwickelter Kältemittel, weiterhin hoch. Neben der Stoffdatenbestimmung sind Fragen zum Zweiphasenströmungsverhalten und zur Stabilität zu erwarten.

3.5 Stärken/Schwächen-Analyse der Energieforschungslandschaft Sachsens

Im Zuge der Fragebogenauswertung als auch durch die geführten Gespräche während des Energiedialogs (24.03.2017) sowie der nachgeschalteten Experteninterviews konnten Stärken als auch Schwächen der Energieforschung in Sachsen herausgearbeitet werden, die allgemeinerer Natur sind als die für die einzelnen FuE-Themenfelder genannten. Dabei wurden oftmals auch bestimmte Aspekte sowohl als Stärken wie auch als Schwächen des sächsischen Energieforschungsstandorts genannt, also heterogen bewertet.

3.5.1 Stärken

Allen Themenfeldern der Energieforschungslandschaft gemein sind nach Ansicht der Akteure folgende Stärken:

Fachliche Ausrichtung

- Breites wissenschaftliches Potential, bzw. wissenschaftliche Exzellenz der sächs. Hochschullandschaft
- Stärke im Bereich der Ingenieurwissenschaften sowie der Grundlagenforschung
- Hohe Kompetenzen im Bereich von Querschnittsthemen, bspw. der Materialforschung
- Vielfalt und Komplementarität der Forschungsfelder bringen technologische/gesellschaftliche Innovationen voran
- Industrielle Strukturen liefern Grundlage für Synergieeffekte mit KET-Branchen (z. B. Halbleiter-Industrie)
- Ausgewogenheit zwischen Zukunftsforschung und Kompetenzerhalt

Forschungsinfrastruktur

- Hohe Dichte an Forschungseinrichtungen (z.B. Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen)
- Konzentrierte Unterstützung von Forschungseinrichtungen zu Schwerpunktthemen (z.B. Bioenergieforschung, EMBATT-Batterieforschung, H2-Connect als Teil der Brennstoffzellenforschung)
- Ausbau der experimentellen Basis für Grundlagenuntersuchungen und für industrielle Anwendungen

Gesellschaftliche Akzeptanz

- Vorurteilsfreie Beurteilung verschiedener Energietechnologien
- Aufgeschlossenheit für Energieforschung
- Hohe Technologieaffinität im Vergleich zu anderen Regionen

Sichtbarkeit der Branche

- Transparenz der Forschungsthemen
- Teilweise gute Kommunikation des Leistungsangebots der Wissenschaftseinrichtungen
- Innerhalb von FuE-Themenfeldern gute Vernetzung der Akteure sowie mit verschiedenen Multiplikatoren
- Vorhandene Clusterstrukturen verstärken Sichtbarkeit der Branche im Innen- und Außenfeld
- Gute Sichtbarkeit und erwiesene Verbundfähigkeit für FuE-Förderung im nationalen Maßstab (HYPOS, WindNODE etc.)

Einbettung in vorhandene Wirtschaftsstruktur

- Zahlreiche Anknüpfungspunkte an vorhandene Industriestrukturen und damit umfangreiches Kooperationspotential (z.B. Automobilproduktion und Zulieferer, Maschinen und Anlagenbau wie sunfire GmbH)
- Weit verzweigte (Branchenvielfalt) und innovative sächsische KMU-Landschaft
- Nutzbare Alleinstellungsmerkmale: z. B. Mikroelektronik

Kooperationspotential

- Stark vernetzte und thematisch breit aufgestellte Forschungslandschaft
- Historisch gewachsene und langjährige Clusterstrukturen

- Bündelung der Aktivitäten im Energy Saxony e. V.
- Auch überregionale Vernetzungs- bzw. Kooperationsaktivitäten (HYPOS, Windnode etc.)
- Erfolgreiche Kooperationen zwischen Energieversorgungsunternehmen (EVU) und staatlichen Wissenschaftseinrichtungen wie privat organisierten Forschungseinrichtungen an den Schnittstellen der Wissenschaftsdisziplinen
- Regionale Nähe der Akteure befördert „schnellen“ Austausch
- Starke internationale Vernetzungsaktivitäten, wenn auch sehr diversifiziert

3.5.2 Schwächen

Weiterhin wurden im Austausch mit den Akteuren folgende noch vorhandene Schwächen der Energieforschungslandschaft Sachsens deutlich:

Wissens- und Technologietransfer

- Vielfach noch nicht ausgeschöpfte Transferpotentiale
- Fehlende Anwendung bei Unternehmen in der Region
- Ausbaufähige interdisziplinäre Verknüpfung

Demonstration bzw. Sichtbarkeit der Ergebnisse

- Fehlende Großunternehmen für Demonstrationen in Sachsen

Thematische Ausrichtung der Energieforschung in Sachsen

- Breit aufgestellte Forschungsbandbreite
- Noch wenige sektorenübergreifende Forschungsvorhaben mit Modellcharakter
- Wenig angewandte Forschung im Bereich der Sektorenkopplung
- Herausforderungen, die mit der Energiewende einhergehen (z.B. Marktdesign, Zukunftsfähigkeit hinsichtlich Versorgungssicherheit, Umweltschutz, Kostenbewusstsein für Stromverbraucher)
- Noch nicht ausgeschöpfte Nutzung der Potentiale einer gemeinsamen Forschung mit Partner-Hochschulen in Tschechien und Polen zur Gestaltung der Transformationsprozesse in der sächsisch-tschechisch-polnischen Energieregion

Wirtschaftliche Umsetzung

- Sehr kleinteilige Unternehmenslandschaft ⇒ wenig Ressourcen für langdauernde und umfangreiche Entwicklungen, die viel Zeit und Kapital benötigen
- Bisher noch wenige Ausgründungen aus der Wissenschaft heraus

Drittmittelakquise

- Noch wenig Inanspruchnahme von zentralen Anlaufstellen, wie z.B. ZEUSS, KOWI bzw. andere Beratungsstellen, um z.B. EU-Mittel einzuwerben
- Wenig Zusammenarbeit über Landesgrenzen hinweg
- Kleinteilige Forschungsprojekte mit relativ hohem Administrationsaufwand

Nationale und internationale Sichtbarkeit

- Teilweise noch unzureichende Wahrnehmung der sächsischen Forschungslandschaft außerhalb Sachsens und auf EU-Ebene
- Fehlende Leuchtturmprojekte/Demonstrationsprojekte als Referenzen für die wirtschaftliche Verbreitung von Innovationen

Akteursvielfalt

- Einzelstrategien orientieren sich oftmals wenig an den Strategien der anderen Akteure

- Das erschwert die Abdeckung von Wertschöpfungsketten oder die Erschließung von Märkten, die einer hohen Anfangsinvestition bedürfen
- Einzelne Forschungsaktivitäten orientieren sich wenig an den Forschungsaktivitäten anderer Standorte in Sachsen

Fachkräftesituation bzw. Bildung

- Kritik am Wissenschaftszeitgesetz: schwierige Einstellungsbedingungen im wissenschaftlichen Bereich aber auch im Mittelbau (nicht-wissenschaftlich technischer Bereich); Know-how-Verlust an der Universität
- Sichtbarkeit von Nischenstudiengängen teilweise unzureichend, aber extrem wichtiges regionales Know-how
- Die Finanzierung von Universitätsforschung wird im Vergleich zu außeruniversitärer Forschung sehr stark zurückgefahren ⇒ Behinderung der Ausbildung von dringend notwendigen Ingenieur(inn)en und technischem Fachpersonal
- Mangel an qualifiziertem Nachwuchs

Diese Stärken/Schwächen-Analyse ist die Basis für die nachfolgenden Handlungsempfehlungen.

4 Strategischer Ausblick

Die Einführung von innovativen Produkten, z.B. in den Bereichen Wärmeversorgung, Industrie und Verkehr, erfordert neue technische Lösungen. Die hierfür nötigen Basistechnologien und Einzelprodukte werden auch in Sachsen wesentlich mitentwickelt. In der aktuellen Phase⁵⁶ jedoch gilt es, diese Einzeltechnologien im Sinne einer tatsächlichen „Energiewende“ systemisch miteinander zu verknüpfen und mit den Sektoren Wärme und Verkehr zu verkoppeln. Gleichzeitig bedarf es weiterer Maßnahmen, wie z. B.

- einer Steigerung der Energieeffizienz in allen Anwendungsbereichen
- der verbesserten Nutzung erneuerbarer Energiequellen
- einer Weiterentwicklung der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
- die Nutzbarmachung unterschiedlicher Speichertechnologien und industrieller Power-to-X-Anlagen auch im großen Maßstab.

Die Funktion der Energieforschung besteht darin, die dafür als einschlägig geltenden Instrumente und Technologien sowie komplexen Zusammenhänge zu erforschen und damit das nötige Wissen sowie konkrete modellhafte Anwendungen als Grundlage für spätere Transferverfahren für eine wirtschaftliche Umsetzung bereitzustellen. Insofern besitzt die Energieforschung eine Schlüsselrolle in der Umsetzung der Energiewende.

Übergeordnetes Ziel muss sein, auf besonders vielversprechenden Gebieten der Energieforschung national und international möglichst frühzeitig vertreten und konkurrenzfähig zu sein, und die sich daraus ergebenden wirtschaftlichen Potentiale möglichst in der Region nutzbar zu machen.

Dies setzt eine auf diesen Gebieten exzellente Wissenschafts- und Forschungslandschaft sowie entsprechende FuE-geleitete Unternehmen voraus. Wissenschaft und Wirtschaft sollten sich gegenseitig stärken und ergänzen.

