

Wissenschaftlicher Klimabeirat Hessen

Geschäftsstelle

Tel. 0611 815 1837

E-Mail: klimabeirat@landwirtschaft.hessen.de

Internet: www.klimabeirat-hessen.de

65189 Wiesbaden

Mainzer Straße 80

KLIMABEIRAT
HESSEN



STELLUNGNAHME

Welchen Beitrag kann lasergetriebene Kernfusion zur Erreichung der hessischen Klimaziele leisten?

Welchen Beitrag kann lasergetriebene Kernfusion zur Erreichung der hessischen Klimaziele leisten?

Im Koalitionsvertrag nimmt lasergetriebene Kernfusion eine zentrale Stellung ein. Dort heißt es: „Wir wollen die langfristigen Chancen der lasergetriebenen Kernfusion, aber auch neue Formen und klimaneutrale Weiterentwicklung der Energiegewinnung nutzen und den Standort Hessen hierfür zum Leitstandort ausbauen.“¹ Daher beschäftigt sich der Wissenschaftliche Klimabeirat Hessen mit der Frage, ob bzw. bis wann die laserbasierte Kernfusion zur Erreichung des Ziels, bis 2045 gemäß dem Hessischen Klimagesetz klimaneutral zu sein, absehbar einen relevanten Beitrag leisten kann und welche Empfehlungen sich daraus ergeben. Das Öko-Institut e.V., Darmstadt, wurde diesbezüglich mit einer Übersichtsstudie beauftragt. Die zentralen Schlussfolgerungen und politischen Empfehlungen, die sich für den Wissenschaftlichen Klimabeirat Hessen daraus ergeben, sind im Folgenden dargelegt.

1. Lasergetriebene Kernfusion käme zu spät, um zum Erreichen der hessischen Klimaziele beizutragen²

Hessen hat sich mit dem Hessischen Klimagesetz dazu verpflichtet, bis 2045 klimaneutral zu sein. Zu diesem Ziel wird Kernfusion, egal ob Laser- oder Magnetfusion, absehbar keinen Beitrag leisten. Dies wird in einer aktuellen Übersichtsstudie vom Öko-Institut e.V. aus Darmstadt belegt.³ Demnach wäre zwar nach sehr optimistischen Annahmen eines privaten Fusionsunternehmens die Inbetriebnahme eines Fusionskraftwerks bis 2043 denkbar. Aus wissenschaftlicher Sicht bestehen jedoch an der Realisierbarkeit dieses Zeithorizonts erhebliche Zweifel. So wird nach Einschätzung namhafter Institutionen wie zum Beispiel der Helmholtz-Gemeinschaft und der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina die Entwicklung von (Magnet-) Fusionskraftwerken mindestens weitere 20 bis 25 Jahre in Anspruch nehmen. Zudem werden in optimistischen Szenarien verschiedene Entwicklungsschritte parallel angenommen, die in der Realität nacheinander erfolgen. Dass vor 2050 nicht von einem breiten Einsatz von Fusionskraftwerken auszugehen ist, wird auch durch ein Positionspapier des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) bestätigt. Entscheidende Ergebnisse aus dem Betrieb des internationalen Fusionsreaktorexperiments ITER können auch für die lasergetriebene Fusion frühestens nach 2039 genutzt werden.⁴

Genauere Angaben enthält die Übersichtsstudie zudem zum „Technologischen Reifegrad“ von Komponenten und Konzepten aktueller kommerzieller Fusionsprojekte. In wissenschaftlichen Publikationen wird dieser derzeit ganz überwiegend in den untersten Stufen 1 bis 4 auf der

¹ Hessenvertrag der demokratisch-christlich-sozialen Koalition (2024). https://www.spd-hessen.de/wp-content/uploads/sites/269/2023/12/Koalitionsvertrag_2024-2029.pdf, S. 148

² Ob es überhaupt möglich sein wird, mit lasergetriebener Kernfusion kommerziell Elektrizität zu erzeugen, ist derzeit noch nicht geklärt (siehe These 2).

³ Englert, M.; Kopp, A (2024). Übersichtsstudie Kernfusion für den Klimabeirat Hessen, Öko-Institut e.V.

