

Energieforschung in Sachsen – Standortbestimmung und strategische Leitlinien für die Weiterentwicklung



Bildquelle: AdobeStock/Sardar



Freistaat
SACHSEN

Grußwort

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

hätten Sie gewusst, wie breit und vielfältig die sächsische Energieforschungslandschaft aufgestellt ist? Über 260 Akteure beschäftigen sich in den Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und forschenden Unternehmen mit Fragen zur Zukunft unseres Energiesystems. Ihre Arbeiten umfassen den gesamten Teil der sogenannten Wertschöpfungskette: Es geht um Lösungen und Technologien für effektive Energiespeicher, effiziente Energieinfrastrukturen sowie um die Entwicklung von Anwendungen für eine nachhaltige und möglichst klimafreundliche Nutzung der verfügbaren Energiequellen.

Seit 2000 haben die Energieforscherinnen und Energieforscher über 12.000 Publikationen in den wissenschaftlichen Fachmedien veröffentlicht. Und allein zwischen 2015 und 2022 haben sächsische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mehr als 320 Patente für Energietechnologien eingereicht. Dank ihrer Forschungsexzellenz und der umfangreichen öffentlichen Forschungsförderangebote konnten die sächsischen Energieforscherinnen und Energieforscher in den Jahren 2017-2023 über 640 Mio. € an Forschungsgeldern der EU, des Bundes sowie des Freistaats Sachsen einwerben. Damit gehört Sachsen zu den am besten aufgestellten Standorten in Deutschland und Europa.

Trotz dieser beeindruckenden Zahlen stellt sich die Frage, ob es Potenziale für eine weitere Stärkung des sächsischen Energieforschungsstandorts gibt und falls ja, wie es gelingen kann, diese möglichst umfassend zu heben. Die vorliegende Publikation „Energieforschung in Sachsen – Standortbestimmung und strategische Leitlinien für die Weiterentwicklung“ möchte genau darauf eingehen. Sie ist Bestandteil des Maßnahmenplans zur Umsetzung des Energie- und Klimaprogramms (EKP) des Freistaats und das Ergebnis eines umfassenden Beratungs- und Austauschprozesses. Die gemeinsam mit der sächsischen Energieforschungsszene ausgearbeiteten Handlungsempfehlungen richten sich an die Vertreterinnen und Vertreter der Förderlandschaft genauso wie an die Forscherinnen und Forscher selbst.

Ich danke allen Beteiligten für die Erarbeitung der Leitlinien. Ein ganz besonderer Dank geht an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Dresdener Geschäftsstelle der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Sie haben den gesamten Prozess als Dienstleister begleitet und maßgeblich umgesetzt. Nicht zuletzt danke ich auch den Kolleginnen und Kollegen der mitwirkenden Ministerien für die sachorientierten Hinweise und Anregungen zur Gestaltung der finalen Fassung.

Ihr Sebastian Gemkow



Sächsischer Staatsminister für Wissenschaft, Kultur und Tourismus



Inhalt

Grußwort.....	2
Executive Summary	6
1 Motivation, Zielstellung und Methodik.....	10
1.1 Motivation und Zielstellung	10
1.2 Methodik	11
2 Überblick über die Energieforschungsförderung.....	13
2.1 Energieforschungsförderung der EU	13
2.2 Energieforschungsförderung der Bundesregierung.....	15
2.3 Energieforschungsförderung des Freistaats Sachsen	16
3 Energieforschung in Sachsen.....	19
3.1 Vielfalt der Akteurslandschaft und Vernetzung	19
3.2 Wesentliche Befunde der Forschungsdatenanalyse	21
3.3 Thematische Bandbreite, Schwerpunkte und Trends	30
3.3.1 Energiewende in den Verbrauchssektoren	31
3.3.2 Energiebereitstellung	32
3.3.3 Systemintegration	32
3.3.4 Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende	34
3.3.5 Nukleare Forschung	35
3.4 Fachkräftebedarfe im Energiesektor	36
4 Strategische Empfehlungen	37
4.1 Weiterentwicklung der Kompetenzstelle Energieforschung	37
4.2 Stärkere Vernetzung mit anderen Forschungsschwerpunkten.....	38
4.3 Sichtbarkeit der Energieforschung und ihr Beitrag zur Wahrnehmung und Akzeptanz von Energieinnovationen.....	39
4.4 Fachkräfte für den Energiesektor gewinnen	41
a. Wissenstransfer aus der Energieforschung in Bildungsprojekte und -initiativen.....	41
b. Akademische Ausbildung	42
c. Nichtakademische Aus- und Weiterbildung	42
4.5 Dialogformate zur strategischen Vorausschau im Forschungsfeld „Energie“ .	42
4.6 Diskurs zu innovativen Förderformaten.....	43
4.7 Festhalten an der landesseitigen Förderung der Energieforschung	43
ANHANG	i
Anhang 1: Programm „Energiedialog“ 08.04.2024	ii

Anhang 2: Mitglieder des begleitenden Expertengremiums	iv
Anhang 3: Themen, Schwerpunkte, Trends der Energieforschung in Sachsen (Langfassung zu Kapitel 3.3).....	v
Energiewende in den Verbrauchssektoren	v
Energiebereitstellung	viii
Systemintegration.....	xii
Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende	xvii
Nukleare Forschung.....	xxi

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Programm der EU für Forschung und Innovation 2021 - 2027 (Quelle: Präsentation der Europäischen Kommission „Das Programm der EU für Forschung und Innovation 2021 - 2027“ vom 19.03.2021).....	13
Abbildung 2: Vernetzungsanalyse sächsischer Akteure im Kontext der Energieforschung 2017 - 2023 (Darstellung der im FöKat gelisteten Daten, ergänzt um Daten der sächsischen Landesförderung)	20
Abbildung 3: Höhe der Fördersummen aus EU-Mitteln nach Forschungsschwerpunkten im Zeitraum vom 2017 bis 2023 (Cordis).....	22
Abbildung 4: Höhe der Fördersummen aus Bundesmitteln nach Forschungsschwerpunkten im Zeitraum von 2017 bis 2021 (Fökat, Gepris).....	24
Abbildung 5: Aufwendungen der Länder für nicht-nukleare Energieforschung nach Ländern 2017 bis 2021 ⁴	25
Abbildung 6: Analyse der im Haushaltsjahr 2022 getätigten Gesamtaufwendungen der Länder für nicht-nukleare Energieforschung (PtJ).....	26
Abbildung 7: FuE-Aufwendungen Sachsen 2022 im Bereich Energieforschung (in Mio. EUR) (PtJ). Dies beinhaltet auch die von der SAB bewilligten Projektvorhaben entsprechend den Kategorien des jährlichen Bundesberichts Energieforschung.....	27
Abbildung 8: Anzahl sächsischer Patente nach Forschungsschwerpunkten im Zeitraum von 2015 bis 2022 (DEPATIS.net).....	28
Abbildung 9: Publikationsaktivität sächsischer Forschungseinrichtungen und Institutionen im Zeitraum von 2000 bis 2023 (Scopus)	30

Executive Summary

Das Handeln sächsischer Akteure im Bereich der Energieforschung orientiert sich an den **Zielen einer wettbewerbsfähigen, nachhaltigen und sicheren europäischen, bundesweiten und sächsischen Energieversorgung**. Dafür nötig ist der Aufbau eines zunehmend dezentral organisierten, komplett vernetzten und durch Digitalisierung unterstützten Energiesystems.

Der Freistaat Sachsen möchte dadurch die regionale Innovationskraft stärken, Klimaschutz als wichtigen Wirtschaftsfaktor begreifen und so einen wichtigen Beitrag zur Energiewende Europas leisten.

Um ausgewogene politische Entscheidungen im Kontext von Energie- und Klimapolitik treffen zu können, ist eine **fundierte wissenschaftliche Grundlage** unerlässlich. Energieforschung bzw. die daraus entstehenden Erkenntnisse sowie der Austausch mit Wissenschaftseinrichtungen tragen maßgeblich dazu bei, dass fundierte, evidenzbasierte Strategien entwickelt und umgesetzt werden können, die den gesellschaftlichen Anforderungen gerecht werden. Neu- und weiterentwickelte technologische Lösungen beschleunigen die Umgestaltung des Energieversorgungssystems.

Die Energieforschung in Sachsen zeichnet sich durch eine **vielfältige und gut vernetzte Akteurslandschaft** aus, die sowohl wissenschaftliche Einrichtungen als auch forschende Unternehmen umfasst. Etwa 260 Institutionen sind seit der Abfrage im Rahmen der Erstellung des Masterplans Energieforschung im Jahr 2017 in verschiedenen Forschungsprojekten aktiv. Über Jahre gewachsene und national beachtete Clusterstrukturen im Energiesektor fördern eine effektive Vernetzung und Kooperation. Diese Zusammenarbeit ist entscheidend für die Entwicklung innovativer und vernetzter Energielösungen, die dazu beitragen, die Energie- und Klimaziele des Freistaats zu erreichen.

Akteure aus Sachsen sind in nahezu **allen Themenfeldern der Energieforschung aktiv**. **Regionale Forschungsschwerpunkte** erzeugen Strahlkraft für Fachkompetenz und wissenschaftliche Expertise weit über die Landesgrenzen hinaus. Ihr Handeln wird durch zahlreiche **Förderinstrumente auf EU-, Bundes- und Landesebene** flankiert und ermöglicht.

- ⇒ Auf europäischer Ebene fördert die Europäische Union Energieforschung vorwiegend über "Horizon Europe" (2021-2027), das eng mit dem European Green Deal verknüpft ist und über verschiedene Instrumente – z. B. „Partnerships“, den Europäischen Innovationsrat (EIC) oder auch die Knowledge and Innovation Communities (KICs) – verfügt. Neben spezifischen Ausschreibungen bietet „Horizon Europe“ auch themenoffene Fördermöglichkeiten. Die strategische Grundlage für die europäische Energieforschung bildet der Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan), der die Entwicklung kostengünstiger, kohlenstoffarmer Energietechnologien fördert. Die EU unterstützt zudem Projekte und Initiativen durch den "EU Sustainable Energy Award" und die Aufrufe „Important Project of Common European Interest“ (IPCEI). Damit fördert die EU Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit in der europäischen Industrie.
- ⇒ Auf nationaler Ebene basiert die derzeitige Energieforschungsförderung auf dem 8. Energieforschungsprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWi). Dieses verfolgt einen Ansatz mit fünf Missionen: Energiesystem, Wärmewende, Stromwende,

Wasserstoff und Transfer. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMFTR) fokussiert auf die Förderung energietechnologischer Grundlagenforschung. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) unterstützt die anwendungsorientierte Bioenergieforschung. Ferner unterstützen themenoffenere Programme wie „Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand – ZIM“ (BMWE) und „KMU-innovativ“ (BMFTR) die Energieforschung. Im Rahmen der neuen Hightech Agenda Deutschland möchte der Bund Forschung und Transfer für Energieforschungsvorhaben mit Bezügen zur Fusion und klimaneutralen Energieerzeugung akzentuieren.

- ⇒ Der Freistaat Sachsen setzt die Energieforschungsförderung im Einklang mit dem Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 um. Schwerpunkte sind erneuerbare Energieträger, Energieeffizienz, Sektorenkopplung und Speichertechnologien. Vorhaben werden zumeist aus den europäischen Strukturfonds EFRE, ESF und JTF (aktuelle Förderperiode 2021-2027) gefördert. Von 2016 bis 2022 erhöhte Sachsen seine Investitionen und förderte vermehrt interdisziplinäre Projekte. Hierfür existieren auf Landesebene entsprechende Förderinstrumente, die je nach Projektideentyp (Grundlagenforschung – anwendungsorientierte Forschung – Transfer oder Forschungsinfrastruktur) in Anspruch genommen werden können.

Orientierung durch den „Masterplan Energieforschung in Sachsen“

Das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus (SMWK) setzt sich für die Entwicklung und Stärkung einer innovativen Energieforschungslandschaft in Sachsen ein. Um den Forschenden in Sachsen Orientierung und ein Dach für ihr individuelles Handeln zu schaffen, wurde 2018 der „Masterplan Energieforschung in Sachsen“ erstellt. Folgende Ziele wurden und werden damit verfolgt:

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

Der „Masterplan Energieforschung in Sachsen“ aus dem Jahr 2018 trägt maßgeblich dazu bei, den Forschungsstandort Sachsen wissenschaftlich leistungsfähig und wettbewerbsstark zu gestalten. Außerdem enthält er wichtige Impulse für die wirtschaftliche Entwicklung des Energiestandorts Sachsen.

Fortschreibungsprozess zum „Masterplan Energieforschung in Sachsen“

Der Fortschreibungsprozess berücksichtigt in Ergänzung dazu die neuesten Entwicklungen im Bereich der Energieforschung sowie die relevanten Rahmenbedingungen und verfolgt insbesondere:

- ⇒ die Aktualisierung des Masterplans Energieforschung in Sachsen sowie kritische Bewertung der darin enthaltenen Maßnahmen sowie

- ⇒ die Einbeziehung neuer Trends und technologischer Entwicklungen.

Ein besonderer Fokus im Rahmen der Fortschreibung wird auf die Förderung des Wissens- und Technologietransfers sowie die Vernetzung der Forschungsakteure gelegt, um die Umsetzung von Forschungsergebnissen in praktische Anwendungen und wirtschaftliche Innovationen zu beschleunigen.

Wie in zahlreichen anderen Industriebereichen weisen die Unternehmen der Energiebranche auf einen Mangel an vor allem interdisziplinär ausgebildeten Fachkräften hin. Gleichwohl ist der Fachkräftemangel kein primäres Thema der Energieforschung und daher kein Schwerpunkt des vorliegenden Dokumentes. Stattdessen gilt es, dafür an ganzheitlichen Lösungen zu arbeiten. Die Fortschreibung der aktuellen sächsischen Fachkräftestrategie scheint dafür geeigneter.

Die im Ergebnis eines partizipativen Prozesses und unter Einbindung eines Expertengremiums vorliegenden strategischen Empfehlungen stellen eine Richtschnur für handelnde Akteure im Bereich der Energieforschung in Sachsen dar und sollen einen Beitrag zur zukünftigen Ausrichtung der sächsischen Aktivitäten im Forschungsfeld leisten.

Ergebnisse der Fortschreibung – Strategische Empfehlungen

Diese Empfehlungen stehen im Einklang mit den forschungspolitischen Leitlinien des „Weißbuchs für die Forschung in öffentlichen Wissenschaftseinrichtungen im Freistaat Sachsen“ sowie den einschlägigen landespolitischen Strategiepapieren. Die Einbindung von Akteuren entlang der gesamten Innovationskette (inter- und transdisziplinär) als auch die themen- und technologieoffene Forschung sind elementare Grundpfeiler einer zukunftsorientierten sächsischen Energieforschung.

Spezifische Empfehlungen adressieren:

- ⇒ eine **kontinuierliche Fortsetzung der europäischen, nationalen und landesseitigen Förderung**, um bestehende Herausforderungen zeitnah anzugehen und dringend benötigte Fachkräfte zu gewinnen,
- ⇒ ein Festhalten an der **themenoffenen Landesförderung**, die der **Wissenschaft und Wirtschaft die Freiheit** gibt, die Vielfalt der **nachhaltigen Lösungen** zu adressieren,
- ⇒ eine stärkere **Vernetzung mit anderen Forschungsschwerpunkten des Freistaats**,
- ⇒ die Umsetzung von Maßnahmen zur **Stärkung der Sichtbarkeit** der Energieforschung in Sachsen,
- ⇒ die Gewinnung von Fachkräften für den Energiesektor durch eine Stärkung des Wissenstransfers aus der Energieforschung in Bildungsprojekte und -initiativen sowie Maßnahmen in der akademischen und nichtakademischen Aus- und Weiterbildung,
- ⇒ die Etablierung von **Dialogformaten zur strategischen Vorausschau** im Forschungsfeld „Energie“,
- ⇒ die Initiierung eines **ressortübergreifenden Diskurses innerhalb der Staatsregierung zu innovativen Förderformaten**,
- ⇒ den Einsatz **innovativer Formate der Wissenschaftskommunikation für Energietechnologieinnovationen**,

- ⇒ die stringente Anwendung eines **positiv besetzten Narrativs** im Umgang mit Erkenntnissen und Lösungen der Energieforschung,
- ⇒ eine Weiterentwicklung der Kompetenzstelle Energieforschung.

Durch die Umsetzung dieser Empfehlungen sollen die Energieforschung in Sachsen kontinuierlich weiterentwickelt, die Sichtbarkeit der Region als führender Standort für innovative Lösungen im Bereich der Energietechnik gestärkt gesteigert und die Herausforderungen der Energiewende erfolgreich gemeistert werden.

1 Motivation, Zielstellung und Methodik

1.1 Motivation und Zielstellung

Die Energiewende, charakterisiert durch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, die Speicherung dieser sowie den fortschreitenden Ausstieg aus der Kohle-, Erdgas- und Atomverstromung, markiert eine fundamentale Transformation der Energieversorgung. Dieser Wandel wurde auch im sächsischen Energie- und Klimaprogramm des Freistaats Sachsen festgehalten und reflektiert. Sachsen verfolgt das Ziel, eine innovative, leistungsfähige, bezahlbare und klimafreundliche Energieversorgung zu gewährleisten und die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen schrittweise zu erhöhen.

Mit dem „**Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021**“ (EKP 2021), das seit Juni 2021 wirksam ist, und dem im Juli 2023 vom Kabinett verabschiedeten „**Maßnahmenplan zum EKP 2021**“ verpflichtet sich Sachsen zu ambitionierten Zielen für den Ausbau erneuerbarer Energien und setzt damit neue Maßstäbe für die Energiepolitik und -forschung.

Die Transformation der Energieversorgung bietet sächsischen Akteuren aus Industrie und Forschung hervorragende Möglichkeiten zur Mitgestaltung und eigenen Wertschöpfung. Angesichts des steigenden Bedarfs an Technologien zur Flexibilisierung von Energieangebot und -nachfrage ist die sächsische Forschungslandschaft aufgerufen, Lösungen zu entwickeln und in innovative, marktfähige Produkte und Dienstleistungen zu überführen. Bereits heute zeigt sich in Sachsen ein breites Spektrum aktiver Organisationen in der Energieforschung mit deutlichen Kompetenzen in den Bereichen Energieumwandlung, -verteilung und -nutzung, wobei Speichertechnologien eine zentrale Rolle einnehmen.

Der Freistaat Sachsen setzt sich für die Entwicklung und Stärkung einer innovativen Energieforschungslandschaft in Sachsen ein. Der „**Masterplan Energieforschung in Sachsen**“ aus dem Jahr 2018, der auf der Analyse politischer und förderprogrammatrischer Rahmenbedingungen basiert, wird daher entsprechend des Koalitionsvertrags zwischen CDU und SPD für die 8. Legislatur 2024-2029 einer Aktualisierung unterzogen. Damit sollen die vielfältigen Veränderungen im Sektor abgebildet und die sächsische Energieforschungspolitik zukunftsorientiert ausgerichtet werden. Angesichts der sich kontinuierlich weiterentwickelnden nationalen und globalen Energieversorgung ist die Aktualisierung des Masterplans von entscheidender Bedeutung.

Die **Fortschreibung des Masterplans** zielt auf eine Aktualisierung sowie kritische Bewertung der im Dokument von 2018 enthaltenen Maßnahmen ab und bezieht neue Trends und technologische Entwicklungen ein. Weiterhin wird das Ziel verfolgt, die Forschungs- und Entwicklungsbestrebungen in Sachsen auf die aktuellen Herausforderungen auszurichten, die Vernetzung innerhalb der Forschungsgemeinschaft und zwischen allen Akteuren zu stärken und einen Beitrag zu einem erfolgreichen Technologietransfer zu leisten. Dadurch werden die Innovationen stärker in der Wirtschaft umgesetzt und die Energieversorgung des Freistaats nachhaltig gestaltet.

Im Ergebnis werden **Empfehlungen für zielführende, effektive und effiziente rahmengebende sowie förderpolitische Maßnahmen zur Verbesserung des Forschungs- und Technologietransfers im Bereich der Energieforschung** durch den Freistaat Sachsen abgeleitet.

1.2 Methodik

Die methodische Umsetzung der Fortschreibung des Masterplans Energieforschung in Sachsen basiert auf einem **strukturierten und partizipativen Ansatz**, d. h. unter Einbindung relevanter Stakeholder aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik in Sachsen. Dieser setzt sich aus fünf Bausteinen zusammen:

Stakeholder-Veranstaltung „Energiedialog“:

Die Fortschreibung des Masterplans beinhaltete die Organisation und Durchführung einer zentralen Stakeholder-Veranstaltung („Energiedialog“), die der Auseinandersetzung mit den aktuellen Herausforderungen und Chancen der Energieforschung in Sachsen gewidmet war. Diese Veranstaltung, durchgeführt am 8. April 2024, diente als Plattform für den Austausch zwischen Akteuren aus Wissenschaft, Industrie und Politik und als Beitrag zur Validierung der inhaltlichen Schwerpunkte des Masterplans. Im Rahmen von vier parallelen Workshops wurden zentrale Themen der Energieforschung in Kleingruppen diskutiert und Roadmaps für die Erreichung spezifischer Missionen ausgehend vom aktuellen Status quo entwickelt. Die Agenda des Energiedialogs ist im Anhang 1 hinterlegt.

Forschungsdatenerhebung und -analyse:

Die Aktualisierung und Präzisierung der energieforschungspolitischen Ausrichtung im Rahmen des Fortschreibungsprozesses erforderten eine fundierte Datengrundlage. Dazu zählte einerseits die Durchführung einer Onlinebefragung (83 Teilnehmende im Zeitraum von 03/24 bis 04/24) innerhalb der Energieforschungsgemeinschaft Sachsens und andererseits erfolgten Analysen öffentlich zugänglicher Datensätze im Kontext sächsischer Energieforschungsaktivitäten (z. B. Förderdaten, Veröffentlichungsdaten etc.). Diese Erhebungen und deren Auswertung lieferten wichtige Erkenntnisse über die Forschungslandschaft sowie bestehende Transferpotentiale für Innovationen. Außerdem lassen sie Rückschlüsse zur Bewertung der Effektivität bisheriger Maßnahmen des Masterplans Energieforschung in Sachsen zu.

Einbindung eines Expertengremiums:

Um sowohl Themenfelder und Forschungsschwerpunkte mit hohem Potenzial für Sachsen herauszuarbeiten als auch die bisherigen Maßnahmen und Empfehlungen aus dem Masterplan Energieforschung in Sachsen aus dem Jahr 2018 kritisch zu reflektieren, wurde ein Expertengremium mit 18 Vertreterinnen und Vertretern der sächsischen Energieforschungslandschaft eingebunden. Die Mitglieder des Expertengremiums (siehe Anhang 2) nahmen an einer erweiterten Onlinebefragung (Erweiterung der offenen Befragung um Themenschwerpunkt „Impactbewertung der bisherigen Maßnahmen“) teil, wurden in einem Onlineworkshop zu wesentlichen Impulsen für den Fortschreibungsprozess in den Diskurs eingebunden und arbeiteten kollaborativ an der Darstellung der Forschungsschwerpunkte im Bereich der Energieforschung in Sachsen (siehe Kapitel 3.3 und die dazugehörige Langfassung in Anhang 3).

Vertiefende Einzelgespräche:

Um spezifische Befunde oder Impulse aus der Onlinebefragung mit Expertinnen und Experten zu diskutieren und zu spiegeln, wurden Einzel- und Gruppengespräche durchgeführt. Diese adressierten insbesondere den Schwerpunkt „Transfer von der Forschung in die Wirtschaft“.

Gesprächspartner waren Mitarbeitende:

- der Kompetenzstelle Energieforschung bei der Sächsischen Energieagentur – SAENA GmbH;
- der Industrie- und Handelskammern Dresden, Chemnitz und Leipzig;
- der Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH.

Ableitung strategischer Empfehlungen:

Durch den Dialog mit den Akteuren der sächsischen Energieforschungslandschaft wie auch durch den intensiven Austausch mit dem Expertengremium konnten zukunftssträchtige Forschungsfelder in Sachsen identifiziert und Forschungsbedarfe zusammengetragen werden (Kapitel 3.3 sowie die dazugehörige Langfassung in Anhang 3). Weiterhin mündeten die Ergebnisse aus den beschriebenen Bausteinen in der Ausarbeitung strategischer Handlungsempfehlungen zur zukunftsorientierten Ausrichtung der Energieforschung in Sachsen. Dazu gehören u. a. die Ableitung von Maßnahmen zur Stärkung der sächsischen Energieforschungslandschaft sowie insbesondere des Wissens- und Technologietransfers in Wirtschaft und Gesellschaft.

