# Stellungnahme zur Ausgestaltung des 9. Energieforschungsprogramms

## Kernaussagen

- Die Klimaneutralität bis 2045 erfordert neben erneuerbarer Energierzeugung ein integriertes, resilientes und flexibel steuerbares Energiesystem [1].
- Steigender Strombedarf und fluktuierende Wind- und Solarenergie erhöhen den Bedarf an Flexibilität, Langzeitspeichern, gesicherter Leistung und Sektorenkopplung [2], [3].
- Turbomaschinen, Großmotoren, Wasserstofftechnologien, Großwärmepumpen, CO2-Infrastrukturen und Speichertechnologien sollten als systemrelevante Querschnittstechnologien berücksichtigt werden.
- Der missionsorientierte, lernende Ansatz des 8. Energieforschungsprogramms sollte fortgeführt und um klarere missionsübergreifende Schnittstellen ergänzt werden [8].

## Ausgangslage und Zielbild

Deutschland strebt bis 2045 Netto-Treibhausgasneutralität an [1]. Der Monitoringbericht des BMWE nennt für 2030 einen Stromverbrauch von 580 bis 700 TWh und für 2045 in explorativen Szenarien 660 bis 850 TWh [2]. Das 9. Energieforschungsprogramm sollte daher den systemischen Ansatz des 8. Energieforschungsprogramms konsequent weiterführen: Forschung und Entwicklung müssen stärker auf Systemwirksamkeit, industrielle Skalierbarkeit, Versorgungssicherheit, Resilienz, Kosteneffizienz und schnellen Praxistransfer ausgerichtet werden.

## Erneuerbare Energien, Ausbaupfade und Systemgrenzen

Windenergie und Photovoltaik werden die tragenden Säulen bilden; 2025 entfielen mehr als 93 % des regenerativ erzeugten Stroms auf beide Technologien [3]. Damit würde das 9. Energieforschungsprogramm direkt an die Mission Stromwende 2045 des 8. Energieforschungsprogramms anknüpfen, sollte den Fokus aber stärker auf die Verknüpfung von Erzeugung, Flexibilität, Speichern und gesicherter Leistung legen. Wasserkraft, Biomasse und Geothermie leisten Beiträge, sind großskalig jedoch begrenzt [4]. Analysen nennen für 2045 rund 300 GW Windenergie und 470 GW Photovoltaik [5]. Unabhängig vom Ausbaupfad sind erhebliche Speicher-, Flexibilitäts- und Transportkapazitäten erforderlich.

## Speicher, Flexibilität und Rückverstromung

Ergänzend zu elektrochemischen Speichern sollten thermodynamische und mechanische Konzepte wie CAES, LAES, CO2-Batterien sowie hybride Speicher-Kraftwerks-Konzepte technologieoffen betrachtet werden. Das entspricht der Logik des 8. Energieforschungsprogramms, das in der Mission Stromwende effiziente Stromnutzung, Speicherung, Hochtemperaturwärme- und Druckluftspeicher sowie die Rückverstromung

in Speicherkraftwerken adressiert [8]. Maßgeblich sind Systemstabilität, Versorgungssicherheit, Sektorenkopplung und Infrastrukturentlastung. Turbomaschinen und Großmotoren können bei der Rückverstromung grüner Energieträger flexible Leistung und in KWK-Anwendungen zusätzlich Wärme bereitstellen.

## Wasserstoff und Wasserstoffderivate

Wasserstoff, Ammoniak, Methanol und weitere synthetische Energieträger können Energie zeitlich und räumlich entkoppeln. Das 9. Energieforschungsprogramm sollte dabei auf der Mission Wasserstoff 2030 des 8. Energieforschungsprogramms aufbauen, die effiziente Erzeugung, resiliente Infrastruktur, flexible Rückverstromung sowie die Anpassung von Verdichtern, Gasturbinen und Gasmotoren an Wasserstoff und synthetische Brennstoffe ausdrücklich adressiert [8]. Forschungsbedarf besteht entlang der Wertschöpfungskette bei Pipeline-Verdichtern, Werkstoffen, Dichtungen, Sicherheit, Mess- und Regeltechnik, Speicherung sowie Betriebsstrategien. Bei der Rückverstromung sind Brennverfahren, Emissionen, Abgasnachbehandlung, Materialverträglichkeit, Teillast, Lastwechsel, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit weiterzuentwickeln.

