Bundesanzeiger
Herausgegeben vom
Bundesministerium der Justiz
und für Verbraucherschutz
www.bundesanzeiger.de

Bekanntmachung
Veröffentlicht am Dienstag, 29. Juni 2021
BAnz AT 29.06.2021 B2

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Förderbekanntmachung Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung im 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“

Vom 18. Juni 2021

1 Zuwendungszweck

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 bekannt. Das deutsche Klimaschutzgesetz sieht vor, bis zum Jahr 2030 den Ausstoß von Treibhausgasen um 65 Prozent und bis 2040 um 88 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Mit diesen Zielen verfolgt Deutschland gegenüber dem Energiekonzept von 2010 nicht nur ein deutlich höheres Ambitionsniveau, sondern plant, die Treibhausgasneutralität fünf Jahre früher zu erreichen und somit seinen Beitrag dazu zu leisten, die Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaschutzabkommen einzuhalten und den globalen Temperaturanstieg bis Ende des Jahrhunderts auf maximal zwei Grad zu begrenzen. Dies setzt einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und eine signifikante Reduzierung des Primärenergieverbrauchs voraus. Um dies zu erreichen, ohne das Wohlstandsniveau und die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Wirtschaft zu gefährden, muss die Energieeffizienz auf allen Ebenen der Wandlungs- und Nutzungskette deutlich gesteigert werden. Darüber hinaus erfordert die witterungsbedingte und im Jahresverlauf variierende Verfügbarkeit erneuerbarer Energien mit der Zunahme ihres Versorgungsanteils neue Verfahren zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage. Dazu zählen zum Beispiel intelligente digitale Steuerungsinstrumente und Speicher für Wärme und Strom beziehungsweise strombasierte Gase und Kraftstoffe.

Viele der genannten Entwicklungen sind technisch noch nicht ausgereift oder können noch nicht wirtschaftlich betrieben werden. Primäres Ziel der Forschungsförderung im Energiebereich ist es, die Einsatzfähigkeit von Energietechnologien zu beschleunigen, indem der Staat durch finanzielle Unterstützung einen Teil der hohen wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Risiken übernimmt. Dies erfolgt durch einen technologieoffenen, breiten Förderansatz unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Prozesse und der Schaffung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen. Im Mittelpunkt der Förderung stehen Technologien und Konzepte, die deutliche Effizienzsteigerungen, Integration erneuerbarer Energien, Gewährleistung der Versorgungssicherheit sowie einen schnellen Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung und in den Markt versprechen.

Neben energie- und klimapolitischen Zielen stärkt das 7. Energieforschungsprogramm die heimische Wirtschaft, indem es wichtige Beiträge zu deren Modernisierung leistet. Der technologieoffene Programmansatz und das Aufgreifen neuer Trends, wie etwa bei der Sektorenkopplung oder der Digitalisierung der Energiewirtschaft, bieten Chancen für innovative Unternehmen im nationalen Markt wie auch im Export. Für kleine und mittelständische sowie für junge Unternehmen wird der Zugang zum Energieforschungsprogramm erleichtert. Der technologieoffene Programmansatz ist aber auch ein Beitrag zur Risikovorsorge, da er die Entwicklung vielfältiger Technik-Optionen unterstützt und auf diese Weise Handlungsspielräume schafft, innerhalb derer später auf heute nicht absehbare Entwicklungen reagiert werden kann.

Im 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Innovationen für die Energiewende“ werden der energie- und forschungspolitische Rahmen sowie strategische Ziele der Energieforschung detailliert dargestellt. Die vorliegende Förderbekanntmachung setzt das Programm für die Projektförderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) auf dem Gebiet der angewandten nichtnuklearen Energieforschung um, indem sie die dafür relevanten Forschungsbereiche konkretisiert. Maßstab für die Zuordnung ist der sogenannte Technologiereifegrad, kurz TRL (englisch „Technology Readiness Level“). Die vorliegende Bekanntmachung adressiert Technologieentwicklungen ausgehend von TRL 3 mit Entwicklungsziel bis TRL 9. Sie soll Antragstellern eine Hilfestellung bei der Identifikation aussichtsreicher Forschungsarbeiten geben und sie bei der Antragstellung unterstützen. Die Förderbekanntmachung erstreckt sich über vier Schwerpunkte:

I. Energienutzung (Gebäude und Quartiere, Industrie und Gewerbe, Energiewende im Verkehr sowie Brennstoffzellen, siehe hierzu Nummer 4.1 des 7. Energieforschungsprogramms),

II. Energiebereitstellung (Windenergie, Photovoltaik, Bioenergie, Geothermie, Wasserkraft und Meeresenergie sowie Thermische Kraftwerke – solar und konventionell, siehe hierzu Nummer 4.2 des 7. Energieforschungsprogramms),

III. Systemintegration (Stromnetze, Stromspeicher sowie Sektorenkopplung und Wasserstofftechnologien, siehe hierzu Nummer 4.3 des 7. Energieforschungsprogramms) und

IV. Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende (Technologieorientierte Systemanalyse, Technologien für die CO_2-Kreislaufwirtschaft, Digitalisierung der Energiewende, Ressourceneffizienz sowie technologiebegleitende Forschungsarbeiten zu gesellschaftlichen Fragestellungen der Energiewende, siehe hierzu Nummer 4.4 des 7. Energieforschungsprogramms).

Die PDF-Datei der amtlichen Veröffentlichung ist mit einer qualifizierten elektronischen Signatur versehen. Siehe dazu Hinweis auf Infoseite.

Bei besonderer wissenschaftlicher, technischer oder wirtschaftlicher Bedeutung können im Einzelfall auch andere als die nachfolgend (in Nummer 3) genannten Anwendungen und Systemvarianten gefördert werden, sofern diese den Förderzielen des 7. Energieforschungsprogramms in besonderer Weise entsprechen.

2 Rechtsgrundlagen

Der Bund gewährt Zuwendungen nach Maßgabe dieser Bekanntmachung, der §§ 23 und 44 der Bundeshaushaltsordnung (BHO) und der dazu erlassenen Allgemeinen Verwaltungsvorschriften. Ein Rechtsanspruch auf Gewährung einer Zuwendung besteht nicht. Vielmehr entscheidet die Bewilligungsbehörde aufgrund ihres pflichtgemäßen Ermessens im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel. Für die Bewilligung, Auszahlung und Abrechnung der Zuwendung sowie für den Nachweis und die Prüfung der Verwendung und die gegebenenfalls erforderliche Aufhebung des Zuwendungsbescheids und die Rückforderung der gewährten Zuwendung gelten die §§ 48 bis 49a des Verwaltungsverfahrensgesetzes, die §§ 23, 44 BHO und die hierzu erlassenen Allgemeinen Verwaltungsvorschriften. Der Bundesrechnungshof ist gemäß den §§ 91, 100 BHO zur Prüfung berechtigt.

Die Förderung nach diesen Regelungen erfüllt die Voraussetzungen der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 der Kommission vom 17. Juni 2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (sogenannte „Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung“ – nachfolgend „AGVO“ genannt), zuletzt geändert und verlängert durch Verordnung (EU) 2020/972 vom 2. Juli 2020 (ABl. L 215 vom 7.7.2020, S. 3) und ist demnach im Sinne von Artikel 107 Absatz 3 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) mit dem Binnenmarkt vereinbar und von der Anmeldepflicht nach Artikel 108 Absatz 3 AEUV freigestellt. Soweit einzelne Zuwendungen unter Artikel 107 Absatz 1 AEUV fallen, gelten die Regelungen der AGVO. Es wird darauf hingewiesen, dass Informationen über jede Einzelbeihilfe von über 500 000 Euro auf einer ausführlichen Beihilfe-Internetseite veröffentlicht werden. Zudem können Beihilfen im Einzelfall gemäß Artikel 12 AGVO von der Europäischen Kommission geprüft werden.

3 Gegenstand der Förderung

Gegenstand der Förderung sind projektbezogene Aktivitäten auf dem Gebiet der Forschung, Entwicklung und Innovation in einem oder mehreren der nachstehend genannten Forschungsbereiche. Hierzu gehören schwerpunktmäßig industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung im Sinne von Artikel 2 Nummer 85, 86 AGVO einschließlich Demonstration von Energietechnologien. Die Förderung erstreckt sich dabei von TRL 3 bis 8. Zur Beschleunigung des Technologietransfers sind Innovationen mit einem klaren energiewirtschaftlichen Bezug über Forschungs- und Entwicklungs-Vorhaben hinaus bis TRL 9 förderfähig, vorrangig für Anlagen in Reallaboren der Energiewende in Form von Umweltschutzbeihilfen gemäß Artikeln 36 bis 41 sowie 46 und 48 AGVO. Eine stärkere Beteiligung kleinerer und mittlerer Unternehmen (KMU) sowie von Startups wird insbesondere über Innovationsbeihilfen für KMU gemäß Artikel 28 AGVO sowie die Förderung von Prozess- und Organisationsinnovationen nach Artikel 29 AGVO umgesetzt.

Begleitstudien zu gesellschaftlichen Fragen der Energiewende und zur sozialen Akzeptanz der Technologieentwicklungen sowie wissenschaftliche Querauswertungen und Analysen sind bei größeren Forschungsprojekten grundsätzlich förderfähig. Bei besonderer Relevanz können thematische Fokussierungen in den Abschnitten I bis IV gesondert bekannt gegeben werden.

Abschnitt I

Energiewende in den Verbrauchssektoren

3.1 Gebäude und Quartiere

Im Sektor Gebäude und Quartiere haben wesentliche Anteile der Lasten im Energiesystem ihren (oft komplexen) Ursprung. Herausforderung des Forschungsbereichs ist es, das Zusammenspiel der damit verbundenen vielfältigen Technologien im System zu erforschen und zu optimieren. Hierzu gehören gleichermaßen Untersuchungen auf der Seite der Nutzer und der Erzeuger, da zu jedem Zeitpunkt Bedarfe der Endenergienutzer mit einem möglichst lokal, wirtschaftlich und nachhaltig erzeugten Angebot bedient werden müssen. Die Weiterentwicklung von Materialien, Komponenten und Einzeltechnologien und die Integration in das Gesamtsystem sind entscheidende Fördergegenstände für die Zukunftsfähigkeit unserer Energiewirtschaft. Die im Folgenden aufgeführten Themenbereiche (die Nummern 3.1.1 bis 3.1.5) werden unter dem gemeinsamen Dach der Forschungsinitiative Energiewendebauen zusammengefasst.

3.1.1 Energieoptimierte und klimaneutrale Gebäude

Die Förderung orientiert sich zukünftig am Leitmotiv „energieoptimierte und klimaneutrale Gebäude der Zukunft“. Die Minderung des Primärenergiebedarfs, die Integration erneuerbarer Energien und die damit einhergehende drastische Reduktion von Treibhausgasemissionen bei Herstellung, Betrieb, Modernisierung und Rückbau von Gebäuden ist Hauptzielstellung von Forschungs- und Entwicklungs- sowie Demonstrationsvorhaben.

a) Maßnahmen der angewandten Forschung und Entwicklung (FuE)

- Kostenreduktion der Komponenten hocheffizienter, innovativer Technologien, insbesondere für energetische Modernisierungen, unter anderem durch innovative Herstellungsmethoden, automatisierte Verfahren und industrielle Fertigung,
- systemische Betrachtung entlang des Lebenszyklus,

- integrierte Gebäudekonzepte und smarte Energiemanagementsysteme im Kontext lokaler Energieversorgungssysteme und die sinnvolle Einbindung als Energiesenke, Energiequelle oder Energiespeicher (Prosumer),
- Weiterentwicklung, Optimierung und Erprobung innovativer Materialien und Komponenten insbesondere aus nachwachsenden Rohstoffen,
- Erhöhung der (Betriebs-)Sicherheit,
- Weiterentwicklung von Technologien zur Nutzung regenerativer Wärme (Solarthermie, Bioenergie vgl. Nummer 3.7, Geothermie vgl. Nummer 3.8) mit dem Ziel verbesserter Wirtschaftlichkeit,
- Entwicklung von gebäudeintegrierter Solarthermie und Photovoltaik sowie gekoppelter photovoltaisch-thermischer Systeme,
- Weiterentwicklung von Wärmepumpen mit Schwerpunkt auf neuen Temperaturniveaus, weiteren Effizienzsteigerungen und Kostensenkung (insbesondere durch verbesserte Produktionsprozesse),
- innovative Kraft-Wärme-Kopplung (KWK),
- Brennstoffzellen (siehe dazu Nummer 3.4) und
- innovative Planungs-, Bau- und Betriebsmethoden, insbesondere Digitales Planen, Bauen und Betreiben.

Die Digitalisierung wird beim Bau und Betrieb von Gebäuden von systemischer Bedeutung sein, denn über die Vernetzung der Komponenten und Nutzer werden bisher ungenutzte Effizienzpotenziale erschließbar. Hierbei sind Datenschutz und Datensicherheit beim Umgang mit Nutzerdaten und einfache Bedienbarkeit ebenso wichtig wie die Betriebszuverlässigkeit einzelner Anlagen und der vernetzten Systeme. In diesem Kontext sind auch Technologien zur Erfassung, Speicherung und Übertragung von Daten in Verbindung mit der Weiterentwicklung des anbindungsfähigen Building Information Modelling (BIM) mit frei zugänglichen Schnittstellen von Relevanz.

Für die Entwicklung und Erprobung von Verfahren zur ganzheitlichen Bilanzierung und Optimierung sowie zur Simulation und Modellierung von Sanierungspfaden wird die Verknüpfung von Informations-, Kommunikations- und Steuerungsschnittstellen mit Planungswerkzeugen und Werkzeugen zur integralen Planung und beim Betrieb von Gebäuden wichtiger Forschungsgegenstand. Darüber hinaus sollen der Einsatz von hybriden Planungsverfahren und innovativen Konzepten zur Betriebsführung durch dynamische Betriebssteuerung, prädiktive Regelung sowie die Kopplung von Messung und Simulation weiterentwickelt werden. Diese werden ergänzt durch wissenschaftliches und ökonomisches Monitoring inklusive Auswertung der Messdaten für Betriebsoptimierungen.

Auf der Grundlage umfangreicher Daten aus der Energieforschung sollen die Weiterentwicklung von Tools zur energetischen Betriebsoptimierung und Verfahren des digitalen Bauens zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit führen.

b) Demonstrations- und Pilotprojekte

Es ist ein Merkmal der Kontinuität der Energieforschungspolitik, dass an erfolgreiche FuE-Projekte zu Themenschwerpunkten von Buchstabe a auch Pilot- und Demonstrationsvorhaben anschließen können. Ziel ist, die in den Technologieentwicklungsprojekten gewonnenen Erfahrungen durch den wissenschaftlich begleiteten Praxistransfer in Demonstrations- und Pilotvorhaben zu vertiefen, um fundierte Erkenntnisse zur energetischen Leistung von Gebäuden und Technologien in realer Umgebung zu liefern. Ein besonderer Fokus liegt unter anderem auf der Wärmeversorgung:

- die Demonstration der Einbindung stromgeführter KWK-Anlagen sowie erneuerbarer und innovativer Technologien in die Wärmeversorgung von Gebäuden und Quartieren zur Entwicklung von Betriebsführungsstrategien sowie
- die Demonstration des Einsatzes von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren in Gebäuden und Quartieren.

Im Rahmen der Demonstrationsvorhaben sind die Arbeiten zu Lebenszyklusanalysen fortzuführen, die neben der Ressourceneffizienz auch die Fragestellungen neuer Geschäftsmodelle mit Blick auf zirkuläres Wirtschaften untersuchen.

3.1.2 Energiewende im Quartier

Auf der Quartiersebene werden innovative Systemlösungen für mehr Energieeffizienz und zur Integration erneuerbarer Energien gefördert, die gleichzeitig in eine gesamtstädtische Langzeitstrategie integriert sind. Es werden beispielhafte, kostenoptimierte Quartierskonzepte, ausgewählte Aspekte ihrer Umsetzung und die dazugehörige wissenschaftliche Evaluierung gefördert. Ziel ist die Beschleunigung der Transformationsprozesse in städtischen Energieversorgungsstrukturen, indem bestehende Hemmnisse bei der Realisierung von großflächigen Energieeffizienzprojekten überwunden werden. Ein besonderer Fokus liegt auf folgenden Aspekten:

- Quartiere im Wandel (Strukturwandel, demografischer Wandel),
- Quartiere der Sektorenkopplung,
- integrierte, synergetische Lösungen für die energetische Infrastruktur urbaner Areale (beispielsweise Wohnquartiere/Produktions- und Logistikareale) sowie
- Planung, Umsetzung und Monitoring innovativer Versorgungskonzepte.

