

# Kernfusionsforschung

Es ist längst keine Science Fiction mehr

Energiegewinnung mit Hilfe der Kernfusion wird von vielen Experten als unabdingbare Ergänzung zu den erneuerbaren Energien gesehen. Denn eine dauerhafte emissionsfreie Stromproduktion bei steigendem Energieverbrauch ist mit Photovoltaik und Windkraftwerken allein nicht darstellbar. Einer der besten Kenner dieser aufwändigen, kostenintensiven

aber auch erfolgversprechenden Fusionsforschung, der Garching Plasmaphysiker Hartmut Zohm, war am 29. November 2023 zu Gast in der Reihe *Wissenschaft für jedermann* im Deutschen Museum. Lesen Sie im Nachgang das Einführungsreferat des Sozialethikers Markus Vogt und die Verweise auf unser Veranstaltungsvideo.

## Das Sternenfeuer auf die Erde holen?

Die Kernfusion war Thema bei *Wissenschaft für Jedermann* von Markus Vogt

Die detaillierten und spannenden Ausführungen zur Technologie der Kernfusion standen im Mittelpunkt der Kooperationsveranstaltung mit dem Deutschen Museum. Das Referat von Hartmut Zohm findet sich im YouTube-Kanal der Katholischen Akademie (Link siehe unten). Eine kurze Einführung ins Thema und sozioethische Bewertungen sollen der Einordnung dienen.

### Die Technologie

Die Entwicklung der Fusionstechnologie als Energiequelle stellt ein historisch einzigartiges Langfristprojekt dar: Nach Anfängen zur Mitte des 20. Jahrhunderts mit relativ kurzfristigen



Prof. Dr. Markus Vogt, Professor für Christliche Sozialethik an der LMU München

Erfolgserwartungen wird die kommerzielle Verfügbarkeit inzwischen für 2050 erhofft. Einen erheblichen Teil des Weges haben wir demnach bereits hinter uns. Es ist ein prometheisches Projekt im Grenzbereich technischer Beherrschbarkeit, das das Sternenfeuer auf die Erde holen und so das Energieproblem umfassend lösen will.

Kernfusion ist das Gegenstück zur Kernspaltung: Statt ein schweres Nuklid wie Uran zu spalten, werden leichte Atomkerne verschmolzen, was noch mehr Energie freisetzen kann. Die Sonne ist dafür das leuchtende Beispiel: In ihrem Inneren tobt seit Milliarden Jahren ein riesiger Fusionsreaktor. Nach dem Vorbild der Sonne, dem Urfeuer, sollen Fusionskraftwerke Wasserstoffatomkerne zu Helium

verschmelzen. Dabei entsteht unermesslich viel Energie – ohne Treibhausgase und ohne langlebige radioaktive Abfälle. Kettenreaktionen wie bei der Kernspaltung sind naturgesetzlich ausgeschlossen. Die Nutzung der Energiedichte ist bestechend: Ein Gramm Wasserstoffisotope von Deuterium und Tritium liefert eine Energiemenge, für die sonst tonnenweise Kohle verbrannt werden müsste. Kernfusion könnte den Traum von einer sauberen, risikoarmen und nahezu unbegrenzten Energie Wirklichkeit werden lassen.

### Der Stand der Dinge

Bei all dem ist Kernfusion keineswegs mehr im Stadium der bloßen Grundlagenforschung oder gar der *Science Fiction*:

- In Südfrankreich gibt es den riesigen Forschungsreaktor ITER als Kooperationsprojekt der EU, Japans, Russlands, Chinas u.a. Er hat zwar mit vielfältigen Schwierigkeiten und Rückschlägen zu kämpfen, ist seit 2007 im Bau und braucht bisher mehr Energie als er in Form von Strom liefert; zugleich ist er jedoch ein Laboratorium für vielfältigen Erkenntnisgewinn.
- In Boston, USA, ist es im Versuchsreaktor SPARC vor kurzem gelungen, ein wesentlich effizienteres Magnetfeld zu schaffen, mit dem die auf bis zu 100 Millionen Grad erhitzten Kerne auf vergleichsweise kleinem Raum in Schach gehalten werden können. Magnetfelder sind der entscheidende „Trick“ wie man die gigantische Hitze technisch bewältigt; jede materielle Hülle würde sofort verbrennen.
- Auch Deutschland beteiligt sich an der Fusionsforschung und hat beispielsweise in Greifswald mit Vorarbeit von Garching den vergleichsweise kompakten Fusionsreaktor *Stellarator* entwickelt.

Die Ressourcensituation ist im Wesentlichen unproblematisch, da die Fusionsbrennstoffe Deuterium und Tritium reichlich vorhanden sind bzw. leicht gewonnen werden können. Insgesamt ist die Kernfusion jedoch ein hochkomplexer Prozess, dessen Elemente zu einem funktionierenden Ganzen zu integrieren die Pioniere der Physik herausfordert. Einer der weltweit führenden Pioniere ist Hartmut Zohm. Er ist besonders engagiert für das DEMO-Projekt, ein Demonstrationskraftwerk als möglichem Nachfolger von ITER, das ausreichend Tritium für einen selbsterhaltenden Brennstoffkreislauf erzeugen soll. Für die Weiterentwicklung der Fusionstechnologie braucht man Physiker, die Freude am kreativen Tüfteln für das komplexe Zusammenspiel ganz

unterschiedlicher Prozesse haben. Man braucht vor allem Fortschritte in der Werkstoffentwicklung.