2 Überblick über die Energieforschungsförderung

Die Förderung der Energieforschung konzentriert sich auf innovative Technologien und Lösungen von strategischer Bedeutung, um die Energiewende voranzutreiben und die gesetzlich verankerten Klimaschutzziele – sowohl auf EU-, Bundes- und Landesebene – zu erreichen. In diesem Kapitel werden die zentralen Förderschwerpunkte auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene dargestellt. Diese umfassen spezifische Programme und Initiativen, die darauf abzielen, Forschung und Entwicklung in Schlüsselbereichen der Energietechnologie zu unterstützen, die Innovationskraft zu stärken und die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zu fördern. Dabei zeigt sich, dass ein umfassendes Portfolio an Fördermöglichkeiten aufgebaut wurde, dass Forscherinnen und Forschern zur Verfügung steht.

2.1 Energieforschungsförderung der EU

Die Europäische Union setzt ihre Förderung der Energieforschung im Rahmen von "Horizon Europe", dem Nachfolgeprogramm von "Horizon 2020", für den Zeitraum 2021-2027 fort. Das Forschungs- und Innovationsprogramm „Horizon Europe“ ist eng mit dem European Green Deal verknüpft, der darauf abzielt, Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Daher legt „Horizon Europe“ einen starken Fokus auf die Klimaziele der Europäischen Union, die Realisierung der energetischen Transformation und die Unterstützung von Innovationen und Technologien für eine nachhaltige Zukunft.

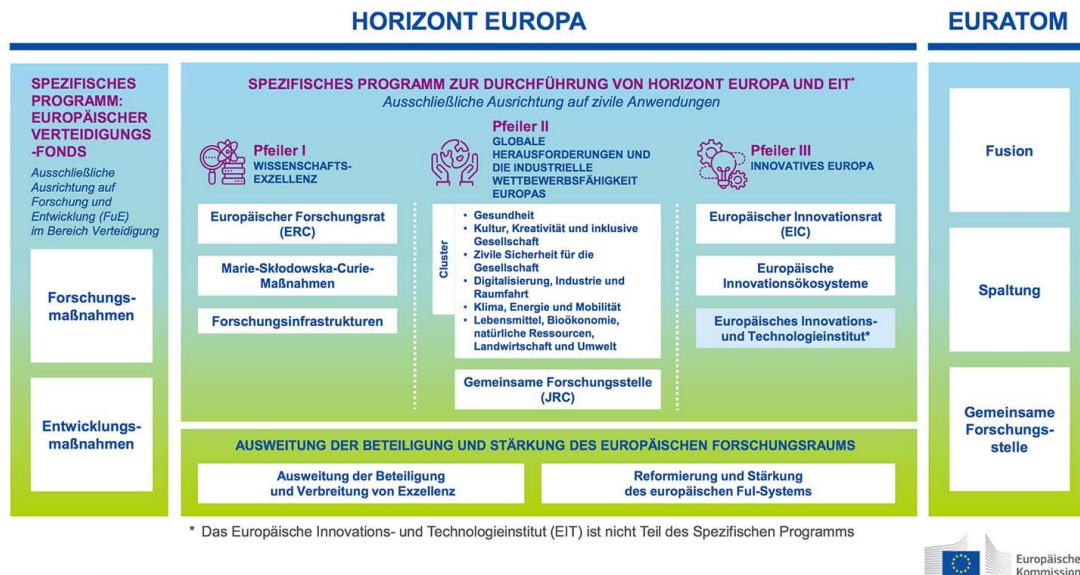


Abbildung 1: Programm der EU für Forschung und Innovation 2021 - 2027 (Quelle: Präsentation der Europäischen Kommission „Das Programm der EU für Forschung und Innovation 2021 - 2027“ vom 19.03.2021)¹

¹ Vgl. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/9224c3b4-f529-4b48-b21b-879c442002a2_de?filename=ec_rtd_he-investing-to-shape-our-future.pdf, aufgerufen am 17.06.2024.

Innerhalb von „Horizon Europe“ ist Energieforschung dem Pfeiler II "Globale Herausforderungen und europäische industrielle Wettbewerbsfähigkeit" zugeordnet. Er beinhaltet mehrere Cluster zu gesellschaftlichen Herausforderungen. Das dazugehörige Cluster 5, das sich auf Klima, Energie und Mobilität konzentriert, fördert Verbundforschungsvorhaben, die sich mit nachhaltigen, sicheren und wettbewerbsfähigen Energieversorgungssystemen beschäftigen. Dazu gehören Projekte zur Entwicklung und Integration erneuerbarer Energieträger, zur Verbesserung der Energieeffizienz sowie zur Förderung intelligenter und dezentraler Energiesysteme. Durch die Beteiligung sächsischer Forschungseinrichtungen und Unternehmen können diese Vorhaben zur regionalen Innovationskraft beitragen und gleichzeitig Lösungen für globale Herausforderungen entwickeln.

Im Rahmen des Pfeilers II von „Horizon Europe“ wurde das Instrument „**Partnerships**“ ins Leben gerufen, mit dem sich die EU und weitere Partner gemeinsam zur Entwicklung und Umsetzung einer Forschungs- und Innovationsagenda (Strategic Research and Innovation Agenda – SRIA) in einem Themenfeld verpflichten. Im Bereich Energie ist dies die Clean Energy Transition Partnership (CETPartnership) im Cluster 5, die nachhaltige Energieinnovationen fördert und Synergien zwischen verschiedenen Akteuren schafft. Eine weitere Partnership mit Energiebezug ist im Cluster 4 (Digitalisierung, Industrie und Weltraum) „ERA-NET for Research and Innovation on Materials and Battery Technologies, supporting the European Green Deal“ (vormals M-ERA.NET) angesiedelt. Es soll zur Verbesserung der Koordinierung der europäischen Forschungs- und Innovationsprogramme in Materialwissenschaften und Ingenieurwesen beitragen. Darüber hinaus wird die Entwicklung von Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien sowie die Integration dieser Technologien in den europäischen Markt über das Clean Hydrogen Joint Undertaking – auch Clean Hydrogen Partnership – gefördert.

Ein weiteres Instrument von „Horizon Europe“ sind **Missionen**. Energiebezogene Missionen zielen darauf ab, gesellschaftlich relevante Ziele zu erreichen. Die Mission „Climate-Neutral and Smart Cities“ strebt beispielsweise an, bis 2030 100 klimaneutrale Städte in Europa zu Experimentier- und Innovation-Hubs als Blaupause für alle europäischen Städte zu entwickeln. Zu den ausgewählten Städten gehören Leipzig und Dresden.

Pfeiler III von „Horizon Europe“ konzentriert sich auf „Innovatives Europa“ und fördert insbesondere bahnbrechende Innovationen und die Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Eine Besonderheit in diesem Pfeiler bildet der **Europäische Innovationsrat (European Innovation Council, EIC)**, der Hochrisiko- und Durchbruchinnovationen unterstützt, die das Potenzial haben, neue Märkte zu schaffen. Sächsische Innovatoren können vom EIC Accelerator und dem EIC Pathfinder profitieren, um disruptive Energietechnologien zu entwickeln und zu skalieren. Auch die European Institute of Innovation and Technology (EIT) und Knowledge and Innovation Communities (KICs), wie EIT InnoEnergy, spielen eine wichtige Rolle bei der Förderung von Innovationsökosystemen im Energiebereich.

Neben den themenspezifischen Ausschreibungen bietet „Horizon Europe“ auch **themenoffene Fördermöglichkeiten**. Diese ermöglichen es Forschenden und Innovatoren, bahnbrechende Ideen einzureichen, die nicht unbedingt in die vorgegebenen Cluster oder Missionen passen. Sachsen kann hier durch die Einreichung innovativer Energiekonzepte zusätzliche Fördermittel akquirieren.

Die strategische Grundlage für die europäische Energieforschung und -innovation bildet der **Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)**. Er strebt die Beschleunigung der Entwicklung und

Markteinführung kostengünstiger, kohlenstoffarmer Energietechnologien an. Der SET-Plan fördert die Koordination von Forschungsaktivitäten und die Zusammenarbeit zwischen EU-Mitgliedstaaten, Industrie und Forschungseinrichtungen, um die Energie- und Klimaziele der EU zu erreichen. Sachsen kann durch die Ausrichtung auf die Prioritäten des SET-Plans und die Teilnahme an entsprechenden Projekten und Initiativen die regionale Energieforschung stärken und zur europäischen Energiewende beitragen. Zur Umsetzung des SET-Plans existieren fachspezifische Plattformen – European Technology and Innovation Platforms (ETIPs) – sowie die Europäische Energieforschungsallianz (EERA), die die Zusammenarbeit im Bereich der Energieforschung stärken.

Darüber hinaus fördert die EU mit dem jährlichen "**EU Sustainable Energy Award**" Projekte und Initiativen, die einen herausragenden Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung in Europa leisten. Um positive Spill-over-Effekte in der gesamten EU für spezifische Themenbereiche zu bewirken, wurden die Aufrufe „**Important Project of Common European Interest**“ (**IPCEI**) von der EU initiiert. Diese Vorhaben sind transnational angelegt und sollen mittels staatlicher Förderung einen wichtigen Beitrag zu Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie und Wirtschaft leisten. Themen waren bisher u. a. Batteriezellen und Wasserstoff. Mit diesen Programmen und Initiativen unterstützt die Europäische Kommission aktiv die Forschung und Innovation im Energiebereich, um die Energiewende voranzutreiben und die Ziele des European Green Deals zu erreichen. Ferner unterstützt die EU mit dem **Innovation Fund** die Umsetzung der Forschungsergebnisse im wirtschaftlichen Umfeld. Hierfür stehen zwischen 2020-2030 bis zu 40 Mrd. € bereit.

2.2 Energieforschungsförderung der Bundesregierung

Im Oktober 2023 wurde das **8. Energieforschungsprogramm** des BMWi veröffentlicht. Um die Förderung der angewandten Forschung zu stärken und die energetische Transformation zu beschleunigen, wurde mit diesem Energieforschungsprogramm ein missionsorientierter Ansatz mit den folgenden fünf Missionen eingeführt: 1) Energiesystem, 2) Wärmewende, 3) Stromwende, 4) Wasserstoff und 5) Transfer.

Die einzelnen Missionen sind dabei mit Programmzielen untersetzt, die wichtige Meilensteine bei der Umsetzung der Energiewende in den jeweiligen Handlungsfeldern darstellen. Zudem ist das Programm direkt auf die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung ausgerichtet. Mit dem 8. Energieforschungsprogramm wurden nicht nur Förderprioritäten festgelegt, sondern auch dringende Forschungsbedarfe mit besonderer Relevanz für die energetische Transformation mittels Sprinterzielen adressiert. Durch den missionsorientierten Ansatz gestaltet sich das Forschungsprogramm themenoffener im Vergleich zu den Schwerpunkten des 7. Energieforschungsprogramms. Somit können darin nahezu alle technologischen Entwicklungen im Energiebereich einsortiert werden. Jedoch birgt dies auch das Risiko, trotz der Ausrichtung auf die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, nicht klar genug zu fokussieren.

Ergänzend zu den Aktivitäten im 8. Energieforschungsprogramm fördert das BMWi mit der **Forschungsförderung zur nuklearen Sicherheit** Projekte zur Sicherheitsforschung kerntechnischer Anlagen. Forschungsschwerpunkte sind Reaktorsicherheitsforschung, die verlängerte Zwischenlagerung und Behandlung hochradioaktiver Abfälle, die Endlagerung und Querschnittsfragen wie Wissens- und Kompetenzmanagement, sozio-technische Fragestellungen und Kernmaterialüberwachung.

Bei der Umsetzung des Energieforschungsprogramms unterstützen die Bundesministerien insbesondere interdisziplinäre und sektorenübergreifende Projekte, um die Sektorenkopplung voranzutreiben. Beispiele hierfür sind die Förderinitiativen „**Reallabore der Energiewende**“ des BMWF und die „**Living Labs Energie**“ des BMFT, die innovative Ansätze in realen Umgebungen testen.

Um insbesondere im Bereich Wasserstoff Forschungsaktivitäten voranzutreiben und aktiv die Maßnahmen der nationalen Wasserstoffstrategie umzusetzen, wurden vom BMFT **Wasserstoff-Leitprojekte** initiiert. Die drei Leitprojekte H₂GIGA, H₂MARE und TRANSHYDE widmen sich der Serienfertigung von Elektrolyseuren, der Produktion von Wasserstoff auf hoher See sowie der Entwicklung einer Wasserstoffinfrastruktur. Ergänzt wurden die Leitprojekte durch die **Wasserstoff-Grundlagenforschung**, in der momentan 36 Projekte gefördert werden, die zukünftige Technologieinnovationen adressieren.

Darüber hinaus werden über die **Kopernikus-Projekte** des BMFT, welche die Forschung zu systemrelevanten Lösungen für die Energiewende vorantreiben, neue Ansätze in der Energieforschung gefördert.

Hinzu kommt die Hightech Agenda Deutschland des BMFT, um weitere Impulse für Energieforschungsvorhaben zu setzen. So benennt sie nachhaltige Energietechnologien sowie Fusion als zentrale Schlüsseltechnologien, welche in den kommenden Jahren seitens des Bundes besonders akzentuiert werden. Damit möchte der Bund einerseits wichtige Erkenntnisprozesse in der Grundlagenforschung als auch anwendungs- und industriennahe Forschungsprojekte mit hohem Transfer- und Innovationspotential in die Wirtschaft unterstützen. Hierzu soll ein umfassender Roadmapping-Prozess beitragen, der die Vernetzung der Energieforschungsakteure aus Forschung, Entwicklung und Wirtschaft fördert und mithin auch die Sichtbarkeit, Internationalisierung und Interdisziplinarität des Energieforschungsstandorts Deutschland stärkt.

Um die von Kohleabbau und -verstromung geprägten sächsischen Braunkohlereviere beim Ausstieg und Umbruch im Kontext der Energiewende zu unterstützen, werden im Rahmen des **Investitionsgesetzes Kohleregionen (InvKG)** unter anderem Investitionen in Infrastrukturen für Forschung, Innovation und Technologietransfer unterstützt. Das Förderprogramm **STARK** zielt darauf ab, den Transformationsprozess in den Kohleregionen durch Zuwendungen unter anderem für Projekte zum Wissens- und Technologietransfer zu unterstützen.

Zusätzliche Förderaktivitäten des Bundes umfassen Initiativen wie „**EnEff.Stadt und Quartier**“ für die Entwicklung energieeffizienter städtischer und quartiersbezogener Konzepte. Des Weiteren bieten themenoffene Programme wie das „**Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)**“ des BMWF und „**KMU-innovativ**“ des BMFT auch Chancen für Projekte im Bereich der Energieforschung. Zudem unterstützt das neue Förderprogramm Fusion 2040 langfristige Forschung und Entwicklung im Bereich der Kernfusion und könnte somit einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen Energieversorgung leisten.

2.3 Energieforschungsförderung des Freistaats Sachsen

Der Freistaat Sachsen unterstützt Energieforschung in strategischen Bereichen, die mit der **Innovationsstrategie** des Landes und dem aktualisierten **Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021** (EKP 2021) übereinstimmen. Letzteres setzt verstärkt Schwerpunkte in den Bereichen der

nachhaltigen Energieversorgung und Klimaneutralität, die sich in den Förderaktivitäten widerspiegeln.

Obwohl Sachsen aufgrund seiner **themen- und technologieoffenen Forschungs- und Technologieförderprogramme** keine spezifischen Förderrichtlinien ausschließlich für die Energieforschung auflegt, fließen erhebliche Mittel in die Förderung der Energietechnologien, insbesondere in Bereiche wie erneuerbare Energieträger, Energieeffizienz, Sektorenkopplung und innovative Speichertechnologien. Die Landesmittel ergänzen dabei oft die Förderung aus europäischen Fonds wie dem **Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)**, dem **Europäischen Sozialfonds (ESF)** und dem **Just Transition Fund (JTF)**. Von 2016 bis 2022 hat Sachsen seine Investitionen in die nicht-nukleare Energieforschung fortgesetzt und dabei die Synergien zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und staatlicher Förderung weiter gestärkt. Die Förderung konzentriert sich zunehmend auf interdisziplinäre Projekte, die die Energiewende unterstützen und zu einer nachhaltigen Energiezukunft beitragen.

Dieser förderpolitische Rahmen ist die Grundlage für die exzellent aufgestellte und breit wirkende Energieforschung an den sächsischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Aktuelle sachsenspezifische Förderinstrumente im Bereich der **Grundlagenforschung** umfassen:

- **Forschungsprojektförderung TG 70:** Förderung von Einzel- und Kooperationsprojekten der Grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung, die der Stärkung des Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsstandorts im nationalen und globalen Wettbewerb sowie einer kontinuierlichen Profilierung der Wissenschaftseinrichtungen dienen.
- **EU-Projekt- und Netzwerkförderung EuProNet:** Förderung der Beteiligung sächsischer Einrichtungen in gemeinsam abgestimmten Forschungsprojekten im Rahmen der EU-Partnerschaften zu sauberer Energie sowie Materialwissenschaften und Batterieforschung; Förderung der Antragstellung in Horizont Europa.

Für die **anwendungsorientierte Forschung** stehen folgende Förderinstrumente zur Verfügung:

- **EFRE/JTF - Forschung InfraProNet 2021-2027:** Förderung anwendungsorientierter Forschungsprojekte und -netzwerke sowie Ausbau und Verbesserung von Forschungsinfrastrukturen an Hochschulen, deren An-Instituten und außeruniversitären öffentlichen Wissenschaftseinrichtungen.
- **EFRE/JTF - Forschung und Entwicklung - Projektförderung (FuE-Projektförderung) 2021 bis 2027:** Umsetzung der Innovationsstrategie und Stärkung der Innovationskraft der sächsischen Wirtschaft und deren Wettbewerbsfähigkeit.
- **EFRE/JTF - InnoPrämie 2021 bis 2027:** Ausgaben für externe FuE-Dienstleistungen im Zusammenhang mit der Entwicklung neuer oder der Verbesserung bestehender Produkte, Verfahren und Dienstleistungen.
- **EFRE - Validierungsförderung 2021-2027:** Förderung der Validierung vielversprechender Forschungsergebnisse zur Erschließung möglicher Anwendungen.
- **ESF Plus - MINT-Fachkräfteprogramm im Freistaat Sachsen:** Förderung der Zusammenarbeit zwischen sächsischen Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in innovativen und technologieorientierten Vorhaben.

- **Förderrichtlinie Energie und Klima/2023, Modul B I. Anwendungsorientierte Energie- und Klimaforschung:** Förderung bevorzugt anwendungsnaher vorwettbewerblicher Forschungsprojekte für Hochschulen und außeruniversitäre, nicht gewinnorientierte Forschungseinrichtungen sowie die Berufsakademie Sachsen.

Zusätzlich bestärkt der Freistaat Sachsen mit seiner **Richtlinie Clusterförderung** Netzwerkaktivitäten und Innovationscluster zur Unterstützung der regionalen und überregionalen Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, wirtschaftsnahen Einrichtungen sowie Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Im Bereich Energiewirtschaft wird so zum Beispiel das vom HZwo e. V. und Energy Saxony e. V. betriebene Innovationscluster „Wasserstoffland Sachsen“ unterstützt.

In Anbetracht der globalen und nationalen Herausforderungen im Energiebereich wird Sachsen seine Bemühungen fortsetzen, die Forschung und Entwicklung in den kommenden Jahren auf weiterhin hohem Niveau zu unterstützen, um die Transformation zu einem nachhaltigen Energiesystem fortzusetzen und zu beschleunigen. Eine fortlaufende Anpassung der Förderstrategien an die sich ändernden technologischen und gesellschaftlichen Anforderungen ist dabei essenziell für die Erreichung der langfristigen Energie- und Klimaziele des Freistaats.

3 Energieforschung in Sachsen

Nachfolgend werden die Akteurslandschaft und deren Vernetzung (Kapitel 3.1), zentrale Befunde der Forschungsdatenanalyse (Kapitel 3.2) sowie thematische Forschungsschwerpunkte und -spezifika des Freistaats (Kapitel 3.3) überblicksartig abgebildet. Die Darstellungen beruhen auf der Auswertung von Primär- und Sekundärdaten und werden durch die umfangreiche Expertise des begleitenden Expertengremiums ergänzt.

3.1 Vielfalt der Akteurslandschaft und Vernetzung

Die sächsische Energieforschungslandschaft ist vielfältig und umfasst zahlreiche Wissenschaftseinrichtungen sowie forschende Unternehmen, die in enger Zusammenarbeit innovative Energielösungen entwickeln. Eine Analyse des Förderkatalogs des Bundes (FöKat) zeigt, dass ca. 260 forschende Institutionen aus der Wissenschaft, Wirtschaft und den Kommunen seit dem Jahr 2017 in Sachsen aktiv sind. Kartendarstellungen zur regionalen Verortung von Akteuren und fachlichen Kompetenzen sind auf verschiedenen Webseiten bzw. in Onlinepublikationen verfügbar:

- ⇒ **Energieportal Sachsen der Sächsischen Energieagentur:** <https://www.energieportal-sachsen.de/>
- ⇒ **Interaktive Karte des Wissenschaftslandes Sachsen im Rahmen der Kampagne SPIN2030:** <https://spin2030.com/wissenschaftsland/>
- ⇒ **Energieinnovationen aus Sachsen (e-paper; zusammengestellt durch die Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH mit der Kompetenzstelle Energieforschung in Sachsen):** <https://wfs.kkt-marken.de/>

Für eine effektivere Vernetzung der Akteure relevant sind ebenfalls Cluster, Netzwerke und Branchenverbände – bspw. Energy Saxony e. V., HZwo e. V., HYPOS e. V., das „Wasserstoffland Sachsen“ oder der VEE Sachsen e. V. –, die Kooperationen ermöglichen und unterstützen.

Um die **Leistungsfähigkeit eines (Forschungs-)Ökosystems²** bewerten zu können, ist es entscheidend, die komplexen Strukturen und Akteursverflechtungen zu analysieren und so potenzielle Lücken in diesen zu identifizieren, ebenso wie Schlüsselakteure oder mögliche Zugänge zu diesen aufzuzeigen. Methodisch erfolgt die Umsetzung einer solchen Analyse über die Nutzung öffentlich verfügbarer Daten, z. B. mit Daten zu Forschungsaktivitäten bzw. -kooperationen.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch ein Ergebnis der im Rahmen des Fortschreibungsprozesses durchgeführten Analyse, basierend auf Daten der Bundes- und Landesförderung von 2017 bis 2023. Die Farbe der Kantenlinien lässt eine Zuordnung der Kooperation zu spezifischen Forschungsschwerpunkten gemäß dem ehemaligen 7. Forschungsrahmenprogramm des Bundes zu. Die Stärke der Linie weist auf die Intensität bzw. Anzahl gemeinsamer Aktivitäten im Rahmen

² Der Begriff Ökosystem (ursprünglich aus der Biologie entlehnt) bezeichnet in diesem Kontext die Gesamtheit aller Akteure, ihrer Verbindungen untereinander in einer Art Netzwerk, das für die Weiterentwicklung in einem Forschungsbereich notwendig ist und in dem wechselseitige Abhängigkeiten bestehen.

von geförderten Forschungsvorhaben hin. Die Farbe des Knotens, sprich der Schnittstelle, symbolisiert die Art des Akteurs.

