

*Prof. Dr. Hans-Martin Henning  
Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE*

*Prof. Dr. Mario Ragwitz  
Fraunhofer Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG*

**Deutscher Bundestag**  
Ausschuss für Bildung, Forschung  
und Technikfolgenabschätzung

Ausschussdrucksache  
20(18)139g

22.09.2023

Freiburg und Cottbus, den 22.09.2023

**Stellungnahme zum Thema „Fusionsforschung“ und dem Antrag der Fraktion der CDU/CSU  
„Stärkung der Fusionsforschung auf Weltklassenniveau“  
(Drucksache 20/6907)**

**Kernfusion und ihre mögliche Rolle bei der Transformation des globalen Energiesystems**

Die disruptiven Entwicklungen auf den Energiemärkten in Folge des Kriegs Russlands gegen die Ukraine verdeutlichen die Notwendigkeit einer noch stärkeren Verknüpfung von Fragen der Versorgungssicherheit mit den Zielen für eine klimaneutrale Energieversorgung, deren drängende Notwendigkeit vor dem Hintergrund der globalen Erwärmung mit ihren weitreichenden Folgen immer deutlicher wird. Zugleich wurden in jüngerer Vergangenheit große Erfolgsschritte zur kontrollierten Kernfusion aus den USA gemeldet, die neue Hoffnungen auf eine baldige Verfügbarkeit dieser Technologie für eine klimaneutrale Stromerzeugung wecken. Vor diesem Hintergrund gilt es, eine solide Einschätzung darüber zu gewinnen, welche Rolle der Kernfusion bei dem globalen Umbau der Energieversorgung zu welchem Zeitpunkt zukommen kann.

Der wesentliche Erfolg der Experimente an der National Ignition Facility, einer Einrichtung zur Erforschung der Trägheitsfusion des Lawrence Livermore National Laboratory in Livermore, Kalifornien, war es, eine Fusionsreaktion von Deuterium und Tritium unter kontrollierten Bedingungen zu erreichen und damit den Beleg zu liefern, dass eine zivile Nutzung dieses physikalischen Phänomens für die Energiebereitstellung grundsätzlich machbar erscheint. Dies ist zwar prinzipiell gelungen, es bedarf aber noch einer Reihe grundlegender technologischer Entwicklungen sowohl bei Trägheitsfusion und der Magnetfusion, um einen ersten Demonstrator für ein Fusionskraftwerk zu ermöglichen. Hierzu zählen beispielsweise die Entwicklung von strahlungsfesten Materialien und der Ermöglichung des Umgangs mit Neutronenflüssen, die deutliche Erhöhung der Energieausbeute der Fusionsreaktion und die Fähigkeit, die Energie aus dem Reaktor abzuführen und unverbrannten Brennstoff zurückzugewinnen.

Der Weg bis zur technischen Nutzung des Fusionsprinzips für die Stromerzeugung in einem Kraftwerk ist also noch weit und birgt etliche Risiken. Für die Energiewende – in Deutschland, Europa und weltweit – gilt es deshalb, den aktuell eingeschlagenen Weg unverändert und beschleunigt fortzusetzen. Die Transformation des Energiesystems wird sich in den nächsten zwei Jahrzehnten dabei 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 – eine verstärkte direkte Stromnutzung in allen Endenergieanwendungen in Gebäuden, im Mobilitätssektor und der Industrie, die Herstellung von Wasserstoff und länger-kettigen Molekülen (in Deutschland und Drittländern) auf der Basis von Wasserstoff für Anwendungen in der Energiewirtschaft, der Mobilität und der Industrie sowie die umfassende Nutzung der Geothermie insbesondere zur Deckung des Wärmebedarfs. Um den Umbau des Energiesystems unter Einbeziehung immer größerer Mengen volatiler erneuerbarer Energien, insbesondere Sonne und Wind, stabil und versorgungssicher zu gestalten, entwickelt sich die Flexibilisierung des Energiesystems zum neuen Paradigma, dessen Umsetzung auf allen System- und Netzebenen relevant ist. Dies beinhaltet eine zunehmende Sektorenkopplung, die Nutzung unterschiedlichster Speichertechniken (als Strom, Wärme sowie in Form stofflicher Energieträger), die Nutzung von Potenzialen zur Lastanpassung / Lastverschiebung bis hin zum Einsatz flexibler Stromerzeugung auf unterschiedlichen Netzebenen.

Vor dem Hintergrund dieses grundlegenden Systemumbaus stellt sich die Frage der systemischen Passfähigkeit einer neuen Technologie der Stromerzeugung, die möglicherweise in wenigen Jahrzehnten zur Verfügung steht und die starken Grundlastcharakter aufweist. Grundlastfähigkeit ergibt sich einerseits aus der technischen Ermöglichung einer zeitunabhängigen Stromerzeugung; andererseits ergibt sich Grundlastcharakter aus hohen Kapitalkosten bei zugleich – so zumindest die Hoffnung und Erwartung – niedrigen Betriebskosten. Eine solche Kostenstruktur legt einen Betrieb nahe, der möglichst zu einer Vollausslastung führt und damit eine kontinuierliche Stromerzeugung bei möglichst hoher Leistung bedingt, um eine hohe Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht zu garantieren.