Mit diesem „Masterplan“ soll ein Prozess initiiert bzw. intensiviert werden, der den Forschungsakteuren hilft, ihre jeweiligen Einzelstrategien so zu erstellen, dass möglichst viele wissenschafts- und wirtschaftsübergreifende Synergien entstehen und Doppelstrukturen vermieden werden. Dies wird insgesamt dazu beitragen, den Energieforschungsstandort Sachsen national und international stärker sichtbar zu machen.

Je mehr die Akteure auf dem Gebiet der Energieforschung über die Kompetenzen der anderen Akteure wissen, desto besser kann die Vernetzung gelingen – und dies begünstigt auf Dauer angelegte Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Derartige Partnerschaften wiederum sind Voraussetzung und Garant für einen leistungsfähigen Wissens- und Technologietransfer.

Zur Bewältigung dieser Aufgaben erscheint die Einrichtung einer „Kompetenzstelle Energieforschung in Sachsen“ als sinnvoll. Sie kann als Schnittstelle zwischen Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft und damit als zentraler Ansprechpartner agieren. Sie sammelt Impulse aller Beteiligten, bringt Akteure zusammen und unterstützt diese dabei, den Energieforschungsstandort Sachsen nach innen und außen bekannter zu machen.

4.1 Besonders vielversprechende Forschungsansätze

Auf dem Gebiet der Energieforschung wird es wie auch auf anderen Forschungsgebieten darum gehen, sich künftigen Herausforderungen mit interdisziplinären Herangehensweisen zu stellen, die das Gesamtsystem im Blick haben.

Besondere Chancen dürften sich für Sachsen dabei vor allem auf solchen Gebieten ergeben, auf denen Sachsen traditionell stark ist und die bisher noch nicht oder noch nicht lange im Fokus, speziell der Energieforschung stehen. Sie besitzen hohe Potentiale, um die künftigen Herausforderungen in Form der Umsetzung

⁵⁶ Vgl. Leopoldina (2017): »Sektorkopplung« – Optionen für die nächste Phase der Energiewende, Herausgeber: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. (Federführung), https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2017_11_14_ESYS_Sektorkopplung.pdf, aufgerufen am 15.03.2018.

der Sektorenkopplung und Integration neuer Technologien im Rahmen von Energieforschungsvorhaben in Sachsen voranzutreiben.

Beispiele:

- Maschinenbau/Produktionswissenschaften und Energieeffizienz
- Automobil- und Leichtbau
- Mikroelektronik und Energieeffizienz
- Materialwissenschaften und Energiespeicher

Umgekehrt gilt es, klassische Energieforschungsthemen auch zum Beispiel unter dem Blickwinkel der Digitalisierung in den Fokus zu stellen. Bei beiden Herangehensweisen muss es übergreifend darum gehen, globale Themen wie Klimaschutz oder Endlichkeit von Ressourcen zu adressieren.

Die ausgewiesene Stärke der sächsischen Energieforschung in zahlreichen einzelnen Technologiefeldern bietet schließlich eine chancenreiche Basis für eine noch stärkere Fokussierung auf eine gesamtsystemische Betrachtungsweise. Sie ist damit eine hervorragende Voraussetzung für das Gelingen der Sektorenkopplung, welche die Verknüpfung mehrerer Kompetenzfelder erfordert.

Best-Practice-Beispiele:

- Speichertechnologieverbundprojekt der Hochschule Zittau-Görlitz und des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
- HZwo:Connect Projektfamilie der Brennstoffzellenforschung der Professur Alternative Fahrzeugantriebe der TU Chemnitz
- EMBATT-Chassis embedded Energy ist ein Konsortium unter Leitung des Fraunhofer IKTS, welches mit gestapelten großflächige Elektroden in bipolarem Schichtaufbau die Herstellung von Li-Ionen-Batterien revolutionieren will
- Smart Systems & Smart Infrastructure Hub Dresden/Leipzig

4.2 Partizipationsprozesse auf dem Gebiet der Energieforschung intensivieren

Um es den Akteuren in Wissenschaft und Wirtschaft zu ermöglichen, ihre jeweiligen Einzelstrategien im Wissen um die Strategien der anderen Akteure zu erstellen, ist auf allen Ebenen ein permanenter, auf gegenseitigem Vertrauen beruhender Partizipationsprozess hilfreich. Dazu gehören regionale Netzwerke genauso wie Einzelveranstaltungen.

4.2.1 Regionale Netzwerke

Die Netzwerke im Bereich der Energieforschung, wie Energy Saxony e. V., NEU e. V. und das Smart Systems & Smart Infrastructure Hub Dresden/Leipzig, leisten wichtige Beiträge zur Bildung von Kooperationen. Die Veranstaltungen dieser Netzwerke werden auch künftig wichtige Bausteine des Partizipationsprozesses sein.

4.2.2 Internationale Veranstaltungen sächsischer Akteure

Des Weiteren vermitteln die Netzwerke und Cluster aus Sachsen geeignete Formate zur Präsentation von Kompetenzen auf eigenen oder Partnerveranstaltungen in ganz Deutschland oder im Ausland, um so auch überregional als starke Partner in Erscheinung zu treten.

Auswahl an Best-Practice-Beispielen:

- Energy Saxony Summit: Die Jahreskonferenz des Clusters zieht stets auch überregionale Teilnehmer an und führt zu einer größeren Wahrnehmung sächsischer Kompetenzen und Innovationen.
- HZwo:Connect Infoveranstaltung: Die Projektfamilie HZwo und das dazugehörige InnoTeam an der Professur für Alternative Fahrzeugantriebe der TU Chemnitz haben im Juni 2017 die herausragende Stellung der Komponentenentwicklung für Brennstoffzellenfahrzeuge in Sachsen präsentiert. Die Professionalität der Veranstaltung ist beispielgebend für Veranstaltungen zu anderen Technologieentwicklungen.
- Internationales Dresdner Leichtbausymposium: Die Jahresveranstaltung des Instituts für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden ist ein Aushängeschild des Forschungsstandorts Dresden.

4.2.3 Finanzielle Unterstützung von Vernetzungsaktivitäten

Innovationsunterstützung, Projektanbahnung und Vernetzung sind Kernaufgaben von Clustern. Aufgrund dieser standortpolitischen Funktionen wird das SMWA auch künftig Kooperationsnetzwerke und Innovationscluster – auch zwischen Akteuren der Wissenschaft und Wirtschaft – über die Richtlinie „Clusterförderung“ fördern.

4.2.4 Beteiligung an den Forschungsnetzwerken Energie der Bundesregierung

Das Energieforschungsrahmenprogramm ist das zentrale Finanzierungsinstrument der Energieforschung des Bundes. Zur Stärkung von Transparenz und Partizipation wurden seitens des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sieben Forschungsnetzwerke Energie gegründet. Das SMWK und das SMWA wirken darauf hin, dass sich möglichst viele Energieforschungsakteure in Sachsen an diesen Forschungsnetzwerken beteiligen. Die beiden Ministerien werden daher auch weiterhin gezielt über entsprechende Beteiligungsmöglichkeiten informieren.

4.2.5 Beteiligung an den European Technology Platforms

Für den Austausch mit europäischen Partnern ist darüber hinaus die Mitarbeit in den fachspezifisch eingerichteten European Technology Platforms empfehlenswert. Die zahlreichen Gremien und Veranstaltungen bieten lohnenswerte Möglichkeiten zur Partizipation und Programmgestaltung. Eine stärkere Präsenz sächsischer Vertreter ist daher geboten. SMWK und SMWA werden in geeigneter Weise darauf hinwirken.

4.3 Langfristige strategische Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft – als Basis für einen erfolgreichen Wissenschafts- und Technologietransfer

Langfristige strategische Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sind essentiell für einen erfolgreichen Wissens- und Technologietransfer. Es kommt darauf an, dass sich die Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft frühzeitig und auf der Grundlage gegenseitigen Vertrauens über sich abzeichnende Herausforderungen und technologische Entwicklungen austauschen. Gute persönliche Kontakte sind dafür unverzichtbar. Die Informationsflüsse müssen in beide Richtungen fließen. Von der Wissenschaft in die Wirtschaft und umgekehrt. Demonstrationsvorhaben und Modellregionen können zur Verbesserung und Beschleunigung des Transfers maßgeblich beitragen.

4.3.1 Pilotanlagen und Demonstrationsvorhaben

Aufgrund ihrer Wirkung für die Öffentlichkeit und die Akzeptanz bei potentiellen Investoren haben Pilot- und Demonstrationsvorhaben in der sich weiter diversifizierenden Energiewirtschaft eine hohe Relevanz.

Die Energieforschung in Sachsen profitiert von den bestehenden Forschungsförder- und Technologieförderinstrumenten des Freistaates Sachsen. So werden über die „TG 70“ und die „EFRE InfraPro“-Richtlinie des SMWK sowie die EFRE-finanzierte Richtlinie „Energie 2014“ des SMWA Pilotvorhaben an den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen unterstützt. Im Rahmen der „EFRE-Technologieförderung 2014–2020“ unterstützt der Freistaat Sachsen Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen bei der Entwicklung neuer Produkte und Verfahren. Darüber hinaus bietet die Förderung von „KETs-Pilotlinien (EFRE)“ eine Unterstützung für die Unternehmen und deren wissenschaftlichen Kooperationspartner bei der Umsetzung der neuen Produkt- und Verfahrensentwicklungen für Schlüsseltechnologien über Pilot- bzw. Demonstrationsanlagen.

Damit kann der Freistaat Sachsen bereits heute die Weiterentwicklung und Verwertung von Forschungsergebnissen in Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben. Dies hilft den Beteiligten bei der Einführung neuer Produkte und Verfahren in den Schlüsseltechnologien bis zur industriellen Produktion.

