

Nordrhein-Westfalen zum Standort für zukunftsweisende Fusionstechnologien ausbauen!

- Stellungnahme Fraunhofer Gesellschaft -

Anhörung des Wissenschaftsausschusses am 10. Mai 2023 Stellungnahme zum Antrag der Fraktion der FDP, Drucksache 18/2569

Sehr geehrte Herr Vorsitzender,

sehr geehrte Ausschussmitglieder,

Die Fraunhofer Gesellschaft **befürwortet die Förderung** der Fusionsforschung durch die Bundesrepublik Deutschland **ausdrücklich**. Die Energiegewinnung aus Kernfusion hat das langfristige Potenzial, einen erheblichen Beitrag zur **Energieversorgung** Deutschlands zu leisten und die **Resilienz** unseres Landes durch die **Diversifizierung der Energiequellen zu stärken**. Die für die Nutzung der Fusion zur Energiegewinnung notwendigen technischen Entwicklungen bergen ein hohes Potential für Deutschlands Industrie, **High-Tech Komponenten** dafür zu entwickeln und daraus wirtschaftlich zu profitieren. Dabei würden auch **neue Arbeitsplätze** in der Forschung und Entwicklung sowie in der Produktion entstehen. Wenn Deutschland in diesem Bereich eine führende Rolle einnehmen würde, könnte dies langfristig zu einer **Stärkung der Position im globalen Wettbewerb** und zu einer Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen beitragen. Die klimaneutrale Transformation stellt somit eine Chance für die deutsche Industrie dar, sich innovativ und zukunftsorientiert zu positionieren. Es ist daher wichtig, die Forschung und Entwicklung von Fusionsenergie als langfristige Investition in die Zukunft zu betrachten und entsprechende Ressourcen dafür bereitzustellen.

Die wissenschaftlichen Durchbrüche bei der Laser-Trägheitsfusion hat die Bundesregierung bewogen, eine internationale Expertenkommission einzusetzen, um die Chancen und Möglichkeiten für Deutschland in der Laser-Trägheitsfusion zu untersuchen. Der Bericht der hochkarätig besetzten Kommission mit den Handlungsempfehlungen wird am 22.5.2023 an die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger, durch den Leiter der Kommission, Prof. Dr. C. Häfner, übergeben.

Die Fraunhofer Gesellschaft geht davon aus, dass die Transformation des Energiesystems sich in den nächsten zehn bis fünfzehn Jahren im Wesentlichen auf heute weitgehend bekannte Technologien stützen wird, die ihre grundsätzliche Funktionstüchtigkeit erwiesen haben. Diese sind erneuerbare Energien und Technologien, die eine stabile Energieversorgung auf dieser Grundlage gewährleisten. Um dies zu erreichen, sind eine Steigerung der Energieeffizienz, Strategien zur Energieverbrauchsreduzierung sowie die verstärkte direkte Stromnutzung in Gebäuden, Mobilität und Industrie unter Verwendung von Kurzzeitspeichern wie Batterien, erforderlich. Die Herstellung von Wasserstoff und länger-kettigen Molekülen auf Wasserstoffbasis ist ebenfalls ein wesentliches Element, das in Deutschland und anderen Ländern für Anwendungen in der Energiewirtschaft, Mobilität und Industrie eingesetzt werden kann. Allerdings benötigt die Umstellung auf Wind- und Solarenergie ein hohes Maß an Ressourcen, die Deutschland ebenfalls importieren muss.

Energie aus Fusion könnte langfristig eine **kontinuierliche Grundlastkapazität bereitstellen**. Dabei bietet sich der Bau von Fusionskraftwerken insbesondere an bestehenden Netzknotenpunkten wie etwa heutigen Kohle- oder Atomkraftwerken an. Aufgrund ihrer

technischen Komplexität und hohen Investitionskosten wäre ein 24/7 Betrieb aus wirtschaftlichen Gründen zwingend. Elektrizität aus der Fusion könnte jedoch **preisgünstig zur Produktion von Energieträgern** wie Wasserstoff oder Ammoniak genutzt werden, die in Regionen benötigt werden, wo direkte Elektrifizierung nicht umsetzbar oder zu teuer ist. Fusionskraftwerke können auch den erheblichen Energiebedarf für die Elektrolyse bereitstellen.