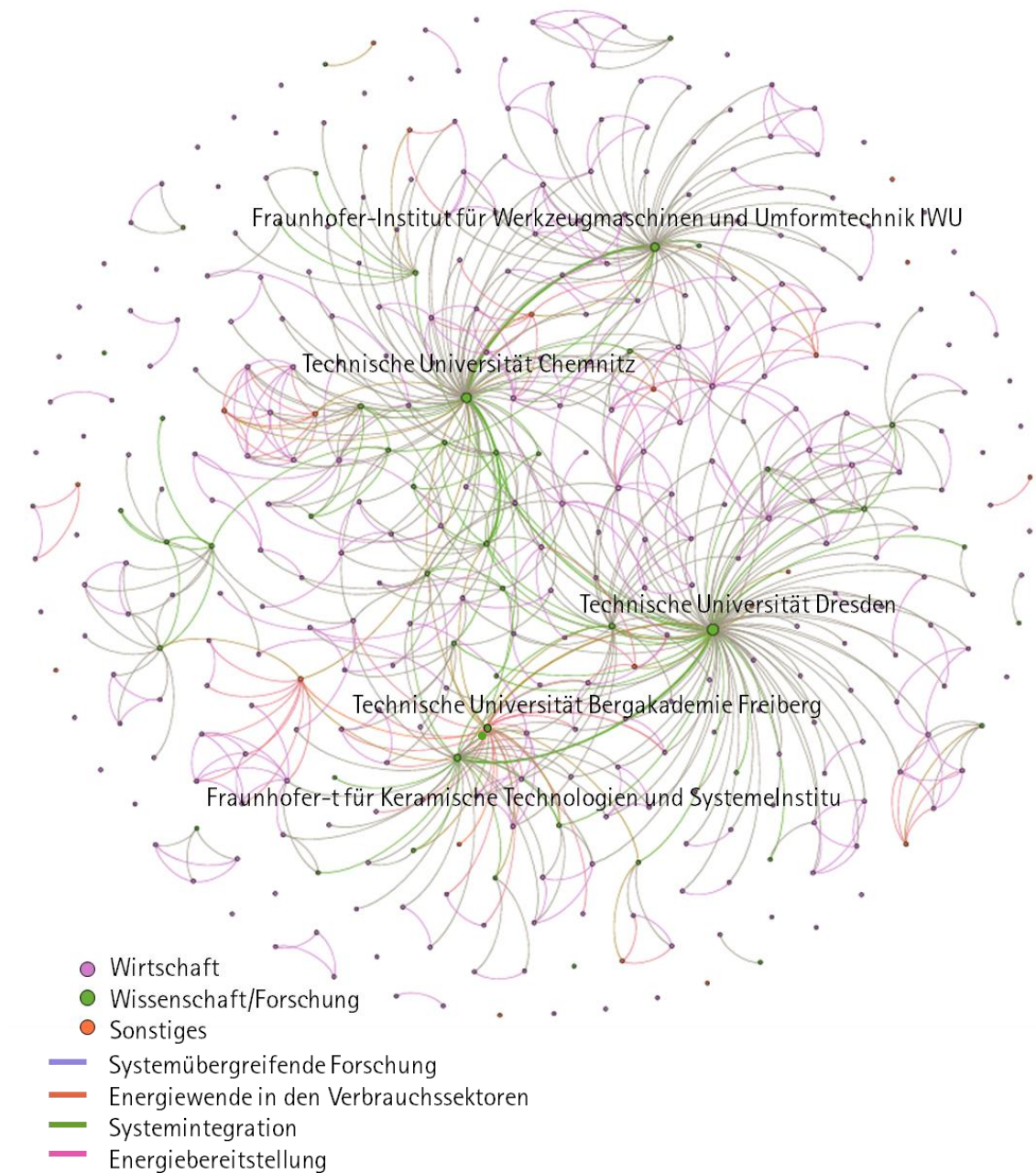


Abbildung 2: Vernetzungsanalyse sächsischer Akteure im Kontext der Energieforschung 2017 - 2023 (Darstellung der im FöKat gelisteten Daten, ergänzt um Daten der sächsischen Landesförderung)

Zu erkennen ist, dass es **zentrale Akteure** innerhalb der Energieforschungslandschaft gibt, die besonders intensiv im Rahmen von Forschungsvorhaben kooperieren; sowohl mit anderen Wissenschaftseinrichtungen als auch mit Unternehmen. Dazu gehören in erster Linie die Technische Universität Dresden, die Technische Universität Chemnitz, das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS sowie die Technische Universität Bergakademie Freiberg.

Diese Schlüsselakteure in den verschiedenen Themenfeldern nehmen eine zentrale Rolle für die Kooperation mit Wirtschaftsakteuren ein und tragen damit zur Stärkung des Transfers von Forschungserkenntnissen in die Praxis bei. Die Kenntnis über diese Schnittstellen ist entscheidend, um Rückschlüsse auf die Effizienz und Effektivität der Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu ziehen. Eine konsequente Einbindung dieser Akteure in die Energieforschungsaktivitäten im Freistaat sowie über die Landesgrenzen hinaus führt zu einer Stärkung der Vernetzung in der Energieforschung Sachsens und kann helfen, neue Knotenpunkte für Kooperationen auszubauen.

In Hinblick auf die Themensetzung fällt auf, dass Insbesondere im Themenfeld „Systemintegration“ das Kooperationsverhalten zwischen den sächsischen Wissenschaftsakteuren sehr stark ausgeprägt ist und vereinzelt auch mit Partnern aus der Wirtschaft in gemeinsamen Verbünden geforscht wird. Im Themenfeld „Energiebereitstellung“ ist hingegen die Zusammenarbeit der Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit Wirtschaftsakteuren deutlich intensiver ausgeprägt.

Die Abbildung verdeutlicht zudem, dass viele Einrichtungen aus der Wirtschaft bisher hauptsächlich in Einzelvorhaben gefördert werden. Diese Akteure sind oft isoliert und haben nur wenige Verbindungen zu anderen Forschungsprojekten oder Netzwerken. Das bestehende Kooperationspotenzial zwischen diesen und anderen Partnern, insbesondere wissenschaftlichen Einrichtungen, ist somit noch nicht vollständig ausgeschöpft.

3.2 Wesentliche Befunde der Forschungsdatenanalyse

Die Forschungsdatenanalyse umfasst u.a. eine Bewertung der durch sächsische Institutionen akquirierten Fördermittel seitens EU, Bund als auch der Landesförderung Sachsen ab 2017 (soweit die Daten bereits veröffentlicht waren).

Die Analyse der **Forschungsförderung der EU** (Abbildung 3) zeigt, dass Sachsen signifikante Unterstützung in verschiedenen Bereichen der Energieforschung erhalten hat. Die höchste Fördersumme, etwa 45 Mio. Euro, ging in den Bereich der Systemintegration. Dies verdeutlicht die Priorität, verschiedene Energiequellen und -technologien in bestehende Systeme effizient zu integrieren. Die Energiebereitstellung erhielt etwa 30 Mio. Euro, was die Bedeutung der Entwicklung von Verfahren und Technologien im Bereich erneuerbarer Energien wie Solar- und Windkraft unterstreicht. Im Vergleich dazu sind die Fördermittel für die Energiewende in den Verbrauchssektoren³ mit rund 5 Mio. Euro und für die nukleare Forschung mit etwa 2 Mio. Euro deutlich geringer.

³ Gemeint sind hier die Kategorien des jährlichen Bundesberichts Energieforschung: Energieeffizienz in Gebäuden/Quartieren, Industrie/Gewerbe/Handel, im Verkehr inkl. Elektromobilität, Sonstige.

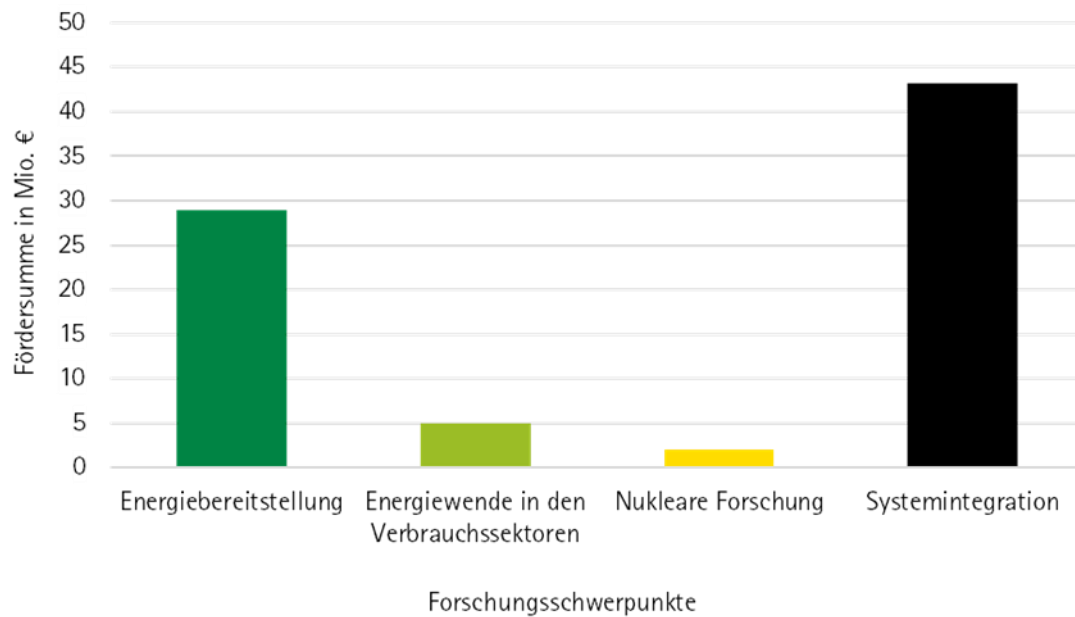


Abbildung 3: Höhe der Fördersummen aus EU-Mitteln nach Forschungsschwerpunkten im Zeitraum vom 2017 bis 2023 (Cordis)

Die **Forschungsförderung des Bundes** bildet zusammen mit den Förderprogrammen der Länder einen zentralen Baustein der nationalen Forschungsförderung.

Das BMWF stellt mit EnArgus⁴ ein Internet-Portal bereit, das über laufende und abgeschlossene bundesdeutsche Forschungsvorhaben rund um das Thema "Energieforschung" informiert und die Entwicklung insgesamt gut verdeutlicht. Als Bezugsgröße soll hier das Jahr 2022 als Bestandteil des mittlerweile ausgelaufenen 7. Energieforschungsprogramms beispielhaft dienen:

- ⇒ 7.365 Projekte wurden im Jahr 2022 im 7. Energieforschungsprogramm gefördert;
- ⇒ 1,486 Mrd. Euro Gesamtfördermittel in 2022 im 7. Energieforschungsprogramm;
- ⇒ es handelt sich um einen 75 %igen Anstieg des Fördermittelbudgets im Vergleich zu 2014;
- ⇒ darunter fallen 390 Mio. Euro an Eigenanteilen durch Unternehmen an neu bewilligten Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Jahr 2022.

Der Bundesbericht Energieforschung 2023⁵, veröffentlicht vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWi), liefert wichtige Einblicke in die aktuellen Schwerpunkte und Maßnahmen der Bundesförderung, die auch für die Forschungslandschaft in Sachsen von hoher Relevanz sind.

- ⇒ **Steigerung der Fördermittel und deren Schwerpunktsetzung:** Im Jahr 2022 wurden die Fördermittel für die Energieforschung erheblich gesteigert. Die Schwerpunkte der Förderung liegen dabei auf den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Energieinfra-

⁴ Vgl. <https://www.enargus.de>.

⁵ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWi), 2023: Bundesbericht Energieforschung 2023; https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=11, aufgerufen am 14.01.2025.

struktur und -systeme sowie Klimaschutztechnologien. Diese Ausrichtung ist auch für Sachsen von großer Bedeutung, da sie die Möglichkeit bietet, in diesen Schlüsselbereichen weiter zu forschen und Innovationen voranzutreiben.

- ⇒ **Förderung von Schlüsseltechnologien:** Der Bundesbericht betont die Förderung von Schlüsseltechnologien wie Wasserstoff, Energiespeicher, Leistungselektronik und digitale Technologien. Diese Technologien sind entscheidend für die Transformation des Energiesystems und bieten große Potenziale für innovative Forschungsprojekte in Sachsen. Insbesondere die Entwicklung und Implementierung von Wasserstofftechnologien werden als zentrale Elemente zur Defossilisierung der Energieversorgung angesehen.
- ⇒ **Stärkung der Kooperationen und Netzwerke:** Die Bundesförderung legt großen Wert auf die Stärkung von Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen, Industrie und KMU. Diese Netzwerke und Partnerschaften sind essenziell, um den Technologietransfer zu beschleunigen und die Praxisrelevanz der Forschungsergebnisse zu erhöhen. Für Sachsen bedeutet dies, dass die bestehenden Netzwerke intensiviert und neue Kooperationen angestrebt werden sollten, um von den Bundesmitteln optimal zu profitieren.
- ⇒ **Fokus auf internationale Zusammenarbeit:** Ein weiterer wichtiger Befund ist die Förderung der internationalen Zusammenarbeit in der Energieforschung. Durch die Teilnahme an internationalen Projekten und Netzwerken können sächsische Forschungseinrichtungen Zugang zu globalem Wissen und zusätzlichen Ressourcen erhalten. Dies stärkt die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft der sächsischen Energieforschung.
- ⇒ **Unterstützung für KMU und Start-ups:** Die Bundesförderung adressiert gezielt die Bedürfnisse von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie Start-ups. Diese Unternehmen spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Implementierung neuer Technologien. In Sachsen sollten daher Maßnahmen ergriffen werden, um den Zugang von KMU und Start-ups zu Fördermitteln zu erleichtern und ihre Beteiligung an Forschungsprojekten zu erhöhen.
- ⇒ **Förderung von Reallaboren und Demonstrationsprojekten:** Die Bundesförderung unterstützt verstärkt Reallabore und Demonstrationsprojekte, um die Praxistauglichkeit neuer Technologien zu testen und deren Marktreife zu beschleunigen. Für Sachsen bietet dies die Gelegenheit, solche Projekte vor Ort zu initiieren und durchzuführen, um die Akzeptanz und Sichtbarkeit neuer Technologien sowie der sächsischen Energieforschungslandschaft zu erhöhen.

Die **Analyse der Bundesfördermittel im Bereich Energieforschung in Sachsen von 2017 bis 2021** zeigt klare Schwerpunkte und strategische Ausrichtungen (Abbildung 4).

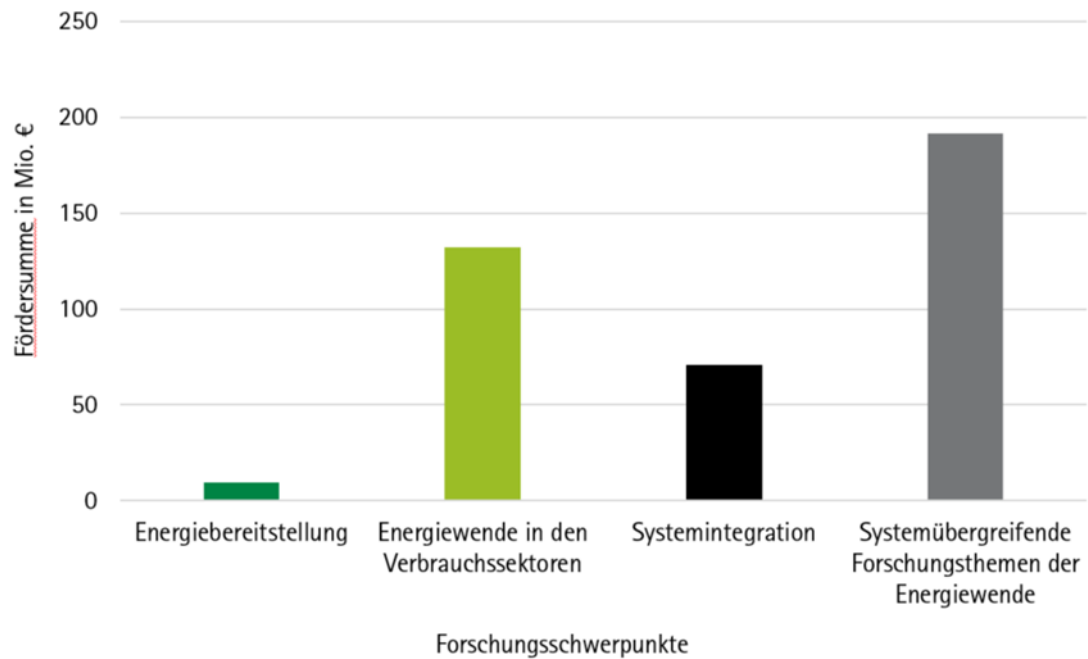


Abbildung 4: Höhe der Fördersummen aus Bundesmitteln nach Forschungsschwerpunkten im Zeitraum von 2017 bis 2021 (Fökat, Gepris)

Die **Forschungsförderung der Länder** analysiert der Projektträger Jülich (PtJ) im Rahmen seiner Tätigkeit für das Energieforschungsprogramm des BMWF. Gemäß Berichterstattung (2023) befindet sich der Freistaat Sachsen auf Platz 5 bzgl. der Aufwendungen der Länder für nicht-nukleare Energieforschung im Jahr 2021 (28,54 Mio. €; siehe Abbildung 5) und zählt damit auch weiterhin zu den forschungsstärksten Bundesländern im Bereich der Energieforschung aus Landesmitteln im Bundesvergleich.

Land	2017	2018	2019	2020	2021
Baden-Württemberg	44,10	38,30	63,62	78,66	67,98
Bayern	54,15	59,26	40,05	76,49	71,01
Berlin	3,89	4,36	4,62	11,86	3,48
Brandenburg	2,20	1,22	0,19	2,24	1,39
Bremen	1,35	2,22	1,75	3,94	17,30
Hamburg	17,29	16,81	16,63	16,87	17,11
Hessen	9,95	14,93	13,96	16,22	11,14
Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	14,77
Niedersachsen	17,15	14,22	19,40	87,86	135,62
Nordrhein-Westfalen	79,08	28,84	42,34	43,76	37,90
Rheinland-Pfalz	4,00	4,39	0,90	3,05	1,64
Saarland	2,77	1,53	1,52	1,06	1,28
Sachsen	26,04	22,66	27,29	28,46	28,54
Sachsen-Anhalt	9,45	1,94	2,71	3,94	6,52
Schleswig-Holstein	6,76	6,65	6,44	9,28	10,38
Thüringen	3,50	2,70	2,68	3,69	4,57
Gesamt	281,68	220,04	244,12	387,37	430,64

Abbildung 5: Aufwendungen der Länder für nicht-nukleare Energieforschung nach Ländern 2017 bis 2021⁴

Die Ländererhebung für das Jahr 2022 bestätigt den Bundesvergleich (Abbildung 6): Sachsen gehört erneut zu den sechs Bundesländern mit den höchsten Mittelaufwendungen für Vorhaben der Energieforschung.

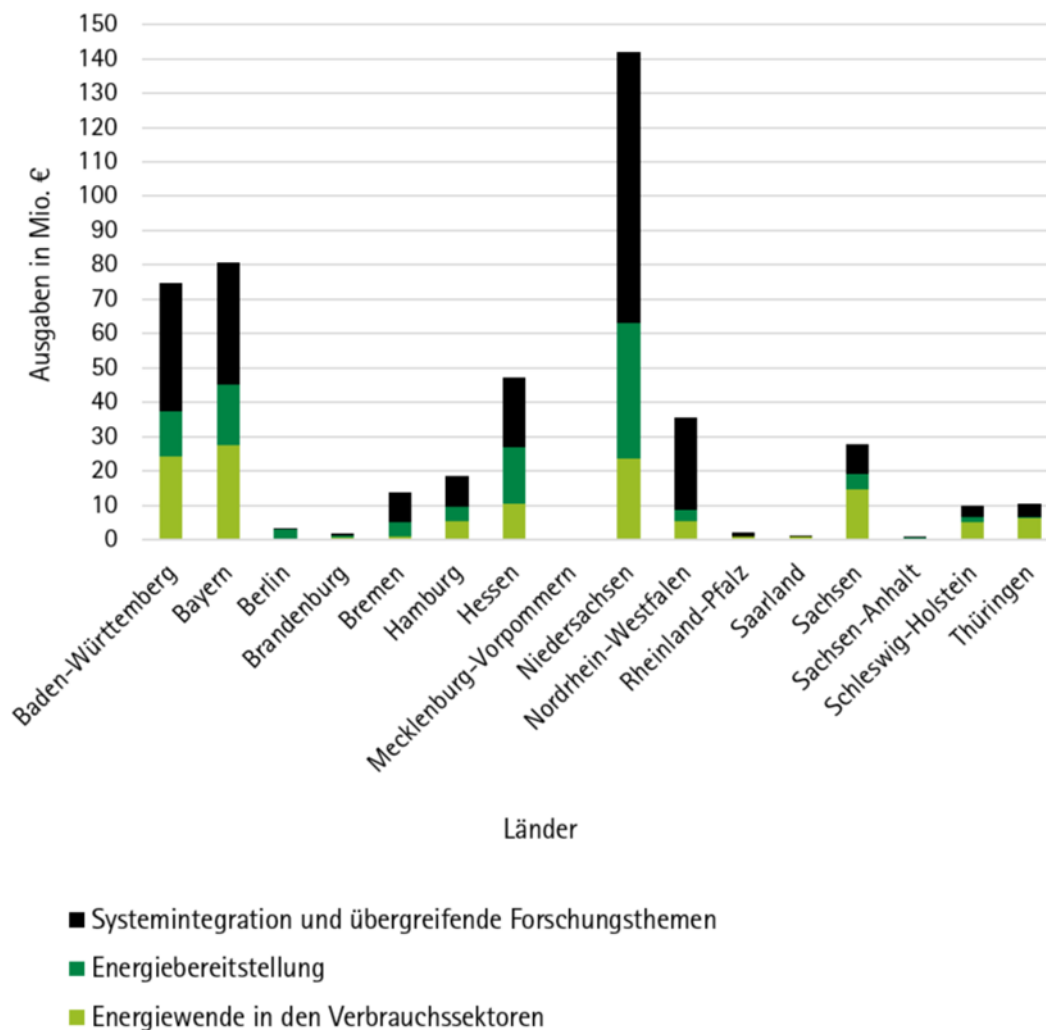


Abbildung 6: Analyse der im Haushaltsjahr 2022 getätigten Gesamtaufwendungen der Länder für nicht-nukleare Energieforschung⁶ (PtJ)

Sachsen hat im Beispieljahr 2022 insgesamt 27,9 Mio. Euro in die Energieforschung investiert. Die Aufwendungen verteilen sich auf die in Abbildung 7 dargestellten Themenfelder. Sie verdeutlichen die traditionellen Schwerpunkte und Kompetenzfelder der sächsischen Energieforschung.

⁶ Technologieklassifikation gemäß Länderbericht Energieforschung des BMWF in „**Energiewende in den Verbrauchssektoren**“ (Energieeffizienz in Gebäuden/Quartieren, Energieeffizienz in Industrie/Gewerbe/Handel, Energieeffizienz im Verkehr inkl. Elektromobilität, Sonstige), „**Energieerzeugung**“ (Erneuerbare Energietechnologien (Solarthermie und PV, Wind, Bioenergie, Geothermie, Meeresenergie, Wasserkraft, Sonstige), Thermische Kraftwerke und CO₂-Technologien) sowie „**Systemintegration und übergreifende Forschungsthemen**“ (Stromnetze, Energiespeicher, Wasserstoff, Brennstoffzellen, Energiesystemanalyse und -modellierung)

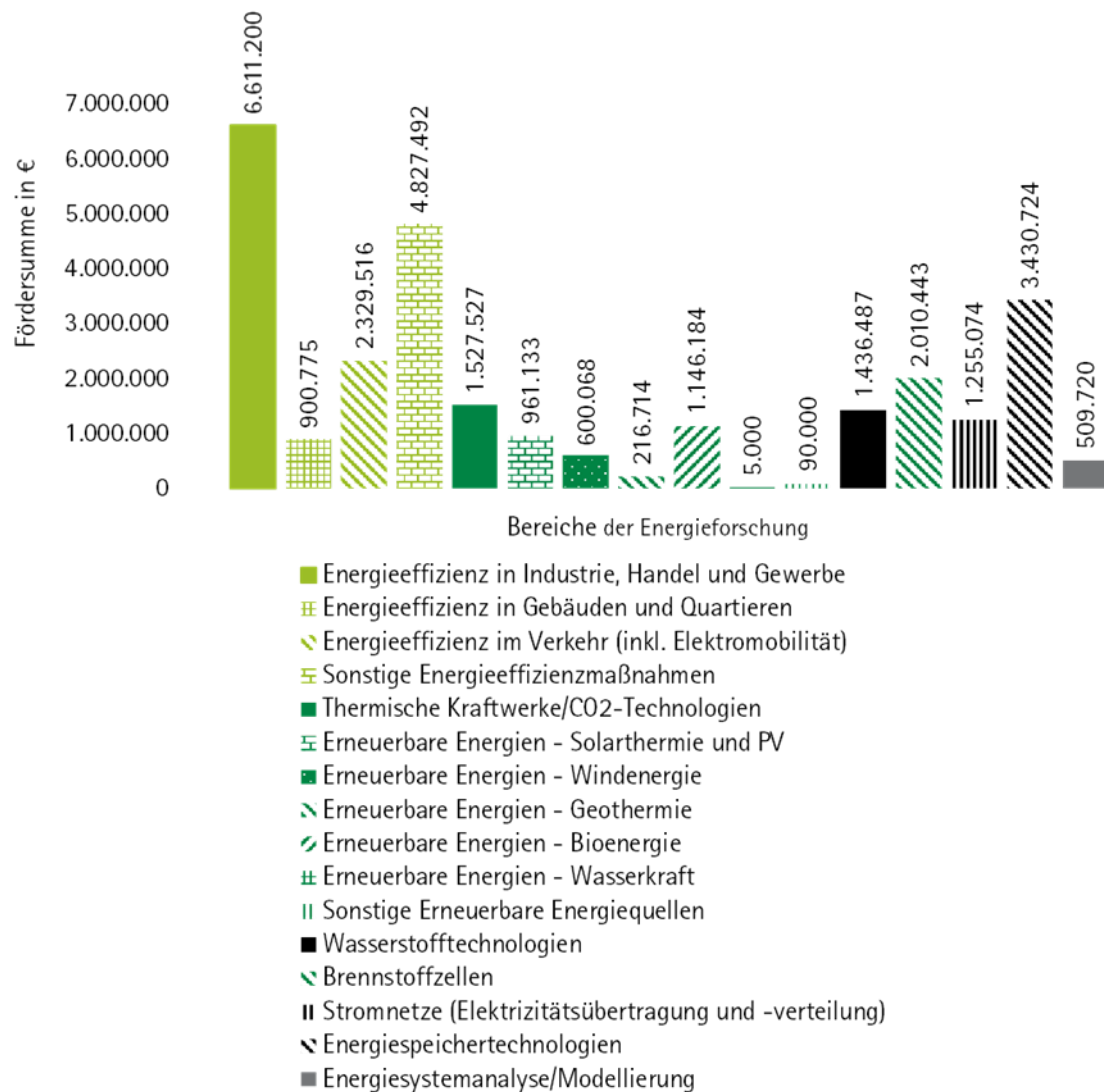


Abbildung 7: FuE-Aufwendungen Sachsen 2022 im Bereich Energieforschung (in Mio. EUR) (PtJ). Dies beinhaltet auch die von der SAB bewilligten Projektvorhaben entsprechend den Kategorien des jährlichen Bundesberichts Energieforschung.