Die Förderung umfasst die Teilbereiche FuE, Demonstration und Pilotvorhaben.

a) Maßnahmen der angewandten FuE

Adressiert werden die Entwicklung und Erprobung von ganzheitlichen Planungs- und Optimierungsmethoden sowie integralen Planungshilfsmitteln für Stadtquartiere mit folgenden Teilaspekten:

- Abbildung der realen Situation,
- Bilanzierung der Energiebedarfe und -angebote,
- energetische und ökonomische Betrachtung,
- Simulation verschiedener Sanierungspfade,
- Optimierung des Gesamtsystems und
- Akzeptanz bei Anwendern.

b) Demonstrations- und Pilotprojekte

Die folgenden Themen stehen im Fokus der Demonstration (technologiebegleitend):

- Transfer von FuE-Ergebnissen,
- systemischer Ansatz zur energetischen Optimierung auf Quartiersebene,
- Integration erneuerbarer Energien und Abwärme in Versorgungsstrukturen,
- Erprobung neu entwickelter Technologien und Planungshilfsmittel,
- integrale Lösungsansätze bei unterschiedlichen, aber übertragbaren städtischen Modellsituationen,
- Digitalisierung der Energiewende auf Quartiersebene,
- wissenschaftliche Messprogramme und Evaluation,
- Akzeptanz nachhaltiger Technologien und ihrer Nutzung,
- soziale und ökonomische Folgen sowie Optimum energetischer Modernisierung und
- neue Geschäftsmodelle für die Energiewende zur Minimierung von Markt- und Umsetzungshemmnissen.

3.1.3 Versorgung mit Wärme und Kälte

Ziel der Förderung im Wärmebereich ist es, netzgebundene Wärme- und Kälteversorgungssysteme primärenergetisch, exergetisch, wirtschaftlich und ökologisch zu verbessern. Dazu zählen sowohl zentrale als auch dezentrale Versorgungsstrukturen. Durch die Verknüpfung der Sektoren (Sektorenkopplung) trägt die Flexibilisierung der netzgebundenen Wärmeversorgung maßgeblich zum Gelingen der Energiewende bei. Um die damit verbundenen Herausforderungen zeitlich fluktuierender Ein- und Ausspeisung sowie der effizienten und wirtschaftlichen Betriebsführung bei gleichzeitiger Gewährleistung der Versorgungssicherheit überwinden zu können, müssen die Wärmenetze digital vernetzt werden.

a) Maßnahmen der angewandten FuE

Hauptgegenstände sind hier die Entwicklung und Erprobung von

- innovativen Konzepten zur Betriebsführung von Wärme- und Kältenetzen unter anderem durch dynamische Netzbetriebssteuerung, prädiktive Steuerung und Regelung, Kopplung von Messungen mit Simulationen, Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken (IKT), selbstlernenden Systemen, Big-Data-Methoden, Künstlicher Intelligenz,
- Maßnahmen zur Netzintegration aus Solarthermie und von dezentral anfallender Abwärme jeglicher Art,
- innovativen Wärme- und Kälteerzeugungstechniken im Anlagenverbund (unter anderem KWK, KWKK in Verbindung mit Energiespeichern, mini- und mikro-BHKW (Blockheizkraftwerk), virtuelles Kraftwerk),
- innovativen Messtechniken für Wärme- und Kältenetze,
- Methoden und Strategien zur Instandhaltung (auch Alterungsverhalten, Wechselbeanspruchung, Strömungsumkehr usw.),
- neuartigen Leitungstypen und Verlegetechniken,
- intelligenten Hausanschlussstationen und Netzeinspeisestationen und
- Maßnahmen zur Flexibilisierung des Energiesystems.

b) Demonstrations- und Pilotprojekte

Hier steht eine integrale Betrachtung von Energiebereitstellung, -verteilung und -speicherung unter Einbeziehung der zu versorgenden Gebäude im Fokus. Die Förderung erstreckt sich auf die Planung, Umsetzung und den Betrieb komplexer, innovativer Systeme sowohl im Neubau als auch im Bestand. Folgende Aspekte sind hier von Bedeutung:

- Maßnahmen zur Transformation und Flexibilisierung der Wärme- und Kälteversorgung im Bestand,
- Umsetzung von ambitionierten, innovativen Wärme- und Kälteversorgungskonzepten, vor allem Niedrig-Exergie (LowEx)-Netze, Mehrleiternetze, Netze mit hohen regenerativen Anteilen usw.,
- Sektorenkopplung im Quartier unter anderem durch Kombination von Speichern, Wärmepumpen, KWK,

- technologieoffene, multiple Einspeisung in Wärme- und Kältenetze,
- Einsatz von hybriden Planungsverfahren,
- Verknüpfung von Informations-, Kommunikations- und Steuerungsschnittstellen mit Planungswerkzeugen und Werkzeugen zur integralen Planung und
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sowie innovative Tarifierungsmodelle.

3.1.4 Thermische Energiespeicher

Speicher für Wärmeenergie stellen ein Element zur Flexibilisierung und Integration des Energiesystems dar. Durch die Einbindung von Wärmespeichern in Gebäuden, Quartieren und in der Industrie können die zeitlich schwankenden Erträge aus lokal verfügbaren Quellen auf verschiedenen Temperaturniveaus genutzt und die Energieeffizienz verbessert werden. Im Forschungsbereich werden Speicherentwicklungen zur Integration in Gebäuden, KWK-Systemen sowie bei der solaren Energieversorgung gefördert. Die wesentlichen Ziele der Forschung für thermische Energiespeicher bestehen darin, die Kosten zu senken, die Effizienz der Energiewandlung zu steigern, die Zuverlässigkeit und Sicherheit zu erhöhen und die Verbreitung von Speicherlösungen im Energiesystem zu beschleunigen. Forschungsthemen sind unter anderem:

- Weiterentwicklung, Optimierung und Erprobung thermischer Speichermaterialien wie Phasenwechselmaterialien (PCM) und thermochemische Speichermaterialien (TCM),
- Weiterentwicklung und Optimierung von Warmwasserspeichern,
- Entwicklung und Erprobung intelligenter Speicherlösungen zur baulichen und systemtechnischen Integration in bestehenden Anlagen, in Gebäuden beziehungsweise in das energietechnische Umfeld,
- Weiterentwicklung und Optimierung der Speicherung von Prozesswärme und -kälte bei verschiedenen Temperaturniveaus,
- thermische Speicher zur Verbesserung der Energieeffizienz von stromgeführten KWK-Systemen,
- Weiterentwicklung und Optimierung von Wärmespeichern für die Klimatisierung von Gebäuden und
- Untersuchung von Wärmespeichermedien hinsichtlich ihres optimalen Einsatzbereichs, ihrer Kosten, (Betriebs-)Sicherheit sowie Recyclingfähigkeit und Umweltverträglichkeit.

3.1.5 Klimaneutraler Gebäudebestand 2050

Die Fortführung der Fördermaßnahme Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050 (Bekanntmachung zur Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050“ vom 14. März 2016, BAnz AT 11.04.2016 B1, die mit Bekanntmachung vom 20. Oktober 2017, BAnz AT 30.10.2017 B1, geändert worden ist) erfolgt mit Veröffentlichung dieser Förderbekanntmachung im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms. Die Fördermaßnahme ergänzt als weiteres Format die FuE- und Demonstrationsvorhaben in der Forschungsinitiative Energiewendebauen. Ziel der Maßnahme ist es, durch beschleunigte Praxiseinführung verfügbarer, aber neuartiger Technologien und Verfahren eine deutliche Verringerung des nichterneuerbaren Primärenergiebedarfs zu erreichen. Dabei sollen Innovationen und Ergebnisse aus langjährigen Forschungsarbeiten aufgegriffen werden und der Schwerpunkt auf den Abbau von Hemmnissen gelegt werden, um die vorbildhafte Realisierung ambitionierter Vorhaben auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand zu ermöglichen.

Gefördert werden modellhafte Innovationsprojekte, welche einen qualitativen Beitrag zur ambitionierten Steigerung der Energieeffizienz in Kombination mit der Integration erneuerbarer Energien im Gebäudebereich liefern (Orientierungswert: 80 % Einsparung nichterneuerbarer Primärenergie gegenüber dem Jahr 2008).

Die Modellprojekte dienen der Vorbereitung der Markteinführung bereits weitgehend entwickelter Technologien und Verfahren und sollen technische, ökonomische und gesellschaftliche Umsetzungsbarrieren mindern sowie innovative Wege zur Umsetzung des Energiekonzepts aufzeigen. Sie weisen einen vergleichsweise geringen Forschungsanteil auf (< 50 %) und richten sich hauptsächlich an Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleister, gegebenenfalls in Kooperation mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen.

Besonders adressiert werden zum Beispiel folgende technologische Innovationen:

- neuartige Lösungen für eine energetische Optimierung kompletter Liegenschaften,
- Demonstrationsmaßnahmen für technologische Neuheiten (Feldtests),
- innovative Systemkomponenten, Schnittstellen,
- Vorbereitung zur Markteinführung für Zukunftstechnologien;

aber auch nichttechnologische Innovationen, etwa:

- neuartige Methoden und Konzepte zur Nutzer- und Investorenbeteiligung (beispielsweise Mieter, Eigentümer, gewerbliche Nutzer etc.),
- Entwicklung von Instrumenten zur Markteinführung,
- Geschäftsmodelle für die Energiewende im Bereich Gebäude und Quartiere sowie
- Tools, Modelle und Prozesse.

Ideenwettbewerbe sollen zudem dazu beitragen, der Zielstellung des klimaneutralen Gebäudebestands mit kreativen Ideen und hoher Öffentlichkeitswirksamkeit nahe zu kommen.

3.2 Industrie und Gewerbe

Die Senkung des Primärenergieverbrauchs und der energiebedingten CO_2-Emissionen in den Sektoren Industrie und Gewerbe kann auf unterschiedlichsten Wegen erreicht werden, in erster Linie durch Effizienzsteigerung, neue Prozesse und Materialsubstitution sowie Prozessenergien aus erneuerbaren Quellen. Die damit verbundenen Forschungsansätze werden in den vielfältigen Themenstrukturen des Forschungsbereichs aufgegriffen, um einerseits bei energieintensiven Branchen entsprechende Innovationen auszulösen und andererseits parallel dazu auch in der Summe kleinerer Effizienzpotenziale mit Breitenwirkung große Energieeffizienzeffekte erzielen zu können. Die energieeffiziente Gestaltung bereits etablierter Prozesse und Methoden ist dabei ebenso Gegenstand der Energieforschung wie die Entwicklung neuer Verfahren und dazugehöriger Materialien, sofern diese Entwicklungen dem vorrangigen Ziel dienen, durch Substitution die Gesamt-Energiebilanz zu optimieren und die CO_2-Emmissionen abzusenken.

Die Forschungsförderung setzt somit sowohl auf die kontinuierliche Weiterentwicklung vorhandener als auch auf die Schaffung neuer, noch nicht am Markt etablierter Techniken, innovativer Komponenten, Prozesse und Verfahren zur Effizienzsteigerung und CO_2-Minderung. Unterstützt werden bis hin zu Demonstrations- und Modellprojekten auch Forschungsfragen, die für effiziente Verfahren auf den schrittweisen Skalierungsstufen von Labor- über Technikumsmaßstab bis zu den Größenordnungen der Produktion spezifisch auftreten; mit diesem Förderansatz wird eine effektive und schnelle Umsetzung der FuE-Ergebnisse in die Praxis begünstigt. Die folgenden Förderschwerpunkte stellen eine Zusammenfassung der bei der industriellen Energieeffizienz und CO_2-Minderung zu betrachtenden Techniken, Prozesse und Themenfelder dar und sind nicht abschließend:

3.2.1 Eisen, Stahl und Nichteisenmetalle

Innovative Entwicklungen für energieintensive Prozesse, wie zum Beispiel:

- industrielle Aufschluss- und Schmelzverfahren,
- Eisenreduktion mit Wasserstoff,
- Flexibilisierung stromintensiver Produktion,
- energieeffiziente Industrieöfen,
- Ansätze zur Emissionsminderung und Effizienzsteigerung in der Produktion und
- energieeffiziente Metallprodukte.

3.2.2 Abwärmenutzung

Effizientere Techniken zur direkten Nutzung, Speicherung oder Umwandlung industrieller Abwärme wie etwa:

- Wärmetauscher,
- Hochtemperaturwärmepumpen,
- industrielle Wärmespeicher,
- innovative Adsorptions- und Absorptionsprozesse und -medien,
- Thermoelektrik,
- ORC,
- Abwärmegewinnung aus Reststoff- und Abfallströmen sowie
- Sekundärnutzung von Abwärme in Prozessketten.

3.2.3 Hochtemperatursupraleitung

Technologieentwicklung im Bereich der Hochtemperatursupraleitung (HTSL) wie beispielsweise:

- robuste Fertigung von HTSL-Leitermaterial in industrieller Größenordnung,
- HTSL in Generatoren und Motoren und
- stromintensive Industrieanwendungen.

3.2.4 Industriemotoren

Industrielle Antriebs- und Getriebetechnik und mechanische Kraftübertragung wie etwa:

- industrielle Motorenkonzepte für stationäre Anwendungen,
- optimierte Industriemotoren,
- energieeffiziente Getriebetechniken sowie
- hocheffiziente Elektromotoren und andere Aktoren.

3.2.5 Tribologie

Innovative Konzepte, Komponenten und Anlagen zur Reduktion von Reibungsverlusten wie zum Beispiel:

- Oberflächentechnik,
- Auslegung und Fertigung tribologisch optimierter Bauteile,
- Systematisierung tribologischer Zustände unterschiedlicher Anwendungen und
- globale Lösungsansätze zur Optimierung komplexer tribologischer Systeme.

3.2.6 Chemische Verfahrenstechnik

Energieeffiziente mechanische, thermische und physikalisch-chemische Trennverfahren sowie energieeffiziente chemische Prozesstechnik wie etwa:

- Membrantechnik,
- Mikroverfahrenstechnik,
- innovative Filtertechnik,
- kontinuierliche Produktionsverfahren und Miniaturanlagentechnik,
- Optimierung von Anlagen und Komponenten,
- energieeffiziente Reaktionstechnik und Prozesschemikalien,
- Verkürzung der Prozessketten,
- optimierte In-situ-Sensorik zur syntheseangepassten Prozesssteuerung und -regelung,
- dynamische Messverfahren und Maschinelles Lernen,
- digitale Chemieanlagen,
- Verschaltung von Sensorik zur Erhöhung der Aussagetiefe,
- tolerante chemische Prozesse,
- elektrochemische Synthesen und
- Power-to-Chemicals (siehe Nummer 3.15).

3.2.7 Fertigungstechnik

Konzepte und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz beispielsweise auf den Gebieten:

- Werkzeugmaschinen,
- Ur- und Umformtechnik,
- neue, verbesserte oder verkürzte Fertigungsverfahren,
- Oberflächentechnik,
- Fügetechnik,
- industrielle Trocknungsverfahren,
- Anwendungen der additiven Fertigung für Halbzeuge und Produkte,
- energetische Vernetzung in Fertigungsanlagen,
- System der energieeffizienten Fabrik für interdisziplinäre Technologien und
- Betrachtung der Produktion auf der Skala Produktionslinie-Werk-Standort.

3.2.8 Material- und Ressourceneffizienz

Verringerung des Energieverbrauchs durch Substitution oder Vermeidung energieintensiver Rohstoffe, industrieller Ausgangsstoffe und Zwischenverbindungen wie etwa:

- effiziente Werkstoffnutzung,
- Kreislaufwirtschaft,
- Leichtbaustrategien,
- energieeffiziente Gestaltung von Verfahren zur Additiven Fertigung,
- Umstellung der technischen Rohstoffbasis auf regenerative Quellen und
- Entwicklung von Ersatzstoffen, Herstellverfahren und Anpassung von Produktionsverfahren.

3.2.9 Künstliche Intelligenz und Digitalisierung in der Industrie

Realisierung von Effizienzpotenzialen durch digitale Techniken

a) in der Entwicklung (Offline-Verfahren), wie zum Beispiel:
   - Rapid Prototyping und 3D-Druck,
   - Simulation,
   - CFD sowie
   - Auslegung von energieeffizienten Halbzeugen und Produkten.

b) in der Produktion (Online-Verfahren), wie etwa:

- Innovationen bei der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zur Optimierung von Prozessen und Fertigungsverfahren,
- Verarbeitung großer Datenmengen und unscharfer Daten im industriellen Kontext,
- digitale Vernetzung von Material-, Energie- und Datenströmen unter besonderer Berücksichtigung der Zuverlässigkeit von Komponenten und Anlagen,
- digitale Sektorenkopplung und industrielle Symbiose,
- online und/oder dynamische chromatographische, spektroskopische, akustische oder kinetische Messverfahren in industriellen Prozessen und Fertigungsverfahren,
- Prozessdatenintegration, -modellierung und -simulation,
- Predictive Maintenance,
- Energie- und Demand-Side-Management sowie
- Flexibilisierung der Produktion, netzdienliche Nutzung von Industrieanlagen.

3.2.10 Prozesswärme

Neue Technologien zur Bereitstellung von Kälte und Wärme auf der Basis klimaneutral befüllter und besonders energieeffizienter Systeme, wie beispielsweise:

- innovative Wärmepumpen (zum Beispiel Zeolith-Wärmepumpe),
- innovative Adsorptions- und Absorptionsprozesse und -medien,
- industrielle Kälteerzeugung und Kältetechnik in Industrie und Handel,
- Optimierung der Wärme-/Kälteerzeugung mit Strom,
- industrielle Brennertechnik und
- industrielle Trocknung.