## Turbomaschinen und Großmotoren als Schlüsseltechnologien

Turbomaschinen und Großmotoren werden für Verdichtung, Expansion, Energierückgewinnung, Rückverstromung, Netzstabilisierung, Wärmepumpen und industrielle Anwendungen benötigt. Im Sinne des missionsorientierten Ansatzes des 8. Energieforschungsprogramms sollten sie im 9. Programm als missionsübergreifende Querschnittstechnologien sichtbarer werden, da sie Stromwende, Wasserstoffinfrastruktur, Wärmewende, CO2-Wertschöpfungsketten und Resilienz funktional verbinden [8]. Forschungsbedarf besteht bei unterschiedlichen Arbeitsfluiden, breiten Betriebsbereichen, schnellen Laständerungen und der Einbindung in Strom-, Wärme-, Wasserstoff- und CO2-Systeme. Sie können gesicherte Leistung, Reservekapazität, Frequenzstützung, Schwarzstart, Inselnetzbetrieb sowie dezentrale Versorgung unterstützen.

## CCS, CCU, CO2-Infrastruktur und sCO2

Für schwer vermeidbare Emissionen sowie die Nutzung von CO2 als Rohstoff sind Abscheidung, Verdichtung, Transport, Speicherung und Nutzung relevant [1]. Das 8. Energieforschungsprogramm berücksichtigt CO2-Nutzung bereits im Zusammenhang mit Wasserstoffderivaten und der Diversifizierung der Stromproduktion; das 9. Programm sollte diese Ansätze zu einer zusammenhängenden Forschungslogik für CO2-Wertschöpfungsketten weiterentwickeln [8]. Forschungsbedarf besteht bei Turboverdichtern, Werkstoffen, Dichtungen, Lagerungen und sicheren Regelungskonzepten. Ergänzend sollten sCO2-Kreisläufe für Abwärmenutzung, Energie-Rückgewinnung, thermische Speicher und kompakte Kraftwerksprozesse einschließlich industrieller Demonstration adressiert werden.

## Wärmewende und Großwärmepumpen

Großwärmepumpen können Umweltwärme, Abwärme, Fluss- und Abwasser oder Geothermie für Fernwärme und industrielle Prozesswärme nutzbar machen. Damit greifen

sie zentrale Ziele der Mission Wärmewende 2045 des 8. Energieforschungsprogramms auf, insbesondere Industrie- und Großwärmepumpen, Hochtemperaturwärmepumpen, Abwärmenutzung, Speicherintegration und systemdienlichen Betrieb [8]. In Deutschland sind zahlreiche Projekte in Betrieb, Bau oder Planung [6]. Forschungsbedarf besteht bei Hochtemperaturanwendungen, geeigneten Kältemitteln, Turboverdichtern, Systemintegration, Betriebsstrategien, Lebensdauer, Wirtschaftlichkeit sowie der Kopplung mit Speichern und Rückverstromung.