Weiterhin wird im Rahmen der Analysen der Berichte zur „Förderung der nicht-nuklearen Energieforschung durch die Länder“ deutlich, dass die Fördermittel der Länder für die Energieforschung im Zeitraum von 2008 bis 2022 insgesamt signifikant gestiegen sind. Im Jahr 2022 beliefen sich die Gesamtaufwendungen der Länder auf über 470 Mio. Euro. Dieser Fakt spiegelt die zunehmende Bedeutung der Energieforschung auch auf Landesebene wider.

Die gesamtdeutschen Landesfördermittel wurden in verschiedene Technologiebereiche investiert, wobei die Schwerpunkte folgendermaßen verteilt sind:

- Systemintegration und übergreifende Forschungsthemen: Mit 235 Mio. Euro wurde der größte Teil der Mittel in diesen Bereich investiert, was die Bedeutung der Integration neuer Technologien in bestehende Energiesysteme unterstreicht.
- Wasserstofftechnologien: Mit 118 Mio. Euro ist dies ein bedeutender Schwerpunkt der Förderaktivitäten.
- Energieeffizienz im Verkehr: Für diesen Bereich wurden 59 Mio. Euro bereitgestellt.
- Energiespeichertechnologien: Hier flossen 45 Mio. Euro in die Forschung.

Neben der Förderdatenauswertung ist die Bewertung des **Patentgeschehens im Bereich der Energieforschung** ein Indikator für die Leistungsfähigkeit des Energieforschungsstandorts Sachsen. Die Daten für den Zeitraum 2015-2022 wurden nach den Forschungsschwerpunkten unterteilt (Abbildung 8), um Trends in der Patentaktivität zu identifizieren.

Die Analyse zeigt, dass der größte Teil der Innovationsaktivitäten auf die Energiewende in den Verbrauchssektoren sowie die Systemintegration und systemübergreifende Forschungsthemen konzentriert ist.

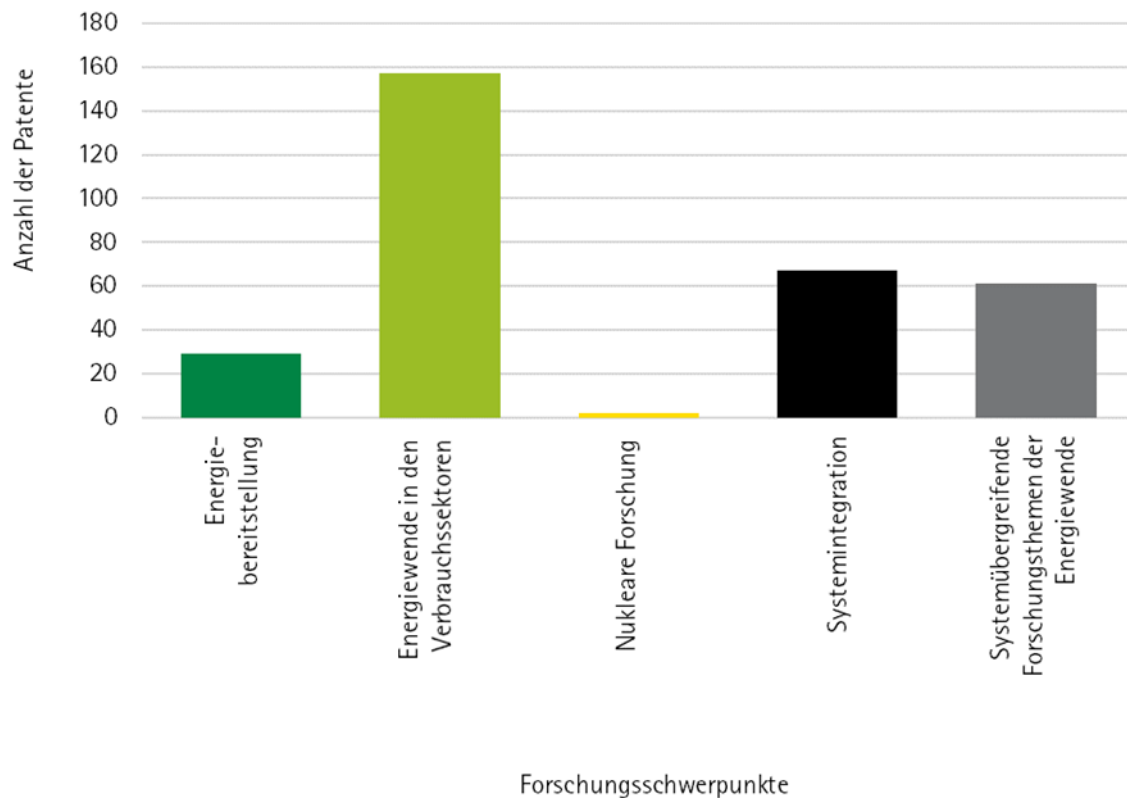


Abbildung 8: Anzahl sächsischer Patente nach Forschungsschwerpunkten im Zeitraum von 2015 bis 2022 (DEPATIS.net)

Neben Patenten gibt die Analyse des **Publikationsverhaltens** sächsischer Institutionen im Bereich der Energieforschung Einblicke in die wissenschaftliche Produktivität und die Forschungsschwerpunkte. Die ausgewerteten Daten stammen aus der Datenbank Scopus und decken den Zeitraum von 2000 bis 2023 ab. Neben einem Anstieg der Anzahl der Publikationen sächsischer Akteure im Kontext von Energieforschung wird deutlich, dass die darin thematisierten Forschungsschwerpunkte breit gefächert sind. Zu den dominierenden Themen gehören:

- ⇒ **Erneuerbare Energien:** Ein signifikanter Anteil der Veröffentlichungen befasst sich mit erneuerbaren Energietechnologien, insbesondere Photovoltaik, Windenergie und Bioenergie. Diese Themen spiegeln die Bemühungen wider, nachhaltige und umweltfreundliche Energiequellen zu entwickeln und zu optimieren.

- ⇒ **Energiespeicher:** Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt liegt auf wissenschaftlichen Publikationen zur Entwicklung und Verbesserung von Energiespeichersystemen. Dies umfasst Batterietechnologien, thermische Speicher und innovative Konzepte zur Speicherung erneuerbarer Energien.
- ⇒ **Energieeffizienz:** Forschungen zur Steigerung der Energieeffizienz in verschiedenen Sektoren, einschließlich Industrie, Verkehr und Gebäudetechnik, bilden ebenfalls einen bedeutenden Teil der wissenschaftlichen Veröffentlichungen.
- ⇒ **Wasserstofftechnologien:** Die Forschung im Bereich Wasserstoff als Energieträger hat in den letzten Jahren stark zugenommen und spiegelt sich auch im Publikationsgeschehen wider. Die Themenbreite umfasst die Produktion, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff sowie die Entwicklung entsprechender Infrastrukturen.

Ein signifikanter Teil der Anzahl an Publikationen resultiert aus internationalen Kooperationsaktivitäten. Im Vergleich zu anderen Bundesländern ist dieses Charakteristikum überdurchschnittlich stark ausgeprägt (auf einem ähnlichen Niveau wie in Baden-Württemberg und Bayern) und unterstreicht die Vernetzung sächsischer Forschungseinrichtungen mit globalen Partnern.

Die Zitationsrate sächsischer Veröffentlichungen ist beeindruckend, nur Bayern und Baden-Württemberg weisen noch höhere Kennzahlen auf. Sachsen platziert sich somit im oberen Drittel der Bundesländer, was sowohl die internationale Anerkennung als auch die wissenschaftliche Exzellenz der sächsischen Forschungseinrichtungen unterstreicht.

Die Analyse des Publikationsverhaltens in der Energieforschung in Sachsen zeigt eine hohe wissenschaftliche Aktivität bezogen auf die letzten drei Jahre, angeführt von der Technischen Universität Dresden mit einer Anzahl von über 5000. Weitere publikationsstarke Institutionen sind die Universität Leipzig und das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf mit jeweils etwa 2500 Veröffentlichungen. Die Technische Universität Chemnitz und das Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden tragen ebenfalls maßgeblich zum sächsischen Publikationsgeschehen in der Energieforschung bei.

Diese Institutionen konzentrieren sich auf Schlüsselbereiche wie erneuerbare Energien, Energiespeicherung und Energieeffizienz.

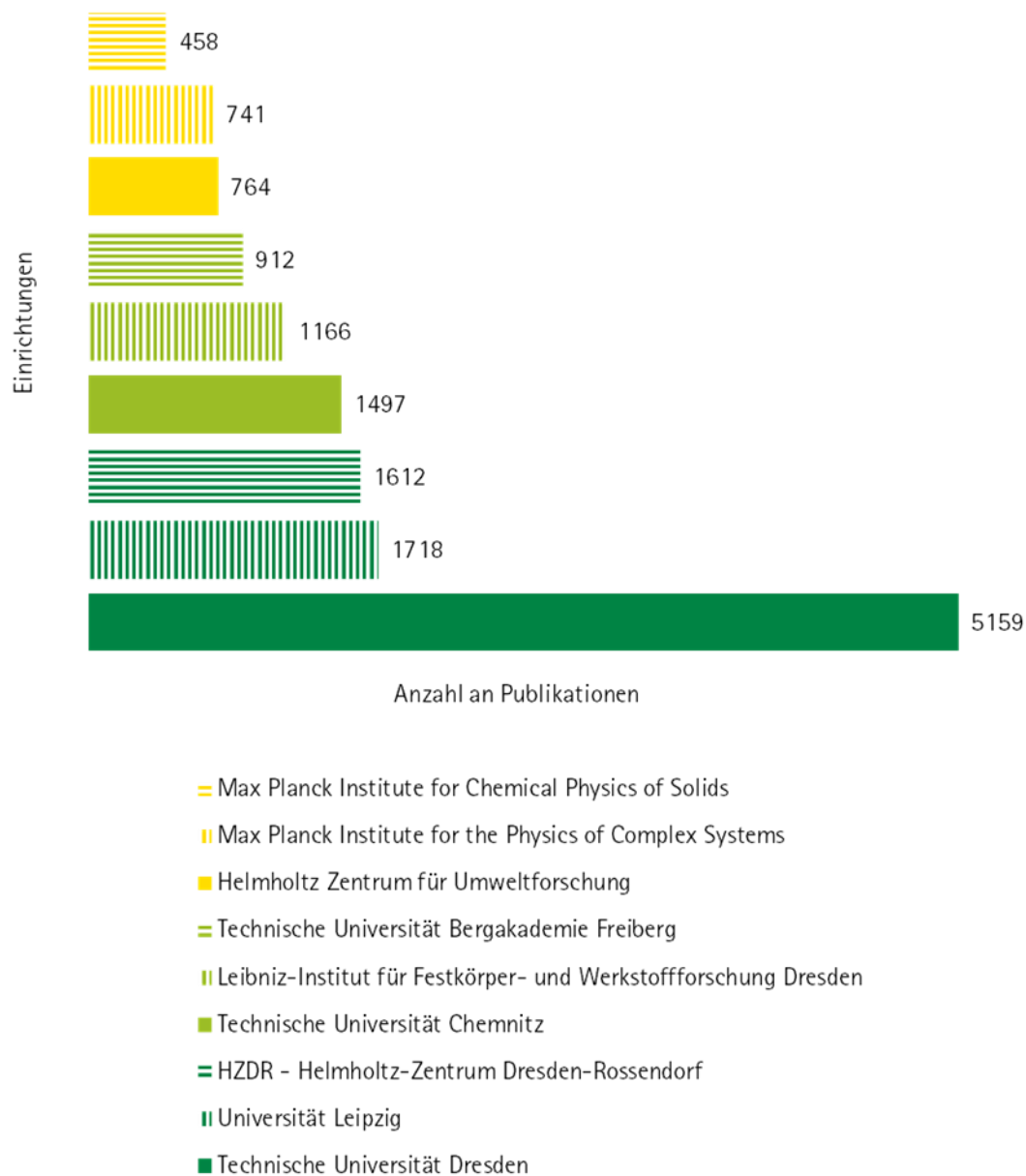


Abbildung 9: Publikationsaktivität sächsischer Forschungseinrichtungen und Institutionen im Zeitraum von 2000 bis 2023 (Scopus)

3.3 Thematische Bandbreite, Schwerpunkte und Trends

Die Befunde der Forschungsdatenanalyse zeigen spezifische Forschungsförderschwerpunkte in bestimmten Themenfeldern auf. Grundsätzlich ist jedoch hervorzuheben, dass an den wissenschaftlichen Einrichtungen im Freistaat Sachsen eine Expertise für die gesamte Bandbreite der Energieforschung vorhanden ist. Daher wurde im Diskurs mit und unter maßgeblicher Federführung eines begleitenden Expertengremiums ein Überblick über die aktuellen Forschungsgegenstände und Trends in allen Themenfeldern der Energieforschung (Energiewende in den Ver-

brauchssektoren (3.3.1), Energiebereitstellung (3.3.2), Systemintegration (3.3.3), Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende (3.3.4) sowie Nukleare Forschung (3.3.5)) erarbeitet. Wo immer zielführend, wurden sächsische Projekte oder Initiativen verlinkt, um auch auf diese Weise zur Sichtbarkeit sächsischer Forschungserfolge beitragen zu können. Die nachfolgende Darstellung ist als Summary zu verstehen. Eine ausführliche Darstellung befindet sich in Anhang 3.

3.3.1 Energiewende in den Verbrauchssektoren

Gebäude und Quartiere

Der Gebäudesektor trägt etwa ein Drittel zur Energienutzung und CO₂-Produktion bei. Die Energiewende stockt hier aufgrund einer bestehenden dezentralen und fossilen Wärmeversorgung sowie langer Erneuerungszyklen. Umstellungen auf regenerative Energieträger wie Wärmepumpen erfordern hohe Investitionen. Ein Mangel an technischem Verständnis und die Saisonalität der Nachfrage stellen weitere Herausforderungen dar.

Forschungsschwerpunkte in Sachsen sind

- ⇒ Energieeffizienzsteigerung und Verlustreduktion;
- ⇒ Lokale regenerative Energiequellen und die Vernetzung in und von Quartieren unter Nutzung einschlägiger Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT);
- ⇒ Beitrag von Wasserstofftechnologien und Brennstoffzellen zur CO₂-neutralen Versorgung der Haushalte.

Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Die Industrie in Sachsen, geprägt von vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen, strebt CO₂-Neutralität an. Die sächsische Energieforschung konzentriert sich in diesem Bereich auf:

- ⇒ Standortspezifische Umrüstkonzpte;
- ⇒ Nutzung dezentral bereitgestellter nachhaltiger Energie;
- ⇒ Sektorenkopplung und Energiespeicher;
- ⇒ CO₂-neutrale Elektrizität als zentrale Energieform;
- ⇒ Nutzung der DC-Technologie in Fabriken und Verteilnetzen, um Systemstabilität und Materialeffizienz zu verbessern.

Schnittstellen der Energieforschung zu Mobilität und Verkehr

Der Transportsektor verursacht ca. 20% des Energiebedarfs in Deutschland. Trotz aller Bemühungen Verkehre zu vermeiden, zu verlagern, Erreichbarkeiten mit kurzen Wegen zu schaffen oder den Rad- und Fußverkehr zu fördern, wird der Bedarf an motorisierter Mobilität von Personen sowie vor allem von Gütern aller Voraussicht nach weiter ansteigen. Die bisherigen Effizienzgewinne wurden damit bislang kompensiert. Klimaneutrale und effizientere Alternativen umfassen batterieelektrische Mobilität, Wasserstoffantriebe und e-fuels. Forschungsschwerpunkte in Sachsen sind:

- ⇒ Elektromobilität: Batterien für unterschiedliche Einsatzbereiche (möglicher Fokus auf langlebige, leistungsstarke, leichtgewichtige und schnell aufladbare Zellen), elektrische Antriebe, Fahrzeugsteuerungen;
- ⇒ Wasserstoffmobilität: Speicher- und Brennstoffzellensysteme;

- ⇒ Nutzung von e-fuels: Produktion synthetischer Kraftstoffe aus Wasserstoff und CO₂;
- ⇒ Infrastruktur: Integration von Fahrzeugen in klimaneutrale Energiesysteme, Tankstellen und Ladesäulen.

Der Innovationscluster HZwo e. V. in Sachsen verbindet Forschungseinrichtungen und Unternehmen, um insbesondere die Wasserstofftechnologien zu entwickeln und zu kommerzialisieren.

3.3.2 Energiebereitstellung

Photovoltaik

In Sachsen hat sich die Photovoltaik als etablierte Technologie entwickelt. Zahlreiche Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf internationalem Niveau sind in der Region ansässig. Diese Kooperationen erstrecken sich von den Grundlagenprozessen der Zelle über die Produktionstechnik bis hin zur Modulfertigung. Der wirtschaftliche Druck asiatischer Hersteller beeinflusst jedoch die gesamte Wertschöpfungskette der Photovoltaik. Aufgrund des verbesserten Preis-Leistungs-Verhältnisses ist ein starkes Wachstum der installierten Leistung im Niederspannungsnetz zu erwarten.

Windkraft

Auch die Windkraft ist eine etablierte Technologie, mit einem Trend zu leistungstärkeren und höheren Anlagen. In Sachsen besteht ein hoher Nachholbedarf bei der Errichtung neuer Anlagen. Wissenschaftliche Untersuchungen zielen auf die Akzeptanzsteigerung und die Entwicklung neuer Materialien für Rotoren ab.

Biomasse

Biomasse ist global der wichtigste erneuerbare Energieträger. In Sachsen spielt Bioenergie eine zentrale Rolle in der Energiewende. Forschungen konzentrieren sich auf die Flexibilisierung von Anlagen, Hybridlösungen im Wärmebereich und die Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe. Die systemische Kopplung von Biomasse- und strombasierten Technologien sowie die Nachhaltigkeitsbewertung bestehender und neuer Nutzungspfade sind ebenfalls zentrale Forschungsthemen.

(Tiefen-)Geothermie

Geothermie ist ein wichtiger Bestandteil der Energiesystemintegration in Deutschland und besonders für den Wärmemarkt relevant. In Sachsen gibt es Potenziale sowohl in der tiefen als auch in der oberflächennahen Geothermie. Schwerpunkte der Forschung liegen auf der hydrothermalen Nutzung, der Erkundung und Erschließung des Untergrundes sowie auf Technologien der hydraulischen Stimulation und Richtbohrungen. Stillgelegte Grubengebäude bieten zusätzliche Potenziale für die Wärmeversorgung und saisonale Speicherung.

3.3.3 Systemintegration

Stromnetze

Die steigende Anzahl von Anlagen für regenerative Energieträger und die zunehmende Elektrifizierung aller Sektoren führen zu technischen Herausforderungen und Engpässen in den Verteilnetzen. In Sachsen wird intensiv an den Voraussetzungen für eine gekoppelte, verträgliche und bezahlbare Energieinfrastruktur geforscht. Die Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- ⇒ Kurzfristig: Untersuchung der Netzbelastung und ihrer Auswirkungen, insbesondere im Bereich der Spannungshaltung, Speicherintegration und Netzverträglichkeit. Die Erweiterung aktueller Netzmodelle soll als digitaler Zwilling für Modellierungen dienen.
- ⇒ Mittelfristig: Internationale Kopplung europäischer Netze, speziell an den Grenzen Sachsens zu Polen und Tschechien. Dies erfordert rechtliche und technische Klärungen und erste Modellversuche, z. B. durch DC-Kopplung.
- ⇒ Langfristig: Entwicklung vernetzter und autarker Systeme unter Berücksichtigung steigender Cyber-Security-Anforderungen sowie eine integrierte Netzentwicklungsplanung (elektrische Energie, Gas, Wärme) zur effizienten Ressourcennutzung und Netzentwicklung, auch unter Einbeziehung von Gleichstromnetz-Erfahrungen aus der Industrie.

Stromspeicher

Die Speicherung elektrischer Energie ist essenziell für defossilisierte Energiesysteme. In Sachsen wird eine breite Palette an Speichertechnologien erforscht, insbesondere Batterien und Kondensatoren. Die Schwerpunkte liegen auf:

- ⇒ Material- und Zellentwicklung: Optimierung der Lithium-Ionen-Technologie und Erforschung neuer Zellchemien wie Lithium-Schwefel, Aluminium und Metall-Luft. Für stationäre Anwendungen werden auch Redox-Flow und Hochtemperaturbatterien untersucht.
- ⇒ Systemintegration: Insbesondere geht es um Entwicklung von Batteriesystemen für spezifische Anwendungen, unter Berücksichtigung der EU-Batterieverordnung;
- ⇒ Kreislaufwirtschaft: Dies umfasst innovative Ansätze zur Reparatur, Wiederverwendung und Recycling von Batterien, um eine ressourceneffiziente und nachhaltige Nutzung zu gewährleisten.

Beispielprojekte in Sachsen sind das EU-Projekt METALLICO zur Resilienz der Wertschöpfungskette kritischer Rohstoffe und RegioRec zur Förderung der Recyclingfähigkeit von Batterien.

Energiespeicherung durch chemische Konversion

Die Langzeitspeicherung regenerativer Energie durch chemische Konversion (Power-to-X) ist ein weiterer Forschungsschwerpunkt in Sachsen. Hierbei wird elektrische Energie in speicherbare Stoffe wie Methanol, Ammoniak oder synthetische Treibstoffe umgewandelt. Die Forschung konzentriert sich auf:

- ⇒ Wasserelektrolyse: Entwicklung effizienter Elektrolyseure für die Produktion von Wasserstoff;
- ⇒ Produktion: Umwandlung von Wasserstoff in lagerfähige Kohlenwasserstoffe und andere Derivate, die verschiedene Sektoren koppeln können. Expertise besteht insbesondere in der Entwicklung von Katalysatoren und Reaktoren;
- ⇒ Nutzung: Integration fluktuierender Energiequellen in den Verkehrssektor, die Industrie und die Stromerzeugung. Sachsen hat hier großes Potenzial in der Material- und Systementwicklung.

Wasserstofftechnologien

Sachsen fokussiert auf die Massenproduktion von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen, effiziente Wasserstoffproduktion und -speicherung sowie die Integration in bestehende Infrastrukturen. Materialforschung und die Entwicklung neuer Komponenten für Brennstoffzellen sind ebenfalls zentral.