⁴ z.B. Material- und Blanketentwicklung, Tritiumrückgewinnung

international anerkannten TRL-Skala⁵ angegeben, wobei erst die TRL-Stufe 9 Marktreife bedeutet. Demnach befindet sich die Fusionsforschung trotz jahrzehntelanger internationaler Förderung weiter auf dem Niveau der Grundlagenforschung, bei der es auch immer wieder Rückschläge gibt. Die Untersuchungen beschränken sich bisher lediglich auf einzelne Prozesse, wie zum Beispiel die Erzeugung von robusten und wiederholbaren Zündungen, sowie auf Materialforschung und sind überwiegend Vorstufen der Entwicklung von Forschungs-Reaktoren. Die bisher errichteten experimentellen Fusionsanlagen sind noch weit davon entfernt, auch nur kurzzeitig und in einem kontinuierlichen Prozess elektrischen Strom zu erzeugen. Erst auf den Ergebnissen der heute stattfindenden Grundlagenforschung aufbauend, könnte der Bau eines Demonstrators mit entsprechenden Planungs- und Bauzeiten und darauf aufbauend der Bau eines Prototyps eines kommerziellen Reaktors erfolgen.

2. Kernfusion funktioniert aus technischen Gründen noch nicht als dauerhafte Energiequelle

Wesentliche Hürden auf dem Weg zu einem Fusionskraftwerk liegen darin begründet, dass extrem hohe Temperaturen von mehreren Millionen Grad Celsius und ein hoher Druck erreicht und dafür Energieströme sehr präzise fokussiert werden müssen (z.B. durch Laser oder Magnetfelder). Dabei müssen auch die Reaktormaterialien diesen Zuständen und extrem intensiven Teilchenstrahlen standhalten. In der lasergetriebenen Fusion müsste außerdem zum Beispiel die Laserimpulsfrequenz noch um einen Faktor von einer Million gesteigert werden. Auch die zuverlässige und hochpräzise Fertigung von Brennstoffkapseln, die Entwicklung geeigneter Stahllegierungen sowie die Bereitstellung und Handhabung des Kernbrennstoffs Tritium stellen hohe Herausforderungen dar. Zum Beispiel wurde laut Übersichtsstudie „bisher nicht experimentell gezeigt, dass Tritium in einem Fusionsreaktor erfolgreich erbrütet, aufgefangen und wiedergenutzt werden kann“.

Auch bei genauerer Betrachtung der medial viel beachteten Versuchsreihe an der National Ignition Facility (NIF) in den USA, bei der seit Ende 2022 mehrfach kurzzeitig Fusionsreaktionen gezündet wurden, zeigt sich, dass dort etwa 100-mal mehr Energie für den Betrieb der Laser aufgewendet als durch die Fusionsreaktion freigesetzt wurde. Nur bei der eigentlichen Fusionsreaktion (ohne Betrachtung der Energiebereitstellung durch die Laser) konnte für einen Bruchteil einer Sekunde und bei nur maximal einer Zündung pro Tag eine positive Energiebilanz gemessen werden.

Sollte sich ein kontinuierlicher oder kontinuierlich wiederholbarer Prozess der Fusionsreaktion als machbar erweisen, wäre eine weitere große Herausforderung die Entwicklung eines kommerziell konkurrenzfähigen Fusionskraftwerkskonzepts, in dem auch die Schritte von der Freisetzung der Energie in der Fusion zum Strom im Netz konkret umgesetzt werden. Für diesen notwendigen Teil eines laserbasierten Fusions-Kraftwerks existieren bisher nur erste Ideen. Derzeit⁶ gibt es nach

⁵ Ausnahme sind laut Gutachten Magnetspulen, die mit TRL 6 bewertet werden, die jedoch nicht in der laserinduzierten Fusion eingesetzt werden.

⁶ European Commission (2023). Foresight study on the worldwide developments in advancing fusion energy, including the small scale private initiatives. European Commission, Directorate-General for Energy, Publications Office of the European Union, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/83bc3ecd-b19c-11ed-8912-01aa75ed71a1/language-en>

einer Analyse der EU-Kommission nicht ein einziges öffentlich finanziertes Forschungsprojekt für ein Kraftwerkskonzept, das auf lasergetriebener Kernfusion basiert.

Die zumeist ungelösten, bzw. noch nicht angegangenen technologischen Zusammenhänge werden in der oben erwähnten Übersichtsstudie näher beschrieben. Es ist heute nicht absehbar, ob eine technische Entwicklung erfolgreich sein kann oder wie lange ihre Entwicklung zur Marktreife dauert.