3.2.11 Solare Prozesswärme

Einsatz der Solarthermie im gewerblichen Bereich für industrielle Prozesse, wie etwa:

- hydraulische und systemtechnische Konzepte zur Integration von Solarwärme und Abwärme in industrielle Prozesse,
- leistungsfähige Mitteltemperaturkollektoren für die Anwendung für industrielle Prozesswärme, Kühlung und Fernwärme,
- Mitteltemperaturspeicher,
- Tools für die Auslegung, integrale Planung, Bewertung und Betriebsführung von Anlagen sowie die Entwicklung geeigneter Monitoringkonzepte und
- Demonstration innovativer Lösungskonzepte.

3.2.12 Wasserbehandlung

Energieeffiziente Lösungen für Prozess- und Trinkwasser, wie beispielsweise:

- Wassergewinnungs-, -aufbereitungs-, -verteilungs- und -versorgungssysteme,
- Schadenserkennung im Wasserleitungssystem,
- energieeffiziente Aufarbeitung von Rohwasser sowie industriellen und kommunalen Abwässern,
- Wärmerückgewinnung aus Abwässern und
- Abwasserförderung.

3.2.13 Entsorgung, Reststoff- und Abfallbehandlung, zirkuläres Wirtschaften

Lösungen für die Weiternutzung von energieintensiven Wertstoffen und die energieeffiziente Gestaltung der Verarbeitung von Reststoff- und Abfallströmen, wie zum Beispiel:

- innovative Anlagenkonzepte,
- Prozess- und Messtechnik zur industriellen stofflichen Nutzung und Aufarbeitung von Industrie- und Bioreststoffen und -abfällen sowie
- energieeffizientes Recycling von strategischen Rohstoffen.

3.2.14 Sonstige Effizienztechnologien in Industrie und Gewerbe

Über die oben genannten Technologiebereiche hinaus können weitere Innovationen und Technologiepfade gefördert werden, die unter Betrachtung aller Energieumsätze in den Sektoren Industrie und Gewerbe zu den Zielen der Energiewende Beiträge leisten. Von besonderer Bedeutung sind dabei in jedem Einzelfall das Potenzial und die Realisierbarkeit der Verringerung des Primärenergieverbrauchs und die Vermeidung von Emissionen von Kohlendioxid und anderer klimaschädlicher Gase.

3.2.15 Modellprojekte

Die strukturelle Vielfalt der Unternehmen steht in vielen Fällen einer unmittelbaren Übertragung von Forschungsergebnissen auf praktische Anwendungsfälle in Unternehmen entgegen. Zur Beschleunigung des Ergebnistransfers in die Breite der Unternehmen sollen insbesondere Modellprojekte unterstützt werden, mit denen die praktische und vor allem wirtschaftliche Anwendung innovativer Technologien unter realen Betriebsbedingungen pilothaft erprobt werden. Ziel ist der durch wissenschaftliche Begleitung und Dokumentation erbrachte Nachweis, dass die im Projekt eingesetzten innovativen Technologien und Verfahren zur Steigerung der Energieeffizienz und des Einsatzes von erneuerbaren Energien für Prozesswärme in einer Vielzahl weiterer Anwendungsfälle inner- und außerhalb der jeweiligen Branche Anwendung finden könnten – gegebenenfalls mit Hilfe der Investitionsprogramme Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft.

Dazu gehören im Bereich Energieeffizienz und Prozesswärme aus erneuerbaren Energien insbesondere folgende Kategorien von Modellprojekten:

- Prozessumstellungen zur Steigerung der Energieeffizienz vor allem in energieintensiven Industrie-Branchen, einschließlich des Einsatzes wirtschaftlicher Sektorenkopplung und Prozesswärme aus erneuerbaren Energien,
- Einsatz neuartiger hocheffizienter Querschnittstechnologien,
- Erschließung von Energieeinsparpotenzialen durch intensive Vernetzung von Produktionsanlagen und -prozessen im Bereich Wärme und Kälte unter Einschluss der Gebäude,
- Technologien zur inner- und außerbetrieblichen Abwärmenutzung einschließlich der Verstromung von Abwärme und der Abwärme-Speicherung mit hohem branchenübergreifendem Übertragungspotenzial und
- Umsetzung innovativer digitaler Mess-, Steuer- und Regelungstechnik.

3.3 Energiewende im Verkehr

Auf den Verkehr entfallen 29 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland, weshalb Schnittstellen des Energiesektors zum Bereich Mobilität und Transport auch im Fokus der Energieforschung stehen. Diesbezüglich wird der technologische Forschungsbedarf derzeit insbesondere auf den Gebieten Elektromobilität und Herstellung alternativer Kraftstoffe gesehen. FuE nehmen dabei Bezug auf den spezifischen Anwendungskontext in verschiedenen Verkehrsträgern (zum Beispiel Pkw, Nutzfahrzeuge, Landmaschinen, Züge, Schiffe, Flugzeuge); deren Weiterentwicklung steht jedoch nicht im Fokus.

3.3.1 Elektromobilität

a) Batterietechnik

Die Batterie bestimmt als zentrales Element des elektrischen Antriebsstrangs wesentlich die für den Fahrzeugnutzer entscheidenden Fahrzeugeigenschaften. Aufgabe der Forschung ist die Optimierung technischer Parameter mit dem Ziel der Verbesserung der Reichweite, Erhöhung der Lebensdauer, Senkung der Kosten und Erhöhung der Betriebssicherheit. Die dazu nötigen Arbeiten erfordern die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette von Materialien und Komponenten über die Fertigung von Zellen, Modulen und Batteriesystemen und deren Integration ins Fahrzeug bis hin zu Nachnutzung („Second Life“) und Recycling am Ende der Lebensdauer.

Über die in Nummer 3.12 Stromspeicher genannten Themen hinaus bestehen für den mobilen Einsatz spezifische Forschungsfragen, wie beispielsweise:

- Zellkonzepte, -chemien und -architekturen,
- Aktiv- und Inaktivmaterial-Entwicklung (Hochenergie- beziehungsweise Hochleistungszellen),
- Auslegung von Batteriezellen, -modulen und -systemen mit besonderer Berücksichtigung der Anforderungen und Einflüsse im mobilen Einsatz betreffend unter anderem Kosten, Speicherkapazität und Schnellladefähigkeit,
- flexible Fertigungsverfahren für Zellen und Module,
- Integration von Batterien in Fahrzeuge,
- innovative Leistungselektronik und Batteriemanagementsysteme für optimiertes Verhalten bei Fahren, Laden und Alterung,
- Sicherheit in Betriebs- und Ausnahmesituationen sowie
- Erprobung und Demonstration innovativer Batteriekonzepte in elektromobilen Anwendungen und damit gekoppelten innovativen Geschäftsmodellen.

b) Ladeinfrastruktur

Der Ausbau der Elektromobilität und die Erweiterung der Nutzerkreise sind eng verknüpft mit Fortschritten der Forschung unter anderem zu:

- Weiterentwicklung von Ladetechnologien und -konzepten im privaten und öffentlichen Raum hinsichtlich Energieeffizienz und Nutzerkomfort,
- intelligente Einbindung von Ladepunkten in die Hausenergieversorgung und
- netzdienlicher Betrieb von Ladepunkten und Einbindung der Ladeinfrastruktur in die Stromnetze.

c) Brennstoffzellen

Alternativ beziehungsweise ergänzend zur Batterietechnik kann die wasserstoffgespeiste Brennstoffzelle zum Einsatz kommen. Der Forschungsbedarf ist analog zu den in Buchstabe a genannten Themen. Synergien bestehen, unabhängig von der späteren Nutzung (mobil oder stationär) in den Forschungsschwerpunkten im Bereich der Brennstoffzellentwicklung (siehe Nummer 3.4).

3.3.2 Alternative Kraftstoffe

Neuartige, verbesserte Kraftstoffe können dazu beitragen, den Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor zu erhöhen. Die Herstellung kann über strombasierte Erzeugungsrouten (Power-to-Fuel), Biomasse-basierte Verfahren oder durch solare Produktion chemischer Energieträger (künstliche Photosynthese) erfolgen. Forschungsfragen beziehen sich auf die weitere Entwicklung flexibler, skalierbarer und kostengünstiger Prozesse, die Erforschung neuer Prozessvarianten und die Untersuchung der Rückwirkung auf das Energiesystem in Deutschland und weltweit. Für alle Erzeugungsrouten müssen hohe Maßstäbe an die Flexibilität, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit gelegt werden. Die Erzeugung synthetischer Kraftstoffe mit erneuerbarem Strom sollte etwa in Anlagen erfolgen, die einen systemdienlichen Betrieb ermöglichen. Schwerpunkte in diesem Bereich sind:

a) Strombasierte Kraftstoffe (Power-to-Fuel)

Grundsätzlich ist die Optimierung aussichtsreicher Verfahren zur Herstellung emissionsarmer, synthetischer Kraftstoffe Gegenstand der Förderung. Hier liegt der Fokus insbesondere auf Synthese-Verfahren; das Thema Wasserstoffherstellung wird in Nummer 3.13.8 behandelt, die nachhaltige CO_2-Bereitstellung in Nummer 3.15. Förderschwerpunkte sind unter anderem:

- Einbindung von Elektrolyseanlagen in Power-to-Fuel-Anlagen,
- optimierte Verfahren und Technologien zur Synthese alternativer gasförmiger oder flüssiger Kraftstoffe aus Wasserstoff, dabei insbesondere Steigerung der Umwandlungseffizienz und der Flexibilität bei gleichzeitiger Ressourcenreduktion und reduzierten Kosten. Dabei ist darauf zu achten, dass die alternativen Kraftstoffe den aktuellen Anforderungen und Normen entsprechen.
- Entwicklungswerkzeuge und deren Validierung, die zur erfolgreichen Umsetzung der FuE-Ansätze erforderlich sind. Dies umfasst im Wesentlichen neue Simulationsmethoden und -werkzeuge sowie werkstoffseitige Themen.
- Katalysator- und Materialentwicklung in Verbindung mit paralleler Prozessentwicklung für unterschiedliche Syntheserouten (zum Beispiel Fischer-Tropsch, Methanolsynthese, Methanisierung, OME) sowie
- begleitende systemanalytische Untersuchungen möglicher sektorübergreifender Entwicklungspfade, (auch CO_2-Bereitstellung), Lebenszyklusanalysen von Prozessketten und Technologiepfade, techno-ökonomische Untersuchungen und Potenzialanalysen sowie Modellierung von Energiemärkten unter Einbeziehung von alternativen Kraftstoffen und deren Erzeugung.

b) Künstliche Photosynthese

Künstliche Photosynthese bezeichnet die Produktion von chemischen Energieträgern (solare Kraftstoffe) oder Wertstoffen aus praktisch unbegrenzt verfügbarem Wasser und Bestandteilen der Luft (CO_2 oder Stickstoff) mittels Sonnenlicht als einziger oder wesentlicher Energiequelle. Hierunter fällt eine Vielzahl von Verfahren unterschiedlicher technologischer Reife. Ergänzend zur Förderung der anwendungsorientierten Grundlagenforschung in diesem Bereich sollen daher FuE- und Demonstrationsvorhaben zu Verfahren mit einem hohen industriellen Anwendungspotenzial gefördert werden. Voraussetzungen für ein hohes industrielles Anwendungspotenzial sind unter anderem eine gute Skalierbarkeit entwickelter Technologien (etwa im Terawatt-Bereich im Jahr 2050), sowie eine schnelle energetische Amortisation. Zudem sollten die verwendeten Materialien breit verfügbar und ungiftig sein. Bei der Anlagentechnik ist auf Recycling-Fähigkeit zu achten. Relevante Themen sind unter anderem:

- Weiterentwicklung von vielversprechenden Katalysatoren und photo-katalytischen Systemen beziehungsweise Entwicklung und Demonstration entsprechender integrierter Anlagensysteme zur Produktion solarer Kraft- und Wertstoffe,
- Verfahren zur großskaligen Herstellung von (etwa biologisch inspirierten) hocheffektiven Lichtabsorbern und Katalysatoren,
- Weiterentwicklung von Bakterien und Algen zur direkten Produktion solarer Kraft- und Wertstoffe beziehungsweise Entwicklung und Demonstration entsprechender Bioreaktoren und integrierter Anlagensysteme,
- Weiterentwicklung und Demonstration von Hybridsystemen aus biologischen und nichtbiologischen Komponenten,
- Entwicklung und Demonstration hochintegrierter photo-elektrochemischer Zellen auf Halbleiterbasis,
- Weiterentwicklung und Demonstration von Anlagensystemen zur effizienten Kopplung von Photovoltaik- und Elektrolyseanlagen,
- thermochemische Verfahren zur Produktion solarer Kraft- und Wertstoffe,
- techno-ökonomische Analysen sowie Lebenszyklusanalysen und Fragen der Umweltverträglichkeit zu vielversprechenden Technologien der künstlichen Photosynthese sowie
- globale Aspekte und Kooperationen im Rahmen der „Converting Sunlight Innovation Challenge“ der „Mission Innovation“.

c) Biologische und biochemische Verfahren

Verfahren zur Herstellung alternativer Kraftstoffe aus biogenen Rest- und Abfallstoffen sind in Nummer 3.7.5 beschrieben. Die Kopplung biologischer und strombasierter Verfahren ist Gegenstand von Nummer 3.7.3.

3.4 Brennstoffzellen

Brennstoffzellen sind elektrochemische Energiewandler zur Erzeugung von Strom. Zusätzlich können Brennstoffzellen im Betrieb nutzbare Wärme bereitstellen (KWK). Durch die effiziente und schadstoffarme Wandlung von Brennstoffen mit hoher Energiedichte – wie zum Beispiel Wasserstoff, Erdgas oder auch Methanol – in elektrische Energie und Wärme kann die Technologie einen signifikanten Beitrag zu einer effizienten und umweltschonenden Energieversorgung darstellen.

Der Forschungsbereich ist eingebunden in das Regierungsprogramm Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NIP 2).

3.4.1 Material, Komponenten und System

Entwicklungsaufgaben liegen in der Verbesserung der jeweiligen Einzelkomponenten und deren Zusammenwirken im Stack und im Gesamtsystem. Eingeschlossen sind insbesondere

- neue Material- und Technologiekonzepte sowie Designs zur Effizienzsteigerung und Lebensdauererhöhung,
- Analysen und Maßnahmen zur Behebung von Degradationsursachen,
- Reduktion des Einsatzes von kostenintensiven oder nicht nachhaltig verfügbaren Rohstoffen,
- Optimierung von Reformern und Peripheriekomponenten und deren Integration in das System sowie
- Analyse und Optimierung von Umweltverträglichkeit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus inklusive Wiederverwertung und Recyclingfähigkeit.

3.4.2 Stationäre Anwendungen und Integration ins Energiesystem

Zur Steigerung der Einsatzbreite von Brennstoffzellensystemen wird die Forschung unter anderem in folgenden Themen unterstützt:

- Erforschung von betriebsspezifischen Degradationsursachen,
- optimierte Betriebsführungsstrategien und Steigerung der Betriebsflexibilität und -sicherheit,
- reversibler Betrieb von Brennstoffzellensystemen,
- spezifische Entwicklungen für den Einsatz in der netzfernen Stromversorgung,
- Integration von Brennstoffzellenstacks in neue Systeme und Anwendungen sowie
- hybride Konzepte in der Gebäudeenergieversorgung und im Industriekontext (KWK, virtuelle Kraftwerke).

Für den beschleunigten Praxistransfer und zur Marktvorbereitung von Brennstoffzellenanwendungen werden ausgewählte Demonstrationsprojekte und Modellvorhaben unterstützt. Untersuchungsgegenstand sind dabei insbesondere Wirtschaftlichkeit, Betriebssicherheit und Nutzerakzeptanz.

Zu Fragen der umweltverträglichen Brennstofferzeugung und deren Einbindung ins Energiesystem siehe Nummer 3.13 Sektorenkopplung.

3.4.3 Industrialisierung

Mit der für die Wirtschaftlichkeit notwendigen Industrialisierung der Brennstoffzellentechnologie erfolgt ein Übergang von manufakturnaher Fertigung zur Automatisierung. Dieser Prozess vollzieht sich bei Komponenten- und Systemherstellern in mehreren Stufen. Damit verbunden sind unter anderem folgende Forschungsfragen:

- Erarbeitung und Umsetzung von Konzepten zur automatisierten Fertigung für Komponenten und Systeme,
- Sicherstellen der Qualitätsanforderungen auf allen Stufen der Erhöhung der Fertigungskapazitäten,
- digitale Technologien im Fertigungsprozess,
- Erhöhung der Systemintegration unter Berücksichtigung von Anforderungen der Fertigung und der Recycling-Fähigkeit,
- technische Vorarbeiten für die Entwicklung von Normen und Standards.

3.4.4 Wasserstoffkomponenten

Der Betrieb von Brennstoffzellen nach Reformierung oder direkt mit Wasserstoff erfordert weitere Entwicklungen und Kostensenkungen bei Materialien, vor- und nachgeschalteten Komponenten und bei Tanksystem und -vorgang.

