

Empfehlungen zum 8. Energieforschungsprogramm

Mit Forschung von den Grundlagen bis zur Anwendung schafft **Helmholtz Energy, der Helmholtz-Forschungsbereich Energie**, die wissenschaftlichen Voraussetzungen für eine klimaneutrale Energieversorgung, die ökonomisch und gesellschaftlich getragen wird. In interdisziplinären Programmen entwickeln die Forschenden zukunftsweisende Lösungen für die Energiewende in Deutschland und für den nachhaltigen Umbau der Energieversorgung weltweit. Dafür erforschen und entwickeln sie innovative Wandlungs-, Verteilungs-, und Speichertechnologien. Unter Einbezug aller relevanten Ketten zur Energiewandlung und zukunftsreicher technologischer Optionen erarbeitet Helmholtz Energy ganzheitliche, sektorenübergreifende Konzepte und Lösungen für ein Energiesystem der Zukunft.

Gemeinsame Stellungnahme der an Helmholtz Energy beteiligten Helmholtz-Zentren

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Forschungszentrum Jülich (FZJ)

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), wissenschaftlich assoziiertes Zentrum

Empfehlungen zur Gestaltung des Förderprogramms:

1. Ausgestaltung der **strategischen Ausrichtung des Förderprogramms**

(Wie kann die strategische Ausrichtung des Programms verbessert werden? Beispielthemen sind: Technologieoffenheit und Förderbandbreite, technologische Reife von Grundlagenforschung bis Markteinführung, Adressatenkreis, technologieübergreifende bzw. systemische Forschungsfelder etc.)

Die Energiewende ist eine der zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Um dem Klimawandel entgegenzuwirken, müssen wir **Lösungen für ein sicheres, zuverlässiges, klimaneutrales, nachhaltiges, wirtschaftliches und gesellschaftlich akzeptiertes Energiesystem** der Zukunft entwickeln.

Für das Energiesystem der Zukunft müssen **ganzheitliche Konzepte** entwickelt werden, die alle relevanten Energieumwandlungsketten einbeziehen. Dabei ist zu beachten, dass der Energiesektor eng mit den Sektoren Verkehr, Privathaushalte, Gewerbe und Handel, Industrie und Landwirtschaft vernetzt ist (Stichwort **Sektorenkopplung**).

Das 8. EFP sollte berücksichtigen, dass aufgrund fortschreitender technologischer, wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und politischer Entwicklungen, die langfristig kaum vorhersehbar sind, unterschiedliche Zukünfte des Energiesystems und damit auch unterschiedliche **Transformationspfade** möglich sind. Es ist wichtig eine Balance zu finden zwischen **anwendungsorientierter Forschung**, die es uns ermöglichen wird in naher Zukunft Schritte hin zur Transformation des Energiesystems zu nehmen, und **Grundlagenforschung**, die langfristig dazu beitragen wird, das Energiesystem der Zukunft effizienter, nachhaltiger und sicherer zu machen. Transformationspfade sollten dabei **europäisch und global** und insgesamt aus **systemischer Perspektive** gedacht und die Vielfalt der in Frage kommende Lösungen **technologieoffen** beforscht werden.

Der Helmholtz-Forschungsbereich Energie sieht für die kommenden Jahre eine hohe Relevanz der folgenden – technologieoffenen und sektorenübergreifenden – **Forschungsthemen**:

- **Energiesystem und Gesellschaft**
- **Wärmebereitstellung für Gebäude, Industrie und Prozesse**
- **Strombereitstellung**
- **Energiespeicherung**
- **Wasserstoff und Synthesegas**
- **Synthetische Kraft- und Brennstoffe sowie Chemikalien**
- **Rohstoffe und Kreislaufwirtschaft**
- **Carbon Management und Negativemissionen**

Unter diesen Themen bestehen Herausforderungen an die Energieforschung, die mit **Forschungsaktivitäten** unter anderem zu **Technologien, fortschrittlichen Materialien, Systemanalyse, Nachhaltigkeit, Systemintegration und -optimierung, Digitalisierung sowie Gesellschaft, Politik und Regulierung** adressiert werden müssen.

Im Sinne einer **beschleunigten Transformation des Energiesystems** sollten **zielgerichtete Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Industrie** gestärkt werden mit dem Ziel Innovationszyklen, Systemintegration und Systemoptimierung mittels technologieübergreifender Demonstrationsvorhaben zu beschleunigen.

2. Ausgestaltung der Förderinstrumente, wie zum Beispiel: FuE-Vorhaben, Demo-Vorhaben, Reallabore, Wettbewerbe, Mikroprojekte etc.

(Wie sollte die Förderung ausgestaltet sein, damit die Forschung einen bedeutenden Beitrag zur Energiewende leisten kann?)

Die Förderung sollte **ausgewogen auf die verschiedenen Förderinstrumente** wie FuE-Vorhaben, Demo-Vorhaben, Reallabore und Mikroprojekte verteilt sein. Es sollten technologieoffen **sowohl grundlegend neue Ideen mit hohem Potenzial** gefördert werden als auch die **Weiterentwicklung** von im Grundsatz bekannten Ansätzen, um durch die Ergebnisse die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Wichtig ist, dass die Förderinstrumente (Fristen und Bearbeitungszeiträume) so gestaltet werden, dass auch kurzfristig auf neue Entwicklungen reagiert und somit die Forschung und Entwicklung beschleunigt werden können. Dies kann zum Beispiel mit der Förderung von **Mikroprojekten** geschehen, die eine generelle Machbarkeit der Forschungsidee prüfen können mit Option auf Verlängerung / Vollprojekt im Erfolgsfall und die einen geringeren Abstimmungsaufwand aufgrund einer begrenzten Teilnehmerzahl haben. Bei **größeren Projekten** sind **zweistufige Verfahren** sinnvoll um das Aufwand zu Nutzen-Verhältnis für die Antragstellenden zu verbessern. Die Förderung sollte dabei **thematisch nicht zu kleinskalig** ausgestaltet sein, um **wissenschaftliche Freiräume** zu erhalten.

