

Technologieagenda Neue Energien – Rolle der Wissenschaft in der Bundesregierung stärken

– Stellungnahme –

Die Fraunhofer-Gesellschaft stimmt der zentralen **Rolle der Wissenschaft** bei der Bewältigung der Transformation des Energiesystems, hin zu einer hohen Versorgungssicherheit bei gleichzeitiger Bezahlbarkeit unter Einhaltung der klimapolitischen Ziele mit der Erreichung einer klimaneutralen Energieversorgung im Jahr 2045, zu. Hierfür halten wir für besonders relevant, dass die **gesamte Kette von der Grundlagenforschung bis zur industriellen Umsetzung für alle Schlüsseltechnologien der zukünftigen Energieversorgung** durch entsprechende politische Maßnahmen und Programme adressiert wird. Um eine passgenaue Ausgestaltung entsprechender Maßnahmen und Programme vorzunehmen, hat sich die Bewertung des Reifegrades von Technologien entlang des sog. Technology Readiness Level (TRL) bewährt, der auf einer Skala von 1 für Grundlagenforschung (Proof-of-Principle) über den Nachweis der Funktionstüchtigkeit (Proof-of-Concept), die erfolgreiche Demonstration im praktischen Umfeld und das Upscaling in der Herstellung bis zum Wert 9 für die Reife zur industriellen Umsetzung in der Breite, beschreibt.

Die Transformation des Energiesystems wird sich in den nächsten **zehn bis fünfzehn Jahren** im Wesentlichen auf heute **weitgehend bekannte Technologien** stützen, die ihre grundsätzliche Funktionstüchtigkeit erwiesen haben. Dies sind insbesondere Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien und sämtliche Technologien, die für die Transformation des Energiesystems benötigt werden, um eine stabile Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energien zu ermöglichen. Kernelemente einer solchen Transformation sind – neben der Hebung der **Energieeffizienz** und Strategien zur Reduktion des Energieverbrauchs – einerseits eine **verstärkte direkte Stromnutzung** in allen Endenergieanwendungen in Gebäuden, Mobilitätssektor und Industrie unter Einbeziehung von Kurzzeitspeichern, insbesondere Batteriespeichern, und andererseits eine **Herstellung von Wasserstoff und längerkettigen Molekülen** (in Deutschland und Drittländern) auf der Basis von Wasserstoff für Anwendungen in der Energiewirtschaft, der Mobilität und der Industrie. Im Einzelnen halten wir dabei nachfolgend genannte Aspekte für einen erfolgreichen Beitrag von Forschung, Entwicklung und Innovation zu einer gelingenden Energiewende für besonders relevant.

1. Es bedarf auch für heute grundsätzlich bekannte Technologien weiterer **anwendungsorientierter Grundlagenforschung**, um die Potenziale für **Verbesserungen in der Performance und Reduktion der Herstellkosten** kontinuierlich zu entwickeln. Beispiele hierfür sind neue Photovoltaik-Technologien, die mehrere Halbleitermaterialien kombinieren (sog. Tandem-Konzepte) und dadurch signifikant höhere Wirkungsgrade von 30 % und darüber versprechen oder neuartige Batteriezellen bis hin zu Post-Lithium-Konzepten, die höhere Energiedichten, niedrigere Herstellkosten, umweltverträglichere Herstellverfahren, eine höhere Wiederverwendbarkeit und/oder höhere intrinsische Sicherheit versprechen. Vergleichbare Beispiele gibt es für sämtliche Technologien mit hoher Relevanz für die Energiewende.