Abschnitt II

Energieerzeugung

3.5 Photovoltaik

Der abgestimmte Einsatz von Photovoltaik (PV) und Windkraft scheint sehr gut geeignet, in Deutschland und auch weltweit eine umweltfreundliche Energieversorgung zu realisieren. Durch die Einführung technischer Innovationen in die Produktion konnten in den vergangenen Jahren signifikante Kostensenkungen erreicht werden. Gleichzeitig

hat sich der Weltmarkt für Photovoltaik äußerst dynamisch, aber auch volatil entwickelt und ist geprägt von einem scharfen Wettbewerb.

Deutschland hat mit seiner Vorreiterrolle hinsichtlich Forschung, großtechnischer Umsetzung und Markteinführung in unterschiedlichen Bereichen der Wertschöpfungskette eine gute Ausgangsposition für diesen Zukunftsmarkt. Um diese Position, geprägt durch eine hohe Qualität der Produkte sowie fortschrittliche und innovative Technologien und Produktionsverfahren, konsequent zu verteidigen und die Breite der nationalen Wertschöpfung auszubauen, sind kontinuierliche Forschungsaktivitäten essenziell. Die strategischen Ziele der FuE-Förderung sind an das dynamische und kompetitive Umfeld kontinuierlich anzupassen und richten sich auf folgende Aspekte:

3.5.1 Weiterentwicklung der Produktionstechnologien

Andressiert wird insbesondere die Entwicklung hocheffizienter Prozesse (beispielsweise Laserprozesse oder Rolle-zu-Rolle-Verfahren) sowie Zell- und Modulkonzepte, um in kürzeren Zeiträumen über effizienzsteigernde technologische Innovationen Kostensenkungspotenziale zu heben. Dabei sollen durch weitergehende Prozesskontrolle, Logistik- und Automatisierungskonzepte Fabrik-Layout und Servicequalität verbessert werden. Die Umsetzung kann durch Nutzung umfassender Überwachungs-, Analyse- und Prognosetechnik im Zuge der Digitalisierung (Big-Data-Analyse) und Automatisierung, wie die sich selbst überwachende beziehungsweise steuernde Fabrik (Industrie 4.0), erfolgen.

3.5.2 Verbesserung der Lebensdauer und Qualitätssicherungsmaßnahmen auf Komponenten- und Systemebene

Insbesondere Analysen der Degradationsmechanismen und die einhergehende Entwicklung angepasster Mess- und Simulationstechniken sowie Aspekte der automatisierten Systemwartung stehen mit dem Ziel einer verlässlichen Energiebereitstellung im Fokus.

3.5.3 Weiterentwicklung alternativer PV-Materialien und Konzepte

Wichtige Schwerpunkte dabei sind flexible Produktion, verringerter Materialeinsatz, effiziente Herstellung sowie Verarbeitung oder höchste Wirkungsgrade und damit Kostenreduktionen auf Systemebene. Der Nutzen für spezifische Anwendungen und die Vorteile dieser Technologien müssen dabei klar erkennbar sein. Beispielsweise ermöglichen Konzepte zur Entwicklung von Tandem-Solarzellen signifikante Wirkungsgradsteigerungen unter anderem unter Verwendung von Perowskit-Materialien.

3.5.4 Entwicklung und Demonstration marktfähiger Lösungen für die intelligente Sektorenkopplung

Hierbei geht es etwa um die Gebäudeintegration von PV-Modulen (BIPV – Building Integrated PV) unter Einschluss innovativer Prozesstechnik bei architektonisch attraktiver Gestaltung. Ebenso sind verwandte, maßgeschneiderte Produktlösungen für fahrzeugintegrierte PV (VIPV) und andere Anwendungsfelder ein Forschungsthema.

3.5.5 Erschließung neuer Märkte

Fortschritte hierzu können durch eine verbesserte Integration der Photovoltaik in die Energieversorgungssysteme erreicht werden. Bezogen auf das Photovoltaik-System bestehen Forschungsthemen in der Ertragsprognostik (Senkung der Investitionsrisiken und Sicherung der Stromversorgung) und bei neuartigen Steuerungs- und Regelungssystemen, sowohl durch Etablierung einer neuen Generation von PV-Kraftwerken mit netzdienlichen Eigenschaften als auch für eine umweltfreundliche Stromversorgung in Inselnetzen beziehungsweise Off-Grid-Systeme. Bei der Entwicklung von Systemtechnik sollen auch die im Zuge des weiteren Ausbaus der PV-Erzeugungskapazitäten zunehmenden Landnutzungskonflikte adressiert werden.

3.5.6 Reduzierung beziehungsweise Vermeidung von gesundheits- und umweltgefährdenden Materialien oder knappen Ressourcen

Die Entwicklung einer konsequenten Recyclingstrategie ist eine weitere Grundlage für die Nachhaltigkeit von PV-Systemen. Begleitende Untersuchungen zu sozio-ökonomischen Aspekten und Lebenszyklus-Analysen sind ebenfalls förderfähig.

3.6 Windenergie

In Deutschland liefern Windenergieanlagen bereits heute einen großen Teil der nationalen Einspeisung aus erneuerbaren Energien, nicht zuletzt durch leistungsstarke und zuverlässige neue Anlagen mit einer hohen Zahl von Volllaststunden. Dabei ergänzen sich die jahreszeitlichen Schwankungen von Windenergie und Photovoltaik gut.

Die Erfahrungen aus dem umfangreichen Zubau an Windenergieanlagen sowie intensive FuE haben in den vergangenen Jahrzehnten zu einem deutlichen Rückgang der Stromgestehungskosten geführt. Die Ergebnisse der letzten Ausschreibungen für Windenergieanlagen an Land und auf See lassen weitere erhebliche Kostensenkungen erwarten und für die Zukunft Anlagen ohne garantierte Vergütung realistisch werden. Um dieses Ziel mit einem umweltverträglichen, gesellschaftlich mehrheitlich unterstützten Ausbau in möglichst kurzer Zeit erreichen zu können, sind weiterhin intensive FuE-Aktivitäten erforderlich.

Wichtige mit der Forschungsförderung verbundene Ziele sind:

- Reduktion der Lebensdauerkosten,
- Erschließung bisher schwieriger Standorte,
- effizienter Betrieb und
- progressive Integration in das Energiesystem.

Daraus leiten sich unter anderem folgende Schwerpunkte ab:

3.6.1 Ganzheitlicher Anlagenentwurf

Entwicklung von Anlagen, die bereits in der Designphase den Aufwand für Herstellung, Betrieb, Rückbau und Recycling wie auch die Integration von Anlagen/Windparks in das Stromnetz berücksichtigen.

3.6.2 Rotoren

Die für künftige Anlagen erwarteten und bereits angekündigten Rotordurchmesser führen zu extremen logistischen und mechanischen Herausforderungen. Zuverlässige und optimierte Lösungen, zum Beispiel durch angepasstes Rotorblattdesign oder automatisierte Fertigung stehen im Fokus der Förderung.

3.6.3 Anlagentechnik

Insbesondere Elemente vom Turm, Getriebe, Generator und Leistungselektronik, aber auch alle weiteren mechanischen und elektrischen Komponenten von Windenergieanlagen können erhebliche Beiträge zur Kostensenkung und Zuverlässigkeitssteigerung liefern. Durch die Kopplung zu Systemen wird eine Komplexitätsreduktion erwartet (siehe auch Nummer 3.6.1).

3.6.4 Offshore-Ausbau

Neben Offshore-spezifischen Anlagenentwicklungen sind Innovationen im Gründungsbereich, in den Bereichen Logistik, Wartung, Instandhaltung und Betriebsführung, aber auch die Untersuchung der Umwelteinflüsse auf die Strukturen sowie der umweltschonende Rückbau und Wiederverwertungsfragen von besonderem Interesse.

3.6.5 Betriebsführung

Mit dem Zubau an Nennleistung nehmen die Bedeutung der Anlagenbetriebsführung in einem Windpark und der optimalen Einbindung des Windstroms in das Netz in gleichem Maß zu. Dazu sind fortschrittliche Regelungsstrategien nötig, die unter anderem genaue Prognosen – auch für komplexe Standorte – der zu erwartenden Einspeisung und damit verbesserte Vorhersagemodelle voraussetzen. Neue und verbesserte Sensorik kann eine Vielzahl von Daten liefern, deren Management und Analyse („Big Data“) vielfältige Ansätze zur Optimierung bergen, beispielsweise für die Instandhaltung.

3.6.6 Physikalische Faktoren

Für Fragen der mechanischen Belastung oder der möglichen Schallauswirkungen im Betrieb ist eine genaue Kenntnis des einströmenden Winds sowie bei Anlagen auf See von Welle und Meeresströmung notwendig. Neue Materialien beispielsweise zur Gewichtsreduktion oder Zuverlässigkeitserhöhung sollen erforscht werden. Im Ergebnis werden Fortschritte unter anderem in Bezug auf die Auslegung von Anlagen, die gezieltere Nutzung von Standorten wie auch die Akzeptanz durch Minimierung von Beeinträchtigungen der Umwelt erwartet.

3.6.7 Umweltauswirkungen und Akzeptanz

Zu einem Erhalt der gesellschaftlichen Akzeptanz beim Ausbau der Windenergie ist es erforderlich, die Umweltauswirkungen auf ein Minimum zu begrenzen. Neben der Vermeidung von Schallemissionen spielen beispielsweise auch die behutsame Raumnutzung oder die Wiederverwendbarkeit möglichst großer Anteile der eingesetzten Materialien eine große Rolle. In diesem Kontext bleibt die Entwicklung kostengünstiger und zuverlässiger technischer Methoden für eine bedarfsgerechte Befeuerung oder für einen vogel- und fledermausfreundlichen Betrieb im Fokus der Förderung.

3.6.8 Neue Anlagenkonzepte

Neben der Weiterentwicklung etablierter Anlagenkonzepte ist auch Entwicklung und Demonstration von innovativen neuen Anlagenkonzepten von Interesse. Insbesondere Höhenwindenergieanlagen und Kleinwindanlagen können möglicherweise bisher nicht genutzte Windenergiepotenziale erschließen. Neben einem hohen Marktpotenzial sind dabei auch Aspekte des Umweltschutzes und der Ressourceneffizienz zu berücksichtigen.

3.6.9 Netzeinbindung

Mit steigender Anzahl von Windenergieanlagen ist eine Berücksichtigung ihrer Auswirkungen auf das Stromnetz wichtig. Die Bereitstellung von Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen, wie die Unterstützung beim Netzwiederaufbau durch die Befähigung zum Schwarzstart, macht unter anderem Innovationen an den leistungselektronischen Komponenten von Windenergieanlagen notwendig. (Forschung zum gesamten Energiesystem wird in Nummer 3.11 behandelt.)

3.6.10 Logistik

Das ungebrochene Größenwachstum von Windenergieanlagen wie auch der heterogene Anlagenpark führen sowohl an Land wie auch auf See zu großen logistischen Herausforderungen bei Bau, Wartung und Instandhaltung. Hier werden beispielsweise durch herstellerübergreifende Standardisierung, neue Anlagen-/Großkomponentenkonzepte oder neue Installationsverfahren Fortschritte erwartet.

3.6.11 Testfelder

Um für FuE rasch und in einem weitgehend geschützten Raum Testmöglichkeiten anbieten zu können, sind insbesondere geeignete Standorte auf See erforderlich. Diese sollen nicht für Prototypen genutzt, sondern etwa für neue Installationsverfahren, innovative Rotorblattdesigns oder umfassende Untersuchungen der Windfelder bereitgestellt werden.

3.7 Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe

Bioenergie ist gasförmig, flüssig oder als Festbrennstoff flexibel in allen Sektoren wie Strom, Wärme/Kälte und Mobilität einsetzbar und trägt bereits heute wesentlich zur klimafreundlichen Energieversorgung bei. Sie ist zudem transport-, lager- und speicherfähig, wodurch Bioenergieanlagen für das zukünftige Energieversorgungssystem Deutschlands weiter an Bedeutung gewinnen. Um diese Vorteile optimal auszuschöpfen, werden Forschungsaktivitäten (FuE- sowie Pilot- und Demonstrationsprojekte) in folgenden Aspekten unterstützt:

3.7.1 Erschließung biogener Rest- und Abfallstoffe

Ziel ist die Erweiterung des Substrateinsatzspektrums für Bioenergieanlagen und Steigerung der Ressourceneffizienz, insbesondere durch die Entwicklung kostengünstiger, inputflexibler und effizienter Konversions- und Aufbereitungstechnologien. Die Betrachtung von Klärgas ist ebenfalls Gegenstand von Forschungsmaßnahmen.

3.7.2 Technologien und Konzepte zur Systemintegration

Die Forschungsaktivitäten adressieren die systemrelevante Flexibilisierung der Bioenergieanlagen bei gleichzeitig hoher Gesamteffizienz. Neben der technologischen Weiterentwicklung sind die Neu- und Weiterentwicklung von tragfähigen Geschäftsmodellen und Systemdienstleistungen sowie standardisierte, smarte und sichere Informations-, Kommunikations- und Steuerungsschnittstellen für die Verknüpfung mit anderen fluktuierenden und speicherbaren Energiequellen erforderlich.

3.7.3 Technologien und Konzepte zur Sektorenkopplung

Im Fokus stehen insbesondere biomassebasierte KWK-Lösungen, das Zusammenspiel von Biomasse und erneuerbarem Strom in Power-to-X-Anwendungen und die Bereitstellung von biomassebasierter Hochtemperaturprozess-Wärme oder -Kälte im Industriesektor.

3.7.4 Technologien zur Strom- beziehungsweise Wärmeerzeugung sowie deren gekoppelte Nutzung

Hierbei stehen die praxistaugliche Verbesserung von Anlagenkomponenten, -konzepten und -flexibilität, von Steuerungs-, Regelungs- und Automatisierungstechnik sowie Lösungen zur Emissionsminderung im Fokus. Im Wärmebereich werden unter anderem Optimierungen kompakter Kleinstfeuerungen und brennstoffflexibler Feuerungen zur Wärmeversorgung von Niedrigenergie- und Passivhäusern, Quartieren/Nahwärmenetzen sowie neuartige Ansätze für biomasse-basierte Hybrid- und Multibridsysteme gefördert.

3.7.5 Produktion nachhaltig erzeugter flüssiger und gasförmiger Biokraftstoffe

Adressiert werden Verbesserung der Produktionsverfahren mit dem Ziel, fossile Energieträger insbesondere im Schwerlastverkehr sowie in der Luft- und Schifffahrt zu substituieren.

Im Forschungsbereich werden auch Querschnittsaspekte, wie die Weiterentwicklung und Anwendung geeigneter Messverfahren und Methoden, sektorgekoppelte Energiesystemmodelle, Langzeitstrategien, Nachhaltigkeitsanalysen sowie „Life Cycle Assessments“ und die Normung und Standardisierung von Brenn- und Kraftstoffen unterstützt.

Pilot- und Demonstrationsvorhaben in den oben genannten Förderschwerpunkten werden gefördert mit dem Ziel, die Lücken zwischen Forschung und Markt zu schließen. Sie sollen ein hohes Übertragungspotenzial und eine starke KMU-Beteiligung aufweisen. Projekte, welche die land- und forstwirtschaftliche Primärproduktion von Biomasse zur energetischen Nutzung zum Gegenstand haben, sind nicht förderfähig.

3.8 Geothermie

Für die Erdwärmenutzung kommen je nach Tiefenlage (oberflächennah, mitteltief, tief), Geologie und Anwendungszweck verschiedene Technologien zum Einsatz. Zur Wärmenutzung werden Bohrungen in den Untergrund mit Wärmetauschern, Wärmepumpen und Verteilnetzen kombiniert (oberflächennah, mitteltief). Für die geothermische Stromgewinnung und großräumige Wärmeversorgung sind in Deutschland Tiefbohrungen notwendig, um ausreichend hohe Temperaturen zu erreichen.

Der Ausbau der geothermischen Wärme- und Kältebereitstellung ist ein strategisches Ziel für eine zukünftige Energieversorgung. Konkrete Ziele sind dabei:

- Abbau von Risiken,
- Reduzierung von Energiegestehungskosten,
- Ausweitung geothermischer Speicheranwendungen sowie
- Steigerung der Bekanntheit und öffentlichen Akzeptanz der Geothermie durch transparente Kommunikation von Chancen und Risiken auf Basis wissenschaftlicher Ergebnisse.

Dazu sollen multidisziplinäre Forschungsansätze und internationale Kooperationen beitragen. Die FuE zur Geothermie weist insbesondere Verbindungen zu den Förderbereichen Gebäude und Quartiere auf (Nummer 3.1). Während dort der systemische Kontext im Vordergrund steht, zielt der Forschungsbereich Geothermie vornehmlich auf die technologische Entwicklung für alle Tiefenlagen ab. Anknüpfungspunkte bestehen zudem zum Forschungsbereich der thermischen Kraftwerke (Nummer 3.10), der sich mit den Kraftwerksprozessen wie ORC (Organic Rankine Cycle) und Kalina befasst.

Die Forschungsaktivitäten im Bereich der Geothermie umfassen folgende Forschungsthemen:

3.8.1 Demonstrations- und Pilotvorhaben

Sie sollen die technische Machbarkeit und den wirtschaftlichen Betrieb geothermischer Wärmenutzung aufzeigen (Gebäude, Quartiere, Städte, Regionen) und als Vorbilder für weitere Standortentwicklungen dienen. Wesentliche Aspekte sind neben den technischen Fragestellungen der Wärmebereitstellung auch die Integration in die Gebäudeversorgung, in regionale Wärmekonzepte, die Konversion bestehender konventioneller Fernwärmenetze und die Entwicklung dazu notwendiger Komponenten und Verfahren.