Es wäre zu begrüßen, wenn das 8. Energieforschungsprogramm explizit Möglichkeiten benennt, wie eine Skalierung von besonders vielversprechenden Entwicklungen vom Labor bis in den Markt gelingen kann. Dies könnte z.B. in einer sequentiellen Reihung von Projekten geschehen, die aufeinander aufbauen und zu einer stetigen und raschen Erhöhung des Reifegrads (z.B. gemessen durch TRL) der Forschung führen. **Demoprojekte, Reallabore und Modellregionen** wären explizit erwünschte Werkzeuge in einer solchen Strategie. Des Weiteren bedarf es der Förderung von partizipativen Forschungsprojekt-Formaten, die Bürger und Bürgerinnen miteinbinden und ihnen eine Möglichkeit der aktiven Mitgestaltung bieten, um die Chancen und Risiken neuer Technologien zu vermitteln und dadurch die Akzeptanz dieser zu fördern. Dies können Formate wie **Citizen Science** oder **Reallabore** sein.

3. Bereitstellung und inhaltliche Gestaltung von Informationsmöglichkeiten/Informationsmaterialien für Antragstellende

(Wo sehen Sie Verbesserungsmöglichkeiten bei der Information von Interessenten und Antragstellern?)

Die Inhalte von Bekanntmachungen sind zum Teil nur für einschlägige Personenkreise verständlich. Verbesserungsmöglichkeiten:

- **Vereinfachung und Angleichung von Förderrichtlinien** für eine effizientere und wirkungsvollere Informationskultur

- „**Steckbrief**“ zu den einzelnen Förderverfahren: Titel, Kurzbeschreibung, Frist, max. Förderhöhe und -quote, Antragsberechtigung Einrichtungen und die Angabe, ob Verbund oder Einzelprojekte würden es erleichtern auf einen kurzen Blick zu erkennen, ob die einzelne Maßnahme passend für das Forschungsgebiet ist
- In Ausschreibungen transparente Beschreibung der Rahmenbedingungen und Ausschlusskriterien sowie der Anforderung an erfolgreiche Projekte und der Entscheidungskriterien für die Bewilligung
- Kanon an **virtuellen Informationsveranstaltungen zu allen Förderbekanntmachungen** wünschenswert sowie deren Ankündigung in der Bekanntmachung oder dem Steckbrief zur Bekanntmachung, nicht untergeordnet auf Webseiten der Projektträger
- Video der Veranstaltung und/oder FAQ-Liste zur Dokumentation als **dauerhaft verfügbare Informationsquelle** im Sinne einer Erhöhung der Servicequalität gegenüber den Antragstellenden durch Verlagerung der Arbeitsleistung auf digitale Formate ebenfalls wünschenswert
- Dezentrale und niedrighschwellige **Anlaufstellen für kleine, förderunerfahrene Unternehmen** in den Kommunen, Handelskammern o.ä., um Hürden zu senken.

4. Administrative Abwicklung

(Wo sehen Sie Verbesserungsbedarf bei der Abwicklung von Förderprojekten im Antragsprozess, der Projektbegleitung und dem Projektabschluss?)

Es wäre aus Sicht der Wissenschaft erstrebenswert, die Projektträgerschaft für das 8. Energieforschungsprogramms in **eine Projektträgerschaft** zu geben. Hierdurch wäre eine Vereinheitlichung zur Vereinfachung und Beschleunigung in der Bewilligungspraxis sichergestellt.

Zumindest die **Abwicklung eines Themengebietes innerhalb einer Projektträgerschaft**, unabhängig von der Ministeriellen Zuständigkeit würde sicherlich zu erheblichen fachlichen-formalen Erleichterungen führen und den Transfer erleichtern. Als fiktives Beispiel sei hier ein Projekt genannt, dass von der Grundlagenforschung (BMBF mit z.B. PTJ) über die Entwicklung und Demonstration (BMEL mit z.B. FNR) zu einem Reallabor (BMWK mit z.B. VDI/VDE) wird. Durch eine gemeinsame Beauftragung eines Projektträgers zu einem wissenschaftlichen Thema kann ein Wissenstransfer von erfolversprechenden Projekten besser abgewickelt werden, dies betrifft alle fachlich-administrativen Schritte von der Antragsprüfung, der Durchführung des Projekts im Austausch mit dem Projektträger, bis zur Verwendungsprüfung.

Falls weiterhin mehrere Projektträger: Sensibilisierung von **Einheitlichkeit bei der Projektbeantragung und -abwicklung**. Gleiche Sachverhalte werden oft unterschiedlich vom Zuwendungsgeber bzw. vom Projektträger behandelt/entschieden.

Erstrebenswert scheinen auch **mehrstufige Ausschreibungen mit Beteiligung aller involvierten Ministerien**. So kann eine Forschungs idee von einer Ideenprüfung („Schnellbootprojekt“) mit minimaler Förderperiode (Stufe 1) über ein substanzielles Projekt in der Grundlagenforschung (Stufe 2) über die Entwicklung und Demonstration (Stufe 3) zu einem Reallabor (Stufe 4) und damit in die Anwendung geführt werden. Die Projekte sollten sich möglichst nahtlos aneinanderreihen, ggf. durch entsprechende (Zwischen-) Evaluationen und/oder Bescheide mit Auflagen, um das Gelegenheitsfenster zu nutzen und Wissensverluste zu meiden.

