



### **Stellungnahme zum Thema „Fusionsforschung“ (26.9.2023)**

Ein „klares Bekenntnis zur Fusionsenergie“, „eine Strategie für die Nutzbarmachung von Fusionsenergie in Deutschland“ oder gar die „Beauftragung von zwei Fusionsreaktoren mit konkurrierender Technik in Deutschland“, wie im Antrag an den Bundestag gefordert, setzte eine breite Meinungsbildung zu den Aussichten der seit mehr als einem halben Jahrhundert laufenden Fusionsreaktorforschung voraus. Unabdingbar dazu wäre eine unabhängige und tief gehende Untersuchung zum Stand der Entwicklungsarbeiten, zu Wissenschafts- und Technikfolgen sowie zu Gestaltungspotenzialen der Fusionsreaktorforschung. Die Politik sollte sich nicht abhängig machen von Versprechungen auf die nahe oder fernere Zukunft aus der Fusionsforschungscommunity selbst. Leider hat die Bundespolitik den „Aufbau unabhängigen Sachverständigen zur Fusion“ in den letzten zwei Jahrzehnten verabsäumt (dies war ein zentraler Vorschlag der letzten, kleinen Untersuchung zur Fusion für den Deutschen Bundestag<sup>1</sup>). Dies macht diese Anforderung heute nicht einfacher.

Bei solchen tief gehenden Untersuchungen wäre mindestens zu berücksichtigen: Worin genau bestehen die enormen Herausforderungen auf dem Weg zu einem kommerziell nutzbaren Fusionsreaktor? Worin genau bestehen die wissenschaftlich-technischen Voraussetzungen, um von dem Nachweis des kurzfristigen Brennens einer Fusionsplasmas oder der thermonuklearen Zündung eines mit Deuterium-Tritium-Gemisch gefüllten Kügelchens zu einem funktionstüchtigen Reaktor kommen zu können? Einige Beispielthemen sind: Entwicklung von Reaktorkomponenten wie z.B. Tritium-Bruttargets, Wege zum Processing und zur Rückhaltung des radiobiologisch wirksamen Tritiums, Entwicklung geeigneter radiologisch niedrigaktivierbarer Strukturmaterialien mit weiteren besonders zu erfüllenden Eigenschaften darunter u.a. Standhalten bei dem ingenieurstechnisch beispiellosen Beschuss mit den hochenergetischen Fusionsneutronen, Erreichen hoher Plasmabrenndauern bzw. extrem hoher Repetitionsraten von Hochenergielasern, Erzeugung eines ausreichend hohen Quotienten aus Energieoutput gegenüber notwendigen Energieinput für das Erzeugen der Fusion, Handling der Endprodukte aus der Fusionsreaktion, Lagerung radioaktiver Abfallstoffe, aus ökologischer und technischer sowie ökonomischer Perspektive nachvollziehbare Reaktorkonzepte.

---

<sup>1</sup> TAB-Sachstandbericht Kernfusion, März 2002

Die wiederholt angeführten Durchbrüche beim Europäischen Tokamak JET und bei der National Ignition Facility (NIF) im Lawrence Livermore Lab erscheinen dann in anderem Licht. Der erforderliche enorme Energieinput bei diesen Experimenten hat nur zu ganz minimalen Fusionsleistungen geführt, die – wenn die Wärmeleistung in Strom hätte verwandelt werden können – einigen wenigen Kilowattstunden entsprochen hätte. Das heißt auch, dass diese Experimente extrem weit entfernt von einem Reaktorkonzept sind. Der Zeit-, Forschungs- und Entwicklungsbedarf ist enorm. Der fortgeschrittene Bau des nach dem Tokamak-Prinzip konzipierten internationalen Experimentalreaktors ITER im französischen Cadarache kann voraussichtlich erst in der zweiten Hälfte der 2030er Jahre für eine gewisse Zeitspanne eine (dann hoffentlich) länger anhaltende D-T-Fusion demonstrieren (bis dass die radiologisch bedingten Grenzen des Experiments erreicht sind). Auf Basis der (hoffentlich dann) erzielten Ergebnisse könnte dann ein Demo-Reaktor konzipiert werden, der kaum vor 2050 in Betrieb gehen könnte. Ähnlich und doch auch ganz anders im Bereich der Laserfusion (als Hauptvariante der sogenannten Trägheitseinschlussfusion): Die einzelnen Schüsse an der NIF in den letzten Jahren erfolgten im Rahmen des US-amerikanischen Kernwaffenprogramms – ein Jahrzehnt später als ursprünglich geplant und erhofft. Und ein reaktortaugliches Konzept müsste völlig anders aussehen.