Sektorenkopplung

Die Kopplung der Sektoren Energie, Wohnen und Mobilität ist ein vielversprechender Ansatz zur Förderung nachhaltiger Lösungen. In Sachsen wird intensiv an neuen IKT-Lösungen geforscht, die innovative Abrechnungsmodelle und KI-unterstützte Steuerungen umfassen. In der industriellen Produktion wird durch Sektorenkopplung eine effiziente Energienutzung angestrebt, indem Energiespeicher und -wandler in Verbindung mit Produktionsanlagen integriert werden.

3.3.4 Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende

Energiesystemanalyse

Die Energiesystemanalyse ist ein zentrales Element für die Entwicklung umfassender Energiestrategien. Sie ermöglicht eine detaillierte Bewertung der bestehenden Energiesysteme, indem sie Energiequellen, -infrastrukturen und -technologien untersucht. Diese Analyse hilft dabei, Trends zu erkennen, Engpässe zu identifizieren und Effizienzsteigerungen vorzuschlagen. Zudem unterstützt sie die strategische Planung im Energiesektor, indem sie die Kosten und Nutzen verschiedener Energieszenarien bewertet und Investitionsmöglichkeiten aufzeigt, die ökonomische und ökologische Vorteile bieten.

In Sachsen liegt ein Forschungsschwerpunkt auf der Entwicklung und Anwendung techno-ökonomischer Modelle und quantitativer Methoden zur Entscheidungsunterstützung in der Energiewirtschaft. Hierzu gehören Projekte zur Integration erneuerbarer Energien, zur langfristigen Entwicklung von Energiemärkten und -preisen, zur Gestaltung der Strommärkte, zum Netzausbau, zu Netzentgelten und zur EEG-Umlage sowie zu Flexibilitätsoptionen im Elektrizitätssystem.

CO₂-Technologien für die Energiewende

Sachsen engagiert sich intensiv in der Erforschung von CO₂-Technologien:

- ⇒ Carbon Capture and Storage (CCS): Diese Technologie zielt darauf ab, CO₂ aus industriellen Prozessen abzuscheiden, zu komprimieren und in unterirdischen Formationen zu speichern. Forschungsprojekte konzentrieren sich auf die Entwicklung und Optimierung von Abscheideverfahren, die Bewertung geeigneter Lagerstätten und die Überwachung der Langzeitintegrität der Speicher.
- ⇒ Carbon Capture and Utilization (CCU): Hier wird abgeschiedenes CO₂ als Rohstoff für Produkte genutzt. Dadurch wird fossile Energie ersetzt und die Kohlenstoffextraktion verringert. In Sachsen werden Technologien zur Umwandlung von CO₂ in nutzbare Produkte sowie deren ökonomische und ökologische Bewertung erforscht.
- ⇒ CO₂-Transport: Forschungsaktivitäten fokussieren sich auf die Optimierung von Pipelines und Transportinfrastrukturen, um CO₂ effizient zu Speicherstätten zu transportieren.
- ⇒ Kopplung von CCU und CCS: Die Rückgewinnung und Nutzung von CO₂ zur Herstellung langlebiger Produkte trägt zur Reduktion der atmosphärischen CO₂-Emissionen bei.

Ressourceneffizienz für die Energiewende

Die Energiewende erfordert nachhaltige Ressourcennutzung, insbesondere bei strategisch wichtigen Rohstoffen wie Kobalt, Lithium und seltenen Erden. Der Freistaat setzt auf die Verbesserung der Material- und Ressourceneffizienz und die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft. Das Innovationscluster Circular Saxony koordiniert die Forschung zu Ressourceneffizienz und Rohstoffrückgewinnung, um die Energiewende voranzutreiben. Auch der Kohlenstoff aus regenerativen Quellen wird zunehmend wichtig, insbesondere für die chemische Industrie. Die Energieforschung untersucht hier die Bereitstellung, Bilanzierung und Rückgewinnung regenerativer Kohlenstoffquellen.

Materialforschung für die Energiewende

Die Materialforschung in Sachsen deckt die gesamte Kette von der Grundlagenforschung bis zur angewandten Forschung ab. Es werden Werkstoffe entwickelt, die spezifische funktionelle Eigenschaften erfüllen und für konstruktive Anwendungen geeignet sind. Ziel ist es, sowohl die Funktionalität der Werkstoffe als auch deren ressourcenschonende Herstellung und Recyclingfähigkeit zu optimieren.

Internationale Kooperationen und Nachhaltigkeit

Sachsen spielt eine wichtige Rolle in der internationalen Energieforschung. Die sächsische Forschung berücksichtigt auch die Bedürfnisse des Globalen Südens, um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern. Projekte wie das „Ressourcen-Nexus-Modell in der Lausitz“ des Dresdner Standorts der Hochschule der Vereinten Nationen UNU-FLORES sollen weltweit als Beispiel für den Kohleausstieg und die regionale Transformation dienen.

3.3.5 Nukleare Forschung

Die nukleare Forschung im Freistaat Sachsen spielt eine wesentliche Rolle in der Sicherstellung einer nachhaltigen, sicheren und effizienten Nutzung von Kernenergie weltweit. Die Forschungsschwerpunkte fokussieren sich gegenwärtig auf die vier Hauptthemen Reaktorsicherheitsforschung, Entsorgungs- und Endlagerforschung, Strahlenforschung sowie Fusionsforschung.

- ⇒ **Reaktorsicherheitsforschung:** Der Beitrag des Freistaats Sachsen ist die Beurteilung und Verbesserung der Sicherheitseigenschaften der im Ausland in Betrieb, in Bau oder in Planung befindlichen Anlagen, was angesichts der kerntechnischen Entwicklungen insbesondere in Polen und Tschechien notwendig ist.
- ⇒ **Entsorgungs- und Endlagerforschung:** Die Entsorgungs- und Endlagerforschung in Sachsen widmet sich der sicheren und dauerhaften Lagerung radioaktiver Abfälle. Forschungseinrichtungen untersuchen hierbei sowohl technologische als auch geologische Aspekte der Endlagerung.
- ⇒ **Strahlenforschung:** Die Strahlenforschung in Sachsen befasst sich mit den Auswirkungen ionisierender Strahlung auf Menschen und Umwelt sowie der Entwicklung von Schutzmaßnahmen. Ein Schwerpunkt liegt auf der medizinischen Anwendung von Strahlung und der Erforschung strahlenbiologischer Effekte.

- ⇒ **Fusionsforschung:** Die Fusionsforschung in Sachsen strebt die Nutzung der Kernfusion für die saubere und nahezu unerschöpfliche Bereitstellung von Energie an. Forschungseinrichtungen konzentrieren sich auf die Entwicklung und Optimierung von Fusionsreaktoren und die Lösung technischer Herausforderungen wie der Plasmakontrolle und Materialbelastung.

3.4 Fachkräftebedarfe im Energiesektor

Der Fachkräftemangel ist für die Energieforschung in Sachsen eine doppelte Herausforderung. Einerseits erfordern exzellente Ergebnisse in der Forschung eine hinreichende Anzahl hervorragender Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des unmittelbaren Faches sowie verwandter Fachgebiete. Hochkomplexe Fragestellungen und Herausforderungen z. B. in der Energiesystemplanung mittels sektorenübergreifender Technologien sind ohne Inter- und Transdisziplinarität – und insbesondere ohne Kompetenzen in der Digitalisierung – nicht zu denken.

Andererseits erfordert die Umsetzung der energetischen Transformationen eine ausreichende Anzahl qualifizierter Fachkräfte, die sowohl im akademischen als auch im nicht-akademischen Bereich tätig sind. Der Transformationsprozess hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung stellt hohe Anforderungen an die Expertise in technischen, wissenschaftlichen und handwerklichen Berufen. In der 2019 veröffentlichten Fachkräftestrategie für den Freistaat Sachsen wurde herausgestellt, dass in den technischen Berufen ein Fachkräftemangel auf Ebene der Ingenieure sowie bei den gewerblichen Fachkräften sichtbar wird, was u.a. auf die Bereiche Energie und Elektrotechnik sowie die technische Forschung und Entwicklung zutrifft. In einer Studie des „Cluster Dekarbonisierung der Industrie (CDI)“ weist eine Mehrheit der Unternehmen auf zu wenige qualifizierte Bewerberinnen und Bewerber auf Fachstellen hin.⁷

Die sächsischen Hochschulen, Universitäten und Bildungsakademien bilden jährlich zahlreiche akademische Fachkräfte in Bereichen wie Energietechnik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Informatik und Umweltwissenschaften aus. Dennoch bleibt der Bedarf an hochqualifizierten Fachkräften in Schlüsselbereichen der Energiewirtschaft und -forschung groß. Hinzu kommt, dass die Studierendenzahlen in den MINT-Studienfächern seit Jahren rückläufig sind. Parallel dazu sind nicht-akademische Fachkräfte wie Techniker, Mechatroniker, Elektroniker und Facharbeiter im Handwerk unverzichtbar für die praktische Umsetzung von Energietechnologien.

Der primäre Fokus der Energieforschung liegt jedoch in der Forschung zu relevanten Themen und Fragestellungen sowie in der Entwicklung entsprechender Lösungen und Anwendungen für den Energiesektor. Die Ausbildung und Bereitstellung von Fachkräften für die Energiewirtschaft ist Bestandteil der akademischen und nichtakademischen Aus- und Weiterbildungsangebote der sächsischen Hochschulen und Träger der beruflichen Bildungsangebote.

⁷ Vgl. Cluster Dekarbonisierung der Industrie (CDI), 2023: Fachkräfte für die Dekarbonisierung der Industrie Qualifizierungsbedarf und Handlungsempfehlungen, 2019 <https://www.cluster-dekarbonisierung.de/files/standard/upload/sub-sites/mediathek/CDI%20Studie%20Fachkraefte%20fuer%20die%20Dekarbonisierung%20der%20Industrie.pdf>.

4 Strategische Empfehlungen

Um den Herausforderungen der Energiewende erfolgreich zu begegnen, sind die nachfolgend aufgeführten Empfehlungen als **Richtschnur für das Handeln aller an der Energieforschung in Sachsen beteiligten Akteure** zu verstehen. Alle Empfehlungen stehen im Einklang mit den forschungspolitischen Leitlinien des „**Weißbuches für die Forschung in öffentlichen Wissenschaftseinrichtungen im Freistaat Sachsen**“.

Mit Blick auf die zukünftigen Herausforderungen der Energiewende ist klar, dass diese nur durch das Zusammenspiel verschiedener Disziplinen gemeistert werden können. **Inter- und Transdisziplinarität** sind daher in der Energieforschung prägend und sollten in der Konzeption von Forschungsvorhaben umfassend berücksichtigt und in der Umsetzung gelebt werden.

Ebenso sind **Forschende entlang der gesamten Innovationskette** – von der Grundlagenforschung über die anwendungsorientierte Forschung bis hin zum nachfolgenden Transfer – für die Bearbeitung relevanter energieforschungsbezogener Fragestellungen zuständig. Ein wechselseitiges Zusammenwirken im Rahmen von Forschungsvorhaben ist erforderlich.

Der umfassende Beteiligungsprozess zur Herleitung der Empfehlungen bestätigt, dass die sächsische Energieforschung nicht nur breit und exzellent aufgestellt ist, sondern auch die Vielzahl an und austarierten Angeboten der Forschungsförderprogramme der EU und des Bundes sowie solche des Freistaats umfassend nutzt. Grundsätzliche Förderlücken werden seitens der Forschenden nicht benannt.

Weiterhin wird an dieser Stelle betont, dass die Energieforschung im Freistaat Sachsen **themen- und technologieoffen** ist. Die in Kapitel 3.3 (bzw. in der Langfassung in Anhang 3) dargestellten Forschungsschwerpunkte und -trends bilden thematische Impulse für die künftige Ausrichtung und Bewertung von Energieforschungsvorhaben in Sachsen ab. Ziel der Forschungsaktivitäten muss es sein, die internationale Entwicklung maßgeblich mitzugestalten bzw. international anschlussfähig zu bleiben sowie die europäische und internationale Kooperation zu unterstützen und auszubauen.

Die nachfolgenden Leitlinien sollen einen Beitrag dazu leisten und sind das Ergebnis der Diskussion und Verdichtung von Ergebnissen aus Befragungen, Datenerhebungen, Gesprächen sowie der Spiegelung mit dem begleitenden Expertengremium. Die Schwerpunkte liegen in den kommenden Jahren auf der weiteren Verstärkung der Vernetzung sowie auf einer umfassenden Kommunikation der Inhalte und Ergebnisse von Energieforschungsaktivitäten.

4.1 Weiterentwicklung der Kompetenzstelle Energieforschung

Die aus den Empfehlungen des „Masterplan Energieforschung in Sachsen“ (2018) entstandene **Kompetenzstelle Energieforschung**, derzeit angesiedelt bei der SAENA GmbH, soll entsprechend der nachfolgenden Kapitel weiterentwickelt werden. Aufgrund finanzieller Sparmaßnahmen auf Landesebene muss zumindest mittelfristig eine Priorisierung im Aufgabenspektrum der Kompetenzstelle Energieforschung erfolgen. Der Fokus muss daher zunächst auf dem Transfer von Wissen und Technologien in sächsische KMU liegen.

Langfristig sollte die Kompetenzstelle Energieforschung als eine zentrale Akteurin den kontinuierlichen und **zielgerichteten Austausch zwischen Politik, Forschung und Wirtschaft** ermöglichen. Ihre Schwerpunkte sollten sein:

- die Vernetzung von Forschungseinrichtungen miteinander und mit Unternehmen;
- **dabei vor allem die strategische Bearbeitung des Themas „Transfer von Forschungsergebnissen in die praktische Anwendung“** im Sinne der Identifikation, Initiierung und Begleitung von Transferprojekten.

Ihr umfangreiches Dienstleistungsportfolio (u.a. Begleitung von Forschungs- und Transferprojekten, Verbreitung von Best Practice-Beispielen, Ansprechstelle für den Transfer von Energieforschungsprojekten) ist derzeit nicht in allen Teilen der Akteurslandschaft bekannt. Damit wird es nicht ausreichend genutzt. Dies sollte durch eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit verbessert werden.

4.2 Stärkere Vernetzung mit anderen Forschungsschwerpunkten

Die **Vernetzung der Energieforschung mit anderen Forschungsschwerpunkten in Sachsen** bietet eine wichtige Möglichkeit, Synergiepotenziale zu heben und Alleinstellungsmerkmale zu erzeugen. Durch die Verknüpfung der Energieforschungslandschaft mit sächsischen Initiativen aus verschiedenen Bereichen können innovative Lösungsansätze entwickelt und die Wettbewerbsfähigkeit des Freistaats weiter gestärkt werden.

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt in Sachsen ist die **Mikroelektronik**, vertreten durch das Netzwerk Silicon Saxony. Dabei geht es im Wechselspiel mit der Energieforschung nicht nur um die Integration von Mikroelektroniklösungen, bspw. zur Steigerung der Effizienz von Energiebereitstellungs- und Speichertechnologien, die Entwicklung smarter Energiemanagementsysteme oder die Weiterentwicklung von Leistungselektronik als zentrale Querschnittstechnologie der Elektronik. Vielmehr muss das Thema **Klimaschutz** vor dem Hintergrund eines stetig steigenden Energiebedarfs durch die rapide zunehmende Nutzung von **Anwendungen der Künstlichen Intelligenz** (Stichwort: nachhaltiger Betrieb von Rechenzentren) und der voranschreitenden **Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft** einen höheren Stellenwert einnehmen. Die **interdisziplinäre Forschung an** Fragestellungen zur Lösung dieser Herausforderung erfordert eine zukünftig noch deutlich engere Kooperation der Forschungs- bzw. Wirtschaftsbereiche.

Eine weitere Möglichkeit für ein sächsisches Alleinstellungsmerkmal in der Forschung bietet sich durch eine intensive Kooperation mit Forschenden des Themenfeldes **Rohstoff- und Kreislaufwirtschaft**, in Sachsen u.a. repräsentiert durch das Innovationscluster Circular Saxony. Die Entwicklung von innovativen Kreislaufwirtschaftskonzepten im Energiebereich kann dazu beitragen, Ressourcen effizienter zu nutzen und die Nachhaltigkeit der Energiesysteme zu erhöhen.

Durch die enge Zusammenarbeit und Vernetzung der Energieforschung mit derartigen, spezifisch sächsischen Forschungsschwerpunkten kann Sachsen seine Position als führender Innovationsstandort weiter ausbauen und dazu beitragen, zukunftsweisende Lösungen für die Herausforderungen im Energiesektor zu entwickeln.

4.3 Sichtbarkeit der Energieforschung und ihr Beitrag zur Wahrnehmung und Akzeptanz von Energieinnovationen

Sichtbare Forschungserfolge und erlebbare innovative Technologien sind ein wichtiger Beitrag, um die Akzeptanz neuer Technologien in der Gesellschaft zu verbessern. Gleichzeitig können Forschungsgruppen und -einrichtungen über eine verstärkte Sichtbarkeit ihrer Expertise und Leistungen ihre Chancen auf Beteiligung in Forschungsprojekten oder Zugang zu Unternehmen für Transferprojekte erhöhen.

Für eine verstärkte öffentliche Wahrnehmung der sächsischen Energieforschung scheinen folgende Maßnahmen sinnvoll:

a. Informationen bündeln und zugänglich machen

Zentraler Anlaufpunkt sollte hier die **Kompetenzstelle Energieforschung** sein. Das onlinebasierte Informationsportal der Kompetenzstelle Energieforschung sollte die **zentrale Informationswebseite zur Energieforschung in Sachsen** darstellen und so allen Interessierten einen umfassenden und leicht zugänglichen Überblick zu Unterstützungsinitiativen, Förderprogrammen, Beratungsstellen, Projekten⁸ und Veranstaltungen geben. Eine wechselseitige Verlinkung zur Webseite des SMWK ist ratsam, um Interessierte einfach und zielsicher weiterzuleiten.

b. Nutzung innovativer Kommunikationskonzepte

Der Einsatz **innovativer Formate** ist für die **Wissenschaftskommunikation** unerlässlich und sollte integraler Bestandteil der Forschungsaktivitäten sein und projektbegleitend mitgedacht werden. Sie sollen die **Sichtbarkeit der Forschungsergebnisse erhöhen** und die **Innovationskraft der Energietechnologien erlebbar machen**. Indem Forschungsergebnisse und technologische Neuerungen anschaulich und verständlich präsentiert werden, kann die breite Öffentlichkeit besser informiert und einbezogen werden.

Ein wesentlicher Aspekt dieser Kommunikationsstrategie ist die **Akzeptanz energietechnischer Innovationen**. Wenn die Vorteile, Funktionsweisen sowie der Nutzen neuer Technologien erkannt werden, wächst die Bereitschaft, diese Technologien zu akzeptieren und anzuwenden. So können mögliche Vorbehalte abgebaut und Missverständnisse vermieden werden. Insbesondere in einer Zeit, in der sich technologische Entwicklungen beschleunigen, ist es wichtig, umfassend über die Vor- und Nachteile sowie die Möglichkeiten neuer Technologien zu informieren. Ansätze dieser Formate sind bspw.:

- **„Die Lange Nacht der Wissenschaften“** (in verschiedenen sächsischen Städten wie Dresden, Freiberg, Chemnitz und Leipzig),
- **„Wissenschaftsforen“** (z.B. COSMO-Wissenschaftsforum in Dresden),
- **Science Slam Formate** (z.B. Dresden Science Slam),
- **Podcasts** (z.B. „YOU ASK we explain“ der TU Dresden),

⁸ Eine Möglichkeit stellt die Veröffentlichung von **Projektsteckbriefen** zu laufenden und abgeschlossenen Forschungsvorhaben als wichtige Orientierungshilfe für in Sachsen erforschte Themen, Kompetenzen und potenzielle Ansprechpersonen dar. Beispielsweise werden bewilligte Projekte aus der Landesforschungsförderung TG 70 des SMWK auf der Webseite des SMWK übersichtlich präsentiert und so eine Sichtbarkeit für Forschungsaktivitäten in Sachsen geschaffen. Eine derartige Übersicht sollte ressortübergreifend für Forschungsvorhaben der Energieforschung in Sachsen auf der zentralen Informationsplattform eingebettet werden.

- **Science Cafés** (z. B. Science Café Leipzig).

Derartige Konzepte sollten auf die Energieforschung übertragen bzw. zu spezifischen Themen der Energieforschung umgesetzt und genutzt werden, um einen offenen Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft zu fördern. Interaktive und zugängliche Formate tragen dazu bei, komplexe wissenschaftliche Themen, aktuelle Forschungsfelder und -ergebnisse einem breiten Publikum näherzubringen.

Darüber hinaus könnten interaktive Ausstellungen, Workshops und die Demonstration von Energietechnologien dazu beitragen, die Forschungsarbeit greifbar und nachvollziehbar zu machen. Der **Energy Saxony Summit** des Energy Saxony e. V. oder auch die von futureSAX ausgerichtete **Sächsische Innovationskonferenz** bieten ideale Gelegenheiten, um Projekte einem breiten Publikum vorzustellen. Eine entsprechende Schirmherrschaft des SMWK oder anderer Ressorts für einen eigenen Themenblock sind denkbar und könnten die Sichtbarkeit und Bedeutung der Energieforschung in Sachsen zusätzlich hervorheben. Solche Maßnahmen würden nicht nur den Austausch und die Vernetzung zwischen Forschenden, Unternehmen und politischen Entscheidungsträgern fördern, sondern auch die Erfolge und Innovationen im Bereich der Energieforschung bekannter machen und weiter vorantreiben.

c. Leuchtturmprojekte hervorheben

Leuchtturmprojekte der Energieforschung sind von fundamentaler Bedeutung, um die Sichtbarkeit und Anerkennung von Kompetenzen und Forschungserfolgen zu steigern. Sie helfen, Forschungsergebnisse und technologische Fortschritte einer breiten Öffentlichkeit sowie politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern zu präsentieren.

Damit dienen Leuchtturmprojekte als herausragende Beispiele für innovative und nachhaltige Lösungen, die das Potenzial haben, die Energiewende aus Sachsen heraus voranzutreiben und neue Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten für nachhaltige und gut bezahlte Arbeitsplätze in der Region zu generieren. Insofern stärken Leuchtturmprojekte die Position sächsischer Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen im internationalen Wettbewerb.

In diesem Kontext ist eine Mitwirkung sächsischer Akteure an **Reallaboren der Energiewende** ausdrücklich seitens des Freistaats erwünscht. Eine Verabschiedung des in Erarbeitung befindlichen „Gesetzes zur Förderung von Reallaboren“ des BMWF sollte zum Anlass genommen werden, interessierte Institutionen zusammenzubringen und in einer geeigneten Vernetzungsveranstaltung (beispielsweise organisiert durch die Kompetenzstelle Energieforschung) zu den Förderbedingungen zu informieren.

d. Energieforschung in Kampagnen integrieren

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Energieforschung als festen Bestandteil in bestehende **Kampagnen**, wie z. B. die SPIN 2030, aufzunehmen. Dadurch können Reichweite und Aufmerksamkeit deutlich erhöht werden. Es ist wichtig, nicht nur über die Forschungsthemen selbst zu informieren, sondern auch die beteiligten Institutionen, deren Veranstaltungen und Aktivitäten sowie individuelle Akteure ins öffentliche Licht zu rücken, um ein umfassendes Bild der Energieforschung in Sachsen zu vermitteln.

4.4 Fachkräfte für den Energiesektor gewinnen

Der Mangel an Fachkräften beschränkt sich nicht auf den Energiebereich, sondern er besteht in zahlreichen Wirtschafts- und Industriebranchen. Die entsprechenden Anforderungen in Bezug auf ein hohes Verständnis an technologischen und interdisziplinären Zusammenhängen ist außerdem ein allgemeines Kennzeichen zahlreicher MINT-Sektoren. Hierzu stehen die sächsischen Hochschulen mit Wirtschafts- und Industrieverbänden, Unternehmen oder den Handwerks- sowie Industrie- und Handelskammern in engem Austausch. Die Sächsische Staatsregierung beschäftigt sich mit strategischen Aspekten der Fachkräftesicherung ganzheitlich im Rahmen der Fachkräftestrategie 2030. Die Partner der Fachkräfteallianz und weitere Akteure werden an der Aktualisierung der Strategie beteiligt.⁹

a. Wissenstransfer aus der Energieforschung in Bildungsprojekte und -initiativen

Die **Nutzbarmachung und Überführung von Ergebnissen der sächsischen Energieforschung in Bildungsmaßnahmen** ist von entscheidender Bedeutung und sollte in allen drei Bildungsebenen – schulische Bildung, berufliche Bildung und akademische Bildung – gedacht und adressiert werden. Es ist von essenzieller Wichtigkeit, den Nachwuchs bereits in jungen Jahren für forschungsrelevante Themen (insbesondere in den MINT-Fächern¹⁰), auch im Kontext der Energiewende, zu sensibilisieren. Eine frühzeitige Auseinandersetzung mit diesen Themenbereichen trägt nicht nur zur Entwicklung eines umfassenden Verständnisses für die komplexen Herausforderungen im Energiesektor bei, sondern dient auch als Grundlage für zukünftige Innovationen und Lösungsansätze.