Konkrete Hinweise zum Antragsprozess:

- Die **Dauer und Komplexität der Antragsprozesse** muss **reduziert** werden. Dabei könnten die Zeiten zwischen Ausschreibung, Einreichung, Bewilligung und Projektbeginn gestrafft werden. Insbesondere die Wartezeiten zwischen der Skizzen- oder Antragseinreichung und der Rückmeldung durch die Projektträger müssen verringert werden, um fachliche Entwicklungsfragenstellungen mit der erforderlichen Geschwindigkeit angehen zu können.
- Schaffung einheitlicher **Pauschalen** für einfache Verbrauchsmaterialien oder Reisekosten o.ä, hierdurch den Prüfaufwand und damit die Bearbeitungszeiten zu senken (Vorbild: DFG) und so mehr Flexibilität ermöglichen. Ausweitung von Pauschalabrechnung von Kosten ähnlich wie beim neuen Lump-Sum Regelwerk bei Horizon Europe, um den Aufwand für die Nachweise von Einzelkosten bei den Zuwendungsempfängern zu reduzieren.
- Berücksichtigung von **Preissteigerungen** auf Grundlage einer realistischen (kaufmännischen) Einschätzung (z. B. Berücksichtigung von voraussichtlichen Tarifsteigerungen auf Grundlage der letzten drei Tarifabschlüsse).

Konkrete Hinweise zu Projektbegleitung und -abschluss:

- Die Flexibilität bei der Projektbegleitung, z.B. die zügige Genehmigung von **Aufstockungsvorhaben**, muss vergrößert werden, damit die Erkenntnisse aus den Vorhaben zeitnah weiterentwickelt werden können.
- Optionen für eine **Weiterentwicklung des Vorhabens nach Projektabschluss**, z.B. Gründung und Förderung eines Spin-off, Förderung eines Anschlussvorhabens mit Zielen, die deutlich über das beendete Projekt hinausgehen, gilt es zu heben.

5. Innovationen in den Markt/in die Anwendung bringen

(Wie kann der Transfer von Innovationen in die Anwendung erhöht werden?)

Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Industrie sollten **zielgerichtet gefördert** werden, um Innovationszyklen zu beschleunigen:

- Kooperationen zwischen Forschung und Industrie bereits bei Antragsformulierung stärker berücksichtigen. Idealerweise **gemeinsame Antragstellung von Partnern aus Forschung und Industrie sowie einem Partner der Zivilgesellschaft / NGO als Kriterium** in Ausschreibung festlegen.
- Frühzeitige und dem jeweiligen Projektgegenstand und technologischen Reifegrad angemessene **Einbindung innovativer Industriepartner** in Forschungsprojekte und durch Förderung des unternehmerischen Denkens bei Angehörigen von Forschungseinrichtungen. Länger laufende, aktiv gemanagte Verbundprojekte, wie z.B. die Kopernikus-Projekte, bieten die Möglichkeit hier im positiven Sinne steuernd einzugreifen.

- **Frühzeitige Spiegelung von möglichen Innovationsrisiken & -potenzialen** in frühe Technologieentwicklungsstufen (vom Labor in den Markt). Dies kann z.B. Skalierbarkeit von technologischen Lösungen (Rohstoffe, Umwelt...) sein oder frühzeitige Identifizierung von möglichen Anwendungsgebieten.
- **Themenoffene Calls stärken**, die keine Einreichungsfrist haben; bspw. ZIM oder KMU Innovativ
- Spezielle **Förderung von Startups und Ausgründungen** als Projektpartner. Vermarktung und Nachhaltigkeit der Projektergebnisse könnten konkreter auch nach Projektende weiterverfolgt und speziell bei Startups/Ausgründungen im Erfolgsfall weiter gefördert werden.
- Zusätzliche **finanzielle Anreizsysteme schaffen**, wenn drei Jahre nach dem Projekt Verwertungsaktivitäten (z.B. Abschluss von Lizenzverträgen mit Lizenzerlösen) nachgewiesen werden.
- Nach abgeschlossenen geförderten Entwicklungsprojekten besteht für die beteiligten Unternehmen ein erheblicher Beratungsbedarf mit Bezug auf Konzepten für die Markteinführung. Hier wäre eine **konsequente Begleitung der Innovationen von der Forschung bis zur Umsetzung** sinnvoll.
- **Möglichkeit zu Nachfolgeprojekten**, die mehr in die tatsächliche Anwendung der Innovation gehen. Dies erfordert jedoch Zeit: eine Begleitung/Förderung über mehrere Jahre ist nötig. Durch langfristig planbare Förderung ohne Unterbrechung, um auf die nächste passende Ausschreibung zu warten, ist ein Transfer schneller zu erwarten. Das Risiko eines Verlusts von Wissen (Brain-drain aufgrund von befristeten Arbeitsverträgen) und des Verpassens eines Gelegenheitsfensters (Brücke über das Innovations-„Tal des Todes“), ist bei einem schnellem Aufstieg der TRL geringer und erleichtert den endgültigen Transfer. (vgl. Zukunftscluster – Initiative des BMBF)
- **Förderinstrumente modular gestalten**: entlang der Wertschöpfungskette gibt es in einer modularen Ausschreibung eigene Unterinstrumente mit eigenen Deadlines für FuE / Prozesse, Transfer, Markteinführung. Damit ergibt sich eine Anschlussfinanzierungsmöglichkeit durch die mehrstufige Förderung.
- **Gezielte Förderung im Rahmen eines Markteinführungsprogramms** begleitend zum Energieforschungsprogramm, das den Fokus auf der Forschung neuer Technologien haben sollte.
- Bei Bewilligung von Reallaboren sollten **Umsetzungs- bzw. Verstetigungsmaßnahmen** Teil der Förderung sein.