SMWK und SMWA werden ihre jeweiligen Instrumente künftig verstärkt gesamtsystemisch ausrichten, bestehende Synergien nutzen und damit die wissenschaftlich und wirtschaftlich übergreifenden Potentiale von

Förderprojekten bis hin zur möglichen Entwicklung und Förderung eines Demonstrators beachten. Hierfür soll der bereits enge Austausch zwischen beiden Häusern im Umgang mit bestimmten Förderanträgen weiter intensiviert werden. Diesen Prozess soll die „Kompetenzstelle Energieforschung in Sachsen“ begleiten. Dies gelingt freilich nur, wenn die Akteure aus der Wissenschaft bestimmte potentiell denkbare Entwicklungsstadien ihrer Forschungsvorhaben in den Antragsverfahren ebenso verdeutlichen und nachvollziehbar machen.

Best-Practice-Beispiel:

- KET-Pilotlinienförderung der Heliatek GmbH Rolle-zu-Rolle-Fertigung organischer Solarfolien

4.3.2 Modellregionen für Transformation und Entwicklung strukturschwacher Regionen

Der Strukturwandel, sowohl in der Lausitz als auch im Mitteldeutschen Revier, wird vom SMWA und vom SMWK als Chance zur Etablierung von Modellregionen verstanden, in denen beispielsweise Pilotvorhaben und/oder neue Geschäftsmodelle im Energiesektor erforscht und entwickelt werden. Dabei können – unter Einbindung der konventionellen Energieerzeugung – Forschungsquartiere für Netze und sektorenübergreifende Technologien geschaffen werden. Die damit verbundene Forschung wird sich auf technische, ökonomische und rechtliche Aspekte erstrecken.

Gemeinsam mit den Ländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Thüringen setzt sich das SMWA auf Bundesebene mit konkreten Projektvorschlägen dafür ein, die Lausitz und die Region des Mitteldeutschen Reviers als Pilotregionen einer modernen Energielandschaft durch entsprechende Akteure aus der Wissenschaft und der Wirtschaft weiterzuentwickeln. Dies schließt die Erforschung und Entwicklung von umweltgerechten Technologien für den Einsatz der heimischen Braunkohle als Kohlenstoffträger ein.

4.4 Steigerung der Beteiligung an EU-Programmen

4.4.1 Steigerung der Erfolgsquoten bei Horizon 2020-Anträgen

Den Akteuren werden bereits über ZEUSS, KOWI und die Nationalen Kontaktstellen Informationen und Hilfestellungen sowie über die seit März 2017 geltende SMWK-Richtlinie EuProNet finanzielle Unterstützung durch den Freistaat Sachsen für Aktivitäten gewährt, die eine Steigerung der Erfolgswahrscheinlichkeiten bei der Antragstellung erwarten lassen. Darüber hinaus unterstützt das SMWA KMU bei der Vorbereitung, Entwicklung, Gestaltung und Begleitung von EU-Anträgen durch eine Horizon-Prämie.

Best-Practice-Beispiel:

EuProNet: Ziel der Richtlinie ist u.a. die Stärkung der Beteiligung sächsischer Hochschulen und Forschungseinrichtungen an Netzwerkaktivitäten im Rahmen wettbewerblicher EU-Förderprogramme für Forschung und Innovation. Dies kann z.B. in Form sogenannter „Anschubfinanzierungen“ zur Unterstützung der sächsischen Antragsteller an Horizon 2020-Ausschreibungen geschehen. Die europäische Sichtbarkeit Sachsens im Bereich Forschung und Innovation soll dadurch gestärkt werden.

4.4.2 Beteiligung an den European Technology Platforms

Die European Technology Platforms bietet neben Vernetzungsmöglichkeiten auch die Chance, an der Programmgestaltung selbst mitzuwirken. Das ist ein Weg, damit sächsische Forschungskompetenzen stärkere Berücksichtigung in den verschiedenen EU-Programmen finden können. Das SMWK wird daher auch zukünftig über entsprechende Möglichkeiten gezielt informieren und Akteure zu einer Mitarbeit anregen.

4.4.3 Gutachteraufträge für Horizon 2020-Ausschreibungen

Zur Steigerung der Erfolgsaussichten bei EU-Anträgen ist die Kenntnis der Abläufe und administrativen Voraussetzungen von Bedeutung. Das SMWK empfiehlt insbesondere Neuinteressenten, sich als Gutachter für Horizon 2020-Anträge zu bewerben, um so Erfahrungen für eine spätere eigene Antragstellung sammeln zu können.

4.4.4 Nutzung direkter Kommunikationswege für die Mitgestaltung von Ausschreibungen

Der Freistaat, aber beispielsweise auch die sächsischen Mitglieder des Europäischen Parlaments sollten ihre Einflussmöglichkeiten auf die Programmgestaltung, insbesondere auch im Hinblick auf das neunte Forschungsrahmenprogramm der EU, weiterhin geltend machen. Das SMWK wird die sächsische Energieforschung dabei unterstützen, um die Brüsseler Vertreter über diejenigen sächsischen Energieforschungskompetenzen in Kenntnis zu setzen, die für das künftige Forschungsrahmenprogramm von besonderer Relevanz sein könnten.

4.4.5 Weiterentwicklung der Zentralen EU-Serviceeinrichtung Sachsen (ZEUSS)

Wenngleich das ZEUSS-Programm erst seit kurzer Zeit in der Umsetzung ist, verfügt es bei den Hochschulen bereits über eine beachtliche Akzeptanz. Das SMWK prüft eine Weiterentwicklung von ZEUSS, die neben einer Intensivierung der Beratung auch eine Erweiterung des Leistungsspektrums oder eine Erweiterung des Adressatenkreises zum Ergebnis haben kann.

4.4.6 Intensivierung der Kooperation mit europäischen Nachbarstaaten

Sachsen hat aufgrund seiner technologischen Stärken und der Nachbarschaft zu Tschechien und Polen gute Voraussetzungen, eigene Innovationen grenzüberschreitend zu verwerten. Daher sollte die Zusammenarbeit in Gemeinschaftsprojekten ausgebaut werden. Informationen über bestehende Finanzierungsmöglichkeiten, z. B. über Horizon 2020 und INTERREG, sind daher von der SAB, der Zentralen EU-Serviceeinrichtung Sachsen (ZEUSS), den Kammern und Verbänden gezielt zu verbreiten.

4.5 Steigerung der Beteiligung an Bundesprogrammen

4.5.1 Steigerung der Erfolgsquoten bei Bundesausschreibungen

Das SMWK verfügt mit seinem Landesforschungsförderprogramm TG 70 über ein wirksames Instrument, um die Akteure der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen bei etwaigen Antragsverfahren in Bundesprogrammen zu unterstützen.⁵⁷

4.5.2 Beteiligung an den Forschungsnetzwerken Energie der Bundesregierung

Analog zu den European Technology Platforms auf europäischer Ebene bieten auch die Forschungsnetzwerke Energie der Bundesregierung neben ihrer Vernetzungsfunktion die Möglichkeit, sächsische Forschungsschwerpunkte bei der Ausgestaltung von Fördermaßnahmen einzubringen.

4.5.3 Initiierung von Verbundvorhaben über Netzwerke

Die Netzwerke der Energieforschung, vor allem Energy Saxony, sollten von den Akteuren stärker für die Beantragung von Verbundvorhaben genutzt werden, die nach Möglichkeit auch die Hochschulen für Angewandte Wissenschaften mit einbeziehen sollten.

Best-Practice-Beispiel:

- Koordinierung der sächsischen Partner im SINTEG-Konsortium WindNODE und Mitarbeit im Lenkungs-kreis durch Energy Saxony.

4.6 Forschungsförderung auf Landesebene

Bisher wurde die Energieforschung in Sachsen ganz wesentlich über die Strukturfondsmittel der EU finanziert. Es ist absehbar und sehr wahrscheinlich, dass sich sowohl der Umfang als auch die Kriterien der EU-Strukturfonds nach 2020 ändern werden.

⁵⁷ Vgl. REVOSax: Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst zur Gewährung von Zuwendungen für Projekte im Forschungsbereich (2012), https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/5580-FRL_Projekte_im_Forschungsbereich, aufgerufen am 23.11.2017.

Die Staatsregierung setzt sich gegenüber Bund und EU dafür ein, das Finanzierungsniveau für die Forschung im Freistaat Sachsen insgesamt mindestens zu verstetigen. Im Übrigen werden die kommenden Fördermöglichkeiten durch den Freistaat Sachsen selbst davon abhängen, welche Mittel dafür im Landeshaushalt bereitgestellt werden können. Die Maßnahmen nach diesem Masterplan werden im Rahmen der vom Haushaltsgesetzgeber beschlossenen Haushaltsansätze finanziert.

4.7 Attraktivität des Energieforschungsstandortes Sachsen für Studierende und ansiedlungsinteressierte Unternehmen

Eine gesteigerte Wahrnehmung der Qualität und Vielfalt der sächsischen Energieforschung durch eine erhöhte Sichtbarkeit kann auch positiv auf die Attraktivität des Energieforschungsstandortes Sachsen wirken. Vor dem Hintergrund des steigenden Bedarfs an hochqualifizierten Absolventen sind Synergien zwischen Hochschulen und Wirtschaft für eine gesteigerte Sichtbarkeit des Energieforschungsstandortes Sachsen zu identifizieren.

Best-Practice-Beispiele für eine erhöhte Sichtbarkeit der Standorte:

- **Leichtbau-Allianz:** TU Dresden, TU Bergakademie Freiberg und TU Chemnitz bündeln ihre Kompetenzen in einer Leichtbauallianz für Sachsen. Gemeinsames Ziel der Partner ist es, die Leichtbauallianz Sachsens als national führendes und international sichtbares Zentrum der anwendungsorientierten Leichtbauforschung zu etablieren. **AMARETO:** Die Sächsische Allianz für material- und ressourceneffiziente Technologien (AMARETO) verbindet die drei technischen Universitäten Sachsens sowie das Fraunhofer IWU in einem Clusternetzwerk. In den Bereichen Materialforschung, Prozessgestaltung und Produktionstechnologien arbeiten die Partner zusammen, um intelligente Verknüpfungen zwischen Werkstoffdesign, beanspruchungsberechtigter Werkstoffsystem- und Bauteilgestaltung und optimierten Produktionstechnologien für die Maschinenbau-, Automobil- und Luftfahrtindustrie zu schaffen.