Dementsprechend sind unterschiedliche Risiken im Bereich der Kernwaffenproliferation (horizontal, was die Weiterverbreitung angeht, und vertikal, was die Weiterentwicklung betrifft) zu berücksichtigen. Von der Laser- bzw. Trägheitseinschlussfusion hatte sich die Europäische Union und Deutschland im Gegensatz zu Kernwaffenstaaten wie USA und Frankreich daher jahrzehntelang weitgehend distanziert. Zwei Aspekte betreffen voraussichtlich alle Fusionsreaktorentwicklungsprogramme: Erstens könnten mit Hilfe der sehr energiereichen „schnellen“ Fusionsneutronen in Brutblankets ähnlich wie in „Schellen Brüttern“ waffenreines Plutonium produziert werden (zumindest Hybridkonzepte, die Fusion und Fission verbinden wollen, machen dieses Risiko real). Zweitens ist Tritium, das in Mengen von deutlich mehr als 100 Kilogramm pro Jahr in großen Reaktoranlagen durch „Brüten“ aus Lithium produziert und hantiert werden müsste, ein begehrter Waffenstoff in Kernwaffenprogrammen, der angesichts seiner Halbwertszeit von etwa 12 Jahren stets nachproduziert werden muss. Demgegenüber werden nur einige wenige Gramm Tritium für sogenannte fusionsverstärkte Spaltbomben (Booster-Bomben), die eine wichtige Rolle in den Kernwaffenarsenalen spielen, benötigt. Tritiumüberwachung zählt aber nicht zu den Aufgaben des „nuklearen Watchdog“, der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) und wenn eines Tages doch, würde dies neuartige Herausforderungen bedeuten.

Das überschwere Wasserstoffisotop Tritium diffundiert durch alle Materialien, sein Accounting und seine Rückhaltung in potenziellen Fusionsreaktoren ist ein äußerst schwer zu lösendes – jedenfalls noch nicht gelöstes – Problem. Tritium ist aber auch radiobiologisch

bedeutsam und seine Freisetzung könnte bei Unfallszenarien (insbesondere bei externen Ereignissen) Katastrophenschutzmaßnahmen erforderlich machen.

Die Fusionsreaktorforschung in Europa hat längst den Bereich der sogenannten Grundlagenforschung verlassen und zielt seit Jahrzehnten in unterschiedlicher Weise auf einen Reaktor. Eine Reihe von technologischen Herausforderungen auf dem Weg zu einem möglichen Fusionsreaktor der Zukunft sind für die verschiedenen denkbaren Technologiepfade gleich oder ähnlich. Es gibt aber auch deutliche Unterschiede, Vor- und Nachteile je nach der verfolgten technologischen Grundidee. Eine – auch vergleichende – kritische Analyse und Bewertung der verschiedenen Pfade ist daher dringlich im Vorfeld von Förderentscheidungen. Unreflektierte und ungeprüfte sogenannte technologieoffene Förderprogramme sind weder zielführend noch sinnstiftend.

Ob es in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts eine einsatzfähige, saubere, sichere und wettbewerbsfähige Fusionsreakorteknologie geben kann, ist heute nicht zu prognostizieren oder gar mit Sicherheit anzunehmen. Viele positive Eigenschaften, die der Fusion zugeschrieben werden, beruhen auf Annahmen über erst noch zu erfolgende wissenschaftlich-technische Entwicklungen und Durchbrüche. Eingehende Untersuchungen zur prospektiven Technikanalyse, -folgenabschätzung und -gestaltung wären dringlich bevor Förderentscheidungen fallen und sehr große Geldmittel, wie im Falle solcherart Reaktorforschung typisch (man vergleiche mit den bislang angefallenen Kosten für ITER), bewegt werden.

Welche konkrete Rolle Fusionsreaktoren (mit ihren absehbar hohen Kapitalkosten und - wenn es gut geht - Stromproduktion im Bereich der Grundlast) im nachhaltig auszulegenden Energiesystem der Zukunft spielen und wie sie systemisch eingepasst werden könnte, ist heute nicht klar zu beantworten. Dies müsste aber ebenfalls dringlich prospektiv untersucht werden. Für die Erfordernisse der Energiewende hin zu Klimaneutralität vor Mitte dieses Jahrhunderts wird die Fusion jedenfalls keine Rolle spielen können. Anderen Forschungsprioritäten im Bereich der Energiewende sollte daher der Vorrang eingeräumt werden.