6. Ausgestaltung der Förderung der **internationalen Forschungszusammenarbeit** in und außerhalb der EU

(Inwieweit kann durch europäische oder internationale Zusammenarbeit ein Zusatznutzen für die Erreichung der Programmziele erreicht werden?)

Mit Forschung von den Grundlagen bis zur Anwendung gilt es, in der nationalen Forschungsförderung und der internationalen Forschungszusammenarbeit die wissenschaftlichen Voraussetzungen für eine klimaneutrale Energieversorgung, die ökonomisch und gesellschaftlich getragen wird, zu schaffen. Nur so kann es gelingen, **zukunftsweisende Lösungen für die Energiewende in**

Deutschland und für den nachhaltigen Umbau der Energieversorgung weltweit zu entwickeln.

Zum Gelingen der Energiewende sollte die **Forschung und Technologieentwicklung ohne nationale Grenzen** möglich sein. Eine internationale Zusammenarbeit sollte grundsätzlich in allen Gebieten, **auch den höheren TRL**, möglich sein. Eine Förderung von ausländischen Partnern ist bisher leider generell nicht möglich. Neben **klassischen EU-Programmen** sollten auch **bi- oder multinationale Vorhaben** nach dem „Berliner Modell“ gefördert werden und insbesondere auch Forschungseinrichtungen die Möglichkeit gegeben werden, auch ohne nationalen Industriepartner an internationaler Forschung teilzuhaben. Hier wird bisher im Sinne der Wirtschaftsförderung noch zu häufig die nationale Verwertung durch einen gewerblichen Partner gefordert. Durch die Partnerschaft in der Forschung und entsprechende internationale Transfermaßnahmen werden neue Märkte erschlossen, die den Wirtschaftsstandort Deutschland in Zeiten des Wandels langfristig stärken.

Eine enge Kooperation mit Staaten mit **hohem Potential an erneuerbaren Energien** innerhalb der EU (z.B. Portugal, Spanien, Griechenland) und außereuropäischen Ländern ist dringend notwendig, einerseits zur Erschließung der Potentiale, andererseits zum Aufbau langfristiger akademischer und industrieller Zusammenarbeit.

In vielen Forschungsfeldern ist die internationale Zusammenarbeit ein wesentlicher Faktor für eine erfolgreiche Forschung. Beispielsweise kann im Feld der nachhaltigen Kreislaufwirtschaft und Rohstoffsicherheit ein Schließen von Stoffkreisläufen nur durch globale Zusammenarbeit erreicht werden.

Wichtige Aspekte der internationalen Zusammenarbeit und Abstimmung im Bereich der Energieforschung und der Energietechnologien sind sowohl **Arbeitsteilung**, gerade bei Großprojekten, als auch **konstruktiver Wettbewerb** um die beste Lösung offener Forschungs- und Entwicklungsfragen. Eine so geartete Abstimmung erlaubt aufgrund der größeren Ressourcen eine **Kombination aus Technologieoffenheit und gezielter Technologieentwicklung**. Gleichzeitig werden dadurch Dopplungen vermieden.

Um internationale Kooperationen zu stärken, bedarf es hier einer **verbesserten Ausgestaltung der finanziellen Rahmenbedingungen** und der **administrativen Begleitung** (Transparenz der Förderkriterien, gut organisierte Begutachtung, etc.) inkl. **Abstimmung der Förderorganisationen**.

Neben der Förderung der Forschung sollte es auch eine **Förderung für die folgenden Aktivitäten** im Einzelnen geben:

- Mobilitätsprogramme (kurze und langfristige)
- Anbahnungsprogramme für Antragstellung in Horizont Europa
- Vorbereitung von Netzwerkaktivitäten
- Anschubfinanzierung im Rahmen von wettbewerblichen EU-Förderprogrammen

7. Hinweise rechtlichen Rahmenbedingungen und Verwaltungsvorschriften der Forschungsförderung (Welche Hinweise möchten Sie uns zu rechtlichen Regelungen auf EU- oder Bundesebene geben?)

„Keep it simple“: Weniger Bürokratie:

- Die **vereinfachte Auslegung von Verwaltungsvorschriften** würde die Forschungsförderung auf allen Seiten effizienter gestalten. Als Beispiel sei hier die nachkalkulatorische Anerkennung von Personalkategorien statt der Einzelnachweise erwähnt. Dadurch, dass diese jahrelange Praxis nicht mehr geduldet wird, ist zwar vordergründig den Wirtschaftlichkeitsgrundsätzen entsprochen, aber der Verwaltungsaufwand hierfür steigt in den Forschungseinrichtungen unverhältnismäßig. Dies führt dazu, dass mittelfristig auch die jeweiligen (anererkennungsfähigen) Overheadkosten steigen. Zudem wird Personal, das höher eingestuft ist, künftig auch vermehrt auf Grundbudget oder Gemeinkosten finanziert werden, so dass auch dadurch der Overhead steigen wird. In Summe werden dadurch Forschungsvorhaben nicht günstiger, sondern durch zusätzlichen Verwaltungsaufwand teurer.
- **Best Practice Analyse** von internationalen Verbundprojekten in Bezug auf Aufwand, Partner, Geschwindigkeit und Ergebnis durchführen und Verfahren optimieren.
- Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen haben kein wirtschaftliches Eigeninteresse an Forschungsprojekten. Eine **100 % Förderquote** sollte damit der Regelfall sein.
- Die **Projektpauschale** für Universitäten sollte von allen Ministerien, nicht nur dem BMBF, gewährt werden. Die Projektabwicklung erfordert unabhängig von der Finanzierungsquelle auch bei Universitäten einen erheblichen Zusatzaufwand, der entsprechend honoriert werden sollte.
- In Zeiten angespannter Arbeitsmärkte ist für die Gewinnung von neuen Projektmitarbeitenden (sog. Nomen Nescio Personal) befördernd, wenn bei den AZA oder AZK **erhöhte Personalaufwände / -kosten für wissenschaftliches Personal** anerkannt werden (z.B. E 13/4 statt E 13/2 für Postdocs).
- Angesichts zunehmender Probleme mit Lieferschwierigkeiten und langen Lieferzeiten sowie aufwendiger Beschaffungsprozesse wäre mehr **zeitliche und inhaltliche Flexibilität bei der Mittelbewirtschaftung** für die Erreichung der Projektziele in vielen Fällen hilfreich.
- Konsequente Ermöglichung von **Öffnungs- und Experimentierklauseln**: Für den Fall einer Errichtung von Demonstratoren im Rahmen von Förderprojekten müssen Regelungen gefunden werden, dass diese Demonstratoren auch nach Projektende im Sinne einer Experimentierklausel weiter im Feld betrieben werden können.

8. Sonstiges

(Hier können Sie Aspekte zur Gestaltung des Förderprogramms eintragen, die Sie durch obige Punkte nicht abgedeckt sehen.) *Keine weiteren Hinweise. Die wesentlichen Hinweise zur Gestaltung des Förderprogramms s.o. Fragen 1-7.*

Empfehlungen beziehungsweise Hinweise zu **Forschungsthemen im Energieforschungsprogramm:**

9. Hinweise zu **Forschungsthemen, die im aktuellen Energieforschungsprogramm** berücksichtigt werden:

Photovoltaik

Die politischen Rahmenbedingungen auf europäischer und deutscher Ebene haben sich für die Photovoltaik grundlegend geändert. Der **Aufbau einer kompletten, heimischen Produktionskette** ist explizites und prioritäres Ziel und sollte mit einem **technologieoffenen und dedizierten Forschungsprogramm** begleitet werden.

Tandemtechnologien auf der Basis von Silizium und Perowskiten haben als Nachfolgetechnologie der dominanten Siliziumtechnologie in den letzten Jahren sehr stark an Bedeutung gewonnen und sollten jetzt konsequent auch auf höherem TRL Level verfolgt werden.

Das 8.EFP sollte verstärkt **flexible, semitransparente und leichtgewichtige PV Technologien mit Fertigungsperspektiven in Deutschland und Europa** fördern. Diese PV-Technologien sind geeignet für Anwendungen wie AgriPV, fahrzeugintegrierte PV, gebäudeintegrierte PV sowie für Dächer mit geringer Last, mit dem Ziel die steigende Flächenkonkurrenz zwischen der PV und anderen Nutzungsmöglichkeiten (z.B. Landwirtschaft, Gebäudeflächen etc.) zu minimieren. Dazu gehören insbesondere die flexible Perowskit PV, Perowskit/Perowskit Tandem PV und Perowskit/CIGS PV.

Windenergie

Deutschlands Rolle als **Innovationstreiber der Windtechnologie** muss gestärkt werden. Dafür sind anknüpfend an den bisherigen Aufbau umfangreicher Forschungsinfrastrukturen **große multidisziplinäre Folgeforschungsvorhaben** wichtig, die die Komplexität der Windenergiesysteme (Größe, Funktionalität, Anzahl, Konfiguration, Zusammenspiel mit anderen Technologien, Kreislauffähigkeit) erfassen.

Zur Erreichung der Ausbauziele in Deutschland liegen inhaltliche Schwerpunkte für die Forschungsförderung einerseits auf einer **verbesserten Ausnutzung der begrenzten Flächenpotenziale** sowie einer ganzheitlicher Bewertungsfähigkeit von Windenergieanlagen und -parks. Andererseits ist eine **verbesserte Bewertung von suboptimalen Terrains und Windgeschwindigkeiten** etc. notwendig, um die Ausweitung der Windstandorte voranzutreiben. Damit muss eine Verbesserung der Vorhersagefähigkeit für bestehende und neue Standorte einhergehen.

Über die reine Wirtschaftlichkeitsbewertung hinaus sollte künftig eine ganzheitliche Optimierung der Auslegung von Windkraftanlagen durch die Einbeziehung von **Umweltaspekten** (Lärm, Recycling, Ressourcenbedarf) sowie **sozialer Akzeptanz** (Integration sozialer Kosten) erfolgen. Darüber hinaus besteht erheblicher Forschungsbedarf für eine **optimierte Windparkauslegung und -steuerung** für verbesserte Effizienz und Systemanforderungen, z.B. Anpassung an die Erfordernisse der Netzstabilisierung.

Systemintegration: Netze, Speicher, Sektorenkopplung

Für Kapitel 4.3. Systemintegration wird ein neues Kapitel 4.3.4 Wärmenetzgesteuerte Geothermie: Kopplung mit Speicherung, stofflicher Nutzung und Strom vorgeschlagen.