Eine erfolgreiche Energiewende vorausgesetzt, werden in einem klimaneutralen, integrierten Stromsystem aller Voraussicht nach Wandler zur Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere Sonne und Wind, den Großteil der Stromerzeugung ausmachen und die Systemdynamik dominieren. Insofern werden vor allem schnell regelbare Kraftwerke zur komplementären Stromerzeugung benötigt werden, die im Jahresmittel durch eine vergleichsweise geringe Auslastung gekennzeichnet sein werden. Dies spricht aus betriebswirtschaftlicher Sicht für Stromerzeugungsanlagen mit möglichst geringen Kapitalkosten, während Betriebskosten wegen der geringen Anzahl an Volllaststunden nicht ganz so entscheidend sein werden. Dies spricht somit zugleich für eine eher geringe Passfähigkeit von Fusionskraftwerken in ein erfolgreich transformiertes, klimaneutrales Stromsystem.

Allerdings wird sich aller Voraussicht nach Strom global zur wichtigsten Primärenergie entwickeln. Denn aus klimaneutral hergestelltem Strom wird zukünftig ein Großteil der stofflichen Energieträger hergestellt werden, die in Sektoren benötigt werden, in denen eine direkte Elektrifizierung aufwändig oder nicht machbar ist – wie dem Luft- und Seeschiffsverkehr, Hochtemperaturprozessen in der Industrie oder auch der zuvor genannten komplementären Stromerzeugung. Daneben werden auch sämtliche heute fossil bereitgestellten Rohstoffe für Umwandlungsprozesse in der Industrie, wie z.B. in der Chemieindustrie oder der Stahlherstellung, durch auf Basis klimaneutralen Stroms synthetisch hergestellte Rohstoffe ersetzt werden. Elektrolytisch hergestelltem Wasserstoff wird dabei entweder als Endenergieträger oder Zwischenprodukt zur Herstellung langkettiger Moleküle – in Kombination mit Kohlenstoff oder auch Stickstoff – eine Schlüsselstellung zukommen. Für die Elektrolyse wird Wasser benötigt, das an vielen Orten des Globus aufgrund mangelnder Frischwasservorkommen durch Entsalzung von Meerwasser hergestellt werden wird. Somit ist mit gewaltigen zusätzlichen Strommengen zu rechnen, die für diese umfassende Transformation benötigt werden. Es ist gut vorstellbar, dass derartige integrierte Fabriken zur Herstellung synthetischer Energieträger und Rohstoffe – einschließlich der Gewinnung von Kohlenstoff und Wasser als Edukte für die verschiedenen Wandlungsschritte – autonom mit eigener Energieerzeugung betrieben werden und

somit nicht in flexibilisierte Energiemärkte integriert werden müssen. Dafür könnten Grundlastkraftwerke wie zukünftige Kernfusionskraftwerke sich sehr gut eignen, da eine hohe Auslastung nicht nur für die Stromerzeugung, sondern auch alle anderen Wandlungsschritte aus wirtschaftlicher Sicht wünschenswert ist. Ähnliche Anwendungen, die als eigenständige Produktionseinheiten im Dauerbetrieb gefahren werden können, sind Anlagen zur Meerwasserentsalzung für die Frischwasserproduktion, die vor dem Hintergrund des Klimawandels voraussichtlich in vielen Regionen der Welt in steigendem Maße benötigt werden, möglicherweise aber auch Anlagen zur Entfernung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre zur Deponierung im großen Maßstab. Diese zusätzlichen Nachfrager können über zentrale Stromnetze, welche wesentlicher Bestandteil eines auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystems sind, versorgt werden, in die auch Grundlastkraftwerke einspeisen.

Vor diesem Hintergrund sehen wir die Weiterentwicklung des Energiesystems auf Basis erneuerbarer Energien und die Kernfusion nicht als ein „Entweder... oder...“, sondern ein „Sowohl... als auch...“, aber immer unter der Berücksichtigung der unterschiedlichen zeitlichen Horizonte. Es wäre verheerend, wenn mit der Hoffnung auf eine schnelle technische Reife und Umsetzung der Kernfusion im energiewirtschaftlichen Maßstab die Bemühungen um den Umbau des Energiesystems im zuvor beschriebenen Sinne gebremst würden – im Gegenteil erfordert der fortschreitende Klimawandel eine Erhöhung der Anstrengungen und eine Beschleunigung des Aus- und Umbaus. Auf der anderen Seite gilt es bereits heute, Optionen für zusätzliche, neue Technologien in den Blick zu nehmen und deren Entwicklung im Rahmen dedizierter Forschungsprogramme voranzutreiben, um die auch nach Mitte dieses Jahrhunderts aller Voraussicht nach weiter steigenden Strombedarfe – insbesondere für die Herstellung nicht-fossiler stofflicher Energieträger und Rohstoffe – klimaneutral decken zu können.