Fusionsenergie könnte dazu beitragen, ein weiteres Problem in vielen Regionen der Welt zu lösen, nämlich die energieintensive **Entsalzung von Meerwasser**, um darüber den Zugang zu wertvollem Trinkwasser zu ermöglichen. Darüber hinaus könnte Fusionsenergie auch **Luft-CO₂-Abscheidungssysteme** betreiben, um negative Emissionstechnologien zu ermöglichen. Die Anwendung von Fusionsenergie hätte somit das Potenzial, nicht nur die Energieversorgung in Deutschland zu verbessern, sondern auch **deutsche Schlüsseltechnologien zu international begehrten Produkten** auszubauen. Dies würde der deutschen Industrie zusätzliche Erträge bescheren.

Bei der Energiegewinnung aus der Fusion gibt es zwei vielversprechende Ansätze:

Die Trägheitsfusion nutzt Hochenergie-Lasertechnologie, um eine sehr hohe Dichte und Temperatur zu erzeugen und die Kernfusion auszulösen. Der NIF¹-Laser in den USA hat zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit gezeigt, dass das Konzept physikalisch tragfähig ist: 2022 wurde ein Fusionsplasma erzeugt, das mehr Energie freisetzte, als Laserenergie eingesetzt wurde, um es zu erzeugen. Der NIF-Laser selbst war noch nicht effizient, da es sich um eine Versuchsanlage für die Erforschung des Plasmas handelt und nicht um ein System für die Energiegewinnung. Gerade im Bereich der Lasertechnik besteht für Deutschland und NRW mit seiner international starken Photonikindustrie ein wichtiger Anknüpfungspunkt: in der Entwicklung effizienter Hochenergielaser für die Fusion.

Die „Magnetfusion“ nutzt Magnetfelder, um ein verdünntes Plasma zu kontrollieren und auf hohe Temperaturen zu bringen, um die Fusion zu ermöglichen. MFE² bezieht sich auf die Anwendung von Magnetfusion auf die Energieerzeugung und wird weltweit in zahlreichen Ländern erforscht. Deutschland ist insbesondere in der Technik der Stellaratoren, einem komplexen, jedoch den Tokamaks wahrscheinlich überlegenen Reaktorsystem, führend. Die Magnetfusion ist aus der systemischen Sicht Richtung Kraftwerkskonzept weiterentwickelt als die Trägheitsfusion. Jedoch ist die physikalische Demonstration der Zündung eines Plasmas im Gegensatz zur Laser-Trägheitsfusion noch etwa 12-15 Jahre entfernt und beinhaltet damit wissenschaftliche und technische Risiken. Dennoch sind auch bei IFE³ noch Forschungsarbeiten erforderlich, um ein kohärentes Kraftwerkskonzept darzustellen.

Nach heutigem Kenntnisstand ist zu erwarten, dass beide Ansätze des Plasmaeinschlusses, also Trägheitsfusion und Magnetfusion umsetzbar und zielführend sind. Welcher der beiden Ansätze schneller zum Ziel führt und am Ende wettbewerbsfähig ist, lässt sich aufgrund des derzeitigen technischen Reifegrads noch nicht beantworten. Unsere Empfehlung ist daher, dass Deutschland die Risiken der verschiedenen Ansätze diversifiziert und neben der Magnetfusion die Entwicklung der Laser-Trägheitsfusion fördert.