ANHANG



Anhang 1: Programm „Energiedialog“ 24.03.2017

Energiedialog für den Masterplan Energieforschung in Sachsen

24. März 2017, Sächsische Aufbaubank-Förderbank (SAB), Dresden

Programm

| | |
|-----------|--|
| 09:30 Uhr | Ankunft und Anmeldung/Kaffeempfang |
| 10:00 Uhr | Eröffnung des Energiedialogs |
| | Grußwort Dr. Eva-Maria Stange <i>Sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst</i> |
| | Grußwort Dr. Dirk Orlamünder <i>Abteilungsleiter Digitalisierung, Energie und Marktordnung im Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft, Arbeit und Verkehr</i> |
| 10:20 Uhr | Fachvorträge |
| | Vorbereitungen zum 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung Dr. Rodoula Tryfonidou <i>Referatsleiterin im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie</i> |
| | EU-Politik und -Förderung für die Energieforschung Mareike Schmitt <i>Kooperationsstelle EU der Wissenschaftsorganisationen – KoWi</i> |
| | Überblick über die Energieforschungslandschaft in Sachsen – Ergebnisse der Vorstudie zum Masterplan Energieforschung Dr. Antje Zehm <i>VDI/VDE-IT GmbH</i> |
| 12:00 Uhr | Mittagsimbiss |
| 13:00 Uhr | Dialogforen zu Schwerpunktthemen der sächsischen Energieforschung unter Leitung von Mitgliedern der thematischen Facharbeitskreise von Energy Saxony |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Energieerzeugung/Erneuerbare Energien (Photovoltaik, Wind- und Bioenergie, Geothermie und konventionelle Energieträger) <u>Moderatoren</u> Prof. Dr.-Ing. Alexander Kratzsch, HSZG Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer, DBFZ 2. Energieumwandlung (Brennstoffzellen-/ Wasserstofftechnologien, Power-to-X [Wärme, Kälte, Gas, chem. Grundstoffe, Mobilität] und relevante Materialforschungsaspekte) <u>Moderatoren</u> Prof. Dr. rer. nat. Michael Stelter, Fraunhofer IKTS Dr. rer. nat. Lars Röntzsch, Fraunhofer IFAM 3. Energieverteilung und Stromspeicher (Stromspeicher und -netze) <u>Moderatoren</u> Dr.-Ing. Tilman Werner, DREWAG Prof. Dr.-Ing. Thilo Bocklisch, TU Dresden 4. Gesellschaftliche Transformation & Digitalisierung der Energielandschaft <u>Moderatoren</u> Prof. Dr. Dominik Möst, TU Dresden Hendrik Kondziella, Uni Leipzig 5. Energieeffizienz/-nutzung (Industrie, Gebäude, Quartiere) <u>Moderatoren</u> Mark Richter, Fraunhofer IWU Prof. Dr.-Ing Mirko Bodach, WSH Zwickau |
| 15:00 Uhr | Kaffeepause |
| 15:20 Uhr | Präsentation der Diskussionsergebnisse der Dialogforen und Zusammenfassung der Hauptbotschaften |
| 16:00 Uhr | Ende der Veranstaltung |

Anhang 2: Fragebogen



1. Allgemeine Angaben zur Institution / Tätigkeitsschwerpunkte

Die Inhalte dienen der Erstellung des „Kompetenzatlas ENERGIE in Sachsen“.

Zutreffendes bitte ankreuzen: öffentlich finanzierte / gemeinnützige Einrichtung
 privatfinanzierte / gewinnorientierte Einrichtung

Name, Rechtsform: _____

Anschrift: _____

Telefon: _____

Fax: _____

E-Mail: _____

Homepage: _____

Geschäftsführung/Leitung: Titel, Vorname, Name: _____
Funktion: _____

Ansprechpartner für Rückfragen zum Fragebogen: Titel, Vorname, Name: _____
Funktion: _____
Telefon: _____
E-Mail: _____

2. FuE-Schwerpunkte (Zutreffendes bitte ankreuzen! Mehrfachnennungen sind möglich.)

Die Inhalte dienen der Aktualisierung einer „Akteursübersicht Energieforschung in Sachsen“.

Technologie

Energieumwandlung:

Davon insbesondere:

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Photovoltaik | <input type="checkbox"/> Windenergie | <input type="checkbox"/> Bioenergie |
| <input type="checkbox"/> Tiefe Geothermie | <input type="checkbox"/> Brennstoffzellen und Wasserstoff | <input type="checkbox"/> Solarthermie |
| <input type="checkbox"/> Wasserkraft und Meeresenergie | <input type="checkbox"/> Kohle / Gas | <input type="checkbox"/> Wärme-/Kälte- erzeugung bzw. - versorgung |
| <input type="checkbox"/> Grüne Kraftstoffe/ eFuels | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ | |

- | | | | |
|--|---|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Energieverteilung und Energienutzung (Strom/Wärme): | <input type="checkbox"/> Speicher | <input type="checkbox"/> Netze | <input type="checkbox"/> Energieeffizienz in Gebäuden/Quartieren/Städten |
| | <input type="checkbox"/> Energieeffizienz in Industrie/Gewerbe/Handel | <input type="checkbox"/> Sonstiges: | _____ |

- | | | | |
|--|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Übergreifende Energieforschung: | <input type="checkbox"/> Querschnittsforschung und Systemanalyse | <input type="checkbox"/> Begleitforschung und Evaluation der Projektförderung | <input type="checkbox"/> Informationsverarbeitung |
| | <input type="checkbox"/> Sonstiges: | _____ | |

- | | |
|--|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Materialforschung für die Energiewende: | ggf. ergänzende Beschreibung: |
| | _____ |

- | | |
|---|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Anlagenbau für Energie- und Kraftstofftechnik: | ggf. ergänzende Beschreibung: |
| | _____ |

- | | |
|--|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Fusionsforschung: | ggf. ergänzende Beschreibung: |
| | _____ |

- | | | | |
|---|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems: | <input type="checkbox"/> Bürger, Geschäftsmodelle & Co. | <input type="checkbox"/> Entwicklungsoptionen | <input type="checkbox"/> Gebäude und Siedlungen |
| | <input type="checkbox"/> Governance | <input type="checkbox"/> Partizipationsstrategien | |
| | <input type="checkbox"/> Sonstiges: | _____ | |

- | | | | |
|---|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Nukleare Sicherheitsforschung: | <input type="checkbox"/> Reaktorsicherheitsforschung | <input type="checkbox"/> Endlager und Entsorgungsforschung | <input type="checkbox"/> Strahlenforschung |
| | <input type="checkbox"/> Sonstiges: | _____ | |

| | |
|----------------------|--|
| Sonstige FuE-Felder: | Ggf. kurze Erläuterung (Stichworte genügen): |
| | |

3. Rahmenbedingungen der Energieforschung in Sachsen

Vernetzung

Sind Sie in nationalen Netzwerken/Clustern vertreten und wenn ja in welchen?

Gibt es darüber hinaus Mitgliedschaften in internationalen Clustern und wenn ja, in welchen?

Drittmittelakquise

Sehen Sie Schwierigkeiten im Bereich der Drittmittelakquise (Passfähigkeit der Förderinstrumente, Prozedere der Beantragung, etc.)?

Sehen Sie Unterstützungsbedarf im Bereich der Drittmittelakquise und wenn ja, gibt es ggf. konkrete Lösungsvorschläge?

Technologietransferpotential

Welche Themen besitzen Ihrer Meinung nach ein besonderes Transferpotential von FuE hin zu wirtschaftlichen Wertschöpfungsketten?

Gibt es aus Ihrer Sicht Maßnahmen, die zur Erhöhung des Transfers von FuE zur wirtschaftlichen Anwendung beitragen können? Wenn ja, welche?

Stärken und Schwächen der sächsischen Energieforschung

Welche Stärken besitzt die sächsische Energieforschung Ihrer Ansicht nach?

Welche Schwächen weist die sächsische Energieforschungslandschaft Ihrer Meinung nach auf?

Können Sie konkrete Handlungsempfehlungen aussprechen? Wenn ja, bitte nennen Sie auch den jeweiligen Adressaten (Politik, Wirtschaft, Bildung/Forschung, etc.)