3. Die Wirtschaftlichkeit ist fraglich, es entstehen aber jetzt und in naher Zukunft immense Investitionskosten für die Kernfusion

Die Bundesregierung plant, innerhalb der nächsten fünf Jahre mehr als eine Milliarde Euro in die Fusionsforschung zu investieren.⁷ Ziel ist es nach Angaben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, den Weg für den Bau eines Fusionsreaktors auf Basis von Magnet- oder Laserfusion zu bereiten.⁸ Laut dem Jahresbericht 2023 der Fusion Industry Association (FIA) beliefen sich 2023 die Investitionen in die weltweite Fusionsindustrie auf mehr als 6 Milliarden Dollar.⁹ Allein der in Bau befindliche Demonstrator ITER in Frankreich (TRL 3) hat etwa 13 Milliarden Euro gekostet und soll (stand heute) weitere 20 Milliarden Euro kosten, wobei sich abzeichnet, dass die tatsächlichen Kosten sogar noch deutlich höher liegen.¹⁰

Die oben genannte Übersichtsstudie weist darauf hin, dass – sollte es gelingen, ein Fusionskraftwerk zu bauen und in Betrieb zu nehmen – es sich um extrem komplexe Großanlagen handeln würde. Dafür wären hohe Investitionskosten nötig, verbunden mit einem hohen Risiko langer Bauzeiten und mit einem hohen Bedarf an hochspezialisierten Fachkräften und z.T. erst aufzubauender Zulieferertechnologien. Damit steht auch die kommerzielle Konkurrenzfähigkeit von Fusionskraftwerken in Frage.

4. Die Fusionstechnologie birgt Risiken

In Fusionskraftwerken würden große Mengen an schwach- und mittel-radioaktiven Abfällen anfallen. Schon bei der Planung wären deshalb Abfallmanagementstrategien zu entwickeln und die zu erwartenden Kosten einzuplanen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das im Bau befindliche Endlager für schwach- und mittel-radioaktive Abfälle, Schacht Konrad, nicht auf diese zusätzliche Abfallmenge ausgerichtet ist. Entsprechend wären zusätzliche Endlager sowie große Zwischenlagerkapazitäten notwendig. Zu welchen politischen und gesellschaftlichen Spannungen notwendige Lagerkapazitäten führen können, haben Verfahren aus der Vergangenheit, beispielsweise beim Rückbau des Atomkraftwerkes in Biblis, gezeigt.

⁷ Bundesregierung.de (2023). „Riesige Chance für Klima, Energie, Wachstum“,

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/foerderungprogramm-fusionsforschung-2198072>

⁸ Bundesministerium für Bildung und Forschung (2024). Stark-Watzinger: Die Fusion wird kommen,

<https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2024/02/080224-Fusionsweltrekord.html>

⁹ Fusion Industry Association (2023). The global fusion industry in 2023,

<https://www.fusionindustryassociation.org/wp-content/uploads/2023/07/FIA%E2%80%93932023-FINAL-1.pdf>, S. 3

¹⁰ Seife, Charles (2023). World's Largest Fusion Project Is in Big Trouble, New Documents Reveal,

<https://www.scientificamerican.com/article/worlds-largest-fusion-project-is-in-big-trouble-new-documents-reveal/>

Zudem bestehe das Problem, dass die Erkenntnisse aus der Entwicklung zunächst ziviler lasergetriebener Fusionsanlagen auch militärisch genutzt werden könnten. So könnten Staaten versuchen, die Einschränkungen zur Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Kernwaffen, die durch den umfassenden Teststoppverbotvertrag geregelt sind, zu umgehen. Des Weiteren würde das Tritiuminventar eines einzelnen Fusionsreaktors die existierenden Tritiumvorräte der Atomkräfte übersteigen und somit ein großes Reservoir für die Produktion von Wasserstoffbomben darstellen, das schwer kontrollierbar sein wird.

Politische Empfehlungen

Die Ausführungen zeigen, dass die lasergetriebene Kernfusion absehbar keinen Beitrag zur Erreichung der hessischen Klimaziele leisten kann. Daher sollten in der Öffentlichkeit keine falschen Erwartungen an die Technologie geweckt werden. Um die gesetzlich bindenden Klimaziele zu erreichen, ist es daher dringend notwendig, dass Hessen weiterhin in bereits existierende und gut funktionierende Technologien im Bereich der Erneuerbaren Energien investiert und deren Ausbau beschleunigt. Entsprechend wichtig ist die Prioritätensetzung in der Haushaltsplanung. Es wäre fatal, wenn Investitionen in die Kernfusion den Ausbau bereits erprobter und funktionierender Technologien, die zur Erreichung der Klimaziele nachweislich beitragen, ausbremsen. Auch eine Kommunikation der Risiken, die durch die Technologie der lasergetriebenen Kernfusion entstehen, ist notwendig. Dies betrifft unter anderem schwach- und mittel-radioaktive Abfälle, die auch in Fusionskraftwerken in erheblichem Umfang entstehen, und militärische Risiken.