Um die Energiegewinnung aus Fusion (zeitnah) Wirklichkeit werden zu lassen, muss neben der Weiterführung der Plasma-Grundlagenforschung nun parallel mit der Entwicklung der Technologien für ein Fusionskraftwerk begonnen werden. Um eine **effektive Übertragung** von

¹ NIF-National Ignition Facility

² MFE – Magnetic Fusion Energy

³ IFE – Inertial Confinement Fusion

Forschungsergebnissen aus der Grundlagenforschung in die angewandte Forschung zu gewährleisten und Expertise sowie Fähigkeiten in Schlüsseltechnologien aufzubauen, ist es unerlässlich, die Industrie frühzeitig in den Forschungsprozess einzubinden. Dies ermöglicht einen effektiven Wissenstransfer und die Umsetzung von Ergebnissen in die Praxis. Dies könnte gut in einem **Innovationsökosystem** gelingen, in dem mit **gemeinschaftlicher** Mission Start-ups, Unternehmen, Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen **Ressourcen, Wissen und Erfahrungen teilen**, um Innovationen zu fördern und Schlüsseltechnologien und -Produkte für die Fusion hervorzubringen. Ein Innovationsökosystem mit einer **starken Start-up-Kultur** und einer engen Zusammenarbeit der Forschungseinrichtungen untereinander als auch den Unternehmen, und eine gute Anbindung an öffentliche Finanzierungsmöglichkeiten kann dazu beitragen, dass Start-ups und junge Unternehmen schneller wachsen und auch **Venture Capital** erfolgreich anziehen kann. Dabei ist es wichtig, dass das Innovationsökosystem eine **offene und flexible Struktur** hat, die es den Akteuren ermöglicht, schnell auf Veränderungen zu reagieren und neue Ideen aufzugreifen. Eine **Unterstützung** durch die **Politik** ist dabei **unerlässlich**. Der programmatische Aufbau eines solchen Innovationsökosystems zur Magnetfusion findet derzeit konzertiert und durch substantielle Förderung im Rahmen des STEP Programms in England (UK) statt.

Um mit einem Innovationsökosystem im **internationalen Wettbewerb** erfolgreich zu sein, muss Deutschland einen **technologieoffenen Rechtsrahmen** einführen, der Sicherheitsbedenken berücksichtigt, Innovationen fördert, Technologieausfuhrbestimmungen harmonisiert, wirksame Ausfuhrkontrollen durchführt, Lieferketten unterstützt und die Öffentlichkeit einbezieht. Die Schaffung eines **prägnanten und übersichtlichen Rechtsrahmens** für die Fusion wird dazu beitragen, **Investoren anzuziehen**, die sich langfristig engagieren wollen und das Potenzial der Fusion als Energiequelle nutzen möchten. Darüber hinaus ist eine **nachhaltige öffentliche Finanzierung** notwendig, um ein **stabiles Umfeld** zu schaffen, das die Privatwirtschaft ermutigt, in langfristige Projekte zu investieren und öffentlich-private Partnerschaften in Deutschland einzugehen, die sich in der Zukunft erheblich auszahlen können:

Das innovative Ökosystem sollte aus unserer Sicht auf folgende vier Säulen beruhen:

1. Schaffung einer **ausgewogenen und innovationsfreundlichen Regulatorik**. Dabei ist wichtig, dass eine gute Balance zwischen Innovation und Schutz öffentlicher Interessen gesorgt wird, und das Innovationsökosystem gestärkt wird.
2. Etablierung von **offenen Forschungsinfrastrukturen** für Wissenschaft und Industrie,
3. **Programmatische Förderung** von Fusionstechnologie mit dem Ziel, die Grundlagen für ein Fusionskraftwerk zu erarbeiten, private Investitionen anzuziehen und zu hebeln, und Strukturen zu schaffen, in der die nächste Generation ausgebildet wird und gleichzeitig vorwettbewerblich wissenschaftliche Fragen gelöst werden. Dazu gehört auch die Aufnahme einer intensiven, internationalen Zusammenarbeit zwischen Ländern und Regierungen, um Ressourcen und Finanzmittel zu koordinieren und zielgerichtet zur Verfügung zu stellen und gleichzeitig Doppelarbeit zu vermeiden.
4. **Ansiedlung und Förderung einer kompetenten Industrie**, die aktiver Teilhaber und Partner in der Innovation ist, in der Forschung integriert ist und durch gemeinsame Projekte und Entwicklungen den Technologietransfer agil gestaltet