Anhang 3: Nationale Kooperationsplattformen

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|--------------------------------------|---|-------------------|-----------------|----------------|---------------|
| acatech | Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. | München | | x | 2 |
| ACOD | Automotive Cluster Ostdeutschland | Leipzig | x | | 1 |
| AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. | Frankfurt/Main | | x | 2 |
| AgroSax | Kompetenznetzwerk Agrartechnik Sachsen | Doberschau-Gaußig | x | | 2 |
| aireg | Aviation for Renewable Energy in Germany e.V. | Berlin | | x | 1 |
| AMA | Verband für Sensorik und Messtechnik e.V. | Berlin | | x | 1 |
| autartec | funktionstragende Strukturkomponenten für Gebäude und Siedlungen mit weitgehend autarker Strom-, Wärme- und Wasserversorgung (Fraunhofer IVI) | Dresden | x | | 1 |
| AVEU | Arbeitgeberverband energie- und versorgungswirtschaftlicher Unternehmen e.V. (ver.di.) | Berlin | | x | 1 |
| BBE | Bundesverband Bioenergie e.V. | Bonn | | x | 1 |
| BDEW | Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. | Berlin | | x | 4 |
| BDSV | Bundesvereinigung Deutscher Strahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. | Düsseldorf | | x | 1 |
| BHKW | Netzwerktreffen Energiemanagement mit Blockheizkraftwerken BHKW (Lehr- und Versuchsgesellschaft für Qualität mbH LVQ) | Duisburg | | x | 1 |
| BioEconomy Cluster Mitteldeutschland | BioEconomy e.V. | Halle | | x | 3 |
| Biogasrat | Biogasrat e.V. | Berlin | | x | 1 |
| Bioökonomierat | Bioökonomierat (unabhängiges Beratungsgremium für die Bundesregierung) | Berlin | | x | 1 |
| BVES | Bundesverband Energiespeicher e.V. | Berlin | | x | 2 |
| BWE | Bundesverband WindEnergie e.V. | Berlin | | x | 1 |
| BWP | Bundesverband Wärmepumpe e.V. | Berlin | | x | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|--------------------|--|----------------------|-----------------|----------------|---------------|
| CC e. V. | Carbon Composites e.V. | Dresden u. a. | x | | 3 |
| CEBra | Centrum für Energietechnologie Brandenburg e.V. | Cottbus | | x | 1 |
| CfAED | Exzellenzcluster Center for Advancing Electronics Dresden (TU Dresden) | Dresden | x | | 1 |
| CIO | CLEANTECH Initiative Ostdeutschland (RKW Sachsen GmbH Dienstleistung und Beratung) | Dresden | x | | 2 |
| Cool Silicon | Cool Silicon e. V. (Silicon Saxony Management GmbH) | Dresden | x | | 2 |
| DAEF | Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung | Leipzig | x | | 1 |
| DBI bergakademie | Deutsches Brennstoffinstitut bergakademie | Freiberg | x | | 1 |
| DECHEMA | Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnik e.V. | Frankfurt/Main | | x | 2 |
| dena | Deutsche Energie-Agentur GmbH | Berlin | | x | 2 |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V. | Bonn | | x | 1 |
| DGK | Deutsche Gesellschaft für Kristallographie | Berlin | | x | 1 |
| DGO | Deutsche Gemeinschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. | Hilden | | x | 1 |
| DGZfP | Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. | Berlin | | x | 2 |
| DIBt | Deutsches Institut für Bautechnik | Berlin | | x | 1 |
| dIIF | Deutsches ITER-Industrie Forum e.V. | Berlin | | x | 1 |
| DIN e.V. | Deutsches Institut für Normung e.V. | Berlin | | x | 2 |
| DPG | Deutsche Physikalische gesellschaft e.V. | Bad Honnef | | x | 2 |
| DRESDENconcept | DRESDEN-concept e.V. (TU Dresden) | Dresden | | x | 2 |
| DSTTP | Deutsche Solarthermie-Technologie Plattform (Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW)) | Berlin | | x | 1 |
| DTG | Deutsche Thermoelektrik-Gesellschaft e.V. | Freiburg im Breisgau | | x | 1 |
| DVGW | Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. | Bonn | | x | 4 |
| DVS | Deutscher Verband für Schweißer und verwandte Verfahren e.V. | Hamburg | | x | 1 |
| DWV | Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. | Berlin | | x | 2 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|--|--|-----------------|-----------------|----------------|---------------|
| edacentrum e. V. | edacentrum e. V. (Electronic Design Automation (EDA)) | Hannover | | x | 1 |
| EGM | Energiegemeinschaft Mitteldeutschland e.V. | Chemnitz | x | | 2 |
| ELKOnet | Elektro- und Informationstechnisches Kompetenznetzwerk GbR | Oldenburg | | x | 1 |
| Energieteam der Stadt Leipzig | Energieteam der Stadt Leipzig | Leipzig | x | | 1 |
| Energy Saxony | Energy Saxony e.V. | Dresden | x | | 50 |
| ERN | EnergieRohstoff-Netzwerk (TU Bergakademie Freiberg) | Freiberg | x | | 1 |
| Fachausschuss Energie der IHK Leipzig | Fachausschuss Energie der IHK Leipzig | Leipzig | x | | 1 |
| Fachverband BIOGAS | Fachverband Biogas e.V. | Freising | | x | 1 |
| FEE | Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. | Berlin | | x | 2 |
| FEI | Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. | Bonn | | x | 1 |
| FIRE | Freiberger Interessengemeinschaft der Recycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. | Freiberg | x | | 1 |
| FKT | Forschungsrat Kältetechnik e.V. | Frankfurt/Main | | x | 1 |
| FKT e.V. | Forschungskuratorium Textil e.V. | Berlin | | x | 1 |
| Forschungsnetzwerk Energie | Forschungsnetzwerk Energie des BMWi (Forschungszentrum Jülich GmbH) | Jülich | | x | 1 |
| Forschungsnetzwerk Erneuerbare Energien | Forschungsnetzwerk erneuerbare Energie des BMWi (Forschungszentrum Jülich GmbH) | Jülich | | x | 1 |
| Fraunhofer Informations- und Kommunikationstechnik | Fraunhofer IAO | Stuttgart | | x | 1 |
| Fraunhofer IWES | Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. | Kassel; München | | x | 1 |
| Fraunhofer-Allianz Adaptro-nik | Fraunhofer Allianz Adaptro-nik | Darmstadt | | x | 1 |
| Fraunhofer-Allianz autoMo-bilproduktion | Fraunhofer IWU | Chemnitz | x | | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|---|--|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|
| Fraunhofer-Allianz Batterie | Fraunhofer ICT | Pfingstfeld | | x | 2 |
| Fraunhofer-Allianz Big Data | FIAIS (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.) | St. Augustin, München | | x | 1 |
| Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung | Fraunhofer IWU | Chemnitz | x | | 1 |
| Fraunhofer-Allianz Leichtbau | Fraunhofer IBS | Darmstadt | | x | 1 |
| Fraunhofer-Allianz Numerische Simulation von Produkten, Prozessen | Fraunhofer IFAM | Bremen | | x | 1 |
| Fraunhofer-Allianz Textil | Fraunhofer IWU und Fraunhofer STEX | Chemnitz | x | | 1 |
| Fraunhofer-Allianz Vision | Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. | München | | | 1 |
| Fraunhofer-AllianzCloud Computing | FIAO (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.) | Stuttgart, München | | x | 1 |
| Fraunhofer-Allianz Energie | Fraunhofer ISE | Freiburg | | x | 3 |
| Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie | Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie | Berlin | | x | 1 |
| Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik | Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik | Berlin | | x | 3 |
| fs-e.V. | Fachverband für Strahlenschutz e.V. | Garching | | x | 1 |
| FVA | Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. | Frankfurt/Main | | x | 1 |
| FVEE | ForschungsVerbund Erneuerbare Energien | Berlin | | x | 2 |
| GAef | Gesellschaft für Aerosolforschung e.V. | Bad Soden | | x | 1 |
| GDCh Fachgruppe Nuklearchemie | Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. | Frankfurt/Main | | x | 1 |
| GEE | Gesellschaft für Energiewissenschaft und Energiepolitik e.V. | Berlin | | x | 2 |
| ggm | Gasgemeinschaft Mitteldeutschland | Magdeburg | | x | 1 |
| GMA-Fachausschuss | Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik | Darmstadt | | x | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|---|---|------------------|-----------------|----------------|---------------|
| GMM | Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerkstechnik | Frankfurt/Main | | x | 1 |
| GOR | Gesellschaft für Operations Research | Aachen | | x | 1 |
| Green Chiller Association for Sorption Cooling e.V. | Green Chiller Verband für Sorptionskälte e.V. | Berlin | | x | 1 |
| GTS | Gemeinschaft Thermisches Spritzen | Unterschleißheim | | x | 1 |
| Handwerkskammer Dresden | Handwerkskammer Dresden | Dresden | x | | 1 |
| HighTech Startbahn Network | HighTech Startbahn Network e.V. | Dresden | x | | 1 |
| HKK | Historische Kälte- und Klimatechnik e.V. | Maintal | | x | 1 |
| HYPOS | Hydrogen Power Storage & Solution East Gemany e.V. | Halle (Saale) | | x | 9 |
| HZDR | Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf | Dresden | x | | 1 |
| Hzwo | Projektfamilie Hzwo Antrieb für Sachsen (TU Chemnitz) | Chemnitz | x | | 1 |
| IDES | Innovationszentrum für dezentrale Energieversorgungssysteme | Freiberg | x | | 1 |
| IHK Energieeffizienznetzwerk | IHK Energieeffizienznetzwerk | | x | | 1 |
| Innovationscluster Leistungselektronik für Regenerative Energieversorgung | Fraunhofer IWES Nordwest | Hannover | | x | 1 |
| ioev | Ingenieurökologische Vereinigung e.V. | Augsburg | | x | 1 |
| IUTA | Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. | Duisburg | | x | 1 |
| IZBE | Innovationszentrum Bahntechnik Europa e.V. | Dresden | x | | 1 |
| Klib | Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien e.V. | Berlin | | x | 1 |
| KMC | Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz/ Sachsen e.V. | Chemnitz | x | | 1 |
| Kopernikus-Projekt P2X | Kopernikus-Projekt Power-to-X | Jülich | | | 2 |
| KTG | KTG Energie AG | Oranienburg | | x | 1 |
| KVKT | Kompetenzverbund Kerntechnik/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) | Köln | | x | 2 |
| KVSF | Kompetenzverbund Strahlenforschung/ GSI Helmholtzzentrum für | Hamburg | | x | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|--|--|------------|-----------------|----------------|---------------|
| | Schwerionenforschung GmbH | | | | |
| Landesinitiative Energieeffizienz | Landesinitiative Energieeffizienz | | x | | 1 |
| LIMTECH | Helmholtz Alliance-Liquid Metal Technologies | Dresden | x | | 1 |
| LLC | Leichtbau-Cluster Landshut (HS für angewandte Wissenschaften Landshut) | Landshut | | x | 1 |
| LRC | Leibniz Research Cluster (Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie e.V. HKI) | Jena | | x | 1 |
| LRT e. V. | Kompetenzzentrum Luft- und Raumfahrttechnik Sachsen/Thüringen e.V. | Dresden | x | | 1 |
| LVR | Landesverband der Recyclingwirtschaft Sachsen e.V. | Dresden | x | | 1 |
| MERGE | Bundesezellenzcluster MERGE | Chemnitz | x | | 2 |
| metaStream | metaStream - Energiesysteme der Zukunft | Leipzig | x | | 1 |
| Metropolregion Mitteldeutschland, Cluster Energie und Umwelt | Metropolregion Mitteldeutschland GmbH | Leipzig | x | | 2 |
| MiKat | Mitteldeutsches Zentrum für Biokatalyse - Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ | Leipzig | x | | 1 |
| Mittelstand 4.0 | Mittelstand 4.0-Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse (BMW i) | Berlin | | x | 1 |
| Nano in Germany | Nano in Germany e.V. | Würzburg | | x | 1 |
| NanoCarbon | Netzwerk NanoCarbon (ZIM-KN-Netzwerk)(BMW i) | Würzburg | | x | 1 |
| NEU e.V. | Netzwerk Energie & Umwelt e.V. | Leipzig | x | | 4 |
| NOW | NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie | Berlin | | x | 1 |
| OES | Organic Electronics Saxony | Dresden | x | | 5 |
| Rhein-Ruhr-Power | Rhein-Ruhr-Power e.V. | Düsseldorf | | | 1 |
| RWTec | (Forschungs- und Innovationsnetzwerk für Radiowellentechnologie) Helmholtzzentrum UFZ | Leipzig | x | | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|--|--|----------------|-----------------|----------------|---------------|
| Sachsen! TEXTIL e.V. | SACHSEN!TEXTIL e.V. | Chemnitz | x | | 1 |
| sächsischer Energiebeirat | sächsischer Energiebeirat (SMWA) | Dresden | x | | 1 |
| Sächs-Tel | Sächsisches Telekommunikationszentrum e.V. | Dresden | x | | 1 |
| Saxony5 | (Verbund 5 sächsischer Hochschulen für angewandte Wissenschaften) | Dresden | x | | 1 |
| SEF | Smart Electronic Factory e.V. | Limburg/Lahn | | x | 1 |
| SIG | Sächsische Industrieforschungsgemeinschaft e. V. | Dresden | x | | 5 |
| Silicon Saxony | Silicon Saxony e.V. | Dresden | x | | 8 |
| Smart City Leipzig | Smart City Leipzig (Amt für Stadterneuerung und Wohnungsbauförderung) | Leipzig | x | | 1 |
| Smart3 e. V. | Smart3 e.V. | Bautzen | x | | 1 |
| SSK | Strahlenschutzkommission | Bonn | | x | 1 |
| SYNKOPE | Synergetische Kopplung von Energieträgern für effiziente Prozesse (TU Bergakademie Freiberg) | Freiberg | x | | 2 |
| ThEEN | Thüringer Erneuerbare Energien Netzwerk e.V. (Bundesverband Wind-Energie) | Erfurt | | x | 1 |
| Thüga | Innovationsplattform Thüga-Gruppe | München | | x | 1 |
| unabhängige Expertenkommission "Energie der Zukunft" | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie | Berlin | | x | 1 |
| VDA | Verband der Automobilindustrie e.V. | Berlin | | x | 1 |
| VDE | Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. | Frankfurt/Main | | x | 13 |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure e.V. | Düsseldorf | | x | 4 |
| VDI/ VDE-IT | VDI/VDE Innovation + Technik GmbH | Berlin | | x | 1 |
| VDKF | Verband Deutscher Kälte-Klima-Fachbetriebe e.V. | Bonn | | x | 1 |
| VDMA | Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. | Frankfurt/Main | | x | 5 |
| VDTF | Verein Deutscher Textilveredlungsfachleute e.V. | Frankfurt/Main | | x | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Lokal (Sachsen) | National (BRD) | Nennung im FB |
|--|---|----------|-----------------|----------------|---------------|
| VE.MASinnovativ | Innovationsverbund Maschinenbau Sachsen VEMASinnovativ | Chemnitz | x | | 1 |
| Verbundprojekt BaSta | Batterie – Stationär in Sachsen (TU Dresden) | Dresden | x | | 1 |
| VGB | VGB PowerTech e. V. | Essen | | x | 1 |
| VIK | Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. | Essen | | x | 1 |
| VIU | Verband Innovativer Unternehmen e.V. | Berlin | | x | 4 |
| VKU | Verband kommunaler Unternehmen e.V. | Berlin | | x | 2 |
| VSWG | Verband Sächsischer Wohnungsgenossenschaften e.V. | Dresden | x | | 1 |
| WindEnergy Network | WindEnergy Network e.V. | Rostock | | x | 1 |
| WindNODE | WindNODE (Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH) | Berlin | | x | 3 |
| wissenschaftlicher Beirat der 50Hertz GmbH | 50Hertz Transmission GmbH | Berlin | | x | 1 |
| wissenschaftlicher Beirat der Innogy AG | innogy SE | Essen | | x | 1 |
| ZUSE e.V. | Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. | Berlin | | x | 3 |