Zusätzlich braucht man mutige Investoren. Der Forschungsreaktor zur Kernfusion in Frankreich ist bisher ein finanzielles Desaster. Statt der ursprünglich veranschlagten Kosten von 5 Milliarden Euro ist inzwischen von 15 Milliarden die Rede. Doch insgesamt kommt durch die Zusammenarbeit

zwischen privater und öffentlicher Forschung neuer Schwung in die Entwicklung: Nicht wenige Milliardäre wie etwa Elon Musk wittern die Reichweite eines kommerziellen einsetzbaren Fusionskraftwerkes und sind bereit, große Summen zu investieren, um die Entwicklung zu beschleunigen. Ein Wettlauf um Priorität und Pioniergewinne hat begonnen.

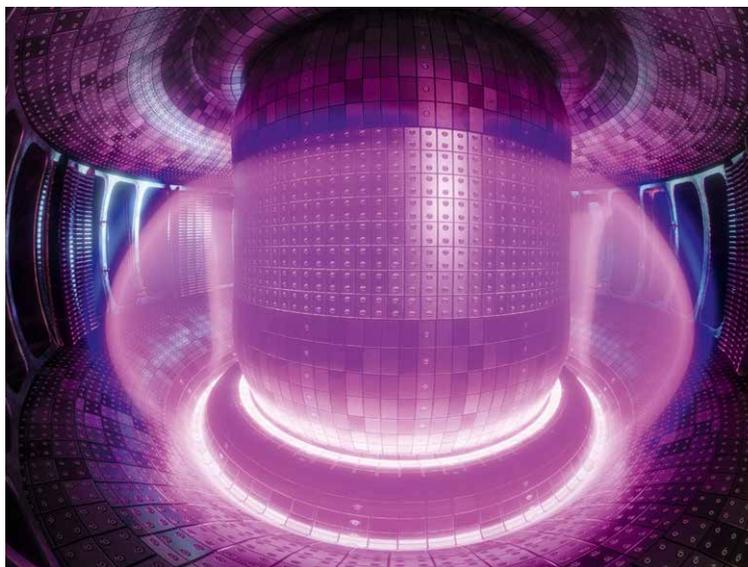
Aus Sicht von Hartmut Zohm ist die Kernfusion langfristig die „einzige verlässliche Energie-

quelle zur Ergänzung der Erneuerbaren“, so in einem Artikel der Süddeutschen Zeitung vom 13. Juli 2022. Zwar wird die Kernfusion zu spät kommen, um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045, dem sich Deutschland sowie die EU verschrieben haben, zu unterstützen. Aber es ist absehbar, dass wir auch dann auf eine substanzielle Ergänzung zu den erneuerbaren Energien angewiesen sein werden, um die Grundlastversorgung zu sichern. Kernfusion könnte weltweit insbesondere in China und Indien eine wichtige Alternative zu Kohle sein.

### Kernfusion – was spricht eher dagegen

Dennoch stellen sich bei all dem eine ganze Reihe grundlegender ethischer Fragen:

1. Ist es legitim, viele Milliarden Steuergelder für ein Projekt zu investieren, von dem wir nicht wissen, ob es



Der Menschheitstraum, das Fusionskraftwerk der Sonne zum Vorbild zu nehmen und es auf der Erde anzuwenden, ist keine *Science Fiction* mehr.

Foto: gureksk7 / Shutterstock.com

---

Kernfusion ist das Gegenstück zur Kernspaltung: Statt ein schweres Nuklid wie Uran zu spalten, werden leichte Atomkerne verschmolzen, was noch mehr Energie freisetzen kann. Die Sonne ist dafür das leuchtende Beispiel: In ihrem Inneren tobt seit Milliarden Jahren ein riesiger Fusionsreaktor.

---

gelingt? Aufgrund der hohen Investitionskosten von schätzungsweise fünf bis sechs Mrd. Dollar pro Kraftwerk sind diese sehr kapitalintensiv und nach heutigen Abschätzungen bis auf weiteres in liberalisierten Märkten nicht konkurrenzfähig.

2. Wäre die mit der kommerziellen Einführung von Fusionsreaktoren verbundene Zentralisierung der Energieversorgung sozial und ökologisch nachhaltig?

3. Ob Fusionsreaktoren wirklich inhärent sicher sein werden, ist bisher weder bewiesen noch widerlegt. Tritium ist extrem mobil und im Fall einer Freisetzung schwer beherrschbar.

4. Das Problem der radioaktiven Abfälle ist zwar sowohl vom Umfang her als auch bezüglich des Zeitfaktors (maximal 100 Jahre) deutlich geringer als bei der Kernspaltung, aber es existiert auch bei der Kernfusion.