Stromspeicher

- Eine **Bewertung der verschiedenen Energiespeichersysteme anhand von KPIs** wäre vorteilhaft.
- Für das Thema Batterieforschung wurde im Januar 2023 vom BMBF das Dachkonzept Batterieforschung veröffentlicht. Damit sind die politischen Vorgaben zum Energieforschungsprogramm festgelegt, und sowohl die notwendigen Handlungsfelder beschrieben als auch Maßnahmen skizziert.

CO₂-Technologien für die Energiewende

- **Nutzung alternativer Methoden** (Elektrokatalyse, Photoelektrokatalyse, Plasmakatalyse) zur Umwandlung von CO₂, aber auch zur Veredlung von Plattformchemikalien
- Die Notwendigkeit einer soliden Bewertung der **Netto-Energiebilanz** der verschiedenen CO₂-Technologien sollte stärker betont werden. Vor allem bei CO₂-Technologien mit niedriger TRL ist eine Netto-Energiebilanz relevanter als eine techno-ökonomische Analyse. Bei Technologien mit hohem TRL-Standard wird die Netto-Energiebilanz oft vergessen, wenn die technisch-wirtschaftliche Analyse positiv ausfällt.

Effizienz

- Darüber hinaus sollte auch die Erhöhung der **Effizienz** bei der Nutzung der Energie weiterhin eines der priorisierten Forschungsthemen sein.

Materialforschung für die Energiewende

- Für die PV ist **Materialforschung** auch auf niedrigem TRL Level nach wie vor notwendig, um die **Umweltbilanz weiter zu verbessern** und für **weitere Wirkungsgradsteigerungen** in der PV über Tandemtechnologie hinaus.
- **Die grundlegende Forschung zu Stabilitätsmechanismen in PV-Bauelementen** wird an Bedeutung gewinnen müssen, um material- und kostensparend eine längere Lebensdauer der Module zu ermöglichen.
- **Additive Fertigung** hat ein enormes Potential für die Herstellung z.B. von Reaktoren, Elektrolysezellen für die hocheffiziente Umwandlung von elektrischer Energie in chemische Energieträger

Fusion

Das deutsche Fusionsprogramm deckt die gesamte Bandbreite des Forschungsfelds über die Grundlagenphysik, Fusionstechnologien und Fusionsmaterialien ab und nimmt damit eine international führende Rolle ein.

10. Hinweise zu **Forschungsthemen / bedeutenden Innovationen**, die aus Ihrer Sicht im **aktuellen Energieforschungsprogramm nicht ausreichend berücksichtigt** werden oder **noch mehr berücksichtigt** werden sollten:

Energiesystem und Gesellschaft

- Sozio-technische Energieszenarien
- Akzeptanz und Beteiligung der Gesellschaft
- Entwicklung sozial und ökologisch-resilienter Transformationsfade unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeit sowie Energieethik und -gerechtigkeit
- Erstellung und Bewertung von Szenarien und Modellen für das Energiesystem
- Resilienzforschung in Energiesystemmodellierung und -analyse
- Nachhaltigkeitsbewertung von Technologien und Systemen
- Energiesystemdesign und Betrieb eines klimaneutralen Gesamtenergiesystems (Strom, Gas, Wärme, Verkehr, Industrie)
- Modellbasierte Entwicklung und Evaluierung von Energiemarkt-Designs

- Strategieentwicklung im Bereich der Regulatorik und des Marktdesigns, welche integrierte Systemlösungen anreizen und unterstützen
- Synergien im europäischen Energiemarkt nutzen, Marktdesign weiterentwickeln und harmonisieren, Benchmarking von Ansätzen
- Reallabore und Forschungsplattformen: Technische Umsetzbarkeit von Ansätzen auf Systemebene
- Innovative und kostengünstige Speicherlösungen für den saisonalen Ausgleich
- Dezentrale Energiewende in Quartieren und Gebäuden
- Automatisierung und Regelung (digitale Vernetzung)
- Open X (Open Source, Open Data, Open Access)
- Systemweites Ausrollen von Digitalisierung und IT-Tools

Wärmebereitstellung für Gebäude, Industrie und Prozesse

- Entwicklung, Skalierung, Optimierung und Erprobung technischer **Lösungen zur Wärmeversorgung** über erneuerbare Energien durch Kombination von **Wärmepumpen, konzentrierter Solarenergie, direkter elektrischer Heizung, Wärmespeichern und KWK-Systemen** auf der Grundlage umweltfreundlicher Brennstoffe einschließlich **Wärmerückgewinnung, Potentiale der Geothermie**, speziell auch als **saisonalen Wärmespeicher**
- **Geothermie**: Innovative Entwicklungen und Demonstrationsvorhaben für eine erhöhte Standortunabhängigkeit durch Projekte im kristallinen Grundgebirge; Entwicklungen zu Erschließungstechnologien und Betriebssicherheit mit hoher Übertragbarkeit in generischen Untertageanlagen
- Einrichtung eines **Forschungsnetzwerkes „Geothermie und Geospeicher“** getragen durch die Helmholtz-Gemeinschaft.
- Nutzung von **H₂ in industriellen Hochtemperatur-Prozessen** (wie der Keramikindustrie)

Strombereitstellung und -speicherung

- Techno-ökonomische Effizienzsteigerung und Erhöhung der Zuverlässigkeit von Schlüsselkomponenten
- Integrationskonzepte für **solarthermische Kraftwerke** (Concentrated Solar Power, CSP) und Wärmespeicher im Verbund mit anderen erneuerbaren Energien
- Verbesserte Ausbeute der limitierten Potenziale durch **Windenergieanlagen**
- Entwicklung von Benchmark-Experimenten für Windparks
- Schwimmende offshore Windenergieanlagen
- Innovative und kostengünstige **PV-Technologien**