Anhang 4: Internationale Kooperationsplattformen

| Abkürzung | Name | Sitz | Europa | Global | Nennung im FB |
|--------------------------|---|---------------------------|--------|--------|---------------|
| 3DCentral | Interreg Central Europe | Dresden | x | | 1 |
| ACC | Akademisches Koordinierungszentrum in der Euroregion Neiße | Liberec (Tschechien) | x | | 1 |
| accellera | Accellera Systems Initiative | Elk Grove (Kalifornien) | | x | 1 |
| AHK | Außenhandelskammern | Berlin | x | | 1 |
| AITEX | textil research institute | Alcoy, Alicante (Spanien) | x | | 1 |
| ASIM | Arbeitsgemeinschaft Simulation | Wismar | x | | 1 |
| ASME | American Society of Mechanical Engineers | New York | | x | 1 |
| ATOK | Association of Textile-Clothing-Leather Industry | Prag (Tschechien) | x | | 1 |
| AWS | American Welding Society | Miami (Florida) | | x | 1 |
| CENTEXBEL | Belgian Textil Research Center | Gent (Belgien) | x | | 1 |
| CIGRE | International Council on Large Electric Systems | Paris (Frankreich) | | x | 4 |
| CIRED | International Conference on Electricity Distribution | Liege (Belgien) | | x | 2 |
| CLUTEX | (Technik-Textil-Cluster) | Liberec (Tschechien) | x | | 1 |
| COSMENERG | COSMENERG (European Cluster Collaboartion Platform) | | x | | 1 |
| CPF | Center Polyvalent de Formation Mbouo-Bandjoun | Mbouo Bandjoun (Kamerun) | | x | 1 |
| CS MANTECH | Compound Semiconductor Manufacturing Technology | Beaverton (Oregon) | | x | 1 |
| D-A-CH Arbeitsgruppe EMV | (deutschsprachiger AK zur Elektromagnetischen Verträglichkeit) | | x | | 1 |
| DHIK | Deutsches Hochschulkonsortium für Internationale Kooperation | Mannheim | x | | 1 |
| EAG | European Association of Geochemistry | Houten (Niederlande) | x | | 1 |
| EBA | European Biogas Association | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| EBTP | European Biofuels Technology Platform | | x | | 1 |
| ECNP | European Center for Nanostructured Polymers | Terni (Italien) | x | | 2 |
| ECPE | Power Electronics Research Network (European Center for Power Electronics e.V.) | Nürnberg | x | | 1 |
| ECSEL | Electronic Components and Systems for European Leadership | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| EDANA | (Dachorganisation für die europäische Vliesstoffindustrie) | Oudergeme (Belgien) | x | | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Europa | Global | Nennung im FB |
|-----------|---|------------------------|--------|--------|---------------|
| EEN | European Enterprise Network (Europäische Kommission) | | x | | 2 |
| EERA | European Energy Research Alliance | Brüssel (Belgien) | x | | 2 |
| EEUG | European EMTP-ATP Users Group e. V. | Offenbach/ Main | x | | 1 |
| EHPA | European Heat Pump Association AISBL | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| ERA | European Radioecology Alliance | | x | | 1 |
| ERIG | European Research Institute for Gas and Energy Innovation | Bonn | x | | 1 |
| ERRIN | European Regions Research and innovation Network | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| ESA | European Space Agency | Paris (Frankreich) | x | | 1 |
| ESBES | European Society of Biochemical Engineering Science (DECHEMA) | Frankfurt/ Main | x | | 1 |
| ESNII | European Sustainable Nuclear Industrial Initiative (SNETP) | Paris (Frankreich) | x | | 1 |
| ESTTP | European Solar Thermal Technology Platform (ESTIF) | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| EURATEX | The European Apparel and Textile Confederation | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| EURATOM | Europäische Atomgemeinschaft | | x | | 1 |
| FCH-JU | Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| GERG | The European Gas Research Group | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| GGI | Green Gas Initiative | | x | | 1 |
| GREENOMED | Interreg-MED-Programm | Chemnitz | x | | 1 |
| GSA | Global Semiconductor Alliance | Dallas (Texas) | | x | 1 |
| HIPS-NET | Hydrogen in Pipeline Systems - Network | Leipzig | x | | 1 |
| IAEA | International Atomic Energy Agency | Wien (Österreich) | | x | 1 |
| IAEE | International Association for Energy Economics | Cleveland (Ohio) | | x | 3 |
| ICEF | Innovation for Cool Earth Forum | Tokyo (Japan) | | x | 1 |
| IEA | International Energy Agency | Paris (Frankreich) | | x | 2 |
| IEC | International Electrotechnical Commission | Genf (Schweiz) | | x | 1 |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers | New York | | x | 2 |
| IGD-TP | Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform | Vereinigtes Königreich | x | | 1 |
| IIR | International Institution of Refrigeration Science & Technology Council | Paris (Frankreich) | | x | 1 |
| IIW | International Institute of Welding | Paris (Frankreich) | | x | 1 |