2. Eine zentrale Rolle für einen erfolgreichen Transfer von Forschungsergebnissen in die praktische Anwendung spielt die **anwendungs- und umsetzungsorientierte Forschungsförderung**, die im Bereich der Energieforschung heute vor allem durch die Forschungsprogramme des BMWK getragen wird. Hier handelt es sich vor allem um die Förderung von **Verbundprojekten unter Beteiligung oder Federführung durch Unternehmen der Wirtschaft**. Diese Forschungsprogramme gilt es kontinuierlich weiterzuführen und weiterzuentwickeln.
3. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der **Systemforschung** spielen eine stark wachsende Rolle, um den Umbau des Energiesystems unter Einbeziehung immer größerer Mengen volatiler erneuerbarer Energien, insbesondere Sonne und Wind, stabil und versorgungssicher zu gestalten. Die **Flexibilisierung des Energiesystems** entwickelt sich dabei zu einem neuen Paradigma, dessen Umsetzung auf allen System- und Netzebenen relevant ist. Dies beinhaltet eine zunehmende Sektorenkopplung, die Nutzung unterschiedlicher Speichertechniken (bis hin zur Verwendung von Speichern in Fahrzeugen zur Netzstützung), die Nutzung von Potenzialen zur Lastanpassung / Lastverschiebung bis hin zum Einsatz flexibler Stromerzeugung auf unterschiedlichen Netzebenen. Für eine erfolgreiche Umsetzung dessen erscheinen **Reallabore / Transformationslabore / Living Labs** unter Federführung von Unternehmen der Wirtschaft mit wissenschaftlicher Begleitung während Konzeption und Betrieb als passfähiges Instrument, um gemeinsam eine **erfolgreiche Implementierung von Systemlösungen** voranzutreiben, die auch die Schaffung **neuer Geschäftsmodelle** für unterschiedlichste Akteure im Betrieb des Energiesystems beinhaltet. Erfolgreiche Systemlösungen ergeben sich aus einem Zusammenspiel vieler Aspekte. **Technische, regulatorische, finanzielle und weitere Randbedingungen** können in einem Reallabor systematisch erfasst und gezielt adressiert werden. Somit gilt der Ansatz des Reallabors als entscheidende **Brücke zwischen Wissenschaft, Industrie und Politik**, da eine direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse und ein gemeinsames Lernen im Systemverbund gewährleistet werden.
4. Neben der Weiterentwicklung effizienter Technologien zur Bereitstellung elektrischer Energie auf Basis erneuerbarer Energien ist die **Dekarbonisierung des Wärmesektors**, auf den in Deutschland mehr als die Hälfte des Endenergiebedarfs entfällt, von zentraler Bedeutung für das **Erreichen der Treibhausgasneutralität bis 2045**. In diesem Zusammenhang kommt der **oberflächennahen, mitteltiefen und tiefen Geothermie** eine besondere Rolle dazu, da diese – unabhängig von tages- und / oder jahreszeitlichen Schwankungen des Angebots erneuerbarer Energien – Gebäude, Quartiere und industrielle Abnehmer mit Wärme versorgen kann. Zentrale Hemmnisse sind hier bei u. a. langwierige Genehmigungsverfahren, eine lückenhafte Datenlage des Untergrunds sowie das – im Falle der tiefen Geothermie – mit hohen Kosten verbundene »Fündigkeitsrisiko«. Von staatlicher Seite sind hierfür **Förderprogramme in Technologien** (bspw. Reservoirtechnologien, (Hochtemperatur)-Wärmepumpen, Großwärmespeichern, Wärmenetze etc.) sowie flankierende, anwendungsnahe Forschungsaktivitäten erforderlich. Daneben kann auch hier das Instrument der Reallabore für eine beschleunigte Umsetzung helfen.
5. Ein erfolgreiches Innovationssystem mit einer gelingenden Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft erfordert, dass für alle wesentlichen Technologien auch **industrielle**

Wertschöpfung in Deutschland und/oder Europa stattfindet. Dies gilt umso mehr vor dem Hintergrund sich stärker ausprägender geo-politischer Konflikte, die kritische Abhängigkeiten für Schlüsselkomponenten zur Folge haben können. Wir halten deshalb geeignete politische Maßnahmen für erforderlich, um für die **Schlüsseltechnologien der Transformation des Energiesystems** deutsche und/oder europäische Fertigung flankierend zu unterstützen. Für die unterschiedlichen Technologien ist dies mit unterschiedliche Zielstellungen verknüpft: während z.B. für **Photovoltaik** eine Wiederbelebung der Fertigung insbesondere von Wafern und Zellen im Vordergrund steht, geht es bei **Windenergie** oder **Wärmepumpen** eher darum, den hohen Stand der deutschen Fertigung auch langfristig sicherzustellen. Für Wärmepumpen stellt sich zusätzlich die Frage des Aufbaus einer deutschen / europäischen Fertigung von Kältemittelverdichtern für klimaschonende Kältemittel wie Propan. Bei der **Wasserstofftechnik** steht der globale Hochlauf noch bevor; hier sollte das Ziel sein, die hervorragende Ausgangsposition auszubauen und Deutschland als einen der weltführenden Standorte für die Fertigung technologischer Komponenten wie auch des Maschinen- und Anlagenbaus zur Produktion dieser Komponenten zu entwickeln. Ein Beispiel für die erfolgreiche Entwicklung eines umfassenden Innovations-Öko-Systems ist die **Batteriezellfertigung**, wo in den vergangenen Jahren neben dem deutlichen Auf- und Ausbau von Forschung und Entwicklung mittlerweile auch die breite Ansiedlung von Fertigung in Deutschland und Europa gelungen ist und weiterhin stattfindet. Die gezielte Unterstützung der **Produktionsforschung** sowie die Unterstützung des **Aufbaus von Wertschöpfung im Rahmen von IPCEI-Projekten** sind hierfür passende Instrumente.