- Die Bewertung aller PV-Technologien auf der Basis wirtschaftlicher, aber auch umwelt-technischer Nachhaltigkeit und unter Berücksichtigung von Rohstoffverfügbarkeit, Resilienz der Lieferketten und Zirkularität.
- Aufskalierung der **Brennstoffzellen-Technologie** in den Megawattbereich
- Anpassung der Brennstoffzellen-Technologie an extremen Einsatzbereich auf Schiffen (Salzwasser) und in der Luftfahrt (Druck, Temperatur)
- Last- und brennstoff-flexible **Gasturbinen** für den Einsatz von 100 % Wasserstoff sowie Retrofitlösungen für bestehende Kraftwerke zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit
- Entwicklung von hybriden Energieumwandlungssystemen durch Kopplung von Gasturbinen mit Speichertechnologien (Wärmespeicher, elektrothermischer Speicher, Luftdruckspeicher, Flüssigluftspeicher, etc.)
- **Elektrochemische Energiespeicher**: Die Technologien für Post-Lithium Batterien umfassen nicht nur Metal-Air und Solid-State Batterien. Hier sollten auch Natrium-Ionen Batterien und Metall-Schwefel Batterien erwähnt werden.
- **Netzmodellierung und -simulation** inkl. Zusammenspiel verschiedener Flexibilitätsoptionen

Wasserstoff und Synthesegas

- Industrielle **Erzeugung** grünen Wasserstoffs
- Technologischen Vorsprung für den Markt nach 2030 vorbereiten
- Technologien vereinfachen
- Nachhaltige **Produktionsprozesse** entwickeln und demonstrieren
- Nutzung innovativer **chemischer Verfahren** zur energieeffizienten, prozessintegrierten Bereitstellung von Wasserstoff aus chemischen Prozessen (Beispiele: Dehydrierung von Methanol, Paraffinen)
- **Recycling** von Elektrolyseuren und Komponenten
- **Flüssigwasserstoff** und die Kopplung mit **Hochtemperatursupraleitung** als hybride Technologie für Strom- und Wasserstofftransport über sehr große Entfernungen
- Innovative Ansätze für die **Offshore-Elektrolyse** z.B. unter Einsatz von Meerwasser.
- Elektrolyse bei Temperaturen zwischen 100 und 200 °C.
- **Internationale Bereitstellung** von grünem Wasserstoff
- **Importrouten** für grünen Wasserstoff optimieren

Synthetische Kraft- und Brennstoffe sowie Chemikalien

Die **Herstellung synthetischer chemischer Energieträger**, die für schlecht oder nicht elektrifizierbare Anwendungen benötigt werden, sollte weiter gefördert werden.

Dazu gehören Themen, wie:

- **Co-Elektrolyse** (H₂O und CO₂)
- Optimale chemische Zusammensetzung von Kraft- und Brennstoffen („**Fuel Design**“) zur Minimierung der Klima- und Umweltwirkung sowie wirkungsoptimierte Nutzung von Sustainable Aviation Fuel (SAF)
- Weiterentwicklung virtueller Zulassungen / Zertifizierungen
- **Netzdienliche bzw. dynamische Betriebsweisen** von PtL-Anlagen
- **Neue Prozessketten** für chemische Produkte (Power-to-Chem) in enger Verknüpfung mit anderen Power-to-X Prozessketten und Power-to-Heat

Rohstoffe und Kreislaufwirtschaft

Alle Aspekte der **Energie- und Ressourceneffizienz** sollten im 8. EFP stärker betont werden, da die Reduzierung des Bedarfs bzw. des Verbrauchs an Energie und der dafür erforderlichen Materialien den nachhaltigsten und klimafreundlichsten Ansatz darstellt. Die EU betont in ihren Programmen den Slogan „Energy efficiency first“. Die Forschung zu **Materialien** im Energiebereich muss noch konsequenter auf eine **Kreislaufwirtschaft (Circular Economy)** ausgerichtet werden. Der Aufbau einer nachhaltigen, energie- und ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft im Kontext eines Energiesystems, welches auf besonders ressourcenintensiven erneuerbaren Energiequellen basieren wird, sollte im 8. Energieforschungsprogramm daher nicht mehr nur als Querschnittsfunktion benannt, sondern als eigenes Forschungsthema berücksichtigt werden. Ressourcen- und energieeffiziente technische Prozesse müssen in allen bedeutenden Branchen des Industriesektors (insbesondere Rohstoff- und Metallsektor, Chemie, Zement- und Bausektor) dringendst entwickelt und skaliert werden, um die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffimporten und Importen knapper Ressourcen zu reduzieren und gleichzeitig den Bedarf an erneuerbarer Energie zu minimieren. **Stoffkreisläufe** müssen geschlossen und Materialverluste durch Verbrennung oder Deposition/Ausschleusung in niederwertige Produkte minimiert werden. Das Recycling/Upcycling von Abfallstoffen in wertvolle Produkte sollte gefördert werden. Aufgrund der Komplexität der Sekundärrohstoffe / Abfälle und der Wertschöpfungsketten sind zur Skalierung und TRL-Erhöhung Reallabore/Modellregionen notwendig. Hier können die Potenziale der Kreislaufführung transparent und beschleunigt aufgezeigt und Handlungsempfehlungen für die regulatorische Steuerung und Anpassung von Rahmenbedingungen erarbeitet werden. Der mit dem konsequenten Umbau des Energiesystems einhergehende Anstieg des Bedarfs an mineralischen und metallischen Rohstoffen wird eine stark ansteigende Nutzung von primären (geogenen) Rohstoffen bedingen. Viele dieser primären Rohstoffe müssen

importiert werden. Es wäre im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, wenn die Nutzung solcher primären Rohstoffquellen so effizient und nachhaltig wie möglich geschieht. Daher sollte die **Technologieentwicklung für die effiziente und nachhaltige Gewinnung und Nutzung primärer Rohstoffe** als Forschungsthema Berücksichtigung finden.