| Abkürzung | Name | Sitz | Europa | Global | Nennung im FB |
|--------------|--|-------------------------|--------|--------|---------------|
| InterPore | International Society for Porous Media | Stuttgart | | x | 1 |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change | Genf (Schweiz) | | x | 1 |
| ISA | International Society of Automation | New York | | x | 1 |
| ISIPT | International Society for Industrial Process Tomography | | | x | 1 |
| ITEA3 | EUREKA Cluster (Internationales Netzwerk) | Eindhoven (Niederlande) | | x | 1 |
| KMM-VIN | European Virtual Institute on Knowledge-based Multifunctional Materials AISBL | | x | | 1 |
| MERGEurope | MERGEurope: Lightweight Innovation Network (Internationalisierungskonzept von MERGE, BMBF) | Chemnitz | x | | 1 |
| NIA | Nanotechnology Industrie Association | Brüssel (Belgien) | | x | 1 |
| NUGENIA | Nuclear GENeration II & III Association | Brüssel (Belgien) | | x | 1 |
| oe-a | Organic Electronics Association (VDMA) | Frankfurt/ Main | | x | 1 |
| PENTA | Penta Chemikalien (Netzwerk europäischer Chemikalien-Distributoren) | Mainaschaff | x | | 1 |
| Photonics 21 | European Technology Platform Photonics21 (VDI) | Düsseldorf | x | | 1 |
| RFCS | Research Funf for Coal and Steel (Europäische Kommission) | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| RHC | European Technology and Innovation Platform on Renewable Heating & Cooling | Brüssel (Belgien) | x | | 1 |
| SILENCE | | | | | 1 |
| SNETP | Sustainable Nuclear Energy Technology Platform | Paris (Frankreich) | x | | 1 |
| TexClubTec | (Italienischer Verband, Entwicklung und Förderung von High-Tech-Textilien) | Milano (Italien) | x | | 1 |
| TEXTRANET | European Network of textile Research Organisation | Paris (Frankreich) | x | | 1 |
| TREC | Transnational Renewable Energy Cluster Danube (NEU e.V.) | Leipzig | x | | 1 |
| | European Bioeconomy Stakeholders Panel (Europäische Kommission) | | x | | 2 |
| | European Power to Gas Platform (DNV GL) | Groningen (Niederlande) | x | | 1 |
| | Hydrogen Europe | Brüssel (Belgien) | x | | 2 |
| | Polish Geotextiles Producers Association | | x | | 1 |

Anhang 5: Expertenübersicht

| Organisation | Anrede | Titel | Vorname | Nachname | Funktion | FuE-Themenfeld |
|--|----------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|--|
| DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH | Frau | Dr. rer. nat. | Elena | Angelova | Forschungskordinatorin | Bioenergie (Kapitel 3.4.1.3) |
| Fraunhofer IFAM, Institutsteil Dresden | Herr | Dr. | Lars | Röntzsch | Abteilungsleiter Wasserstofftechnologie | Wasserstoff/Brennstoffzelle (Kapitel 3.4.1.6) |
| Fraunhofer IKTS, Institutsteil Hermsdorf | Herr | Prof. Dr. | Michael | Stelter | Stellvertretender Institutsleiter | Materialforschung für die Energiewende (Kapitel 3.4.3.3) |
| Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS | Frau | Dr. | Mareike | Wolter | Gruppenleiterin | EMBATT-Bipolarbatterie (Kapitel 3.4.2.5) |
| Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS | Herr | Dr. rer. nat. | Holger | Althues | Abt. Chemische Oberflächen- und Batterietechnik | Entwicklung von Li-S- und Na-S-Batteriezellen (Kapitel 3.4.2.4) |
| Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU | Herr | | Mark | Richter | Gruppenleiter "Energiesysteme in der Produktion" | Energienutzung in der industriellen Produktion (Kapitel 0) |
| Helmholtz-Zentrum Dresden – Rossendorf (HZDR) | Herr | Dr. | Tom | Weier | Mitarbeiter Magneto hydrodynamik | Energieverteilung/Flüssigmetallbatterien (Kapitel 0) |
| HSZG, Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik | Herr | Prof. Dr.-Ing. | Alexander | Kratzsch | Professur Fachbereich Elektrotechnik | Flexibilisierung thermischer Energieanlagen (Kapitel 3.4.1.5) |
| Institut für Luft- und Kältetechnik Gemeinnützige Gesellschaft mbH | Herr | Dr. | Mathias | Safarik | Leiter Hauptbereich Angewandte Energietechnik | Wärme- und Kälteversorgung (Kapitel 3.4.1.7) |
| TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau | Herr | Prof. Dr.-Ing | Matthias | Reich | Universitätsprofessor (Tiefbohrtechnik) | Tiefe Geothermie (Kapitel 3.4.1.4) |
| TU Bergakademie Freiberg, Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen | Herr | Prof. Dr. | Bernd | Meyer | Institutsdirektor | Kohlenstoff Kreislaufwirtschaft – Braunkohle als Partner der Energiewende (Kapitel 3.4.1.8) |
| TU Bergakademie Freiberg, Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung | Herr Herr Herr | Prof. Dr. rer. nat. Dr. rer. | Dirk C. Tilman Robert | Meyer Leisegang Schmid | Direktor, Sprecher Wissenschaftlicher Mitarbeiter Wissenschaftlicher Mitarbeiter | Post-Lithium-Konzepte zur elektrochemischen Energiespeicherung (Kapitel 3.4.2.6) |

| Organisation | Anrede | Titel | Vorname | Nachname | Funktion | FuE-Themenfeld |
|---|--------|--------------------|----------|-------------|--|---|
| | | nat. | | | | |
| TU Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau | Herr | Prof. Dr.-Ing. | Thomas | von Unwerth | Professur Alternative Fahrzeugantriebe | Energieumwandlung/Brennstoffzellenfahrzeuge (Kapitel 0) |
| TU Chemnitz, Professur Energie- und Hochspannungstechnik | Herr | Prof. Dr.-Ing. | Wolfgang | Schufft | Mitarbeiter | Dezentrale Energiespeichersysteme auf Niederspannungsebene (Kapitel 3.4.2.2) |
| TU Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften | Herr | Prof. Dr. | Dominik | Möst | Professur für Energiewirtschaft (EE2) | Gesellschaftliche Transformation & Digitalisierung der Energielandschaft (Kapitel 3.4.3.1) |
| TU Dresden, Institut für Angewandte Physik | Herr | Prof. | Karl | Leo | Institutsleiter Optoelektronik | Organische Photovoltaik (Kapitel 3.4.1.1) |
| TU Dresden, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik | Herr | Prof. Dr.-Ing. | Peter | Schegner | Inhaber der Professur für Elektroenergieversorgung | Transformation des Elektroenergiesystems (Kapitel 3.4.2.1) |
| TU Dresden, Institut für Energietechnik Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik | Herr | PD Dr.-Ing. habil. | Wolfgang | Lippmann | Lehrstuhlvertreter und Leiter der Arbeitsgruppe Laser/Keramik | Nukleare Sicherheit, Übergreifende Energieforschung (Kapitel 3.4.5) |
| Universität Leipzig | Herr | Prof. Dr. | Thomas | Bruckner | Direktor des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM) Professur für Energiemanagement und Nachhaltigkeit | Gesellschaftliche Transformation & Digitalisierung der Energielandschaft (Kapitel 3.4.3.1) |
| WHZ, Fakultät Elektrotechnik, Professur für Elektrische Energietechnik | Herr | Prof. Dr.-Ing. | Mirko | Bodach | Prodekan Fakultät Elektrotechnik, Professur Elektrische Energietechnik | Energiewende in Gebäuden, Industrie und Handwerk, Verkehr und Versorgungsnetzen (Kapitel 3.4.2.8) |

Anhang 6: Akteursüberblick - Zuordnungsmatrix

| Akteur | Energieumwandlung | Energieverteilung & Energienutzung | Übergreifende Energieforschung | Materialforschung für die Energiewende | Anlagenbau für Energie- und Kraftstofftechnik | Fusionsforschung | Gesellschaftsträgliche Transformation | Nukleare Sicherheitsforschung | Sonstiges |
|--|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|---|------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| DREWAG NETZ GmbH | x | x | x | | | | | | |
| DREWAG - Stadtwerke Dresden GmbH | x | x | x | | | | x | | |
| Enloc GmbH | x | x | x | | | | | | |
| FuelCell Energy Solutions GmbH | x | x | | x | | | | | |
| GIS-Dienst GmbH | | x | x | | | | x | | x |
| HTWK Leipzig, Lehrstuhl Ver- und Entsorgungstechnik | x | x | x | | | | x | | |
| TU Dresden, Institut für angewandte Photophysik | x | | | | | | | | |
| IGUS Ingenieurgemeinschaft Umweltschutz Mess- und Verfahrenstechnik GmbH | x | x | | | | | | | |
| IOT GmbH | x | | | | | | | | |
| IPZ Dresden mbH | x | | x | | | | | | |
| Keßler & Co. GmbH | x | x | | | | | | x | |
| Leipziger Institut für Energie GmbH | x | x | x | | | | x | | |
| NaMLab gGmbH | x | x | x | x | | | | | x |
| Netzwerk Energie & Umwelt e. V. | x | x | x | | | | x | | |
| Organic Electronics Saxony Management GmbH (OES) | x | x | x | x | x | | | | x |
| Ing.-Büro Regenerative Energiesysteme Dipl.-Ing. (FH) Joachim Siebert | x | x | | | | | | | x |
| Industrie- und Handelskammer zu Leipzig | | | | | | | | | x |
| SRW metalfloat GmbH | | | | x | | | | | x |