6. Die **Digitalisierung des Energiesystems** entwickelt sich zu einem Schlüssel für eine erfolgreiche Transformation. Nur ein sicherer Austausch von Daten unter den unterschiedlichen Systembeteiligten wird den Betrieb eines mehr-direktionalen, flexibilisierten Energiesystems gewährleisten können. Auch hier können **Reallabore / Transformationslabore / Living Labs** wesentlich zur Entwicklung praxistauglicher Lösungen beitragen. Daneben bedarf es der Entwicklung geeigneter **Systemarchitekturen und Standards**, um einen resilienten, Cyber-sicheren und optimierten Betrieb des Energiesystems sicherzustellen.
7. Das zukünftige **Energiesystem** wird mittelfristig vollständig ohne fossile Energieträger auskommen. Allerdings wird es sich durch einen deutlich höheren Bedarf an **mineralischen und metallischen Rohstoffen** auszeichnen, die für sämtliche Wandler, Speicher, Transportsysteme und Konverter auf der Nutzungsseite benötigt werden. Fragen der **Materialforschung und des Circular Engineering** kommt deshalb im Kontext der Forschung und Entwicklung eine Schlüsselrolle zu, um die Abhängigkeit von kritischen Materialien zu reduzieren und eine hohe Wiedernutzung von Komponenten und Materialien zu gewährleisten. Zugleich werden auch hier Fragestellungen der Digitalisierung eine zentrale Bedeutung erlangen, da die Kenntnis der verbauten Materialien und Konstruktionen notwendige Voraussetzung für eine Wiederverwendung der eingesetzten Materialien darstellt (Stichwort digitaler Produktpass). Dedizierten **Forschungsprogrammen, die Fragestellungen der Materialforschung und des Circular Engineering** zu Schlüsseltechnologien der Energiewende adressieren, kommt deshalb eine herausragende Bedeutung zu.

8. Neben heute weitgehend bekannten Technologien können **neue Technologien**, die sich heute noch in einem niedrigen Stadium der technologischen Reife befinden, **mittel- bis langfristig global eine wesentliche Rolle** spielen. Ein Beispiel hierfür ist die **Kernfusion**, u.a. mit dem jüngst in den USA erfolgreich demonstrierten Ansatz der Trägheitsfusion. Global ist mit einem wachsenden Energiebedarf und insbesondere mit einem stark steigenden Strombedarf zu rechnen für die weitere Entwicklung von Volkswirtschaften weltweit, für die Herstellung von Wasserstoff und seinen Folgeprodukten für die Anwendung in Energiewirtschaft und Industrie (insbesondere Chemie und Stahlherstellung), aber auch für einen steigenden Bedarf zur Wasserentsalzung und langfristig möglicherweise die Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre für CCS- und/oder CCU-Anwendungen im großen Maßstab. Insofern ergeben sich auch bei erfolgreicher Transformation des globalen Energiesystems unter Nutzung erneuerbarer Energien **wichtige Langfristoptionen zur Nutzung neuer Technologien** speziell zur Stromerzeugung; für diese Technologien sollten **passende Forschungsprogramme** zur Verfügung stehen. Die Entwicklung der Kernfusion als zuverlässiger Energielieferant in der Post-Energiewendezeit ist eine internationale Anstrengung. Deutsche und europäische Unternehmen sollten aber frühzeitig Potenziale erkennen und Kompetenzen aufbauen. Hierzu ist der **Transfer von Forschungserkenntnissen** (Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) **in die Anwendung der Industrie** im frühen Schulterschluss notwendig.

Um die **Klimakrise** bewältigen zu können, ist es essenziell, die **Transformation des Energiesystems** unter Nutzung erneuerbarer Energien massiv voranzutreiben. Vor diesem Hintergrund gilt es, die **Forschungsförderung im Energiebereich substantiell zu stärken** – inhaltlich und finanziell – sowie innerhalb der Bundesregierung in diesen Fragen noch stärker ressortübergreifend zu agieren. Die Fraunhofer-Gesellschaft steht als verlässlicher Partner für die Weiterentwicklung und Stärkung der deutschen Energieforschung bereit.

Prof. Dr. Hans-Martin Henning

Institutsleiter Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE

Sprecher des Verbunds »Energietechnologien und Klimaschutz« der Fraunhofer-Gesellschaft