Pilotvorhaben dienen der marktnahen Anwendung innovativer Technologien der Geothermie.

3.8.2 Weiterentwicklung der Technologie

Wichtige Aspekte sind: Kostensenkung, Effizienzsteigerung, Anlagenverfügbarkeit und -betriebsoptimierung sowie Automatisierung und Digitalisierung der Geothermie im Strom- und Wärmebereich. Darunter fallen zum Beispiel Neu- und Weiterentwicklung geothermiespezifischer Explorationsmethoden, Werkzeuge und Verfahren mit dem Ziel, die Bohr- und Komplettierungskosten zu reduzieren, Optimierung von Materialien und Komponenten, insbesondere von Pumpen, Filtern und Rohren, die den typischen geothermischen Bedingungen genügen, Mess- und Monitoringsysteme, Verfahren zum Schutz vor mineralischer Ausfällung und Korrosion, Einsatz von Erdwärmesonden und Großwärmepumpen zur bedarfsgerechten Wärmebereitstellung, Stimulationsverfahren zur Erschließung und Optimierung geothermischer Reservoire sowie innovative Erschließungskonzepte und nachhaltiges Reservoirmanagement.

3.8.3 Weiterentwicklung von Wärme- und Kältespeichern

Adressiert werden Untergrundspeicher als saisonale wie auch als situative Speicher bei kurzzeitigen Energieüberschüssen.

3.8.4 Ausbau der geologischen Datenbasis

Im Fokus stehen geothermische Nutzungsmöglichkeiten im Strom- und Wärmebereich.

3.8.5 Sicherheitsaspekte und Risikominimierung

- Verfahren und Nutzungskonzepte, wie etwa Untersuchungen zur induzierten seismischen Aktivität im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb geothermischer Anlagen.
- Modellierung und Simulation geothermischer Systeme, um die Prognosesicherheit zu erhöhen und finanzielle Risiken zu minimieren.

3.8.6 Forschung zur stofflichen Nutzung und Verwertung geförderter geothermischer Fluide und Rückstände

3.9 Wasserkraft und Meeresenergie

Die Nutzung der Wasserkraft ist für die Stromversorgung in Deutschland neben der Windenergienutzung und der Photovoltaik eine bewährte regenerative Energiequelle. Die Wasserkraft trägt zu einer sauberen dezentralen Energieversorgung bei und nimmt im Energiemix eine wichtige Rolle ein.

Technische Neuerungen und die Modernisierung von Turbinen und Generatoranordnung können insbesondere den Wirkungsgrad und die Verfügbarkeit verbessern. Parallel steigen auch die ökologischen Anforderungen an die Wasserkraftnutzung. Technische Innovationen können hier einen substanziellen Beitrag leisten, auf diese Anforderungen angemessen zu reagieren.

Im Gegensatz zur konventionellen Wasserkraftnutzung befindet sich die Nutzung der Meeresenergie weltweit noch in einem Demonstrationsstadium. Der Tidenhub und der Energiegehalt in Strömung und Wellen sowie Thermal- oder Salzgradienten können für die elektrische Energiegewinnung genutzt werden. Aufgrund der geografischen Bedingungen ist die Energiegewinnung an deutschen Küsten wirtschaftlich nicht vielversprechend, für die deutsche Industrie besteht jedoch die Chance auf wachsende Exportmärkte.

In den Bereichen Wasserkraft und Meeresenergie werden daher neben innovativen Komponenten für Laufwassersysteme die Entwicklung und Demonstration von Meeresströmungsturbinen und Wellenenergiekonvertern gefördert.

3.10 Thermische Kraftwerke

Die Stromerzeugungsinfrastruktur in Deutschland besteht bis heute überwiegend aus thermischen Kraftwerken. Die Brennstoffe sind überwiegend nicht erneuerbar. Zukünftig müssen als Wärmequellen verstärkt Abfälle, Biomasse, Erdwärme und Wärme aus anderweitig nicht nutzbarem erneuerbarem Strom genutzt werden. Wie diese bestehenden Energieinfrastrukturen durch neue technologische Lösungen für die Energiewende nutzbar gemacht werden können, ist eine drängende Forschungsfrage. Große thermische Energiespeicher, Hochtemperatur-Wärmepumpen und innovative Prozesstechnik sind hierfür zentrale Forschungsthemen, die auch für bestehende und neue Wärmeversorgungsinfrastrukturen einen wichtigen Beitrag leisten können.

Gaskraftwerke haben ein hohes Flexibilitätspotenzial und können dazu beitragen, die fluktuierende Erzeugung aus Erneuerbare-Energie-Anlagen auszugleichen. Im Zuge der Sektorenkopplung werden dem Gasnetz neue Aufgaben zufallen, beispielsweise durch steigende Anteile von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien. Insbesondere für Gaskraftwerke sind Brennstoff- und Lastflexibilität daher wichtige Forschungsziele, um Systemdienstleistungen erbringen zu können. Gasmotoren gewinnen bei der Entwicklung dezentraler, modularer Kraftwerksanlagen mittlerer Leistungsklasse an Bedeutung.

Solarthermische Kraftwerke nutzen konzentrierte Sonnenenergie als Wärmequelle und existieren in Deutschland wegen der geringen direkten Sonneneinstrahlung nur als Demonstrationsanlagen. In anderen Regionen der Welt kann die Solarthermie jedoch eine wichtigere Rolle spielen. Die Technologie hat daher ein hohes Exportpotenzial. Die tiefe Geothermie bietet auch hierzulande die Möglichkeit zur Wärmebereitstellung und Stromproduktion.

3.10.1 Neue Kraftwerksprozesse

Insbesondere mit Blick auf die sinnvolle Nutzung der bestehenden Energieinfrastruktur gehören neue Kraftwerksprozesse zur strategischen Ausrichtung der FuE-Förderung. Dazu gehören die Entwicklung neuartiger Kreis- und Verfahrensprozesse und hybrider Anlagenkonzepte, die Integration unterschiedlichster Energiespeicher und Hochtemperaturwärmepumpen, Retrofitmaßnahmen zur Integration veränderter oder neuartiger Brennstoffe und Brennstoffzusammensetzungen, Maßnahmen zur Wirkungsgraderhöhung bei verschiedenen Betriebsarten, übertragbare technologische Prozesse und Betriebsführungskonzepte, kraftwerksinterne Infrastruktur und Konzepte zur Abtrennung und Nutzung von CO_2 im Kontext der Verbrennung von Abfall- und biogenen Reststoffen sowie Werkstoffentwicklung und -weiterentwicklung (zum Beispiel CO_2-Rohrleitungen, CO_2-Verdichter, CO_2-Abscheideverfahren).

3.10.2 Turbomaschinen

Wegen bislang nur unzureichend verfügbarer Stromspeichermöglichkeiten spielen Turbomaschinen weiterhin eine wichtige Rolle. So wird deren Brennstoff- und Lastflexibilität auch hinsichtlich der Möglichkeit zur Rückverstromung aus durch Power-to-X-Verfahren gewonnenen Brennstoffen benötigt. Insbesondere bei Gaskraftwerken wird hierbei ein Forschungsschwerpunkt gelegt. Themen sind die Optimierung der Prozesse und Systeme sowie der Lebensdauer der Gesamtanlage und der Komponenten, die Material- und Werkstoffforschung sowie Wartungs-, Reparatur- und Ersatzmaßnahmen zur Erfüllung veränderter Betriebszyklen. Korrosionsuntersuchungen aufgrund veränderter Brennstoffzusammensetzungen, Komposite- und Keramik-Materialien sowie hochtemperaturresistenter Materialien für die Turbinen, Retrofit-Maßnahmen zur Ertüchtigung bestehender Anlagen hinsichtlich ihrer Brennstoff- und Betriebsflexibilität inklusive CCU (Carbon Capture and Utilization) haben für die FuE-Förderung besonderes Interesse.

3.10.3 Gasmotoren

Bei der Vernetzung dezentraler Kraftwerke mit erneuerbaren Erzeugungsanlagen und Energiespeichern (virtuelles Kraftwerk) spielen Gasmotoren eine wichtige Rolle. Modellierung und Simulation von Systemen, Anlagen und Komponenten (Digital Twin), Sensorik und Datenanalyse sowie lernende Verfahren zur Steuerung und Betriebsoptimierung können ebenfalls zur Erhöhung der Last- und Brennstoffflexibilität beitragen. Damit gewinnt die FuE-Förderung auch in diesem Segment an Bedeutung.

3.10.4 Solarthermische Kraftwerke

Künftig werden besonders in Regionen mit starker direkter Sonneneinstrahlung solarthermische Kraftwerke zum Einsatz kommen. Dies gilt sowohl für linienfokussierende (Parabolrinnen-, Fresnel-Anlagen) als auch für punktfokussierende (Solare Turmkraftwerke) Systeme. Um die deutschen Exportmöglichkeiten zu optimieren, ergeben sich als generelle FuE-Themen die Entwicklung technologieübergreifender Konzepte und Pilotprojekte zur kostenoptimierten und verbrauchsorientierten Energiebereitstellung, etwa in Kombination mit Photovoltaik, Wind, Biomasse und -gas, Wasserkraft, die techno-ökonomische Effizienzsteigerung durch ganzheitliche Systemoptimierung einschließlich Steuerung, Betrieb und Wartung sowie die Nutzung innovativer digitaler Technologien sowie die standardisierte Entwicklung von Mess- und Prüfverfahren zur Erfassung der Leistungsfähigkeit und Lebensdauer aller Systeme und Komponenten. Hinsichtlich der linienfokussierenden Systeme liegen die Förderschwerpunkte zum Beispiel in der Entwicklung von Kraftwerkskonzepten mit alternativen Wärmeträgermedien, Maßnahmen und Komponenten zur energietechnischen Verbesserung der Systeme und die Entwicklung von Konzepten für Betrieb, Wartung und Monitoring; für punktfokussierende Systeme in der Verbesserung von Receiver-Konzepten und notwendigen Kraftwerkskomponenten. Auch die Entwicklung kostengünstiger Wärmespeicher spielt eine wichtige Rolle.

3.10.5 Geothermische Kraftwerke

In Deutschland kommen durch die Temperatur der geförderten Fluide von maximal 180 °C bisher ausschließlich Kraftwerke mit Sekundärkreislauf wie ORC-(Organic Rankine Cycle-) und Kalina-Kreisprozess-Anlagen zum Einsatz. Forschungsschwerpunkte bestehen beispielsweise hinsichtlich einer verbesserten Wärmeübertragung und verbesserten Kühlprozessen zwecks Steigerung des Wirkungsgrads und somit erhöhter Wirtschaftlichkeit. Die gesteigerte Korrosion durch geothermische Fluide stellt einen Materialforschungsschwerpunkt dar.

Abschnitt III

Systemintegration

3.11 Stromnetze

Die FuE-Ziele im Förderbereich Stromnetze müssen derart festgelegt werden, dass sie den Weg ebnen für einen hohen Anteil erneuerbarer Energien im Energieversorgungssystem. Hervorzuheben in FuE sind dabei die Berücksichtigung sowie das Zusammenspiel aller Versorgungsnetze unter Einbezug der zunehmenden Digitalisierung und Sektorenkopplung. Daher sind zunächst neue und verbesserte Betriebsmittel und Komponenten kurzfristig zu entwickeln, um damit einen deutlich erweiterten und autonomen Betrieb der Versorgungsnetze gegenüber dem aktuellen Stand mittelfristig zu ermöglichen. Dabei stellt die Sicherstellung einer hohen Versorgungsqualität das übergeordnete Ziel dar, unter dessen Beibehaltung die Kosten zu minimieren sind. Daraus ergeben sich exemplarisch folgende

Schwerpunkte, welche in FuE-Vorhaben, aber auch in großen Pilot- und Demonstrationsprojekten untersucht werden können:

3.11.1 Innovative und verbesserte Technologien und Schutzkonzepte

- neuartige Konzepte, Netzstrukturen, Überwachungs- und Testverfahren (Monitoring) für Netzbetriebsmittel (innovative Netze, Stromrichter etc.) hinsichtlich Netzschutz, Stabilität und der Bereitstellung von Systemdienstleistungen (SDL),
- Neu- und Weiterentwicklung von (Übertragungs-)Technologien, Komponenten und Systemen für AC-, DC- und AC/DC-Netze,
- Weiterentwicklung von Netzleittechniksystemen,
- technische und ökonomische Optimierung von Power-to-X-Technologien als Schnittstelle zwischen Stromnetzinfrastrukturen und Speichern sowie
- Applikation der HTSL in der Netztechnik und beim Netzschutz (HTSL-Komponenten).

3.11.2 Sicherer Systembetrieb und Netzplanung

- optimierte Betriebsführungskonzepte unter Berücksichtigung aller Sektoren und Flexibilitäten sowie der Chancen durch neue Informationstechnologien zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sowie zur Verringerung von Betriebsmittelausfällen in allen Netzebenen,
- automatisierte Erfassung der Systemstruktur, dynamische, transiente und vorausschauende prognosebasierte Analysen des Netzzustands in allen Spannungsebenen,
- Betrachtung von Schutzkonzepten, Verfahren zum Fehler-/Notfallbetrieb und Systemwiederaufbau unter Einbezug verteilter Erzeuger und IKT in unterschiedlichen Spannungsebenen,
- Erhöhung der Systemzuverlässigkeit (Resilienz) durch IKT,
- Untersuchung neuer Netztopologien sowie
- Entwicklung von Konzepten und Methoden zur Verknüpfung technischer Operationen, betrieblicher Abläufe und geschäftlicher Transaktionen (Diensteplattformen).

3.11.3 Erschließung, Verbesserung und Demonstration von Flexibilitätsoptionen im Energieversorgungssystem unter Berücksichtigung von Sektorenkopplung

- Analyse und netzdienliche Integration von Flexibilitäten zum Lastmanagement insbesondere auch unter Einbezug neuer IKT-Lösungen und deren Sicherheit,
- Entwicklung von einheitlichen Modellierungs- und Planungsmethoden zur Optimierung des Gesamtsystems im Hinblick auf Bedarf und Einsatz von Flexibilitäten,
- Entwicklung von einheitlichen Normen und Standards sowie von innovativen Geschäftsmodellen.

3.11.4 Beibehaltung der Versorgungsqualität bei sich verändernden Strukturen der Energieversorgung

- Analyse und Einbindung aller Sektoren zum netzdienlichen Betrieb und zum Systemwiederaufbau,
- Aktualisierung bestehender Planungsgrundsätze und -methoden unter Berücksichtigung neuer Betriebsmittel, Netzstrukturen und Sektorenkopplung sowie der Rollenverteilung im Energiesektor,
- Micro-Grid-Lösungen und
- Resilienz digitalisierter Netze durch und trotz IKT.

3.11.5 Automatisierung, Energie- und Leistungsmanagement sowie Digitalisierung der Stromnetze

- durchgängige informatorische Vernetzung innerhalb von Energiesystemen,
- IKT-Lösungen zur Automatisierung (zum Beispiel Multiagentensysteme) entlang aller Netzebenen,
- Datenverarbeitung und -analyse in Echtzeit zur Ermittlung von Betriebsmittel- und Systemzuständen sowie
- IKT-Sicherheit beim Aufbau und Betrieb neuer Systeme.

3.12 Stromspeicher

Stromspeicher tragen dazu bei, die Energiewende bezahlbar und versorgungssicher umzusetzen. Damit dies gelingt, muss auf einer breiten Ebene geforscht werden, von der Weiterentwicklung einzelner Technologien bis hin zur Demonstration konkreter Einsatzbereiche. Gänzlich neue Entwicklungen sind ebenso essenziell wie der Transfer von der Forschung in den Markt. Dazu muss Forschung schon beim Herstellprozess ansetzen. Auch die Standardisierung muss vorangebracht werden. Bei allen Prozessen sind eine gute Umweltverträglichkeit und hohe Nachhaltigkeit das Ziel.

Stromspeichertechnologien umfassen:

- elektrochemische Speicher (Batterien, inklusive Redox-Flow-Batterien),
- elektrische Speicher (elektromagnetische und elektrostatische Direktspeicher),

– mechanische Speicher (Druckluft- und -gas, Pump- sowie Schwungmassenspeicher) und

– Hochtemperatur-Wärmespeicher für die Stromspeicherung (Carnot-Batterien).

Der Entwicklungsstand dieser Speichertechnologien ist sehr unterschiedlich. Die folgenden Forschungsthemen sind für eine Weiterentwicklung von Speichern zu bearbeiten.

3.12.1 Materialien und Komponenten

Mit neuen Materialien und innovativen Komponenten sollen Stromspeicher passend zur jeweiligen Anwendung optimiert werden. Entwicklungspotenziale bestehen in der gesamten Kette vom grundlegenden Kern, also etwa neuen Zellchemien beziehungsweise Arbeitsmedien, über spezifische Komponenten, zugehörige Bauteile, bis hin zu Systemen und der Peripherie.