Der Aufbau eines **soliden Fusionsenergieprogramms** in **Deutschland** kann als **attraktiver** Anziehungspunkt für Start-ups und Talente aus aller Welt dienen und die Bedeutung und den Wert von Hightech-Fortschritten unterstreichen, insbesondere inmitten des internationalen Wettlaufs um die Fusionsenergie. Um den wachsenden Anforderungen des privaten Sektors

gerecht zu werden und gleichzeitig die Exzellenz der öffentlich finanzierten Forschung und Entwicklung aufrechtzuerhalten, ist es von entscheidender Bedeutung, in den Aufbau eines umfassenden und **modernen Curriculums an Universitäten und Hochschulen** zu investieren. – insbesondere im Bereich der Physik dichter Plasmen Spezialisierung und praktische Ausbildung sind wichtige Komponenten und erfordern experimentelle Einrichtungen und modernste Entwicklungsfinanzierung. Universitäten und Hochschulen sollten mit Partnern aus der Industrie zusammenarbeiten, um Programme zu entwickeln, die **praktische Ausbildungsmöglichkeiten** in Versuchsanlagen bieten. Als **Vorbild** für den Aufbau eines solchen Innovationsökosystems zur Fusionsforschung kann das Programm der **englischen Regierung** dienen, das sehr erfolgreich auf den Weg gebracht wurde und neben den regulatorischen Rahmen eine ausgezeichnete Förderumgebung für Öffentliche-Private Forschung geschaffen hat.

Die Fraunhofer Gesellschaft sieht sich hier in der Schlüsselfunktion zwischen Grundlagenforschung und industrieller Umsetzung. Die Fraunhofer Gesellschaft mit ihren 76 Instituten fokussiert sich auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien und deren industrielle Verwertung. Damit spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands, Europas und weltweit. Einige der Fraunhofer Institute nehmen in für die Fusionsforschung benötigten Technologiebereichen, insbesondere der Laser-Trägheitsfusionsforschung, eine weltweit führende Rolle in der Wissenschaft ein. So lieferte z.B. eine Fraunhofer Ausgründung des Fraunhofer Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF, Diamond Materials, die Brennstoffkugeln für den erfolgreichen Versuch des LLNL im Dezember 2022. Auf dem Gebiet der Lasertechnik und der Laserstrahlquellenentwicklung, die die Schlüsseltechnologie für die Laser-Trägheitsfusion darstellt, ist das Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT (Sitz in Aachen) weltweit führend. In weiteren Schlüsseltechnologien für die Fusionsforschung hat die Fraunhofer – Gesellschaft weitgefächertes Knowhow, wie z.B. der Materialentwicklung für den Einsatz unter Extrembedingungen, Fertigungs- und Produktionstechnologien, Aufskalierung von Prozessen, Einsatz von Simulationsverfahren unter Nutzung künstlicher Intelligenz und High Performance Computing (HPC).

Energie aus Fusion erfordert **hochkomplexe Technologien**. Vom derzeitigen Kenntnisstand aus ist zu erwarten, dass die **Energie aus Fusion** mit anderen **erneuerbaren Energien wettbewerbsfähig** sein kann. Da der technische Reifegrad für die Energiegewinnung (!) sowohl bei der Magnetfusion als auch bei der Trägheitsfusion noch niedrig ist, bleiben in den Entwicklungen noch Risiken, die gelöst werden müssen. Dem gegenüber steht der **riesige Markt** der sauberen, resilienten Energiegewinnung mit hohen Ertragsmöglichkeiten. Wenn **Deutschland** dort führen möchte und sich im internationalen Wettbewerb positionieren möchte, muss es **jetzt handeln und wettbewerbsfähige Fördermöglichkeiten** und regulatorisch attraktive Bedingungen schaffen, um im internationalen Wettbewerb, der sich gerade entfesselt, nicht in das Hintertreffen zu geraten.