Die **Integration von Energieforschung in Bildungsmaßnahmen** kann als ein wichtiger Baustein zur Adressierung des Fachkräftemangels im Energiesektor betrachtet werden. Beispielsweise können Schülerinnen und Schüler durch die **Konzeption spezieller schulischer Angebote** (z. B. in Analogie zum Fabmobil – eine „fahrende Digitalwerkstatt für Sachsen“) unmittelbar an Forschungsaktivitäten teilhaben und praxisnah erfahren, wie Energietechnologien entwickelt und angewendet werden.

Darüber hinaus sind **Kooperationen zwischen Bildungseinrichtungen und Forschungsinstitutionen** von großer Bedeutung, um den Wissenstransfer zwischen beiden Bereichen zu fördern. Ein Beispiel hierfür ist die Vortragsreihe der TU Dresden für Schülerinnen und Schüler, die ihnen Einblicke in aktuelle Forschungsprojekte und -ergebnisse im Bereich der Energieforschung bietet.

Ein aktuelles Beispiel für die Umsetzung dieser Strategie ist die Initiative des HZwo e. V., die die Wasserstoffbildung an sächsischen Schulen unterstützt. Diese Maßnahme zeigt, wie Forschungsaktivitäten gezielt in den Bildungsbereich überführt werden können, um das Verständnis für zukunftsweisende Technologien zu fördern und den Weg für eine nachhaltige Energiezukunft zu ebnen.

⁹ Vgl. CDU Sachsen und SPD Sachsen: Mutig Neue Wege gehen. In Verantwortung für Sachsen – Koalitionsvertrag für die 8. Legislatur 2024 bis 2029 (2024), S. 15, Zeile 431ff.

¹⁰ MINT-Fächer: Zusammenfassende Bezeichnung von Fächern aus den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik.

b. Akademische Ausbildung

Der Freistaat Sachsen hat den Bedarf an akademischen Fachkräften in der Hochschulentwicklungsplanung 2025plus und den Zielvereinbarungen mit den Hochschulen festgeschrieben. Ziel ist es, die MINT-Quote auf einem Stand von über 40 % zu halten. Die Hochschulen leisten durch gezielte Maßnahmen, z. B. durch die gendergerechte Ausgestaltung von MINT-Studiengängen, ihren Beitrag zur Nutzung des Potentials von Frauen für naturwissenschaftlich-technische Berufe.

Darüber hinaus haben sächsischen Hochschulen in den letzten Jahren neue Studiengänge und Forschungsschwerpunkte im Bereich der Energiewissenschaften etabliert. Hierzu zählen etwa der Diplomstudiengang „Regenerative Energiesysteme“ an der TU Dresden oder der Masterstudiengang „Wasserstofftechnologie und -wirtschaft“ an der Dresden International University.

Sie sind zumeist Ergebnisse umfassender und langjähriger Kooperationen zwischen Hochschulen und Unternehmen. Die in solchen Netzwerken und Verbünden gesammelten Erfahrungen nutzen die sächsischen Hochschulen, um praxisnahe und an die Bedarfe der Industrie und Unternehmen orientierte Studieninhalte zu entwickeln. Damit schaffen sie eine wichtige Grundlage für einen direkten Wissens- und Personaltransfer in die Energiewirtschaft.

c. Nichtakademische Aus- und Weiterbildung

Im nicht-akademischen Bereich setzt Sachsen verstärkt auf die duale Ausbildung. Partnerschaften zwischen Berufsschulen und Unternehmen der Energiewirtschaft sorgen dafür, dass Auszubildende frühzeitig praktische Erfahrungen sammeln können. Darüber hinaus existieren bereits zahlreiche Initiativen, um nicht nur auf den steigenden Fachkräftebedarf reagieren zu können, sondern auch notwendige Entwicklungen in die Ausbildung einfließen lassen zu können.

So setzt der Qualifizierungsverbund in der Lausitz für Erneuerbare Energien QLEE Impulse und Ideen für neue Geschäfts- und Tätigkeitsfelder im Bereich erneuerbaren Energieträger. Mit dem Weiterbildungsverbund BatterieMD werden systematische, bedarfsgerechte und nachhaltige Qualifizierungskonzepte entlang der mitteldeutschen Wertschöpfungskette der Batteriezellfertigung entwickelt.

Im Verbund HyDresden haben sich Sunfire, Linde und das Fraunhofer IKTS mit der Stadt Dresden zusammengeschlossen, um auf das Thema Wasserstoff in Dresden aufmerksam zu machen, die Bedingungen für Unternehmen und Gründer zu verbessern und Investitionen für in Dresden umgesetzte Wasserstoffideen zu gewinnen.

4.5 Dialogformate zur strategischen Vorausschau im Forschungsfeld „Energie“

Bereits seit Jahren existieren diverse Austauschformate zwischen Politik und Wirtschaft, die die unmittelbaren Herausforderungen der Energiewende beleuchten. Um die Energieforschung in Sachsen zukunftsorientiert und bedarfsgerecht zu gestalten, sollte ein Dialogformat etabliert werden, das auch einen kontinuierlichen **Austausch zwischen Forschung, Politik und Wirtschaft** ermöglicht. Dieser Dialogprozess könnte durch die Kompetenzstelle Energieforschung als zentrale Koordinations- und Vermittlungsinstanz initiiert und moderiert werden.

Integraler Bestandteil dieses Dialogformats sollte die Einbindung der Kompetenzen des benannten Expertengremiums (siehe Anhang 2) sein, um beispielsweise **Foresight-Prozesse** auf fachlicher Expertise aufsetzen zu können oder auch im Falle kurzfristiger **Stellungnahmen und Kommentierungen im Kontext strategischer Forschungspapiere** zielgerichtet und fachlich fundiert Kompetenzen aus der Forschungscommunity einfließen lassen zu können.

Um den Austausch zu erweitern und zu bereichern, ist es zudem essenziell, **Stakeholder aus der Wirtschaft** sowie **Vertreterinnen und Vertreter der Industrie- und Handelskammern (IHK) und relevanter Netzwerkstrukturen** einzubeziehen. Dies gewährleistet, dass die spezifischen Bedarfe und Herausforderungen der Unternehmen in den Dialog einfließen und praxisnahe Lösungsansätze entwickelt werden können.

4.6 Diskurs zu innovativen Förderformaten

Ein **ressortübergreifender Diskurs zu innovativen Förderformaten oder neuartiger Förderpraxis**, vor allem aber auch zur Identifikation von Herausforderungen und möglichen Lösungsansätzen in der Förderung über verschiedene Zuständigkeitsbereiche hinweg, könnte maßgeblich zur Weiterentwicklung der Energieforschung in Sachsen sowie auch anderer Forschungsbereiche beitragen.

Beispielsweise werden **alternative Formate wie Hackathons oder Wettbewerbe** seitens der Akteure als geeignete Ideen angesehen und könnten frischen Wind in die Förderlandschaft bringen. Sie eignen sich jedoch nicht für alle Bereiche des Innovationssystems. Ein unreflektierter Einsatz birgt die Gefahr, Ressourcen nicht zielführend einzusetzen und dadurch insgesamt unter den Erwartungen zurückzubleiben.

Herausfordernd ist ebenfalls die Verknüpfung von Förderinstrumenten aus Grundlagenforschung und anwendungsorientierter Forschung bzw. der Übergang in die wirtschaftliche Verwertung. Auch dieses **Schnittstellenmanagement** und die Erarbeitung von möglichen Ansätzen zur Vereinfachung der Förderpraxis stellt eine wichtige Zielstellung eines solchen Diskurses dar.

An Bedeutung zunehmen wird auch der Aspekt der Integration von Nachhaltigkeitsbewertungen in der Forschungsförderung – insbesondere für Energieforschungsprojekte. Mögliche Bewertungskriterien und -verfahren ressortübergreifend zu erarbeiten, erscheint von hoher Bedeutung und wird auch im Kontext der Bundesförderung an Relevanz zunehmen.

Teilnehmende eines derartigen Diskurses sollten neben den Vertreterinnen und Vertretern der sächsischen Ministerien mit Bezügen zur Energieforschung auch ausgewählte Expertinnen und Experten der Förderpraxis auf Landes- und ggf. Bundesebene sein, um wertvolle Einblicke und Erfahrungen einzubringen sowie Förderformate weiter zu verbessern und an die aktuellen Bedürfnisse der Forschungsgemeinschaft anzupassen.

4.7 Festhalten an der landesseitigen Förderung der Energieforschung

Die sächsische Energieforschung ist hervorragend aufgestellt. Damit ist sie ein Leuchtturm für den Freistaat als Forschungsstandort mit nationaler und internationaler Sichtbarkeit und unverzichtbar für die strategische Weiterentwicklung des Wirtschaftsstandortes Sachsen. Dieser Maßstab soll fortbestehen. Die jährlichen landesseitigen Mittelaufwendungen in den Bereichen Grundlagenforschung, anwendungsorientierte Forschung sowie institutionelle Forschung sind

dafür eine stabile und unverzichtbare Säule. Sie tragen maßgeblich dazu bei, entsprechende Projekte oder institutionell verankerte Ausgaben der Hochschulen und Forschungseinrichtungen zu finanzieren. Insofern gilt es, die notwendigen finanziellen Mittel im Rahmen des vom Haushaltsgesetzgeber beschlossenen Budgets zu finanzieren. Dies gilt insbesondere für die themen- und technologieoffenen Projektfinanzierung im Rahmen eigener Landesförderprogramme oder als Kofinanzierung der EU-Kohäsionsfonds.

ANHANG



Bildquelle: AdobeStock/Sardar

Anhang 1: Programm „Energiedialog“ 08.04.2024

STAATSMINISTERIUM
FÜR WISSENSCHAFT
KULTUR UND TOURISMUS



Energiedialog zur Fortschreibung des "Masterplans Energieforschung" für den Freistaat Sachsen

8. April 2024, Sächsische Aufbaubank-Förderbank (SAB), Dresden

Programm

09:30 Uhr	Registrierung und Networking (Kaffeeempfang) <i>Anmeldung zu einem der fünf Dialogforen am Nachmittag</i>
10:00 Uhr	Eröffnung des Energiedialogs Moderation Dr. Babett Gläser <i>Abteilungsleiterin 4 Forschung, Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus</i> Grußwort Sebastian Gemkow <i>Sächsischer Wissenschaftsminister</i>
10:15 Uhr	Energieforschungsland Sachsen: Status Quo, aktuelle Entwicklungen sowie Überblick über Fördermaßnahmen Moderation Dr. Babett Gläser <i>Abteilungsleiterin Forschung Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus</i>
10:20 Uhr	Sachsen im nationalen Vergleich und Entwicklungen im Bund Christoph Jessen <i>Projekträger Jülich</i>
10:30 Uhr	Die Kompetenzstelle Energieforschung bei der SAENA – Aufgaben und Bedeutung Dr. Tilman Zimmermann-Werner <i>Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH</i>
10:40 Uhr	Fördermöglichkeiten des SMWK und der EU (Horizont Europa, EuProNet) Wolfgang Kill <i>Referatsleiter 42 EU-Angelegenheiten, Internationales; Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus</i>
10:50 Uhr	Fördermöglichkeiten des SMWK (TG 70 und RL InfraProNet - EFRE/JTF) Dr. Lutz Bryja <i>Referatsleiter 41 Grundsatzangelegenheiten; Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus</i>
11:00 Uhr	Technologieförderung durch das SMWA Dr. Peter Lucas <i>Referent Referat 37 Technologie; Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr</i>
11:10 Uhr	Energieforschungsförderung durch das SMEKUL Dr. Nils Geißler <i>Abteilungsleiter 6 Energie und Klimaschutz; Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft</i>
11:20 Uhr	Energieforschung und Strukturwandel Jörg Huntemann <i>Abteilungsleiter 3 Strukturentwicklung; Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung</i>
11:30 Uhr	Energieforschungsstandort Sachsen – Kompetenzen, Potenziale, Herausforderungen und neue Entwicklungspfade als Eckpunkte für die Fortschreibung des Masterplans Dr. Antje Zehm <i>VDI/VDE Innovation + Technik GmbH</i>
11:40 Uhr	Zeit für Fragen Organisatorisches

Energiedialog zur Fortschreibung des "Masterplans Energieforschung" für den Freistaat Sachsen

8. April 2024, Sächsische Aufbaubank-Förderbank (SAB), Dresden

Programm

12:00 Uhr	Mittagsimbiss und Networking
13:00 Uhr	Parallele Dialogforen zu Schwerpunktthemen der sächsischen Energieforschung
	Dialogforum 1: „Zukunft der erneuerbaren Energieträger in Sachsen – Fokus Wasserstoff“ Dr. Jörg Nitzsche <i>DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Geschäftsführer Forschung & Entwicklung</i>
	Dialogforum 2: „Energieeffizienz und Nachhaltigkeit“ Mark Richter <i>Fraunhofer IWU, Geschäftsfeldleiter Klimaneutraler Fabrikbetrieb, Energy Saxony Arbeitskreis-Leiter „Energieeffiziente Produktion“</i>
	Dialogforum 3: „Förderung des Wissens- und Technologietransfers in der Energieforschung“ Prof. Dr. Dominik Möst <i>TU Dresden, Inhaber der Professur für BWL, insb. Energiewirtschaft</i>
	Dialogforum 4: „Integration von Energieinfrastrukturen“ Prof. Stefan Kornhuber <i>Hochschule Zittau/Görlitz, Energy Saxony Arbeitskreis-Leiter „Energietechnische Komponenten“</i>
	Dialogforum 5: „Energiepolitik und gesellschaftliche Akzeptanz“ Prof. Dr. Edeltraud Günther (angefragt) <i>UNU-FLORES</i>
15:00 Uhr	Kaffeepause und Networking
15:30 Uhr	Präsentation der Diskussionsergebnisse der Dialogforen und Zusammenfassung der Hauptbotschaften Moderation Dr. Antje Zehm <i>VDI/VDE Innovation + Technik GmbH</i>
16:00 Uhr	Ende der Veranstaltung Verabschiedung Dr. Babett Gläser <i>Abteilungsleiterin 4 Forschung, Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus</i>

Anhang 2: Mitglieder des begleitenden Expertengremiums

<i>Titel</i>	<i>Vorname</i>	<i>Name</i>	<i>Institution</i>
Prof. Dr.	Marc	Armbrüster	TU Chemnitz; Professur Materialien für innovative Energiekonzepte
Prof. Dr.-Ing.	Mirko	Bodach	Westfälische Hochschule Zwickau; Professur Elektrische Energietechnik / Regenerative Energien
	Karen	Deprie	DBFZ; Mitarbeiterin wissenschaftliche Stabstelle "Wissens- und Technologietransfer"
Prof. Dr.	Edeltraud	Günther	UNU-FLORES; Direktorin
Dr.	Felix	Heubner	Fraunhofer IFAM; Abteilungsleiter Wasserstofftechnologie
Prof. Dr.-Ing. habil.	Antonio	Hurtado	TU Dresden; Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik
Prof. Dr. techn.	Stefan	Kornhuber	Hochschule Zittau/Görlitz; Fachgebiet Hochspannungstechnik / Werkstoffe der Elektrotechnik / Theoretische Elektrotechnik
Prof. Dr.-Ing.	Hartmut	Krause	TU Bergakademie Freiberg; Professur für Gas- und Wärmetechnische Anlagen; Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik
Prof. Dr.-Ing.	Christoph	Leyens	Fraunhofer IWS; Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing.	Dirk	Lindackers	Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden; HTW Dresden; Leiter des Bereiches Forschungstechnik am Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden; Honorarprofessur Vakuum- und Kryotechnik an der HTW Dresden
Dr.	Jörg	Nitzsche	DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH; Geschäftsführer Forschung & Entwicklung
Prof. Dr.	Dominik	Möst	TU Dresden; Lehrstuhl für Energiewirtschaft
	Mark	Richter	Fraunhofer IWU; Geschäftsfeldleiter Klimaneutraler Fabrikbetrieb
Dr.-Ing.	Mareike	Partsch	Fraunhofer IKTS; Abteilungsleiterin Mobile Energiespeicher und Elektrochemie
Dr.-Ing.	Clemens	Schneider	Fraunhofer IEG; Leitung Thermodynamische Wandler
Prof. Dr.-Ing.	Thomas	von Unwerth	TU Chemnitz; Professur Alternative Fahrzeugantriebe
Dr.	Andreas	Wilde	Fraunhofer IIS, Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS; Senior Scientist
Dr. rer. nat.	Ulrike	Wunderwald	Fraunhofer IISB; Abteilungsleiterin Energiematerialien und Testbauelemente
Prof. Dr.-Ing. habil.	Tobias	Zschunke	Hochschule Zittau/Görlitz; Direktor/Fachgebietsleiter am Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik

Anhang 3: Themen, Schwerpunkte, Trends der Energieforschung in Sachsen (Langfassung zu Kapitel 3.3)

Energiewende in den Verbrauchssektoren

Gebäude und Quartiere

Der Gebäudesektor trägt mit etwa einem Drittel zur Energienutzung und zur CO₂-Produktion bei. Die Energiewende kommt – und das nicht nur in Sachsen – in diesem Bereich besonders schwer voran, weil hier eine Reihe von Hemmnissen zutage treten.

- ⇒ Besonders für Wärme, die den größten Teil des Energiebedarfs umfasst, erfolgt die Versorgung heute weitgehend dezentral auf Basis fossiler Energieträger. Lange Erneuerungsperioden für Anlagentechnik und Gebäude im Bereich von mehreren Jahrzehnten haben zur Folge, dass zum Erreichen der Klimaziele im Wesentlichen Bestandsgebäude umgerüstet werden müssen. Umstellungen auf regenerative Energieträger (meist Wärmepumpen) erfordern nicht selten erhebliche Investitionen.
- ⇒ Dazu kommt ein teilweise mangelndes technisches Verständnis der Gebäudeeigentümer und Gebäudenutzer, was entsprechende Planungen und Entscheidungen für die Gruppe erschwert. Durch größere Komplexität künftiger Systeme wird die Überforderung der Eigentümer/Nutzer noch größer.
- ⇒ Eine weitere Herausforderung ist die Saisonalität des Bedarfs an elektrischer Energie, die genau gegenphasig zum Angebot regenerativer elektrischer Energie, speziell PV-Strom, besteht. Elektrische Energie lässt sich nur mit großem Aufwand speichern, dadurch wird der Betrieb der Heizungsanlagen künftig permanent mit Zeithorizonten von Stunden oder Tagen an das Angebot an regenerativ erzeugtem Strom angepasst werden müssen, was eine steigende Komplexität für die Nutzer bedeutet.

Vor diesem Hintergrund sind die wichtigsten Handlungsfelder bzw. Forschungsschwerpunkte der Energiewende im Gebäudesektor die Steigerung der Energieeffizienz, die Reduktion von Wärmeverlusten, die effiziente Einbindung lokaler regenerativer Energiequellen inkl. Nutzung von lokalen Speichermöglichkeiten und energetische Vernetzung sowohl der Anlagen-Komponenten als auch der Liegenschaften/Quartiere. Wesentlicher Bestandteil ist die Betrachtung des Zusammenwirkens aller Energieträger mit einem integrativen Ansatz. Ein wichtiger Faktor zur Erreichung dieser Ziele ist der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) im Quartier.

Die Forschungslandschaft in Sachsen hat dies im Blick: Wichtige Schwerpunkt sind die Entwicklung effizienter Anlagen und Komponenten, die Erforschung von neuen Möglichkeiten zur Erweiterung der Interoperabilität und die Skalierbarkeit von Anlagen und Systemen. Mit Blick auf die Klimaneutralität im Gebäudesektor wird auch über den Einsatz von nachhaltigem Wasserstoff sowie darauf basierenden Energieträgern diskutiert. Dabei sind sowohl die direkte Versorgung von Haushalten über das bestehende Erdgasnetz als auch die Wasserstoffeinspeisung in Heizkraftwerken und anschließender Fernwärmeversorgung gangbare Wege. Brennstoffzellen können lokal

zur Strom- und Wärmeversorgung beitragen. Projekte, die die Machbarkeit der Wasserstoffnutzung demonstrieren und Technologien zur Transformation von fossiler hin zu grüner Energie und eine effiziente Wasserstofflogistik adressieren, werden daher Gegenstand zukünftiger Forschung im Themenfeld sein.

Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Die industrielle Produktion in Deutschland steht vor der Herausforderung einer nachhaltigen und bezahlbaren Energieversorgung. Das betrifft nicht nur die energieintensiven Industrien, wie zum Beispiel die Stahlherstellung, sondern insbesondere auch die in Sachsen in großer Vielzahl vorhandenen klein- und mittelständigen Unternehmen. Der Umbau der Energieversorgung und -nutzung dieser Betriebe hin zur CO₂-Neutralität verlangt Lösungen, welche technisch machbar, volks- und betriebswirtschaftlich tragfähig und ökobilanziell sinnvoll sind. Forschungsschwerpunkte in Sachsen in diesem Bereich sind unter anderem die Entwicklung von:

- ⇒ unternehmens- und standortspezifischen Konzepten zur kurz- und mittelfristigen Umrüstung der Energieversorgung und -nutzung (Transferpfade) für Unternehmen, um deren Investitionsentscheidungen in diesem Bereich abzusichern;
- ⇒ Konzepten zur umfassenderen Nutzung von dezentral bereitgestellter nachhaltiger Energie durch energieflexible Industriebetriebe (SYNERGIE);
- ⇒ Konzepten zur verstärkt energieträgerübergreifenden Nutzung von Energie innerhalb von Fabriken („Sektorkopplung in der Fabrik“);
- ⇒ Konzepten zum Einsatz von Energiespeichern in verschiedenen Energieverteilenebenen von Fabriken, um Grundlasten zu senken, Lastspitzen zu minimieren sowie Energienutzung zu flexibilisieren (z. B. ESIP – Energiespeicher in der Produktion, H2-Kraftwerk).

Mit Blick auf das Fortschreiten der Energiewende und der damit verbundenen Zunahme des Anteils erneuerbarer Energieträger sowie auf die Forderung nach mehr Resilienz in der Energieversorgung ist ein Anstieg der Elektrifizierung zu beobachten. Es werden zunehmend Prozesse mit elektrischer Energie betrieben und ganzheitliche Konzepte entworfen, welche ausschließlich auf die Nutzung von Elektroenergie setzen.

Dies beinhaltet die Integration von Systemen wie beispielsweise Energiespeicher über die stoffliche Speicherung (H₂, Power-to-X, ...). Um die dazu notwendigen Aktivitäten voranzutreiben, wurde im letzten Jahr in Sachsen die „All Electric Society Alliance“ in Zwickau gegründet.

In diesem Kontext ist der schon seit Jahren adressierte Trend der Gleichstromnutzung in Fabriken vorangeschritten. Einzelne Unternehmen prüfen aktuell, welche Optionen sie zur DC-Nutzung haben und welche Folgen sich daraus technisch, monetär sowie ökobilanziell ergeben. Unter dem Dach des ZVEI hat sich die „ODCA - Open Direct Current Alliance“ gegründet, in der die Nutzung von Gleichstrom, vorrangig in Fabriken, adressiert und in Arbeitsgruppen an konkreten Fragestellungen bearbeitet wird. Die Ausdehnung der Nutzung der DC-Technologie auf u.a. die Verteilnetzebene im Nieder- und Mittelspannungsbereich wird derzeit von mehreren Forschungseinrichtungen in Sachsen bearbeitet, um die Vorteile aus erhöhter Systemstabilität, Verlustreduktion bei gleichzeitiger Materialeinsparung auch außerhalb von Gewerbe- und Industriebereichen nutzbar zu machen.