Bei der Verbesserung der technischen Eigenschaften stehen vor allem Kosten, Gesamteffizienz, Leistungsdichte, Energiedichte, Speicherkapazität, Reaktionszeiten, Langlebigkeit, Zyklenfestigkeit und Geschwindigkeit des Be- und Entladens im Fokus der Forschung.

Zudem sollen Materialien und Komponenten fertigungstechnisch besser zu verarbeiten sein als heute, einen stabilen Betrieb gewährleisten, eine hohe Sicherheit und günstige Umweltbilanz aufweisen sowie aus gut verfügbaren, unkritischen Rohstoffen bestehen. Geeignete, zuverlässige Messverfahren sollen die Entwicklungen unterstützen und beschleunigen.

3.12.2 Fertigung

Die Fertigungstechnik soll mit dem Ziel optimiert werden, die Kosten zu reduzieren sowie eine hohe, gleichbleibende Qualität zu gewährleisten. Gleichzeitig soll die Fertigung energiesparend und umweltschonend sein. Wichtige Themen dazu sind Automatisierung, Vereinfachung der Prozesse, schnelle, zuverlässige, fertigungsintegrierte, standardisierte Prüfverfahren und Messtechnik. Digitalisierung soll zu intelligenten und flexiblen Produktionskonzepten wie „Industrie 4.0“ und „Production on Demand“ führen, um zum Beispiel neuartige Designs nach den individuellen Anforderungen der Kunden herzustellen und so die schnellere Marktdurchdringung zu unterstützen.

3.12.3 Standardisierung

International einheitliche Standards sollen Komponenten und Systeme kompatibel machen, um Kosten und Zeitaufwand beim Anlagenbau zu verringern und die Anwendungen ohne Zusatztechnik zu vereinfachen. Das betrifft vor allem externe und interne Schnittstellen (sowohl IKT- als auch elektrische Leistungsschnittstellen). Zuverlässige Standardtests und Verfahren sollen entwickelt werden, um Produktangaben zu vereinheitlichen und überprüfbar zu machen.

3.12.4 Betrieb von stationären Speichern

In Demonstrationsprojekten mit Pilotanlagen oder in Feldtests sollen die technische Machbarkeit sowie die wirtschaftliche Betriebsführung von stationären Speichern in konkreten Anwendungen gezeigt und optimiert werden. Wesentliche Aspekte sind die Entwicklung eines geeigneten Speicher- und Energiemanagements, intelligente Kommunikationstechnologien für die technische und vermarktungsstrategische Anlagensteuerung, Überwachungskonzepte für einen sicheren Betrieb, Installation von Schnittstellen und insgesamt die Anpassung der Systeme und Anlagenkomponenten für einen zuverlässigen Betrieb. Übergreifend sollen Wirtschaftlichkeitsanalysen die Bewertung des Anlagenbetriebs ermöglichen.

Weitere Themen sind die Hochskalierung von Anlagen und Komponenten für größere Anwendungen, Nachnutzungskonzepte für Kraftwerksstandorte und Mehrfachnutzungsmöglichkeiten von Speichern.

Bei den Anwendungen soll die gesamte Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten von Stromspeichern adressiert werden, beispielsweise im öffentlichen Stromnetz zur Netzstabilisierung und für Systemdienstleistungen, in Gebäuden und Quartieren zur Erhöhung des Eigenverbrauchs und zum Energiemanagement, bei der Sektorenkopplung oder beim parallelen Betrieb mit unterschiedlichen Technologien. Außerdem sollen der Betrieb verteilter Speichersysteme und virtueller Speicher untersucht werden, innovative Geschäftsmodelle und Einsatzbereiche generiert werden und alternative Standortmöglichkeiten erforscht werden.

3.12.5 Betrieb von mobilen Stromspeichern

Der Einsatz von Stromspeichern im mobilen Bereich zeichnet sich insbesondere durch Themen wie Reichweite, Schnellladefähigkeit und Sicherheitsaspekte aus (siehe Nummer 3.3.1).

3.12.6 Lebenszyklus und Kreislaufwirtschaft

Insgesamt sollen die Umweltverträglichkeit, Nachhaltigkeit und die Wirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus analysiert und optimiert werden. Vor allem bei Batterien sollen gut verfügbare, möglichst unbedenkliche, ressourcen-schonende Materialien eingesetzt werden. Themen sind Lebenszykluskosten, Degradation, Nachnutzungskonzepte (Wiederverwendung oder auch Weiternutzung) und Recyclingtechnologien.

3.13 Sektorenkopplung und Wasserstofftechnologien

Das Konzept der Sektorenkopplung umfasst in erster Linie den effizienten Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energiequellen in den Sektoren Wärme und Mobilität. Die technische Umsetzung kann über direkte oder indirekte Verfahren erfolgen. Insbesondere die Produktion des flexiblen Energieträgers Wasserstoff auf Basis erneuerbarer Energien eröffnet vielfältige Möglichkeiten. Dabei entsteht ein multimodales Energiesystem mit verknüpften Infrastrukturen.

Die Sektorenkopplung kann auch weitere Sektoren wie die Land- und Forstwirtschaft und das produzierende Gewerbe umfassen.

Die Umsetzung der Sektorenkopplung erfordert FuE-Arbeiten zur Modellierung, Planung, Weiter- und Neuentwicklung von industriellen Einzeltechnologien sowie zur Digitalisierung, zum regulatorischen Rahmen und zur gesellschaftlichen Partizipation.

Teile des Forschungsbereichs mit Bezug auf Wasserstofftechnologien sind eingebunden in das Regierungsprogramm Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP 2).

3.13.1 Modellierung und Planung

Für eine hinreichend genaue Abbildung der Anlagen und Infrastrukturen werden umfassende Modelle und neuartige Werkzeuge und Verfahren benötigt, die eine robuste Planung multimodaler Energiesysteme und die Ermittlung von Flexibilitätspotenzialen erlauben. In systemanalytischen Arbeiten können die technischen, rechtlichen, volkswirtschaftlichen und sozioökonomischen Zusammenhänge multimodaler Energiesysteme ermittelt werden. Ihre Bewertung erfordert Betriebs- und Wirtschaftlichkeitsanalysen, Lebenszyklusanalysen, techno-ökonomische Analysen und Sicherheitsanalysen. Die Kopplung mit weiteren Sektoren wie der Land- und Forstwirtschaft oder der chemischen Industrie kann in die Forschungsarbeiten mit einbezogen werden.

3.13.2 Betrieb und Digitalisierung

Der Betrieb multimodaler Energiesysteme umfasst die Verschiebung von Energieflüssen zwischen verschiedenen Infrastrukturen und stellt erhebliche Anforderungen an Regelung und Betrieb des Gesamtsystems. Zur Entwicklung und Erprobung neuer Abstimmungsmechanismen, neuer Geschäftsmodelle und zur Demonstration von Synergieeffekten aus der Verknüpfung verschiedener Infrastrukturen sind Forschungsarbeiten in systemischem Maßstab zu leisten. Die dazu benötigten Daten erfordern Entwicklungsarbeiten im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien und anderen angrenzenden Themen der Digitalisierung.

3.13.3 Rahmenbedingungen und Nutzereinbindung

Verschiedene Szenarien für neuartige Marktmechanismen und regulatorische Rahmenbedingungen können in Forschungsarbeiten auf ihre Potenziale für die Sektorenkopplung untersucht werden. Dabei sind der Zusammenhang und die Rückwirkung zu den Energiesystemen in angrenzenden Ländern herzustellen. Zudem ist die Nutzersicht in die Analysen einzubeziehen. Für Verbraucher, Prosumer und Nachbarn von Infrastrukturanlagen sind Akzeptanz- und Partizipationsformate zu entwickeln, um Transformationsprozesse verständlich zu machen, gesellschaftliche Fragen zur Sektorenkopplung zu beantworten und geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen.

3.13.4 Direkte Nutzung von erneuerbarem Strom

Forschungsthemen, um erneuerbaren Strom direkt im Sektor Verkehr einsetzen zu können, sind in Nummer 3.3 dargestellt. Weitere Forschungsthemen betreffen innovative Oberleitungssysteme und effiziente DC-Netze in Industrieanlagen. Eine direkte Nutzung in der Wärme- und Kälteversorgung kann zum Beispiel über Wärmepumpen (inklusive Klimaanlagen) oder in Power-to-Heat-Anlagen (vgl. Nummer 3.10) erfolgen. Ergänzend zur Entwicklung entsprechender Einzeltechnologien werden Forschungsarbeiten zu ganzheitlichen Konzepten für Wärme-/Kältesysteme im Kontext von Gebäuden und Quartieren benötigt, siehe auch Nummer 3.1.

3.13.5 Indirekte Nutzung von erneuerbarem Strom

Durch die strombasierte Erzeugung synthetischer Gase, Kraftstoffe oder chemischer Produkte (Power-to-Gas, -Fuel/-Liquids und -Chemicals) kann erneuerbare Energie für andere Sektoren und Wirtschaftskreisläufe nutzbar gemacht werden. Neben elektrischer Energie wird in den meisten Fällen auch CO_2 benötigt, sodass enge Verbindungen zu den Forschungsthemen zu CO_2-Technologien (Nummer 3.15) bestehen. Die Effizienz, die Flexibilität und die Wirtschaftlichkeit der Anlagen sind zu steigern und der Einsatz in verschiedenen Größenklassen voranzutreiben. Weitere Einzeltechnologien und Anwendungsfälle für die direkte und indirekte Nutzung erneuerbaren Stroms sollen entwickelt und erschlossen werden.

3.13.6 Indirekte Speicherung erneuerbaren Stroms

Die Erzeugung chemischer Energieträger wie synthetische Gase, Kraft- und Brennstoffe eröffnet die Möglichkeit zur indirekten, auch langfristigen Speicherung erneuerbarer Energie. Forschungsthemen im Zusammenhang mit der Speicherung von Wasserstoff sind in Nummer 3.13.8 dargestellt. Bei der Wiederverstromung der synthetischen Gase, Kraft- und Brennstoffe sind die Effizienz und die Flexibilität der Technologien zu steigern. Beispiele sind reversible Brennstoffzellen und Blockheizkraftwerke für wasserstoffreiche Gase. Da umfassende Konzepte die Kombination unterschiedlicher Speicher- und Wiederverstromungstechnologien erfordern, ist die Hybridisierung der Technologien zu erforschen.

3.13.7 Verknüpfung von Strom- und Gasinfrastruktur

Durch die strombasierte Erzeugung synthetischer Gase besteht die Möglichkeit, Speicher- und Transportaufgaben aus dem Stromnetz auf die Gasinfrastruktur zu übertragen. Neben der Entwicklung von Modellen zur Planung und Optimierung verknüpfter Infrastrukturen sind technische Entwicklungen förderbar. Zentral sind Untersuchungen zur Wasserstoffverträglichkeit der Gasnetze, ihrer Armaturen und angeschlossener Geräte sowie zur Diffusion bei dynamisch betriebener Einspeisung. Entwicklungsarbeiten sind etwa zur Erhöhung der Toleranz von Gasleitungen hinsichtlich wasserstoffinduzierter Korrosion zu leisten, zu neuen Werkstoffen und Beschichtungen sowie zur Separierung von Wasserstoff aus dem Gasstrom.

Im Zuge der Sektorenkopplung werden absehbar neue Rollen und Geschäftsfelder für die Betreiber von Gasinfrastrukturanlagen generiert. Die Einspeisung synthetischer Gase ins Gasnetz (Power-to-Gas) wird dynamisch erfolgen, wodurch sich die Zusammensetzung des Gasstroms zeitlich verändert. Hierzu werden Forschungsarbeiten an Methoden zur Schadenserkennung sowie zum Management eines veränderlichen Brennwerts und Wobbe-Index benötigt.

3.13.8 Wasserstofftechnologien

Die Erzeugung von Wasserstoff auf Basis zum Beispiel strombasierter, solarer, biologischer beziehungsweise biochemischer oder thermischer Verfahren bietet einen einzigartigen Mehrwert, erneuerbare Energie unterschiedlichen Verbrauchern über alle Sektoren zeitlich und örtlich entkoppelt zugänglich zu machen. Die Wasserstoffnutzung wird durch die Möglichkeit interessant, große Mengen von Wasserstoff nahezu verlustfrei über lange Zeiträume zu speichern. Transport und Verteilung könnten auf vorhandene Strukturen zurückgreifen.

Aufgrund der internationalen Bedeutung der Wasserstofftechnologien und der Erwartung wachsender Exportmärkte ist es sinnvoll, den heimischen Produktionsstandort und die gewonnene Technologieführerschaft in Verfahren und Systemen zu stärken und auszubauen.

Es können Forschungsarbeiten zu folgenden Themen gefördert werden:

a) Entwicklung innovativer Technologien zur Wasserstofferzeugung

Oberstes Ziel ist die massive Kostensenkung von Prozessen zur Herstellung erneuerbaren Wasserstoffs durch die konsequente Hochskalierung und entscheidende Innovationen insbesondere in Material, Verfahren und Produktion. Mit dieser Zielsetzung sind FuE-Arbeiten an Technologien zur Elektrolyse, zu biogenen und biochemischen Verfahren, zur künstlichen Photosynthese und zu solarthermischen Verfahren zu leisten. Eine signifikante Verbesserung der Lebensdauer auf Komponenten- und Systemebene muss über Innovationen unter anderem bei beständigen Materialien, intelligenten Betriebsweisen sowie Entwicklungen adäquater Mess- und Analysetechniken erreicht werden. Die nachhaltige Auswahl aller eingesetzten Materialien bezüglich Ressourcen, die Verarbeitbarkeit und die Fähigkeit zum Recycling sind Schlüsselfaktoren. Im Hinblick auf eine Standardisierung und Normung sind Bauteile, Verfahren, Prozesse, Sicherheitskonzepte und Produkte wasserstofferzeugender Anlagen sowie wasserstoffführender Transport- und Speichersysteme im marktinternen und internationalen Kontext zu vereinheitlichen. Weiterhin sollten die Flexibilität und Skalierbarkeit von Erzeugungstechnologien verbessert werden.

b) Fertigungstechnologien für Komponenten und Systeme zur Wasserstofferzeugung

Großtechnisch-industrielle Produktionsprozesse zur serientauglichen Herstellung von Komponenten und Systemen zur Wasserstofferzeugung mit unterschiedlichen Verfahren sind ökonomisch und ökologisch zu optimieren (Industrie 4.0).

c) (Langzeit-)Speicherung von Wasserstoff

Zur verlustfreien Langzeitspeicherung großvolumiger Mengen Wasserstoffs sind insbesondere Salzkavernen und poröse geologische Formationen geeignet. Forschungsaufgaben bestehen zu den technischen Anforderungen sowie zum Bau und Betrieb von Langzeitspeichern. Durch die Entwicklung neuartiger flüssiger oder fester Materialien zur Speicherung von Wasserstoff auf molekularer Ebene können die Möglichkeiten zur Wasserstoffnutzung im Sektor Verkehr und in anderen Anwendungen erweitert werden. Eine materialoffene Forschung soll die sichere, effiziente und technisch einfache Nutzung von Wasserstoff vorantreiben.

d) Handhabung und Nutzung von Wasserstoff

Wichtige Themen im Zusammenhang mit der Handhabung von Wasserstoff sind neben der Speicherung unter anderem die Verdichtung und Verflüssigung. Pfade zur Nutzung des Wasserstoffs sind in den Nummern 3.4, 3.13.5 und 3.13.7 beschrieben.

e) Validierung von Erzeugungs-, Speicher-, Transport- und Anwendungstechnologien

Verschiedene Verfahren und Konzepte zur Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff, zu seinem Transport und seiner Nutzung sind in Pilotanlagen, Feldtests oder virtuellen Laborumgebungen/Simulationen zu demonstrieren, zu validieren und zu optimieren. Die Optimierungsziele umfassen die Leistungsfähigkeit, Standzeit und Wettbewerbsfähigkeit der Verfahren. Da Wasserstoff ein Scharnier der Sektorenkopplung ist, sollten Demonstrationsprojekte neben technischen Fragestellungen auch techno-ökonomische Systemanalysen umfassen, rechtliche sowie volks- beziehungsweise betriebswirtschaftliche Zusammenhänge sowie Akzeptanzfragen thematisieren und neue netzdienliche Flexibilitätspotenziale und Geschäftsmodelle aufzeigen. Die Entwicklung und Erprobung von Konzepten und Wertschöpfungsketten zur Herstellung, Speicherung, Konditionierung, Transport und Wandlung von Wasserstoff in die gesamte zentrale und dezentrale Energiewirtschaft sollte in Lebenszyklusanalysen ganzheitlich betrachtet werden.

Abschnitt IV

Systemübergreifende Forschungsthemen

3.14 Technologieorientierte Systemanalyse

Wirtschaft, Politik und Gesellschaft benötigen umfangreiches, faktenbasiertes Orientierungswissen zu wahrscheinlichen Entwicklungspfaden des Energiesystems und deren potenziellen Auswirkungen. Dabei sind die technischen, wirtschaftlichen, ökologischen, energiepolitischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, in die das Energie-

system eingebettet ist, zu beachten. Dieses Orientierungswissen können systemanalytische Untersuchungen – meist unter Zuhilfenahme komplexer Energiesystemmodelle – bereitstellen. Um eine belastbare Grundlage für die zukünftige Ausgestaltung des Energiesystems darstellen zu können, müssen diese Untersuchungen transparent, nachvollziehbar und von Dritten überprüfbar sein. Dabei ist es wichtig, die Komplexität des Systems abzubilden und die Modellierung dabei handhabbar zu halten.