Carbon Management und Negativemissionen

Die gezielte Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und dessen dauerhafte Speicherung (Negativemissionen) sowie der Aufbau eines anthropogenen geschlossenen Kohlenkreislaufs sind notwendig um die im Bundesklimaschutzgesetz festgelegten Klimaziele zu erreichen.

- Potentiale der **Kohlenstoffkreislaufwirtschaft**: Technische Verfahren zur Entnahme von CO₂ aus der Luft (hier Notwendigkeit den Energiebedarf und die Kosten deutlich zu reduzieren) und weitere CO₂-Nutzung z.B. für die Erzeugung synthetischer Kraftstoffe und nachhaltiger Chemieprodukte
- **Umwandlung von Grundchemikalien / Plattformchemikalien** in höherwertige kohlenstoff-basierte Chemikalien unter Verwendung erneuerbarer Energien
- **Negativemissionstechnologien** inklusive Einlagerung des Kohlendioxids im geologischen Untergrund

Materialforschung für die Energiewende

- Schaffung von **Plattformen und Verbänden für beschleunigte Materialentwicklung** und deren Systemintegration. Beispiele: Kathodenmaterialien, Photovoltaik-Materialien, Katalysatoren, Membranen, Elektroden.
- **Simulation / KI / Maschinelles Lernen unterstützte Herstellung/Fertigungsprozesse** bei unterschiedlichen Technologien
- Um die **Langzeitstabilität von Werkstoffen** zu verbessern, ist die Entwicklung neuartiger Methoden und Techniken zur Beobachtung von Werkstoffen im Betrieb unerlässlich.
- **Werkstofflösungen für die Wasserstoffinfrastruktur** (Strukturwerkstoffe + Beschichtungen für Pipelines, Komponenten, die langzeitstabil sein müssen, ohne dass wasserstoffverursachte Versprödung auftritt).
- **Ressourcenschonende Produktionstechnologien**, die auf erneuerbaren Strom basieren (zum Beispiel Field Assisted Sintering Technology, Spark Plasma Sintering), Niedertemperaturverfahren für die Synthese/Abscheidung von **Werkstoffen** (zum Beispiel Aerosol-Deposition)

Fusion

Die Fusionsforschung entwickelt sich international dynamisch, sowohl durch neue, starke nationale Programme wie in den USA, China oder Großbritannien, als auch durch das Auftreten von Start-ups mit sehr unterschiedlichen Ansätzen. **ITER kommt in die entscheidende Phase** der Montage und der Vorbereitung auf die Inbetriebnahme. Die Materialtestanlage **IFMIF-DONES** wird in Europa gebaut. Um auf die geänderten Randbedingungen angemessen zu reagieren, bereitet sich das europäische Fusionskonsortium **EUROfusion** auf eine **Revision seiner Roadmap** vor. Auch wenn hier kurzfristig keine Lösungen bzw. Beiträge zur Energieversorgung zu erwarten sind, zeigt die aktuelle Entwicklung, dass der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energiequellen die Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten nicht beenden wird. Hier sind durchaus langfristige Ansätze gefragt, bei denen die Fusion einen wichtigen Beitrag liefern kann. **Zentrale Technologien** für die Energiegewinnung aus Fusion werden in Deutschland erarbeitet (Entwicklung und Erprobung der Magneteinschluss-Konzepte **Tokamak** und **Stellarator**, neutronenresistente **Materialien**, **Wechselwirkung** von Materialien mit dem Plasma, **Brennstoffkreislauf** einschl. Brutblanket zur Tritiumerzeugung, Hochtemperatur-**Energiekonversion**, Mikrowellen-**Plasmaheizung**). Das deutsche Fusionsforschungsprogramm sollte angemessen ausgestattet und es sollten geeignete Strukturen aufgebaut werden, **um seiner Führungsrolle gerecht zu werden** und seine Expertise optimal einbringen zu können. Dazu gehören die wissenschaftlich-technische Beteiligungen an ITER, der Ausbau von Alleinstellungsmerkmalen wie dem Stellarator, eine Stärkung oder sogar Institutionalisierung von Kraftwerksstudiengruppen und die Stärkung der Nachwuchsförderung in Zusammenarbeit mit Hochschulen und Universitäten. Um die Entwicklung zu beschleunigen, sind hier neue, zusätzliche Förderansätze nötig - insbesondere für die Kooperation mit der Industrie - wie zum Beispiel die Etablierung von **Public-Private-Partnerships**.

Nukleare Entsorgungs- und Endlagerforschung

- **Rückbau kerntechnischer Anlagen** mit innovativen Methoden (Robotik, BIM, etc.)
- Forschung zu Aspekten der **verlängerten Zwischenlagerung**, z.B. Forschung zu materialwissenschaftlichen Fragestellungen der Langzeitstabilität bestrahlter Brennelemente in Zwischenlagern
- **Kritikalitätsbetrachtungen** für Zwischen- und Endlager

11. **Sonstiges** (Hier können Sie Aspekte zu Forschungsthemen eintragen, die Sie durch obige Punkte nicht abgedeckt sehen):

Keine weiteren Hinweise. Die wesentlichen Hinweise zur Forschungsthemen im Energieforschungsprogramm s.o. Fragen 1, 9 und 10.