Schnittstellen der Energieforschung zu Mobilität und Verkehr

Ca. 20 % des deutschen Energiebedarfs werden durch den Transportsektor verursacht. Für die Transformation von fossilbasierten Kraftstoffen hin zu CO₂-neutralen Alternativen kommen aktuell nur einige Energiepfade in Betracht: die reine batterieelektrische Mobilität, Wasserstoffantriebe über Verbrennung oder über elektrochemische Wandlung in einer Brennstoffzelle, sowie mit e-fuels bzw. defossilisierten Alternativkraftstoffen (z. B. Ammoniak) betriebene Verbrennungsmotoren.

Dabei ist bereits erkennbar, dass für den Flugverkehr eine mögliche Lösung der Einsatz von fortschrittlichen Flüssigkraftstoffen ist. Im Bereich der Nutzfahrzeuge, Binnen- und küstennahen Schifffahrt sind je nach Nutzungs- und Anforderungsprofil unterschiedliche Ansätze, die ebenfalls auf den Einsatz von innovativen Flüssigkraftstoffen setzen, möglich bzw. werden bereits erprobt (vgl. e-Highway, Methanol in der Schifffahrt) oder sogar serienmäßig eingesetzt (vgl. e-Fähren).

Im Bereich der Energieforschung zu Mobilität und Verkehr (insbesondere Straße und Schiene) sind eine Vielzahl an Forschungseinrichtungen als auch Unternehmen aktuell mit folgenden Schwerpunkten befasst:

- ⇒ **Elektromobilität:** Mobile elektrische Speichersysteme wie Batterien und Supercaps (dabei insbesondere Materialien, Fertigungstechnologien, Automatisierungstechniken); elektrische Antriebe für Fahrzeuge mit zugehöriger Leistungselektronik und mechanischer Getriebetechnik; Fahrzeugsteuerungen mit Einbezug des Thermomanagements zur Energieeffizienz- und Reichweitenoptimierung.
- ⇒ **Wasserstoffmobilität:** Energiespeichersysteme für Wasserstoff als Gas, Flüssigkeit, Kryofluid und materialbasiert eingebunden in Hydridstrukturen; Brennstoffzellen, insbesondere PEM-Brennstoffzellen, für die Wandlung von Wasserstoff in elektrische Energie mit zugehörigen Komponenten zur Darstellung von Gesamtsystemen für den Fahrzeugantrieb; Verbrennungskraftmaschinen zur Direktverbrennung von Wasserstoff.
- ⇒ **Nutzung von e-fuels:** Nutzung von regenerativen Energieträgern zur Produktion von synthetischen Kraftstoffen aus Wasserstoff und CO₂, dazu Verfahren und Prozesse sowie Anlagen und Komponenten.
- ⇒ **Infrastruktur:** Erforschung der Einbindung von Fahrzeugen in ein zukünftiges CO₂-neutrales Energiesystem, basierend auf Elektrizität und Wasserstoff sowie dessen Derivate; Technologien und Komponenten für Leitungen, Tankstellen und Ladesäulen.

Über den sächsischen Innovationscluster HZwo e. V. für Wasserstoff und Brennstoffzellen sind mehr als 150 Unternehmen und Forschungseinrichtungen verbunden, um diese Themen aus der Forschung in die Industrie zu transferieren und zu Produkten zu entwickeln.

Energiebereitstellung

Photovoltaik

Photovoltaik ist nunmehr eine etablierte Technologie, die in der Vergangenheit als besonders teure Möglichkeit zur Elektroenergieumwandlung betrachtet wurde. Im Freistaat Sachsen (generell in Mitteldeutschland) existieren eine ganze Reihe Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf internationalem Niveau. Problematisch ist der entstandene wirtschaftliche Druck auf diese Unternehmen durch die „Preispolitik“ der asiatischen Hersteller am Weltmarkt. Dies hat unmittelbar Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungskette der Photovoltaik. So sind die Entwicklungsabteilungen der Unternehmen sehr gut mit den Forschungsinstituten und Hochschulen vernetzt. Dies betrifft die Grundlagenprozesse zur Zelle über die Produktionsanlagentechnik bis hin zur Modulfertigung.

Durch das nunmehr sehr gute Preis-Leistungsverhältnis der Photovoltaikanlagen ist deren Anzahl im Niederspannungsnetz sehr stark angestiegen und wird dies voraussichtlich weiterhin tun. Es ist sicher mit mindestens einer Verdopplung der installierten Leistung in den nächsten Jahren zu rechnen.

Windenergie

Auch die Windkrafttechnik ist eine etablierte Technologie. Der Trend geht hin zu leistungsstärkeren und damit höheren Anlagen. Dies wird insbesondere zu einer Nachfrage zu neuen noch leichteren Materialien – beispielsweise für Rotoren – führen. Sachsen hat bei der Errichtung neuer Anlagen durchaus einen hohen Nachholbedarf. Hier ist insbesondere im Bereich der Akzeptanz ein Handlungsfeld zu sehen; dieses wird wissenschaftlich ebenfalls durch eine Energiewirtschaft mit dem Fokus auf Elektrizität adressiert.

Bioenergie

Biomasse ist global der wichtigste erneuerbare Energieträger. Auch in Deutschland basiert knapp die Hälfte der erneuerbar bereitgestellten Energie auf Biomasse.

Ohne Bioenergie sind auch in Sachsen die Ziele der Energiewende nicht zu erreichen. Da jedoch zum einen im Zuge der Transformation hin zur Bioökonomie verstärkt auf optimale Nutzungskaskaden für die begrenzt verfügbare Biomasse geachtet werden muss, zum anderen der flächenbezogene Wirkungsgrad bei alternativen erneuerbaren Energieträgern deutlich höher liegt, sind folgende Bereiche für die künftige Forschung besonders relevant, in denen in Sachsen bereits umfangreiche Vorerfahrungen vorliegen:

- ⇒ Unterstützung des Einsatzes von Bioenergie als speicher- und transportfähige Option, um Lücken in der Bereitstellung anderer erneuerbarer Energieträger zu schließen (maximale Systemdienlichkeit). Dies bedeutet:
 - zunehmende Flexibilisierung von Anlagen (z. B. Forschungsvorhaben GAZELLE; Energiekonzept Innovationsregion Mitteldeutschland);
 - (Weiter-)Entwicklung von Hybridlösungen im Wärmebereich für Einzelgebäude und Nahwärmenetze (z. B. Niedrig-Exergie-Systeme; Forschungsprojekt BIOSOL);

- Lösungen für industrielle Hochtemperaturanwendungen (z. B. Verbundvorhaben: KLISCHGA2 – Klimaschutzgas aus Holz und biogenen Reststoffen);
 - sowie im Verkehrsbereich für schwer bzw. nicht kurzfristig elektrifizierbare Bereiche (fortschrittliche Kraftstoffe inkl. Power-to-X): z. B. Projekt Erneuerbare Kraftstoffe in grünen Raffinerien der Zukunft (REF4FU), Vorhaben Pilot-SBG, Innovationsplattform InnoFuels.
- ⇒ Unterstützung des vermehrten Einsatzes von biogenen Rest- und Abfallstoffen zur energetischen Nutzung bzw. des Aufbaus und der Umsetzung von regionalen Wertschöpfungsnetzen und Nutzungskaskaden für verschiedene Biomassen. Dies bedeutet z. B.: (räumlich aufgelöste) Analysen nachhaltig verfügbarer Biomassepotenziale und -wege für ihre Nutzbarmachung, Effizienzsteigerungen bestehender Technologien, industrieller Prozesse und eingesetzter Biomassen mit z. B. wechselnder Zusammensetzung, Qualität oder saisonal schwankender Verfügbarkeit, verbesserte Aufbereitungskonzepte, Nachhaltigkeitsbewertung existierender und neuer Nutzungspfade und -prozesse (z. B. Verbundvorhaben Bieranol).

Forschungstrends sind entsprechend dieser Forschungsfelder:

- ⇒ Systemische Ansätze, d. h. Sektorenkopplung (Strom/Wärme/Verkehr), Verknüpfung biomasse- und strombasierter Technologien sowie Kopplung energetischer und stofflicher Nutzung von Biomasse einschließlich damit verbundener Umweltwirkungen;
- ⇒ Daten & Digitalisierung/Smart Energy Systems (z. B. Projekt SmartBioGrid);
- ⇒ Ressourceneffizienz/Kreislaufwirtschaft (z. B. Verbundvorhaben FLXsynErgy);
- ⇒ Biogene Gase für die Wärmewende (z. B. Projekt BIOMETHAVERSE);
- ⇒ Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -speicherung (BECCS) und Biokohlenproduktion und -nutzung (z. B. Metastudie Biokohle);
- ⇒ Regionale Potenziale und Wertschöpfungsnetze (z. B. Projekt POWER4BIO);
- ⇒ Akzeptanz/gesellschaftliche Teilhabe; Wissenstransfer und Transformationsforschung (z. B. Projekt TRANSBIO).

(Tiefe) Geothermie

Geothermie gehört als ein fester Bestandteil zur Energiesystemintegration in Deutschland und ergänzt die fluktuierenden Energiequellen insbesondere im Wärmemarkt.

Der Wärmesektor macht 56 % des nationalen Energiebedarfs aus, womit die energie- und volkswirtschaftliche Bedeutung des anstehenden Transformationsprozesses unterstrichen wird. Lediglich 15 % der Wärme basieren auf regenerativen Energieträgern; der Anteil stagniert seit Jahren. Während Wasserstoff und Bioenergien zukünftig in erster Linie den Hochtemperatur-Bedarf der energieintensiven Grundstoffindustrie decken müssen, stehen für Niedertemperatur-Nutzungen unter 200 °C insbesondere solarthermische und geothermische Optionen zur Verfügung. Die Vorteile der Geothermie liegen dabei in der Grundlastfähigkeit und dem geringen Platzbedarf auch unter beengten städtischen Verhältnissen mit hoher Nutzungskonkurrenz. Zusätzlich bietet der Untergrund ein hohes Speicherpotenzial, u. a. für Wärme. Das Marktpotenzial in Deutschland eröffnet Ausbauziele von weit über 300 TWh Jahresarbeit bzw. 70 GW installierte Leistung (ca. 25 % des Gesamtwärmebedarfs). Dies gilt zunächst für die vorgenannten Bereiche mit heutigen oder

absehbar verfügbaren hydrothermalen Technologien zur tiefegeothermischen Direktnutzung alleine oder in Kombination mit Großwärmepumpen. Hinzu kommen die Potenziale der petrothermalen Geothermie, der großen saisonalen Untergrundwärmespeicher (> 500 TWh/a) sowie der Oberflächengeothermie zur Gebäudebeheizung und -kühlung im Bauwesen und in der Wohnungswirtschaft.

Geothermische Nutzung unterscheidet:

- ⇒ **Eine Nutzung des dauerhaften Wärmestroms aus dem Erdkern gegenüber saisonalen Einschränkungen der direkten obertägigen Umweltwärmenutzung:** Ein Schwerpunkt liegt auf den hydrothermalen Reservoiren, d. h. thermalwasserführenden Gesteinen in Tiefenlagen zwischen 400 m und 5.000 m. Tiefbrunnen erschließen geothermale Wässer mit Temperaturen zwischen 15 °C und 180 °C. Diese sind unabhängig von Jahres- und Tageszeiten verfügbar und lassen sich insbesondere für die Bereiche kommunale Wärmeversorgung, Fernwärme, Wohnungswirtschaft und die Bereitstellung industrieller Prozesstemperaturen nutzen. Hydrothermale Systeme sind dabei, wie auch andere geothermische Systeme, ohne Einschränkung grundlastfähig. Die Technologie ist ausgereift und kommt seit Jahrzehnten in einigen europäischen Städten zur Anwendung. Forschungsbedarf besteht jedoch bei der Erkundung des Untergrundes im Hinblick auf die Eignung zur Erschließung geothermalen Potenzials. Hier steht die Weiterentwicklung von Methoden und Systemen zur Erkundung und Bewertung des Untergrundes zur Reduktion des Fündigkeitsrisikos im Vordergrund. Aufgrund der weitestgehend kristallinen Struktur des Untergrundes in Sachsen bestehen die Potenziale der tiefen Geothermie zum Großteil in der petrothermalen Erschließung des Untergrundes. Hier besteht der Forschungsbedarf in der Weiterentwicklung und Erprobung von Technologien und Methoden der hydraulischen Stimulation des Untergrundes sowie Richtbohrungen zur Erzeugung von Wärmeübertragerstrukturen im Untergrund. Dabei sind neben der Erkundung und Erschließung Handlungsfelder im Bereich der gesellschaftlichen Beteiligung (z. B. bei der Standortauswahl) und Akzeptanz zu sehen.
- ⇒ **den saisonalen Entzug von Solarenergie, die oberflächennah gespeichert wird:** Im Rahmen der oberflächennahen Geothermie besteht die Möglichkeit, unter Nutzung von Erdsondenfeldern, Aquiferen oder Erdbecken, saisonale Überschüsse aus direkter oder indirekter solarthermischer Erzeugung im Sommer zu speichern und in den kalten Bedarfsmonaten u. U. durch den Einsatz von Wärmepumpen auf einem nutzbaren Temperaturniveau freizusetzen. Neben künstlich angelegten untertägigen Wärmespeicherpotenzialen verfügt Sachsen über zahlreiche stillgelegte Grubengebäude, welche zum Teil ein enormes ungenutztes Potenzial zur Wärmeversorgung und saisonaler Speicherung besitzen. Ein Beispiel hierfür ist die Gemeinde Aue-Bad Schlema, in welcher ganzjährig aufbereitetes Grubenwasser mit einer Temperatur von ca. 20 °C ungenutzt in die Umgebung abgeführt wird. Diese Potenziale müssen zukünftig stärker fokussiert und im Rahmen von Potenzialanalysen und Konzeptentwicklungen für Wärmeversorgung gefördert werden.
- ⇒ **die Nutzung von oberflächennahem Erdreich als Saisonspeicher mit zyklischer Einspeicherung von Solarenergie**

Die tiefe geothermische Nutzung setzt in Tiefen unterhalb von 1000 m an und erstreckt sich bis auf mehr als 7000 m. Es kann als strategisch sinnvoll werden, im Zusammenhang mit der Nutzung des Standes der Technik und innovativer Projekte (unter Nutzung geologischer Chancen) den Know-how-Aufbau und die Identifikation von Forschungsbedarfen aufzubauen.

Aufgrund der umfangreichen Seenlandschaft in Sachsen besteht großes Potenzial in der thermischen Nutzung von Oberflächengewässern (Seen und Flüsse) zu Zwecken der Wärmeversorgung. Durch die Entwicklung, Erprobung und Etablierung von Technologien zur ganzjährigen, ökologischen und ökonomischen Aufwertung dieser Quellen können die Potenziale gehoben, dem Wärmeversorgungssektor zugänglich gemacht werden und damit im hohen Maße zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes zur Wärmebereitstellung beitragen.

Für die Integration der Geothermie in den Energiemix kommen auf die Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung komplexe Umsetzungsaufgaben zu. Dabei besitzen die Kommunen eine exponierte Bedeutung. Neue Unterstützungsinstrumente für Städte und Gemeinden müssen an verschiedenen Stellen geschaffen werden.

Systemintegration

Stromnetze

Vor dem Hintergrund der steigenden Anzahl von Anlagen für regenerative Energieträger (Photovoltaik und Windkraftanlagen) in den Verteilnetzen und des Anstiegs des Bedarfs (Leistung und Energie) durch die weitergehende Elektrifizierung aller Sektoren wird es auch in Verteilnetzbereichen zunehmend zu Stabilitätsproblemen und Engpässen kommen. Die Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte lassen sich mit dem Ziel der Bereitstellung einer gekoppelten, verträglichen und bezahlbaren Energieinfrastruktur folgendermaßen zusammenfassen:

- ⇒ **kurzfristig:** Erweiterte Beforschung der Auslastungen und Auswirkungen auf Verteilnetze (insbesondere in den Bereich der Spannungshaltung, Speicher, Netzzrückwirkungen, Blindleistungsbilanz, Abrechnungsmodalitäten, Netzdienlichkeit, Netzverträglichkeit, Netzschutz, etc.); ggf. Erweiterung der aktuellen Netzmodelle zur Abdeckung der Anforderungen und Nutzung als Digitalen Zwilling für die Modellierung.
- ⇒ **mittelfristig:** Internationale Kopplung der europäischen elektrischen Netze findet ausschließlich bis auf Ausnahmen über die Übertragungsnetzbetreiber statt. Insbesondere für Sachsen stellt die Grenze zu Polen und Tschechien die Möglichkeit und gegebenenfalls auch die Notwendigkeit der internationalen Zusammenarbeit auf dem Verteilnetzbereich dar, da Einspeiseschwerpunkte und Abnahmeschwerpunkte aufgrund der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit nicht an Grenzen gebunden sind. Rechtliche und technische Randbedingungen für eine aktive Zusammenarbeit in Verteilnetzen sind zu klären und in ersten Modellversuchen zu evaluieren. Hier könnte eine DC-Kopplung eine Möglichkeit der Zusammenarbeit sein.
- ⇒ **langfristig:** Weiterentwicklung der IKT-Möglichkeiten zu vernetzten und autarken Systemen unter Beachtung der zunehmenden Cyber-Security-Anforderungen.
- ⇒ **langfristig:** Umsetzung der integrierten Netzentwicklungsplanung (elektrische Energie, Gas, Wärme) zur sinnvollen und effizienten Nutzung von lokalen Ressourcen unter Berücksichtigung der Entwicklung der Speichertechnologien und Möglichkeiten der effizienten Netzentwicklung, insbesondere auch unter Betrachtung der Erfahrungen von Gleichstromnetzen aus der Industrie.

Stromspeicher

Die Speicherung elektrischer Energie ist ein maßgeblicher Baustein defossilisierter Energiesysteme. Dies betrifft stationäre, mobile und portable Stromspeicher. In Sachsen existiert dazu eine breite Forschungs- und Entwicklungslandschaft, insbesondere zu Batteriespeichern, aber auch zu kondensatorbasierten Speichereinheiten. Die einzelnen Technologien unterscheiden sich vor allem in ihrer Charakteristik und damit im Einsatzfeld. Ein wichtiger Schwerpunkt liegt bei der Weiterentwicklung der etablierten Lithium-Ionen-Technologie mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit dieser Speicher zu verbessern. Darüber hinaus werden verschiedene Next-Generation-Ansätze verfolgt, um mit weiteren Speichertechnologien den drastisch ansteigenden Bedarf an Stromspeichern decken zu können. Die Entwicklungsschwerpunkte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ⇒ Material- und Zellentwicklung für Stromspeicher mit Fokus auf der werkstofflichen, elektrochemischen und technologischen Integration von innovativen Ansätzen für ressourceneffiziente Fertigung und optimiertem CO₂-Footprint:

- Lithium-Ionen-Batterien mit flüssigen Elektrolyten,
 - Lithium-Ionen-Batterien mit festen Elektrolyten,
 - Natrium-Batterien mit flüssigen und festen Elektrolyten,
 - Next-Generation Zellchemien (Lithium-Schwefel, Aluminium, Metall-Luft, ...),
 - Batterien für vorwiegend stationäre Applikationen (Redox-Flow, Hochtemperatur-Batterien, ...),
 - Superkondensatoren.
- ⇒ Entwicklung und Integration von Batteriesystemen mit dem Ziel der anwendungsgerechten Konzeptionierung von Stromspeichern, deren Management und Überwachung, insbesondere unter Berücksichtigung der Vorgaben der EU-Batterieverordnung (Batterie-Passport).
- ⇒ Entwicklung von innovativen Ansätzen für eine zukünftige Batterie-Kreislaufwirtschaft, die Reparatur, Wiederverwendung (2nd use) und Recycling integriert. Recycling von Batteriematerialien soll dabei mit ressourceneffizienten Prozessen (Energie, Wasser, Chemikalien) erfolgen und den Wiedereinsatz der gewonnenen Rohstoffe in Batterien ermöglichen.

Beispielprojekte des Themenschwerpunkts Stromspeicher im Freistaat Sachsen sind das EU-Projekt METALLICO, welches eine resiliente Wertschöpfungskette von kritischen Rohstoffen mit dem Fokus auf Batteriematerialien verfolgt, sowie RegioRec, in dem enabling-Technologien zur Förderung der Recyclingfähigkeit von Batterien thematisiert werden.

Energiespeicherung mittels chemischer Konversion

Etliche Akteure tragen durch ihre Forschung und Entwicklung sowie die kommerzielle Umsetzung im Freistaat Sachsen zur Thematik der Langzeitspeicherung regenerativer elektrischer Energie bei. Die elektrische Energie wird dabei in Stoffe konvertiert, die einfach zu lagern und transportieren sind (Power-to-X), und bei Bedarf wieder in Energie gewandelt werden (X-to-Power). Typische Verbindungen sind Methanol, Ammoniak oder auch synthetische Treibstoffe (Synfuels). Die Forschung gliedert sich in folgende Schwerpunkte:

- ⇒ **Wasserelektrolyse:** Diese bildet typischerweise den ersten Wandlungsschritt (Power-to-Hydrogen) und ist mit der Weiterentwicklung von effizienteren Elektrolyseuren durch Material- und Technologieentwicklung eine Stärke der sächsischen Energieforschung. Insbesondere die Entwicklung von innovativen Ansätzen in der Materialforschung (z. B. Elektrodenmaterialien und ionenleitfähige Membranen) zeichnet die Forschungslandschaft aus.
- ⇒ **Produktion:** Während sich Wasserstoff vor allem für großskalige Langzeitspeicherung in Untergrundgasspeichern eignet, kann er durch katalytische Prozesse in dezentral lagerfähige Kohlenwasserstoffe, Ammoniak oder LOHC (sogenannte Wasserstoffderivate) gewandelt werden. Diese ermöglichen die Kopplung der Sektoren Energiewirtschaft, Verkehr, Industrie, Gewerbe und Haushalte. Im Gegensatz zu Ammoniak kann Methanol ohne Kühlung und Druck gelagert werden. Expertise ist in Sachsen insbesondere bzgl. der Entwicklung der dazu notwendigen Katalysatoren, Reaktoren und Anlagen vorhanden. Während Synfuels lediglich thermisch genutzt werden können (z. B. als grünes Kerosin), ermöglichen Produkte aus der – meist katalytisch unterstützten – Reduktion von CO₂ mithilfe von Wasserstoff einen vielfältigen technischen Einsatz und die Nutzung bewährter Speichertechniken. Solche Produkte sind aus gegenwärtiger Sicht insbesondere Methanol. Aber auch Prozesspfade über Methan und graphitartige Produkte können volkswirtschaftlich vorteilhaft sein. Durch den Einsatz einer modernen Verfahrenstechnik kann die Kopplung der Sektoren Verkehr, Wärme und Elektrizität

maßgeblich vorangetrieben werden. Expertise ist in Sachsen insbesondere bzgl. der Entwicklung der dazu notwendigen Katalysatoren vorhanden. Wirtschaftlich kann der einschlägige Anlagenbau mitsamt der Verfahrensoptimierung an Bedeutung gewinnen, der angesichts neuer Prozessverknüpfungen einen hohen Innovationsbedarf hat.

⇒ **Nutzung:** Die fluktuierende Energiebereitstellung durch Sonne und Wind führt zunehmend zu kurzzeitig auftretenden, aber sehr hohen Elektrizitätsüberschüssen. Das Konzept der Sektorenkopplung dient der Integration der fluktuierend gewonnenen Elektroenergie in andere Sektoren. Dadurch ergeben sich Forschungsschwerpunkte bzgl. der Nutzung im Verkehrssektor (Individualverkehr, Warentransport, öffentlicher Verkehrssektor/Straßenverkehr, Luftverkehr, Schiffsverkehr), der stofflichen Nutzung (Stahlindustrie) sowie der thermischen Nutzung (Stromerzeugung, möglichst in effizienter Kraft-Wärme-Kopplung). Sachsen weist hier ein hohes Potenzial in der Material- und Systementwicklung auf.

Für die Sektorenkopplung mittels stofflicher Speicherung ergeben sich zwei Handlungsfelder: Zum einen gilt es, die Expertise in der Material- und Systementwicklung zusammenzuführen, und zum anderen nachhaltige Gesamtprozesse zu entwickeln, umzusetzen und zu etablieren. Der damit anzustoßende Systemwandel kann nur durch geeignete Rahmenbedingungen und eine gut über die Vorteile informierte Öffentlichkeit gelingen. Dies ermöglichen Pilot- und Leuchtturmprojekte mit hoher Sichtbarkeit, die die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten in den Bereichen Wohnen, Gewerbe und Industrie abbilden und verlässliche Daten unter Realbedingungen liefern.