Ziel der Forschungsförderung im Bereich Systemanalyse ist daher die Neu- und Weiterentwicklung systemanalytischer Werkzeuge und Methoden, sofern sie über den Stand der Wissenschaft hinausgehen und die Qualität und Effizienz systemanalytischer Untersuchungen verbessern können. Ziel ist es auch, die Einbindung aller relevanten Fachdisziplinen in die Methodenentwicklung zu verbessern. Hierzu gehören insbesondere die Ingenieurwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, angewandte Mathematik, Informatik, Sozialwissenschaften und Rechtswissenschaften. Zudem soll die internationale Perspektive des Energiesystems besser in der Systemanalyse abgebildet werden. Weiteres Ziel ist es, mehr Transparenz in der Systemanalyse zu erreichen. Anwendungsnahe Rechnungen zur Politikberatung wie zum Beispiel die Abbildung konkreter Szenarien sind nicht Gegenstand dieser Forschungsförderung.

Bei der Bewertung des Arbeits- und Verwertungsplans werden Open-Science-Konzepte einschließlich geeigneter Datenmanagement- und Modelldokumentationspläne berücksichtigt.

3.14.1 Methodische Neu- und Weiterentwicklung von Energiesystemmodellen

Etwa (Weiter-)Entwicklung standardisierter Schnittstellen sowie modularer und sektorübergreifender Modelle. Weiterentwicklung von Methoden zur besseren Integration bisher unzureichend abgebildeter Sektoren des Energiesystems, insbesondere des Wärme- und Verkehrssektors.

3.14.2 Methoden zur Reduktion von Komplexität und Rechenzeiten

Durch geeignete mathematische und sonstige Verfahren, beispielsweise Parallelisierung von Modellläufen, Beschleunigung durch Approximationsalgorithmen, Modellvereinfachungen durch empirische Näherungsverfahren sowie die Anwendung von lernenden Algorithmen (maschinelles Lernen, Künstliche Intelligenz) und moderner statistischer Methoden (zum Beispiel im Kontext von Big Data).

3.14.3 Akteursverhalten

Methodische Weiterentwicklungen und Analysen zur verbesserten Abbildung von Akteuren und Akteursverhalten, einschließlich Methoden zur Abbildung von Markt- und Diffusionsbarrieren bei der Einführung neuer Technologien und Auswirkung regulatorischer Rahmenbedingungen, etwa durch die Einbindung moderner Ansätze der Verhaltensökonomik und sozialwissenschaftlicher Methoden oder durch Analyse vergangener Entwicklungen zur Beurteilung von Wirkmechanismen.

3.14.4 Validierung

Forschungsarbeiten zur Modell- und Ergebnisvalidierung sowie zur Steigerung der Transparenz, beispielsweise Modellvergleiche, Sensitivitätsanalysen, Vergleiche von Modellierungsergebnissen mit historischen Daten oder Methoden zur Verifikation von allgemein wünschenswerten Modelleigenschaften (etwa interne Konsistenz oder geringe Parametersensitivität).

3.14.5 Transparenz

Forschungsaktivitäten zur transparenten und effizienten Dokumentation von Modellen, Annahmen, Daten und Ergebnissen. Insbesondere durch Weiterentwicklung von Open-Science-Ansätzen, wie offene Modelle und offene Dateninfrastrukturen.

3.14.6 Internationalisierung

Forschungsarbeiten, die eine bessere Analyse des deutschen Energiesystems im europäischen beziehungsweise internationalen Kontext ermöglichen; sowohl durch die Berücksichtigung europäischer und internationaler Einflussfaktoren in den Modellen (zum Beispiel Potenzial chemischer Energieträger aus anderen Regionen der Welt) als auch durch Kooperation mit europäischen und internationalen Partnern.

3.15 Technologien für die CO_2-Kreislaufwirtschaft

Weltweit bilden fossile Energieträger auf absehbare Zeit eine wichtige Säule der Energieversorgung. In Deutschland entstehen CO_2-Emissionen überwiegend im Kontext der Nutzung von fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Gas. Da die CO_2-Emissionen Haupttreiber des anthropogenen Klimawandels sind, ist die Reduktion von CO_2-Emissionen ein zentrales Ziel deutscher Energiepolitik.

Bei Industrieprozessen treten CO_2-Emissionen auf, die schwierig oder gar nicht vermeidbar sind. In solchen Fällen sind Technologien zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufs zu entwickeln. So kann CO_2 beispielsweise in der chemischen Industrie als Ausgangspunkt für Grundstoffe verwendet und auch dazu eingesetzt werden, um flüssige Kraft- und Brennstoffe herzustellen. Zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufs werden Technologien zur Abscheidung von CO_2 aus Abgasen oder der Atmosphäre benötigt. Dies kann biologisch (Pflanzenwachstum) oder über technische Verfahren erfolgen. CO_2-Technologien für Abscheidung, Transport, Speicherung und Verwendung von CO_2 sollen verstärkt erforscht werden, um deutschen Unternehmen und Forschungseinrichtungen eine Vorreiterrolle bei diesen auch für den Export relevanten Technologien zu ermöglichen.

Förderfähig sind:

- skalierbare technologische Prozesse und wirtschaftliche Konzepte zur CO_2-Abscheidung (zum Beispiel mit Hilfe von Gastrenn-Membranen) bei industriellen Prozessen,
- neue Konzepte für die Modifizierung bereits entwickelter und Erschließung neuartiger CO_2-Abscheidetechnologien, Anlagen und Komponenten für den Einsatz an industriellen CO_2-Quellen (beispielsweise Produktionsprozesse für Stahl-, Zement- und Kalkindustrie etc.),
- Betriebskonzepte und Flexibilität von CO_2-Infrastrukturen und Werkstoffvorschläge für unterschiedliche Einsatzbereiche,
- robuste Verfahren und neuartige Katalysatoren mit hoher Flexibilität zur Umwandlung von CO_2 in (Grund-)Chemikalien, inklusive Demonstration einer kompletten CCU-Kette (CCU: Carbon Capture Utilization) und solche Prozesse, die zu einer Immobilisierung des CO_2/Kohlenstoffs führen, etwa langlebige Baustoffe und Produkte, gegebenenfalls auch mineralische Bindung (Enhanced Weathering),
- chemische Nutzung von CO_2 zur Herstellung von Chemikalien, die schwerpunktmäßig Arbeiten zu Synthese- und Katalysatoren-Entwicklungen zur Erhöhung des Reaktionsumsatzes sowie Erreichung hoher Selektivitäten und Stabilität gegenüber Verunreinigungen benötigen,
- CO_2-Abscheidung direkt aus der Atmosphäre mittels technischer Systeme oder durch dauerhafte Bindung des in Biomasse enthaltenen Kohlenstoffs,
- direkte Nutzung von CO_2, zum Beispiel als Arbeitsmedium in ORC-Prozessen sowie in Kühlaggregaten und Klimaanlagen oder als Wärmeträgermedium in Erdwärmesonden und geothermischen Anwendungen,
- direkte elektrochemische CO_2-Umsetzung, beispielsweise Co-Elektrolyse zu Wertstoffen,
- Erforschung alternativer CO_2-Umsetzungs-Prozesse, etwa plasmainduzierte Spaltung sowie
- Werkstoffentwicklung und -weiterentwicklung für unterschiedliche Einsatzbereiche und Komponenten (zum Beispiel Pipelines, CO_2-Verdichter, CO_2-Abscheideverfahren, Co-Elektrolyse) sowie Entwicklungen von Transportalternativen zur Entwicklung einer umfassenden CO_2-Infrastruktur.

Für Forschungsmaßnahmen zur Entwicklung von CO_2-ärmeren industriellen Prozessen siehe Nummer 3.2, für Forschungsmaßnahmen zur Weiterverarbeitung von CO_2 in Kraftstoffe vgl. die Nummern 3.13 und 3.3.2.

3.16 Digitalisierung der Energiewende

Die Digitalisierung ist ein Treiber der Energiewende und ein Schlüsselthema von herausragender Bedeutung. Aus dem Prozess der Digitalisierung ergeben sich eine Vielzahl von vielversprechenden Möglichkeiten sowie von Herausforderungen für FuE im gesamten Spektrum der Energietechnologien.

Für eine Förderung zu berücksichtigende Themen der Digitalisierung im Energiekontext sind im Regelfall im jeweiligen energietechnologischen Forschungsbereich einzureichen (Nummern 3.1 bis 3.15).

Relevante Vorhaben mit übergeordnetem Charakter, welche sich nicht auf einen Technologiebereich reduzieren lassen, können, sofern sie die Ziele dieser Förderbekanntmachung adressieren und einen deutlichen Mehrwert für die Energieforschung haben, unter diesem Punkt gefördert werden.

3.17 Ressourceneffizienz im Kontext der Energiewende

Der hohe Ressourceneinsatz unserer Gesellschaft und der damit verbundene Primärenergieverbrauch ist eine zentrale Herausforderung für die Energieforschung. Während der Anteil der durch die Energiewende induzierten Ressourcenbedarfe gegenüber dem nationalen Gesamtbedarf gering ausfällt, können eine steigende Nachfrage nach Rohstoffen, deren weltweite Verknappung und deshalb steigende Rohstoffpreise die Energiewende gefährden oder verteuern. Bisherige Recyclingquoten können den zukünftigen Rohstoffbedarf der Gesellschaft allein noch nicht decken und die Energiebilanz nicht ausreichend senken. Deshalb müssen nicht nur (wirtschafts-)strategische und begrenzt verfügbare Rohstoffe, sondern alle im Wirtschaftskreislauf umlaufenden Ressourcen geschützt, nachhaltig gewonnen und effizient genutzt werden. Die Energieforschung zu Ressourcen im Kontext der Energiewende verfolgt daher das Ziel, die Sicherung der Rohstoffe und Ressourcen mit der Material- und Ressourceneffizienz sowie der zirkulären Wirtschaft („Circular Economy“) als Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu verbinden. Die Bandbreite der daraus resultierenden übergreifenden FuE-Themen in der Projektförderung des BMWi reicht von analytischen und konzeptionellen bis hin zu ingenieurtechnischen und ökonomischen Fragestellungen.

Technologiespezifische Aspekte der Ressourceneffizienz sind komplementär in den vorgenannten Förderbereichen verankert.

3.18 Energiewende und Gesellschaft

Die Umsetzung der Energiewende steht in vielerlei Wechselwirkung mit der Gesellschaft: Zum einen ist die Gesellschaft Mitgestalter der Energiewende, zum anderen erzeugt die Energiewende und der damit verbundene Einsatz neuer Technologien Wirkungen auf die Gesellschaft. Themen wie Technikfolgenabschätzung, Verhaltensökonomie und Fragen der Akzeptanz gehören daher zur gesellschaftsbezogenen Energiewendeforschung.

Die Förderung der gesellschaftsbezogenen Energiewendeforschung ist im Regelfall gekoppelt an Vorhaben im jeweiligen energietechnologischen Forschungsbereich (Nummern 3.1 bis 3.15) einzureichen. Relevante Vorhaben mit übergeordnetem Technologiebezug können, sofern sie die Ziele dieser Förderbekanntmachung adressieren und einen deutlichen Mehrwert für die Energieforschung haben, unter diesem Punkt gefördert werden.

Abschnitt V

Weitere Maßnahmen

3.19 Reallabore der Energiewende

Durch die bisherige Forschungsförderung konnten wesentliche Erfolge in der Entwicklung von Effizienztechnologien und der Nutzung erneuerbarer Energien erzielt werden. Zur weiteren Umsetzung der Energiewende ist jedoch eine Transformation des Energiesystems in Deutschland erforderlich, durch die Nutzer und Erzeuger in eine neue Beziehung zueinander gesetzt werden. Um mögliche Transformationspfade aufzuzeigen, werden breit angelegte Projekte benötigt, mit denen das Zusammenwirken einzelner Technologien, die Vernetzung verschiedener Infrastrukturen, regulatorische Innovationen und neue Rollen für Energiewirtschaft und Gesellschaft untersucht werden.

Mit der Förderung von Reallaboren der Energiewende als zeitlich und geografisch begrenzte Experimentierräume sollen technische und nichttechnische, wenn sinnvoll auch regulatorische Innovationen sowie gesellschaftsökonomische Aspekte und ihre systemische Wechselwirkung erprobt werden. Die erfolgreiche Umsetzung von Reallaboren erfordert starke Partnerschaften zwischen Unternehmen, die innovative Energietechnologien und -infrastrukturen auf den Markt bringen und betreiben wollen, Akteuren, die mit den regionalen Besonderheiten vertraut sind und Akteuren mit innovativen Geschäftsmodellen und Konzepten für neuartige Marktmodelle und -regeln. Die Einbindung von Partnern, die die Forschungsprojekte wissenschaftlich und sozioökonomisch begleiten, für deren Verbreitung und die Übertragbarkeit der Erkenntnisse sorgen, ist ebenfalls förderfähig. Mit Hilfe der gewonnenen Erfahrungen insbesondere in Bezug auf regionale Rahmenbedingungen und zeitlich begrenzten Anpassungen wird das Format von Reallaboren kontinuierlich weiterentwickelt und in Schlüsselbereichen der Energiewende Anwendung finden.

Sofern über diese Bekanntmachung hinaus eine thematische Fokussierung beziehungsweise eine Präzisierung der besonderen fachlichen oder administrativen Modalitäten der Reallabore erforderlich ist, erfolgt diese gesondert.

4 Zuwendungsempfänger

Antragsberechtigt sind Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft sowie Angehörige der Freien Berufe[1] (insbesondere Rechtsanwälte, Ingenieure, Architekten) mit einer Betriebsstätte oder Niederlassung in Deutschland. Insbesondere Start-ups sowie andere KMU[2] werden zur Antragstellung ermutigt. Antragsberechtigt sind auch Hochschulen und Forschungseinrichtungen[3] im Sinne von Artikel 2 Nummer 83 AGVO, Vereine und Stiftungen[4] mit FuE-Kapazitäten in Deutschland sowie Gebietskörperschaften und Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung.

Antragsteller haben nachzuweisen, dass sie in der Lage sind, die Durchführung der Forschungsaufgaben personell und materiell zu realisieren. Die Qualifikation der Antragsteller muss in geeigneter Weise, etwa über einschlägige Vorarbeiten, nachgewiesen werden.

Verbundprojekte mit Beteiligung aus Wirtschaft und Wissenschaft sind besonders erwünscht.

Forschungseinrichtungen, die von Bund und/oder Ländern grundfinanziert werden, kann neben ihrer institutionellen Förderung im Einzelfall eine Projektförderung für ihren zusätzlichen Aufwand bewilligt werden.

Von der Förderung ausgeschlossen sind insbesondere Antragsteller:

- die einer Rückforderungsanordnung aufgrund einer früheren Kommissionsentscheidung zur Feststellung der Rechtswidrigkeit und Unvereinbarkeit einer Beihilfe mit dem Binnenmarkt nicht nachgekommen sind (Artikel 1 Nummer 4 Buchstabe a AGVO) oder
- die als Unternehmen in Schwierigkeiten gemäß Artikel 1 Nummer 4 Buchstabe c AGVO in Verbindung mit Artikel 2 Nummer 18 der AGVO anzusehen sind (insbesondere die Unternehmen, über deren Vermögen ein Insolvenz- oder ein vergleichbares Verfahren beantragt oder eröffnet worden ist).

Eine Förderung ist zudem in den von Artikel 1 Nummer 2 Buchstabe a Halbsatz 1 Buchstabe b bis d sowie Artikel 1 Nummer 3, 4 Buchstabe b und Nummer 5 AGVO erfassten Fällen ausgeschlossen.

4.1 Internationale Zusammenarbeit

Die Bearbeitung der oben genannten FuE-Themen in internationalen Kooperationen ist gewünscht und wird besonders unterstützt. Möglichkeiten der Förderung von Beiträgen deutscher Konsortialpartner bestehen – neben den Instrumenten des jeweils aktuellen EU-Forschungsrahmenprogramms – insbesondere bei Arbeiten im Rahmen der Implementierungspläne des europäischen SET-Plans, der Technologiekooperationsprogramme der Internationalen Energieagentur (IEA) sowie den thematischen Aktivitäten von „Mission Innovation“.

---

[1] Freiberufler müssen die Voraussetzungen der KMU-Definition gemäß Anhang I AGVO erfüllen.

[2] KMU im Sinne dieser Förderbekanntmachung sind Unternehmen, die die Voraussetzungen des Anhangs I der AGVO erfüllen.

[3] Einrichtungen wie Hochschulen oder Forschungsinstitute, Technologietransfer-Einrichtungen, Innovationsmittler, forschungsorientierte physische oder virtuelle Kooperationseinrichtungen, unabhängig von ihrer Rechtsform (öffentlich-rechtlich oder privatrechtlich) oder Finanzierungsweise, deren Hauptaufgabe darin besteht, unabhängige Grundlagenforschung, industrielle Forschung oder experimentelle Entwicklung zu betreiben oder die Ergebnisse solcher Tätigkeiten durch Lehre, Veröffentlichung oder Wissenstransfer zu verbreiten.