5. Wie lassen sich die Risiken von technischen Unfällen und Sabotage, durch die das radioaktive und chemotoxische Inventar der Kraftwerke freigesetzt werden, bewerten? Um das genauer beurteilen zu können, müsste man mehr über das Design der künftigen Kraftwerke wissen, das aber noch nicht feststeht.

6. Die militärische Nutzung der Kernfusion als Wasserstoffbombe stellt ein hohes Risiko dar. Tritium ist von besonderer Bedeutung für die Weiterentwicklung der Kernwaffenarsenale, weil es in verschiedenen fortgeschrittenen Kernwaffendesigns eingesetzt wird. Es stellt ein wesentliches Proliferationsrisiko beim Betrieb von Fusionsreaktoren dar.



Foto: IPP/Silke Winkler

Prof. Dr. Hartmut Zohm ist Direktor am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bei München. Er ist einer der führenden deutschen Forscher auf dem Gebiet der Kernfusion und hielt am 29. November 2023 im Rahmen der Reihe *Wissenschaft für jedermann* im Deutschen Museum einen anschaulichen Vortrag zum neuesten Stand in seinem Fachgebiet. (s. Link zum Video unten).

7. Offen ist die Frage der Akzeptanz in der Bevölkerung: Wird die Kernfusion nach dem Aus für die auf Kernspaltung beruhenden Atomkraftwerke als „Hintertüre“ für die Rückkehr der Nuklearenergie wahrgenommen? Es braucht einen breiten, ergebnisoffenen Dialog in der Öffentlichkeit.

## Kernfusion – was spricht dafür

Den Bedenken, die sorgfältig abgewogen werden müssen, stehen Gründe entgegen, die für eine Investition in die Erforschung und Entwicklung der Kernfusion sprechen.

1. Der globale Energiehunger steigt absehbar weiter und könnten sich bis zur Mitte des Jahrhunderts verdoppeln;

es ist absehbar, dass er nur unter großen Schwierigkeiten sowie ökosozialen und ökonomischen Ambivalenzen mit erneuerbaren Energien befriedigt werden kann.

2. Das Ziel der Befreiung von fossilen Abhängigkeiten hat aufgrund des Klimawandels eine solche hohe ethische Dringlichkeit, dass wir möglicherweise, statt zu zögern, den Forschungs- und Entwicklungsprozess beschleunigen sollten. Vielleicht brauchen wir ein *Manhattanprojekt* für die Kernfusion? War es ethisch fahrlässig, dass wir nicht viel früher und intensiver in die Erforschung der Kernfusion investiert haben?

3. Das darf dann freilich nicht auf Kosten der Förderung erneuerbarer Energiequellen gehen, könnte und sollte aber *komplementär* dazu geschehen. Kernfusion wäre für die gleichmäßige Grundlast in urbanen Zentren geeignet, jedoch kaum für ländliche Regionen und für Länder des Globalen Südens. Die Vorstellung, dass Kernfusion und erneuerbare Energien sich wechselseitig ausschließende Alternativen seien, ist ein Irrtum.

4. Das Risiko der Erbrütung waffenfähiger spaltbarer Materialien ist insgesamt bei einem reinen Fusionsreaktor eher niedriger als bei einem Spaltreaktor. Die internationale Zusammenarbeit bei ITER ist auch ein Friedensprojekt, das fortgesetzt werden sollte.

5. Wir sollten das immense quantitative Potenzial der Kernfusion nicht links liegen lassen. Es bedeutet einen Qualitätssprung in der Energiegewinnung, der im Vergleich zur chemischen Energiegewinnung durch Verbrennung dem Sprung vom Fliegen zum Fliegen ähnlich ist. Auch dieser ist nicht kurzfristig gelungen, hat aber die Menschheitsentwicklung ganz wesentlich vorangebracht und ist heute nicht mehr wegzudenken.

## Abwägung

Wägt man die Pro- und Kontra-Argumente sorgfältig ab, ergibt sich aus meiner Sicht keine Pattsituation, sondern vielmehr die ethische Aufgabe, aus den kritischen Einwänden zu lernen für eine möglichst risikoarme, auch ökonomisch darstellbare und komplementär zur Förderung erneuerbarer Energien gestaltete Entwicklung der Kernfusion. Der Menschheitstraum, das Fusionskraftwerk der Sonne zum Vorbild zu nehmen und das Sternenfeuer auf die Erde zu holen, ist keine *Science Fiction* mehr. Er kann in weniger als einer Generation Wirklichkeit werden. ■



Wir haben das Referat von Prof. Dr. Hartmut Zohm und die abschließende Gesprächsrunde mit vielen detaillierten Nachfragen für Sie aufgezeichnet und als Video in unseren YouTube-Kanal eingestellt. Sie finden den Zugang zum Video auch in unserer [Mediathek](#). In der PDF-Fassung dieses Heftes führt Sie [dieser Link](#) direkt zum Video.

Ob die Fusionsreaktoren wirklich inhärent sicher sein werden, ist bisher weder bewiesen noch widerlegt. Tritium ist extrem mobil und im Fall einer Freisetzung schwer beherrschbar.