## Forschungs- und Entwicklungsbedarfe

Die folgenden Forschungs- und Entwicklungsbedarfe konkretisieren die Missionen des 8. Energieforschungsprogramms – insbesondere Energiesystem, Stromwende, Wärmewende, Wasserstoff und Transfer – und zeigen, wo das 9. Energieforschungsprogramm missionsübergreifende Schnittstellen gezielt stärken kann [8].

| Forschungsfeld | Prioritärer Bedarf |
|---|---|
| **Turbomaschinen und Großmotoren** | Flexible, hocheffiziente Konzepte; Arbeitsfluide; schnelle Lastwechsel; breite Betriebsbereiche. |
| **Rückverstromung** | H2, Ammoniak, Methanol; Brennverfahren; Emissionen; Materialien; Effizienz; KWK. |
| **Langzeitspeicher** | CAES, LAES, CO2- Batterien; thermische und hybride Konzepte; Scale-up. |
| **Wasserstoffinfrastruktur** | Verdichter, Antriebe, Werkstoffe, Dichtungen, Messung, Sicherheit und Betriebsstrategien. |
| **CO2-Wertschöpfungsketten** | Verdichtung, Transport, Nutzung, Speicherung, sCO2-Prozesse und Expansionsmaschinen. |
| **Großwärmepumpen** | Hochtemperatur, Arbeitsfluide, Turboverdichter, Abwärme, Fernwärme und Speicher. |
| **Resilienz und Digitalisierung** | Systemdienstleistungen, Schwarzstart, Inselnetze, digitale Zwillinge, KI und Cybersecurity. |

## Zentrale Empfehlungen für das 9. Energieforschungsprogramm

Die Empfehlungen entwickeln den missionsorientierten, lernenden Ansatz des 8. Energieforschungsprogramms gezielt weiter und übersetzen ihn in konkrete Prioritäten für das 9. Energieforschungsprogramm [8].

- Technologieoffenheit mit transparenten Kriterien für Klimawirkung, Systemdienlichkeit, Resilienz, Wirtschaftlichkeit und Skalierbarkeit verbinden.
- Turbomaschinen, Großmotoren, Verdichter, Expander und thermische Maschinen missionsübergreifend sichtbar machen.
- Langzeitspeicher und flexible Rückverstromung einschließlich CAES, LAES, CO2atterien sowie Wasserstoff und Derivaten stärker priorisieren.
- Reallabore und Demonstrationsprojekte im industriellen Maßstab ausbauen.

- CO2-Infrastrukturen, CCS/CCU und sCO2-Anwendungen systemisch berücksichtigen.
- Resilienz, mobile Versorgung, Netzstabilität, Frequenzhaltung und Cybersecurity durchgängig einbeziehen.

# Schlussfolgerung

Die Transformation erfordert das Zusammenspiel von erneuerbaren Energien, Speichern, Wasserstoff und Derivaten, CO2-Kreisläufen, Wärmepumpen, flexibler Rückverstromung und resilienten Infrastrukturen. Das 9. Energieforschungsprogramm sollte die Missionen des 8. Programms konsequent weiterentwickeln und Turbomaschinen sowie Großmotoren als verbindende Schlüsselkomponenten einer klimaneutralen, resilienten und wettbewerbsfähigen Energieversorgung angemessen berücksichtigen.

## Literaturverzeichnis

[1] Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019, zuletzt geändert am 15. Juli 2024.
[2] EWI & BET (2025): Energiewende. Effizient. Machen. Monitoringbericht zum Start der 21. Legislaturperiode.
[3] BDEW (2025): Die Energieversorgung 2025 - Jahresbericht.
[4] Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2022): Zu Ausbaupotentialen der Wasserkraft in Deutschland, WD 8 - 3000 - 026/22.
[5] Senkpiel, C.; Kost, C. (2026): Kostenoptimale Transformation des deutschen Energiesystems bis 2045, Fraunhofer ISE.
[6] Großwärmepumpen-Informationsplattform: Projektübersicht Großwärmepumpen in Deutschland, abgerufen am 08.07.2026.
[7] Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (2025): Deutschland auf dem Weg zum Fusionskraftwerk - Aktionsplan der Bundesregierung.
[8] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023): 8. Energieforschungsprogramm zur angewandten Energieforschung - Forschungsmissionen für die Energiewende, Stand Oktober 2023.

### Kontakt:

Everllence SE
Stadtbachstr.1, 86153 Augsburg
z.H. GI