[4] Vereine und Stiftungen sind antragsberechtigt, sofern sie die verfahrensrechtlichen Voraussetzungen erfüllen (insbesondere beteiligtenfähig gemäß § 11 des Verwaltungsverfahrensgesetzes sind) und im Falle von Stiftungen nicht lediglich eine Finanzierungsfunktion für eine andere Einrichtung haben. Stiftungen, die lediglich eine Finanzierungsfunktion haben, sind ausnahmsweise antragsberechtigt, wenn sich ihr Antrag auf Maßnahmen gemäß Nummer 3.1.1 Buchstabe a dieser Förderbekanntmachung bezieht und eine gesetzliche Vorschrift vorsieht, dass die Antragsberechtigung an die Bauherren- und Eigentümerschaft gekoppelt ist.

Die Förderung von Verbundprojekten mit ausländischen Partnern ist möglich. Die Fördermöglichkeiten für anteilige Projektarbeiten der deutschen Partner werden dabei auf Basis einer Antragstellung im oben dargestellten nationalen Verfahren geprüft. Die ausländischen Partner haben ihre Aufwendungen ohne Bundeszuwendung zu finanzieren.

5 Zuwendungsvoraussetzungen

Eine Förderung erfolgt aufgrund der in Nummer 2 genannten Rechtsgrundlagen. Wesentlich für die Förderentscheidung ist die Sicherstellung der bestmöglichen Verwertung der Forschungsergebnisse. Daher ist bereits bei Antragstellung eine genaue Darlegung der späteren Ergebnisverwertung in Form eines Verwertungsplans vorzusehen. Der Verwertungsplan wird während der Laufzeit jährlich fortgeschrieben und dabei an die Entwicklung von Technik, Regulierung und Märkten angepasst. Zuwendungsempfänger werden verpflichtet, den Verwertungsplan im Rahmen des technisch Möglichen und wirtschaftlich Zumutbaren umzusetzen und dies entsprechend den Nebenbestimmungen nachzuweisen.

Partner eines Verbundprojekts haben ihre Zusammenarbeit in einer Kooperationsvereinbarung zu regeln und einen Koordinator zu benennen, der als zentraler Ansprechpartner für den Fördermittelgeber fungiert und sicherstellt, dass die einzelnen Teilprojekte effektiv zusammenarbeiten und die Ergebnisse zusammengeführt werden. Die Projektpartner haben dafür Sorge zu tragen, dass zeitnah zum Projektbeginn eine gültige Kooperationsvereinbarung vorliegt. Einzelheiten können dem Merkblatt zur Zusammenarbeit entnommen werden:

https://foerderportal.bund.de/easy/easy_index.php?auswahl=easy_formulare&formularschrank=bmwi#t6.

Bezüge zu anderen Forschungsprogrammen und Fördermaßnahmen des Bundes, der Länder und der EU und deren Bedeutung für den geplanten Forschungsansatz sind anzugeben. Bisherige und geplante entsprechende Aktivitäten sind zu dokumentieren. Antragsteller sollen sich – auch im eigenen Interesse – im Vorfeld des Vorhabens mit dem EU-Forschungsrahmenprogramm vertraut machen. Grundsätzlich ist zu prüfen, ob das beabsichtigte Vorhaben spezifische europäische Komponenten aufweist und damit eine ausschließliche EU-Förderung möglich ist. Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit im Umfeld des national beabsichtigten Vorhabens ergänzend ein Förderantrag bei der EU gestellt werden kann. Das Ergebnis der Prüfungen soll in der Projektskizze kurz dargestellt werden.

6 Art, Umfang und Höhe der Förderung, beihilferechtliche Grundlage

Die Zuwendungen werden als Projektförderung und nicht rückzahlbare Zuschüsse, in der Regel als Anteilfinanzierung, gewährt.

Bemessungsgrundlage für Zuwendungen an Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft sind grundsätzlich die zuwendungsfähigen projektbezogenen Kosten. Bei Angehörigen der Freien Berufe, bei Vereinen und bei Stiftungen bilden grundsätzlich die zuwendungsfähigen Ausgaben die Bemessungsgrundlage der Förderung; ausnahmsweise können bei Vorliegen einer Kosten- und Leistungsrechnung nach Nummer 2 PreisLS auch zuwendungsfähige Kosten jedoch ohne das Wahlrecht auf pauschalierte Abrechnung gefördert werden. In der Regel wird eine angemessene Eigenbeteiligung von mindestens 50 % der entstehenden zuwendungsfähigen Kosten vorausgesetzt – je nach Anwendungsnähe des Vorhabens unter Berücksichtigung der beihilferechtlichen Vorgaben. Für KMU sind unter Berücksichtigung etwaiger Zuschläge nach Artikel 25 AGVO Förderquoten von bis zu 80 % möglich.

Soweit die Förderung eine Beihilfe nach Artikel 107 AEUV darstellt, bildet die AGVO die EU-rechtliche Grundlage.

Für die Festlegung der förderfähigen Kosten und die Bemessung der jeweiligen Förderquote sowie der Beihilfehöchstbeträge gelten die Regelungen der Artikel 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 46 und 48 AGVO. Die Zulässigkeit einer Kumulierung mit anderen öffentlichen Förderprogrammen richtet sich nach Artikel 8 AGVO.

Soweit Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Sinne von Artikel 2 Ziffer 83 AGVO die als Projektförderung beantragten Zuwendungen im Zusammenhang mit geförderten Projekten nichtwirtschaftliche Tätigkeiten im Sinne von Randziffer 19 des Unionsrahmens für staatliche Beihilfen zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation[5] durchführen, sind die zuwendungsfähigen projektbezogenen Ausgaben im Einzelfall bis zu 100 % förderfähig, wenn die Voraussetzungen von Randziffer 18 des Unionsrahmens für staatliche Beihilfen zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation erfüllt sind. Davon abweichend kann bei Mitgliedern der Helmholtz-Gemeinschaft, der Fraunhofer-Gesellschaft und anderen Forschungseinrichtungen die Bemessungsgrundlage „Kosten“ zugelassen werden. Die zuwendungsfähigen projektbezogenen Kosten sind im Einzelfall bis zu 100 % förderfähig, soweit sie nichtwirtschaftliche Tätigkeiten im Sinne von Randziffer 18 des Unionsrahmens für staatliche Beihilfen zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation durchführen.

7 Sonstige Zuwendungsbestimmungen

Bestandteil eines Zuwendungsbescheids werden die jeweils aktuellen Nebenbestimmungen des BMWi (zu finden unter https://foerderportal.bund.de/ in der Rubrik „Formularschrank BMWi“).

Der Zuwendungsempfänger ist verpflichtet, für die Auszahlung der Zuwendungsmittel am Verfahren „profi-Online“ teilzunehmen.

[5] Amtsblatt der Europäischen Kommission 2014/C 198/01 vom 27.6.2014, S. 1

Das BMWi ist gemäß § 7 BHO und zugehöriger Verwaltungsvorschriften verpflichtet, eine begleitende und abschließende Erfolgskontrolle durchzuführen. Das BMWi kann eine Evaluation mit dem Ziel beauftragen, wesentliche Beiträge für die Erfolgskontrolle zu erheben. Zuwendungsempfänger sind zur Zusammenarbeit mit dem BMWi, dem Projektträger und gegebenenfalls vom BMWi beauftragten Evaluatoren verpflichtet und müssen unter Beachtung der datenschutzrechtlichen Regelungen alle für die Erfolgskontrolle bzw. die Evaluation der Förderung benötigten Daten bereitstellen, und an den hierfür vorgesehenen Befragungen, Interviews und sonstigen Datenerhebungen teilnehmen. Dasselbe gilt, sofern eine Evaluation der Beihilfen gemäß Artikel 1 Nummer 2 Buchstabe a AGVO notwendig ist. Vorbenannte Verpflichtungen zur Zusammenarbeit mit dem BMWi beziehungsweise dem Projektträger des BMWi werden Gegenstand des Zuwendungsbescheids sein.

8 Subventionserhebliche Tatsachen

Bei den Zuwendungen kann es sich um Subventionen im Sinne von § 264 Absatz 7 des Strafgesetzbuchs handeln. Die Antragsteller werden dazu im Zusammenhang mit dem Antrag über die subventionserheblichen Tatsachen informiert. Der Antragsteller muss zudem die Kenntnis der Strafbarkeit des Subventionsbetrugs und der subventionserheblichen Tatsachen bestätigen.

9 Verfahren

9.1 Beauftragung eines Projektträgers

Hinsichtlich der Bearbeitung der Förderprojekte hat das BMWi die Forschungszentrum Jülich GmbH – Projektträger Jülich, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, nachfolgend „PtJ“ genannt, beauftragt und beliehen. Der PtJ ist daher Ansprechpartner für alle Fragen zur Abwicklung der Förderprojekte. Es wird empfohlen, zur Antragsberatung mit dem Projektträger Kontakt aufzunehmen. Zentrale Kontaktadresse ist PTJ-ESX-7EFP@fz-juelich.de. Telefonisch kann Kontakt unter 0 24 61/61-19 99 aufgenommen werden. Weitere Informationen finden Sie unter https://www.ptj.de/projekt-foerderung/angewandte-energieforschung.

9.2 Antrags- und Bewilligungsverfahren

Für die Förderung geltende Richtlinien, Vordrucke, Merkblätter, Hinweise und Nebenbestimmungen können unter der Internetadresse https://foerderportal.bund.de in der Rubrik „Formularschrank BMWi“ abgerufen werden.

Zur Erstellung von Projektskizzen und förmlichen Förderanträgen sind die im elektronischen Formularsystem „easy-Online“ abgelegten Vordrucke für Skizzen, Anträge und Angebote (https://foerderportal.bund.de/easyonline/) zu nutzen.

Nach Veröffentlichung dieser Förderbekanntmachung können Skizzen und Anträge zur angewandten nichtnuklearen Energieforschung des BMWi nur noch unter Bezugnahme auf das 7. Energieforschungsprogramm und zu dessen Forschungsbereichen eingereicht werden.

Interessenten können sich im Rahmen des im Folgenden beschriebenen Antragsverfahrens beim PtJ bewerben. Die Einreichung von Skizzen und Anträgen ist grundsätzlich jederzeit und ohne Ausschlussfristen möglich (die Einreichung muss jedoch innerhalb des Geltungszeitraums dieser Bekanntmachung erfolgen); Abweichungen sind für gesondert bekannt gemachte Initiativen möglich.

Das Antragsverfahren ist zweistufig. Das Verfahren beginnt in der ersten Stufe mit der Skizzenvorlage, die für die Bewertung der Förderaussichten notwendig ist. Wird eine Skizze als förderfähig bewertet, erfolgt unter der Voraussetzung ausreichender Haushaltsmittel eine Empfehlung zur Antragstellung. Mit dem Eingang vollständiger Antragsunterlagen setzt sich das Antragsverfahren in der zweiten Stufe fort und endet mit der Bewilligung oder Ablehnung des förmlichen Antrags durch PtJ. Skizzen und Förderanträge können verfahrensbeendend jederzeit zurückgezogen werden. Alle Unterlagen sind grundsätzlich in deutscher Sprache zu erstellen.

Im Übrigen wird auf das 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, Nummer 4.6 „Leitfaden der Projektförderung“ verwiesen (https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/7-energieforschungsprogramm-der-bundesregierung.html).

9.2.1 Vorlage und Auswahl von Projektskizzen

In der ersten Verfahrensstufe sind dem PtJ zunächst Projektskizzen mit Bezug auf den entsprechenden Forschungsbereich in elektronischer Form über „easy-Online“ einzureichen.

Bei Verbundprojekten sind Projektskizzen durch den Verbundkoordinator vorzulegen.

In der Projektskizze, deren Umfang 15 Seiten nicht überschreiten soll, müssen die inhaltlichen und formalen Voraussetzungen für eine Förderung nachgewiesen werden. Dabei sind folgende Angaben erforderlich:

- Thema und Ziel,
- für Verbundprojekte: Angaben zum Koordinator und Ansprechperson der einzelnen Projektpartner,
- Bezug zu den förderpolitischen Zielen, Notwendigkeit der Förderung,
- Stand von Wissenschaft und Technik,
- Innovationsgrad,
- Qualifikation und Expertise des Antragstellers und gegebenenfalls der Projektpartner,
- Arbeitsschwerpunkte, gegebenenfalls Arbeitsteilung und Aufgaben der Projektpartner,

– wissenschaftliche und wirtschaftliche Verwertbarkeit, Verwertungsplan sowie
– geschätzter Gesamtaufwand und Förderbedarf, aufgeschlüsselt nach Personal- und Sachmitteln, bei Verbundprojekten jeweils für den einzelnen Projektpartner.

Es steht den Antragstellern frei, weitere Punkte anzufügen, die ihrer Auffassung nach für eine Beurteilung ihres Vorschlags von Bedeutung sind.

Die eingegangenen Projektskizzen stehen untereinander im Wettbewerb und werden nach folgenden Kriterien bewertet:

– Beitrag zu den förderpolitischen Zielen der Bundesregierung im Bereich der Energieforschung, fachlicher Bezug zu der Förderbekanntmachung,
– Arbeitsziel und Realisierungschancen (Innovationsgehalt und Forschungsrisiko unter Berücksichtigung des Stands der Technik, Originalität, Ganzheitlichkeit, Alleinstellungsmerkmal etc.),
– Qualifikation und Expertise der Antragsteller (unter anderem Vollständigkeit und Komplementarität des Konsortiums in Hinblick auf die Erreichung der Projektziele),
– Arbeitsplan (Ressourcenplanung, Meilensteinplanung/Abbruchkriterien, Aufwand- und Zeitplanung etc.),
– Verwertungsplan (wissenschaftliche und wirtschaftliche Erfolgsaussichten, Anschlussfähigkeit, Darstellung der wirtschaftlichen Potenziale und gegebenenfalls Umsetzbarkeit am Markt, Übertragbarkeit der Lösung etc.) sowie
– Zuwendungsfähigkeit und Angemessenheit von Kosten beziehungsweise Ausgaben, Eigenbeteiligung der Unternehmen.

Auf der Grundlage der Bewertung durch den PtJ werden die für eine Förderung vorgesehenen Skizzen ausgewählt und dem BMWi zur Förderung empfohlen. Die endgültige Entscheidung trifft das BMWi nach pflichtgemäßem Ermessen im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel. Die Interessenten werden durch den PtJ über das Ergebnis der Bewertung schriftlich informiert. Ein Rechtsanspruch auf Förderung besteht nicht.

9.2.2 Vorlage förmlicher Förderanträge und Bewilligungsverfahren

In der zweiten Verfahrensstufe erfolgt für die ausgewählten Skizzen die Aufforderung, förmliche Förderanträge zu stellen. Der Antrag ist beim PtJ – bei Verbundvorhaben in Abstimmung mit dem vorgesehenen Verbundkoordinator – unter Verwendung des für die jeweilige Finanzierungsart vorgesehenen Antragsformulars sowohl elektronisch als auch schriftlich einzureichen. Die elektronische Version ist unter Nutzung des elektronischen Antragsassistenten „easy-Online“ (siehe Nummer 9.2) einzureichen. Die Förderanträge werden vertieft und unter Berücksichtigung des Bundesinteresses nach den auch für die Skizzen geltenden Kriterien unter anderem unter Einschluss der Bonität der Antragsteller geprüft.

Auf Grundlage der Förderanträge entscheidet der PtJ als beliehener Projektträger abschließend über eine Förderung unter Ausübung des pflichtgemäßen Ermessens und unter Berücksichtigung der verfügbaren Haushaltsmittel.

10 Anwendungsbestimmungen

Diese Förderbekanntmachung ersetzt die vorangegangene Förderbekanntmachung Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung im 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“ vom 5. Mai 2021 (BAnz AT 28.05.2021 B2) und kommt einen Tag nach der Veröffentlichung im Bundesanzeiger zur Anwendung.

Maßgebend für die Geltungsdauer dieser Förderbekanntmachung ist die Laufzeit der beihilferechtlichen Grundlage AGVO zuzüglich einer Anpassungsperiode von sechs Monaten. Vor diesem Hintergrund endet die Laufzeit dieser Förderbekanntmachung am 30. Juni 2024. Sollte die zeitliche Anwendung der AGVO ohne die Beihilferegelung betreffende relevante inhaltliche Veränderungen verlängert werden, verlängert sich die Laufzeit entsprechend, aber nicht über den Geltungszeitraum des 7. Energieforschungsprogramms hinaus. Sollte die AGVO nicht verlängert und durch eine neue AGVO ersetzt werden oder sollten relevante inhaltliche Veränderungen der derzeitigen AGVO vorgenommen werden, wird eine den dann geltenden Freistellungsbestimmungen entsprechende Änderung dieser Förderbekanntmachung oder eine den dann geltenden Freistellungsbestimmungen entsprechende ersetzende Förderbekanntmachung veröffentlicht.

Berlin, den 18. Juni 2021

Bundesministerium
für Wirtschaft und Energie

Im Auftrag
Dr. W. Langen