Wasserstofftechnologien

Der Energieträger Wasserstoff hat das Potenzial, eine Schlüsselposition in zukünftigen Energiesystemen einzunehmen. Ursache dafür ist, dass Wasserstoff CO₂-neutral erzeugt und sektorenübergreifend genutzt werden kann. So wird Wasserstoff beispielsweise als Ausgangsstoff für grüne Produkte in der chemischen Industrie, zur Stahlerzeugung sowie zur Erzeugung von flüssigen Energieträgern (z. B. Methanol) eingesetzt. Wasserstoff kann außerdem mit hoher Energiedichte – im Vergleich zu BEV (Battery Electric Vehicle) – Mobilität ermöglichen und stationär zur Erzeugung von Elektrizität und Wärme eingesetzt werden. Die Speicherung von Wasserstoff ermöglicht eine Entkopplung der Wasserstofferzeugung und -nutzung, sodass auch die saisonale Energiespeicherung ermöglicht wird. Wasserstoff kann in Derivate gewandelt werden, die bewährte umweltverträgliche Einsatzmöglichkeiten bieten.

Im Freistaat Sachsen gibt es daher eine Vielzahl von Forschungseinrichtungen und Unternehmen, die sich mit dem Thema Wasserstoff und Brennstoffzellen beschäftigen. Zu den thematischen Schwerpunkten der Forschung gehören:

⇒ **Industrielle Massenproduktion:** An der Forschung und Entwicklung von Prozessen, Maschinen und Anlagen zur industriellen Massenproduktion von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen (dem Schlüssel zur breiten Marktdurchdringung dieser Technologie) arbeiten in Sachsen Forschungseinrichtungen und Unternehmen (Bsp. H2GiGA oder H2GO).

⇒ **Wasserstoffproduktion und -speicherung:** Forschungsinstitute und Unternehmen arbeiten an effizienten und nachhaltigen Methoden zur Herstellung von Wasserstoff, wie z. B. Elektrolyseverfahren mit erneuerbaren Energieträgern, Wasserstoff aus Biomasse (z. B. Klärschlämme) oder Pyrolyseverfahren. Darüber hinaus werden innovative Speichertechnologien entwickelt, um den Wasserstoff sicher und kosteneffizient zu lagern.

- ⇒ **Brennstoffzellen-Technologien:** Die Entwicklung von Brennstoffzellen für verschiedene Anwendungen ist ein weiterer Schwerpunkt. Dieser umfasst die Optimierung von Brennstoffzellen für den Einsatz in Fahrzeugen, stationären Anlagen und tragbaren Geräten. Ziel ist es, die Leistungsfähigkeit, Effizienz und Haltbarkeit der Brennstoffzellen zu verbessern.
- ⇒ **Anwendungsfelder und Integration:** Forschungseinrichtungen und Unternehmen untersuchen die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Wasserstoff und Brennstoffzellen in verschiedenen Sektoren wie Verkehr, Energieversorgung, Industrie und Gebäudetechnik. Dabei stehen auch die Integration von Wasserstofftechnologien in bestehende Infrastrukturen (Netze, Speicher) sowie die Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu breit anwendbaren Derivaten wie Methanol und Methan im Fokus. Des Weiteren ist die Integration der Wasserstoffproduktion und -nutzung im Zusammenhang mit der Wertschöpfung aus den Nebenprodukten Wärme und Sauerstoff zu betrachten, um die Wirtschaftlichkeit des Wasserstoffes zu steigern.
- ⇒ **Materialforschung und Komponentenentwicklung:** Die Erforschung neuer Materialien sowie die Entwicklung und Optimierung von Komponenten wie Elektroden, Membranen und Katalysatoren sind entscheidend für die Weiterentwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien. Hier wird an Materialien mit verbesserten Eigenschaften, geringeren Kosten und längerer Lebensdauer gearbeitet.

Neben technologischen Aspekten werden im Freistaat Sachsen auch die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Wasserstoff und Brennstoffzellen erforscht. Dies umfasst die Analyse von Marktpotenzialen, die Entwicklung von Business Cases, die Bewertung von Förderprogrammen und der rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Entwicklung von Strategien zur Förderung der Wasserstoffwirtschaft.

Sektorenkopplung

Die Kopplung der Sektoren Energie, Wohnen und Mobilität mit der gezielten Berücksichtigung von Mobilitätsbedürfnissen von Menschen in konkreten, miteinander vernetzten Neubau- und Bestandsquartieren verspricht eine nachhaltige Lösungsstrategie als Teil einer großen gesellschaftlichen Aufgabe. Im Mittelpunkt steht hierbei die Sicherung einer sowohl innovativen, nachhaltigen und barrierefreien als auch bezahlbaren und für alle alltagstauglichen Mobilität, die zu gleichwertigen Lebensverhältnissen in den Quartieren in Stadt und Land beiträgt.

Für die Erreichung dieser genannten Ziele sind neue effiziente IKT-Lösungen erforderlich, welche in der Community bereits adressiert werden. Es zählen innovative Abrechnungsmodelle (z. B. über Blockchain) genauso dazu wie Steuerungen oder Regelungen, welche beispielsweise durch eine KI unterstützt werden können. Hier ist die Balance zwischen notwendiger Digitalisierung und gebotener „Einfachheit“ in der späteren Anwendung herauszuarbeiten.

In Unternehmen der industriellen Produktion wird die Sektorenkopplung als „Sektorenkopplung in der Fabrik“ adressiert. Gemeint ist damit eine deutlich verstärkte, energieträgerübergreifende Nutzung von Energie innerhalb von Fabriken. Durch den Einsatz von Energiespeichern und -wandlern in Verbindung mit allen energetisch relevanten Quellen und Senken in einem Gesamtsystem, welches sowohl die Produktionstechnik (Maschinen und Anlagen) als auch die Produktions- und Gebäudeinfrastruktur verbindet, ist eine deutliche Effizienzsteigerung erwartbar. Um dieses Ziel

zu erreichen, muss sowohl in der Planungs- als auch in der Betriebsphase von Fabriken energie-trägerübergreifend agiert werden. Dazu soll zunehmend die Nutzung digitaler Modelle in Verbindung mit Aktualdaten beitragen. Daher arbeiten Forschungseinrichtungen zum Beispiel an der weiteren Standardisierung und breiteren Nutzung des „Building Information Modelling – BIM“.

Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende

Energiesystemanalyse

Die Energiesystemanalyse spielt eine entscheidende Rolle im Rahmen einer umfassenden Energiestrategie und bei volkswirtschaftlichen Betrachtungen. Die Energiesystemanalyse ermöglicht eine fundierte Bewertung der bestehenden Energiesysteme, einschließlich der Energiequellen, -infrastrukturen und -technologien. Durch die Bottom-up-Modellierung des Energiesystems können Trends ermittelt, potenzielle Engpässe identifiziert und Effizienzverbesserungen vorgeschlagen werden. Darüber hinaus unterstützt die Energiesystemanalyse die Entwicklung von Strategien für das Energiesystem. Aus volkswirtschaftlicher Sicht erlaubt die Energiesystemanalyse eine fundierte Bewertung der Kosten und Nutzen verschiedener Energieszenarien. Sie trägt zur Identifizierung von Investitionsmöglichkeiten bei, die sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile bieten. Darüber hinaus hilft sie bei der Abschätzung der langfristigen Auswirkungen von Energiesystementscheidungen auf Energiepreise, Produzenten- und Konsumentenrente sowie auf Energieimporte und -exporte.

Die Energiesystemanalyse unterstützt somit die Entwicklung nachhaltiger und resilienter Energiestrategien, die sowohl ökonomische als auch ökologische Ziele berücksichtigen. Sie ermöglicht damit eine quantitativ basierte Entscheidungsfindung und trägt dazu bei, die langfristige Energieversorgungssicherheit zu gewährleisten und die Gesamtwirtschaft zu stärken.

Forschungskompetenzen im Schwerpunkt Energiesystemanalysen im Freistaat Sachsen liegen bspw. in der Konzeption und dem Einsatz techno-ökonomischer Modelle und quantitativer Methoden zur Entscheidungsunterstützung in der Energiewirtschaft. Dabei können sowohl Forschungsprojekte zur Integration erneuerbarer Energieträger als auch zur langfristigen Entwicklung von Energiemärkten und -preisen, zur Gestaltung der Strommärkte, zum Netzausbau, zu Entwicklungen der Netzentgelte und der EEG-Umlage sowie zu Flexibilitätsoptionen im Elektrizitätssystem vorgewiesen werden.

CO₂-Technologien für die Energiewende

Im Bereich der CO₂-Technologien für die Energiewende gibt es ebenfalls eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten und Entwicklungen, die auch im Freistaat Sachsen verfolgt werden.

⇒ **CCS (Carbon Capture and Storage):** Bei CCS-Technologien wird Kohlenstoff als CO₂ aus industriellen Prozessen, Kraftwerken, thermischen Abfallbehandlungsanlagen oder Biogasanlagen abgeschieden, chemisch und/oder physikalisch komprimiert und anschließend in unterirdischen geologischen Formationen dauerhaft gespeichert, um die Freisetzung als CO₂ in die Atmosphäre zu verhindern. Dazu ist Energieaufwand erforderlich. Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Sachsen beschäftigen sich mit der Entwicklung sowie energetischen und wirtschaftlichen Optimierung von integralen Verfahren inkl. der CO₂-Abscheideverfahren sowie der Bewertung der geeigneten Lagerstätten und der Überwachung der Langzeitintegrität des Speichers. Weiterhin werden u. a. die geochemischen und mikrobiologischen Aktivitäten im Untergrundspeicher untersucht, die u. a. das Potenzial für eine dauerhafte Bindung des CO₂ in fester Form bieten.

- ⇒ Im Vorfeld einer CCS-Anwendung sind unerwünschte, hydrochemische Sekundäreffekte auf das Grundwasser im Interesse einer nachsorgefreien, nachhaltigen Nutzungsoption auszuschließen. Dies liegt im Sinne des Klimaschutzes und der Klimaanpassung und ist für das vergleichsweise dicht besiedelte Sachsen von besonderer Bedeutung. Infolge klimawandelinduzierter regional unterschiedlicher Wasserdefizite müssen Grundwasservorkommen perspektivisch nutzbar bleiben.
- ⇒ **CCU (Carbon Capture and Utilization):** Im Gegensatz zu CCS wird bei CCU das abgeschiedene CO₂ nicht gespeichert, sondern als Rohstoff für die Herstellung von wertvollen Produkten genutzt. Es ersetzt dabei fossile Energie und mindert die Extraktion von fossilem Kohlenstoff aus der Geosphäre. Dies kann die Herstellung von Kraftstoffen, chemischen Grundstoffen oder Baumaterialien umfassen. Forschungsinstitute und Unternehmen in Sachsen erforschen neue Technologien und Verfahren zur Umwandlung von CO₂ in wieder nutzbare Produkte (z. B. Methanol) sowie deren ökonomische und ökologische Bewertung.
- ⇒ **CO₂-Transport in Pipelines:** Um CO₂ effizient von den Abscheideanlagen zu den Speicherstätten zu transportieren, werden infrastrukturelle Optionen wie Pipelines oder straßen- und schienengebunden Systeme benötigt. Forschung und Entwicklung in Sachsen konzentrieren sich u. a. auf die Optimierung von Pipeline-Designs und -Materialien, die Sicherheit des Transports sowie die Integration von Kohlenstoff-Transportinfrastrukturen in bestehende Energienetze.
- ⇒ **Kopplung von CCU und CCS:** Die Einbringung von rückgewonnenem Kohlenstoff in die Produktion sehr langlebiger Produkte und Infrastrukturen trägt zu einem zumindest vorübergehenden CO₂-Entzug aus der Atmosphäre bei.

Im Freistaat Sachsen werden diese Forschungsthemen oft in Zusammenarbeit mit anderen Bundesländern, Forschungseinrichtungen und Unternehmen verfolgt. Ziel ist es, Technologien zu entwickeln und zu etablieren, die einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen und zur Defossilisierung der Energiebereitstellung und -nutzung zu einem vertretbaren ökologischen und ökonomischen Preis leisten können.

Ressourceneffizienz für die Energiewende

Die Verfügbarkeit nachhaltiger Ressourcen ist eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende, da insbesondere der Abbau und die Verarbeitung von Rohstoffen wie Kobalt, Lithium oder Seltenen Erden mit zahlreichen Umweltwirkungen verbunden sind. Diese Rohstoffe sind jedoch von hoher strategischer Bedeutung und sollten daher dem Wirtschaftssystem so lange erhalten bleiben, wie es ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist. Die Verbesserung der Material- und Ressourceneffizienz und die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft werden daher als wichtige Säulen der Energieforschung angesehen. Dabei stehen insbesondere interdisziplinäre Projekte und systemübergreifende Ansätze im Vordergrund, um die globale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und zu steigern, die Umwelt zu schonen und die Resilienz der Versorgungsketten zu stärken. Die Forschungslandschaft in Sachsen ist für die Ressourceneffizienz und Rückgewinnung von Rohstoffen exzellent aufgestellt. Für eine bestmögliche Koordinierung steht in Sachsen das geförderte Innovationscluster Circular Saxony zur Verfügung und bietet die notwendige Expertise und das Netzwerk zum Thema Kreislaufwirtschaft an, um Ressourcen- und Energiewende stärker zu verzahnen.

Im Zuge der Defossilisierung wird eine weitere Ressource in den Fokus der Energieforschung rücken: Kohlenstoff aus regenerativen Quellen, der in Industrien wie der chemischen Industrie zur Herstellung wichtiger Grundchemikalien benötigt wird. Bei der Bereitstellung, Bilanzierung und Rückgewinnung kann die Energieforschung in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsschwerpunkten einen wichtigen Beitrag leisten. Darüber hinaus müssen die Potenziale für regenerative Kohlenstoffquellen, z. B. aus Biomasse oder in Form von CCU¹¹, systematisch erfasst und bilanziert werden, um Nutzungspfade priorisieren zu können. Die Bilanzierung von Kohlenstoff als zukünftige Ressource steht zudem in engem Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft und dem Markthochlauf der Bioökonomie, einschließlich einer kaskadischen Nutzung nachhaltiger Biomasse. Ein Kohlenstoffmanagement und entsprechende strategische Überlegungen sollten daher Eingang in die zukünftige Energieforschung in Sachsen finden.

Neben den bereits genannten Ressourcen ist der Energiesektor der größte Wassernutzer. Mit zunehmender Verknappung und Verschiebung der Wasserverfügbarkeit sollte die Energieforschung diese Ressource als interdisziplinäre Säule berücksichtigen.

Materialforschung für die Energiewende

Die Materialforschung in Sachsen ist inhaltlich sehr breit aufgestellt und ist eng verknüpft mit den zugehörigen Herstellungsprozessen und der Weiterverarbeitung bis hin zum fertigen Produkt. Alle Technologiebereiche der Energieforschung benötigen Lösungen aus der Materialforschung, um den applikationsspezifischen Anforderungen gerecht werden zu können. Neben der Entwicklung von Werkstoffen mit besonderen funktionellen Eigenschaften (magnetisch, optisch, elektrisch) werden neue Werkstoffe und Werkstoffsysteme für konstruktive Anwendungen (z. B. Leichtbau, Hochtemperatur, Reibung, Verschleiß, Korrosion, Strahlung) benötigt. Immer öfter werden dabei Werkstoffe und Herstellungsprozesse in enger Verzahnung miteinander weiterentwickelt (z. B. Additive Fertigung).

Ziel der Materialentwicklung und der zugehörigen Prozesse ist aber nicht alleine die Bereitstellung von erforderlichen Funktionalitäten. Stattdessen gehören zur einschlägigen Grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung auch Fragen zu ressourcenschonenden Herstellungsprozessen, zur Vermeidung von kritischen Rohstoffen und zur Kreislaufführung von Werkstoffen.

Die sächsische Forschungslandschaft bildet die komplette Kette von der Grundlagenforschung bis hin zur anwendungsnahen Forschung und Entwicklung ab.

Wechselwirkungen im Bereich der Energieforschung mit der internationalen Gemeinschaft

Die Energiewende ist unabdingbar für das Erreichen der Ziele des Pariser Abkommens zur Begrenzung der Erderwärmung. Auf globaler Ebene können sowohl die Klimaschutzziele als auch die Energiewende nur durch gemeinsame Anstrengungen der internationalen Gemeinschaft erreicht werden. Hierbei spielt insbesondere auch ein Dialog zwischen Wissenschaft und dem UN-System eine wichtige Rolle. Sachsen ist mit einem von derzeit 13 Instituten der Hochschule der Vereinten Nationen UNU-FLORES hervorragend aufgestellt, Forschungsergebnisse auch ins UN-System zu transferieren.

¹¹ CCU Carbon Capture and Utilization (engl.): Abscheidung, Transport und anschließende Nutzung von Kohlenstoff

Auch wenn es historisch gesehen die Länder des Globalen Nordens sind, die über lange Zeiträume sehr hohe Treibhausgasemissionen erzeugt haben, tragen sowohl Armut (z. B. durch Nutzung ineffizienter Energiesysteme und umweltbelastender Brennstoffe) als auch die Kombination aus Bevölkerungswachstum und sozioökonomischer Entwicklung (durch die damit einhergehende Erhöhung der Energienutzung) dazu bei, dass die Länder des Globalen Südens eine immer wichtigere Rolle hinsichtlich der globalen Energienachfrage und energiebedingter Treibhausgas-Emissionen spielen. Forschung zur Nachhaltigkeit von Energiesystemen in Deutschland/Sachsen sollte daher auch immer die Situation im Globalen Süden mitdenken.

Der Kohleausstieg ist nicht nur für Sachsen, sondern auch für Kohlereviere und Altindustrieregionen in anderen Teilen Europas und weltweit eine erhebliche Herausforderung. Selbst nach einem vollständigen Ausstieg aus der Kohleförderung und -verbrennung erfordern die Renaturierung der Landschaft, die Beseitigung von Altlasten und die Regulierung hydro(geo)logischer Prozesse jahrzehntelange Anstrengungen. Hierbei ist es insbesondere erforderlich, ein ganzheitliches Umweltressourcen-Management (z. B. im Sinne des Ressourcen-Nexus-Ansatzes) zu etablieren, aber zugleich auch den Aspekt der wirtschafts- und sozialverträglichen Transformation (Innovation und Exnovation) der Kohlereviere zu berücksichtigen. UNU-FLORES strebt daher an, die Lausitz zu einem "Reallabor" für Ressourcen-Nexus-Ansätze zur Begleitung von Kohleausstieg und regionaler Transformation zu entwickeln, das modellhaft für Kohlereviere weltweit, insbesondere auch im Globalen Süden, steht.

Nukleare Forschung

Die nukleare Forschung im Freistaat Sachsen spielt eine wesentliche Rolle in der Sicherstellung einer nachhaltigen, sicheren und effizienten Nutzung von Kernenergie weltweit. Der Forschungsschwerpunkt ist gegenwärtig auf vier Hauptthemen fokussiert.

- ⇒ **Reaktorsicherheitsforschung:** Der Beitrag des Freistaats Sachsen ist die Beurteilung und Verbesserung der Sicherheitseigenschaften der im Ausland in Betrieb, in Bau oder in Planung befindlichen Anlagen, was angesichts der kerntechnischen Entwicklungen insbesondere in Polen und Tschechien notwendig ist. In Sachsen konzentrieren sich die Forschungsarbeiten auf die Analyse von Unfallabläufen, die Entwicklung fortschrittlicher Überwachungstechnologien und die Verbesserung von Notfallmaßnahmen nicht nur hinsichtlich von Kernreaktoren, sondern auch in Bezug auf die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen. Beispielgebend im Freistaat Sachsen ist die Nachwuchsforschungsgruppe NAUTILUS mit dem gleichnamigen Projekt, die sich dem Querschnittsthema „Weiterbehandlung hochradioaktiver Abfälle und Reaktorsicherheit“ widmet. In Zukunft wird die Reaktorsicherheitsforschung vermehrt auf die Herausforderungen neuer Reaktortypen wie Small Modular Reactors (SMRs) und Generation IV Reaktoren eingehen müssen. Hierbei sind insbesondere die Verbesserung der passiven Sicherheitsmechanismen und die Entwicklung robusterer Materialien und Systeme von zentraler Bedeutung.
- ⇒ **Entsorgungs- und Endlagerforschung:** Die Entsorgungs- und Endlagerforschung in Sachsen widmet sich der sicheren und dauerhaften Lagerung radioaktiver Abfälle. Forschungseinrichtungen untersuchen hierbei sowohl technologische als auch geologische Aspekte der Endlagerung. So wird beispielsweise im Verbundprojekt KOBEKA Messtechnik zur Beprobung kontaminierter Betonbaukörper kerntechnischer Anlagen während des Rückbaus entwickelt. Die Behandlung von hochradioaktiven Abfällen (abgebrannte Brennelemente) gewinnt zunehmend an Bedeutung und verfolgt das Ziel, einerseits die im Brennelement enthaltene Energie zu nutzen, sowie andererseits die Menge an endzulagernden langlebigen Abfällen deutlich zu reduzieren. Entsprechende Arbeiten laufen bereits, sind vielversprechend und sollten Bestandteil der Energieforschung im Freistaat sein. Zukünftige Forschungsanstrengungen sollten sich darüber hinaus auf die Weiterentwicklung der Endlagertechnologien und die Langzeitüberwachung konzentrieren. Zudem sind internationale Kooperationen notwendig, um globale Standards zu entwickeln und die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu stärken.
- ⇒ **Strahlenforschung:** Die Strahlenforschung in Sachsen befasst sich mit den Auswirkungen ionisierender Strahlung auf die Menschen und Umwelt sowie mit der Entwicklung von Schutzmaßnahmen. Ein Schwerpunkt liegt auf der medizinischen Anwendung von Strahlung und der Erforschung strahlenbiologischer Effekte. Insbesondere ist dabei OncoRay – das Nationale Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie – zu nennen, das sich beispielsweise im Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network RAPTOR der Weiterentwicklung der Partikeltherapie zur Echtzeit-Nutzung widmet. Zukünftig wird die Strahlenforschung verstärkt die personalisierte Medizin und die Entwicklung neuer Diagnose- und Therapieverfahren berücksichtigen müssen. Zudem sind Forschungsarbeiten zur Risikokommunikation und zum Strahlenschutz in verschiedenen Anwendungsbereichen erforderlich.
- ⇒ **Fusionsforschung:** Die Fusionsforschung in Sachsen strebt die Nutzung der Kernfusion für die saubere und nahezu unerschöpfliche Bereitstellung von Energie an. Forschungseinrichtungen konzentrieren sich auf die Entwicklung und Optimierung von Fusionsreaktoren und die Lösung

technischer Herausforderungen wie der Plasmakontrolle und Materialbelastung. So widmet sich das Projekt ROLF - Röntgenlaser-Optimierung der Laserfusion der Verbesserung des theoretischen Verständnisses rund um die Kompression des eingesetzten Wasserstoffs. Zukünftige Forschungsarbeiten werden verstärkt die Materialforschung und die Entwicklung wirtschaftlicher Reaktordesigns adressieren müssen. Zudem ist die Integration erneuerbarer Energieträger in das Energiesystem von großer Bedeutung, um die zukünftige Energieversorgung sicherzustellen.

Außerdem hat sich das Forschungsnetzwerk SAXFUSION gebildet. Dieses besteht aus zahlreichen Partnern wie dem HZDR, dem FhG-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), dem Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW), der Hochschule Mittweida u.a. Das Netzwerk möchte die gesamte Wertschöpfungskette von der Forschung bis zur Anwendung abbilden. Dafür strebt es eine enge Zusammenarbeit mit KMUs und Firmen an.

Herausgeber:

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus
Wigardstraße 17 | 01097 Dresden
Telefon: 0351 564-0
Telefax: 0351 564-60099
poststelle@smwk.sachsen.de
www.smwk.sachsen.de
www.facebook.com/smwk.sachsen.de
twitter.com/smwk_sn

Redaktion:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1 | 10623 Berlin

Energy Saxony e. V.
Plauenscher Ring 29 | 01187 Dresden

Autorinnen und Autoren (alphabetisch):

Vicky Tröger, Frances Zedler, Antje Zehm sowie die Mitglieder des beteiligten Expertengremiums;
außerdem Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der sächsischen Staatsministerien

Gestaltung und Satz:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

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 Parteinahme 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.