Die Entwicklung eines Fusionskraftwerkes nebst aller dafür notwendigen Technologien ist jedoch eine so **große Herausforderung**, dass sie kein Bundesland und auch kein Land allein bewältigen kann. Daher ist eine **Zusammenarbeit aller**, sowohl innerhalb Deutschlands als auch in Europa und weltweit unerlässlich. Das bedeutet auch, dass **Ressourcen gebündelt** werden und **kostspielige Doppelentwicklungen vermieden** werden müssen. Öffentlich finanzierte oder unterstützte **Forschungsansätze** sollten **technologieoffen** und mit einer **höheren Toleranz für Entwicklungsrisiken** gestaltet werden, um schneller voranzukommen. Dabei sollte trotzdem auf **Konzepte** gesetzt werden, die durch **experimentelle Nachweise und Experten-Peer-Reviews gestützt** werden und dadurch eine **hohe Erfolgchance** haben.

Speziell für **Nordrhein-Westfalen** könnte die Investition in die Fusionsforschung eine Möglichkeit darstellen, den **Strukturwandel** vom Kohleabbau hin zu CO₂-neutralen Zukunftstechnologien auch für die hiesige Industrie erfolgreich zu gestalten. Der Kohlausstieg, Klimaschutz und Digitalisierung stellen die Unternehmen speziell im Rheinischen Revier vor große Herausforderungen. Um von den Wachstumspotenzialen sowohl aus den Investitionen in die Energiewende als auch in Zukunftsenergiequellen, wie die Kernfusion, zu profitieren, kann sich die Landesregierung z.B. für den Aufbau eines **Exzellenzcenter für Kernfusionsforschung** allgemein oder für Teilaspekte, wie z.B. die Entwicklung von Hochenergielasern oder Materialentwicklung, einsetzen. Denkbar wäre beispielsweise auch die **Bewerbung als Standort für einen zukünftigen Pilotanlage**, z.B. für die Laser-Trägheitsfusion, als zentrale Infrastruktur für ein Exzellenzcenter des Innovationsökosystem.

Wir befinden uns in einem **entscheidenden Jahrzehnt**, und es ist wichtig, ehrgeizige Maßnahmen zur Bewältigung der Klimakrise zu ergreifen, indem wir vorhandene Technologien nutzen und **Deutschland und Europa als Innovationszentrum für saubere Energie etablieren**. Die **Kernfusion stellt eine vielversprechende langfristige Lösung dar, die ökonomische, ökologische und strategische Vorteile bietet**. Um das Potenzial der Fusion auszuschöpfen, benötigen wir ein **umfangreiches und gut koordiniertes Programm mit langfristigen Investitionen**. Durch eine **Vorreiterrolle** in dieser vielversprechenden Technologie könnte **Deutschland** von **wirtschaftlichen, ökologischen und strategischen Vorteilen der Fusionsenergie profitieren** und eine führende Rolle bei der Weiterentwicklung auf europäischer und globaler Ebene einnehmen. Es besteht **dringender Investitionsbedarf**, insbesondere bei der Laser-Trägheitsfusion, um in diesem Bereich nicht zurückzufallen. Die Nutzung der **Fusionsenergie** hätte das **Potenzial**, die Art und Weise, wie wir **Energie nutzen, zu revolutionieren** und **für Energie-Resilienz und Energiesouveränität** zu sorgen.

Prof. Dr. Constantin Häfner,
Institutsleiter des Fraunhofer Instituts für Lasertechnik – ILT
Beauftragter für Fusionsforschung der Fraunhofer Gesellschaft