| Akteur | Energieumwandlung | Energieverteilung & Energienutzung | Übergreifende Energieforschung | Materialforschung für die Energiewende | Anlagenbau für Energie- und Kraftstofftechnik | Fusionsforschung | Gesellschaftsverträgliche Transformation | Nukleare Sicherheitsforschung | Sonstiges |
|---|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|---|------------------|--|-------------------------------|-----------|
| PEWO Energietechnik GmbH | x | x | x | x | x | | x | | x |
| Städtische Werke Borna Netz GmbH | x | x | | | | | | | |
| TISORA Sondermaschinen GmbH | x | x | x | x | | | | | |
| HSZG, Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik | x | x | | x | x | | x | x | |
| HSZG, Fakultät Elektrotechnik und Informatik | | x | | x | | | | | x |
| DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH | x | x | x | x | x | | x | | x |
| DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH | x | x | x | | x | | x | | |
| EA Systems Dresden GmbH | | x | x | | | | x | | |
| envia Mitteldeutsche Energie AG | x | x | x | x | | | x | | x |
| FAE Elektrotechnik GmbH & Co. KG | x | x | x | | | | | | |
| Flexiva automation & Robotik GmbH | x | x | | | | | | | x |
| Fraunhofer-Gesellschaft e.V; Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme | | x | x | | | | | | x |
| Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI | x | x | x | x | | | x | | x |
| Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU | | x | x | x | x | | | | x |
| Heliatek GmbH | x | | | x | | | | | x |
| HTW Dresden, Forschungsordinatorin | x | x | | | x | | x | | |
| Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e. V. | x | x | x | x | | | | x | |
| Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme | x | x | x | x | x | | | x | x |

| Akteur | Energieumwandlung | Energieverteilung & Energienutzung | Übergreifende Energieforschung | Materialforschung für die Energiewende | Anlagenbau für Energie- und Kraftstofftechnik | Fusionsforschung | Gesellschaftsträgliche Transformation | Nukleare Sicherheitsforschung | Sonstiges |
|---|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|---|------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| IKTS | | | | | | | | | |
| Institut für Luft- und Kältetechnik Gemeinnützige Gesellschaft mbH | x | x | | x | x | | | | |
| Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. | | | | x | | | | | |
| Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. | x | x | x | x | | | | | x |
| ITW e. V. Chemnitz | x | x | | | | | | | |
| Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik e. V. Meinsberg | x | x | | x | x | | | | |
| HSZG, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Professur für Energiewirtschaft, Ver- und Entsorgungswirtschaft | x | x | x | | | | x | | |
| HSZG, Sprecher Energie und Umwelt | x | x | x | x | | | x | x | x |
| Solaris Förderzentrum für Jugend und Umwelt gGmbH | x | x | | | | | x | | |
| Sächsisches Textilforschungsinstitut (STFI) e. V. | x | | | x | | | | | x |
| thyssenkrupp System Engineering GmbH | | | | | x | | | | |
| TU Dresden, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik | | x | | | x | | | | |
| TU Bergakademie Freiberg, Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen | x | x | x | | | | x | x | |
| TU Bergakademie Freiberg, Institut für Experimentelle Physik | x | x | | x | | | | | |
| TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau | x | x | | | | | | | |
| TU Chemnitz, Professur Energie- und Hochspannungstechnik | x | x | x | | | | | | x |
| TU Chemnitz, Professur Alternative Fahrzeugantriebe | x | | | | | | | | x |

| Akteur | Energieumwandlung | Energieverteilung & Energienutzung | Übergreifende Energieforschung | Materialforschung für die Energiewende | Anlagenbau für Energie- und Kraftstofftechnik | Fusionsforschung | Gesellschaftsträgliche Transformation | Nukleare Sicherheitsforschung | Sonstiges |
|---|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|---|------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| TU Chemnitz, Professur Regelungstechnik und Systemdynamik | x | x | x | | | | | | x |
| TU Dresden, Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik | x | x | x | x | x | | | | |
| TU Dresden, Elektrotechnisches Institut, Lehrstuhl für Elektrische Maschinen und Antriebe | x | x | | | | | | | |
| TU Dresden, Professur für Hochspannungs- und Hochstromtechnik | | x | x | x | | | | | |
| TU Dresden, Zentrum für Energietechnik | x | x | | x | x | | x | x | |
| TU Dresden, Professur für Dynamik und Mechanismentechnik | x | x | | x | | | | | |
| TU Dresden, Zentrum für mikrotechnische Produktion | x | x | x | | | | | | |
| TU Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Lehrstuhl für Energiewirtschaft | x | x | x | | | | x | | x |
| TÜV SÜD Industrie Service GmbH | x | x | | x | x | | | | |
| Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ | x | x | x | x | | | x | x | |
| Elektrobildungs- und Technologiezentrum e. V. Dresden | x | x | x | | | | x | | |
| Umweltamt Landeshauptstadt Dresden | x | x | x | | | | | | |
| VKTA - Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung e. V. | x | | | | | | | x | |
| VNG - Verbundnetz Gas Aktiengesellschaft | x | x | | | | | x | | |
| WÄTAS Wärmetauscher Sachsen GmbH | x | | x | | x | | | | x |
| WEBEREI ELITE GmbH | x | x | | | | | | | |
| WHZ, Fakultät Elektrotechnik, Professur für Elektrische Energietechnik | x | x | x | | | | x | | |
| TU Bergakademie Freiberg, Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (82) | x | x | x | x | x | | x | | x |

| Akteur | Energieumwandlung | Energieverteilung & Energienutzung | Übergreifende Energieforschung | Materialforschung für die Energiewende | Anlagenbau für Energie- und Kraftstofftechnik | Fusionsforschung | Gesellschaftsträgliche Transformation | Nukleare Sicherheitsforschung | Sonstiges |
|---|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|---|------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| ZOPF Energieanlagen GmbH | x | | | | x | | | | |
| Zwickauer Energieversorgung GmbH | x | x | | | | | x | | |
| Fraunhofer IFAM, Institutsteil Dresden | x | x | | x | x | x | | x | x |
| Industrie- und Handelskammer Dresden (ohne Fragebogen) | | | | | | | | | |
| TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik | x | x | | x | | | | x | |
| Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft Brennstoffzelle mbH | x | x | | | x | | | | x |
| Institut für Strukturleichtbau und Energieeffizienz gGmbH | x | x | | x | | | x | | x |
| TU Chemnitz, Professur Materialien für innovative Energiekonzepte | x | x | | x | | | | | |
| TU Chemnitz, AG Elektrochemie | x | x | | x | | | | | |
| TU Chemnitz, Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik | | x | | x | | | | | x |
| TU Chemnitz, Professur Schweißtechnik | x | x | | x | x | | | | |
| TU Chemnitz, Medienpsychologie, Universität | | | x | | x | | x | | x |
| TU Chemnitz, Professur Regelungstechnik und Systemdynamik | x | x | x | | | | | | x |
| TU Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik, Professur für Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde | x | x | x | x | | | | | |
| TU Chemnitz, Professur Elektrische Energiewandlungssysteme und Antriebe | x | | | | | | | | x |
| ICM - Institut Chemnitzer Maschinen- und Anlagenbau e. V. | x | x | x | x | | | | | x |
| Universität Leipzig, Prorektor für Entwicklung und Transfer | x | x | x | x | | | x | | |
| Sunfire GmbH | x | | | | | | | | |

Anhang 7: Mitglieder des Clusters „Organic Electronic Saxony“

Mitglieder des Clusters „Organic Electronic Saxony“

3D-Micromac AG (Chemnitz)

Adenso GmbH (Dresden)

Contronix GmbH (Radebeul)

CreaPhys GmbH (Dresden)

Creavac GmbH (Dresden)

Fraunhofer Institute for Electronic Nano Systems (Chemnitz)

Fraunhofer Institute for Organic Electronics, Electron Beam and Plasma Technology FEP (Dresden)

Fraunhofer IVW, Außenstelle für Verarbeitungsmaschinen
und Verpackungstechnik Dresden (Dresden)

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS (Dresden)

Heliatek GmbH (Dresden)

Dresden Integrated Center for Applied Physics and Photonic Materials (Dresden)

Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik der TU Dresden (Dresden)

Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik der TU Dresden (Dresden)

InnoProfile- Nachwuchsforschungsgruppe "Organische p-i-n Bauelemente" (Dresden)

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (Leipzig)

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. (Dresden)

Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Print- und Medientechnik (Chemnitz)

Laserinstitut Hochschule Mittweida (Mittweida)

Novalad GmbH (Dresden)

Plastic Logic Germany (Dresden)

Professuren für Physikalische Chemie, Fachrichtung Chemie und Lebensmittelchemie der TU Dresden (Dresden)

Sempa Systems GmbH (Dresden)

Sunic System Ltd. (Service Centre Dresden)

von Ardenne Anlagentechnik GmbH (Dresden)

WOLFRAM.DESIGN (Dresden)

Herausgeber:

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst
Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Redaktion:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Gestaltung und Satz:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Titelfoto :

© Fraunhofer IKTS: Komponenten und Charakterisierung von keramischen Festkörperbatterien

Druck:

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst

Redaktionsschluss:

30.03.2018

Bezug:

Diese Druckschrift kann kostenfrei bezogen werden bei:
Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung
Hammerweg 30, 01127 Dresden
Telefon: +49 351 210367172
Telefax: +49 351 2103681
E-Mail: publikationen@sachsen.de
www.publikationen.sachsen.de

Diese Broschüre wurde ermöglicht auf der Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtages beschlossenen Haushaltes.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinarbeit des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Copyright

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdruckes von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.