

Fusionsforschung – Quo vadis?

- Ende 2022 meldeten US-Wissenschaftler einen großen Erfolg bei der Erforschung der Trägheitsfusion.
- Warum die Magnetfusion auf dem Weg zum Kraftwerk dennoch deutlich fortgeschrittener ist.
- Welche Rolle spielen dabei private Unternehmen?

Angesichts der Diskussionen um die zukünftige Energieversorgung ist die Fusionsforschung wieder vermehrt in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Kein Wunder: Fusionskraftwerke sind inhärent sicher und strahlende Abfälle bauen sich im Vergleich zur Kernspaltung relativ schnell ab. Die favorisierten Brennstoffe sind Deuterium und Tritium, das während des Prozesses aus Lithium erzeugt werden soll. Ein Fusionskraftwerk mit einer elektrischen Leistung von einem Gigawatt würde hiervon nur circa ein Kilogramm am Tag benötigen – ein Kohlekraftwerk braucht dafür 10.000 Tonnen Kohle.

Das am weitesten entwickelte Konzept zur Realisierung von Fusionsenergie beruht auf dem magnetischen Einschluss heißer Plasmen – kurz Magnetfusion. Die heutigen Experimente kommen schon sehr nahe an die Bedingungen, die notwendig sind, um eine positive Leistungsbilanz zu erzielen. Zuletzt hat das europäische Fusionsexperiment JET eine Bestmarke aufgestellt, was die Freisetzung an Energie aus einem stabilen Plasma angeht.¹ Das in

Südfrankreich im Bau befindliche internationale Projekt ITER soll erstmalig ab 2035 mehr Energie liefern als für die Heizung des Plasmas notwendig ist.²

Ergänzend zu diesen Tokamak genannten Konfigurationen werden Stellaratoren untersucht. Sie stellen eine Variante des magnetischen Einschlusses dar und versprechen günstigere Kraftwerkseigenschaften³. Weltweit führend ist der Wendelstein 7-X in Greifswald. Er konnte bereits in der ersten Betriebsphase wesentliche Eigenschaften nachweisen, die für die Entwicklung zu einem Energiesystem notwendig sind.⁴ Wendelstein 7-X ist in der Lage, Hochleistungsplasmen im Bereich mehrere Megawatt Heizleistung über viele Minuten zu betreiben, ein Meilenstein in Richtung eines stationären Betriebs.⁵

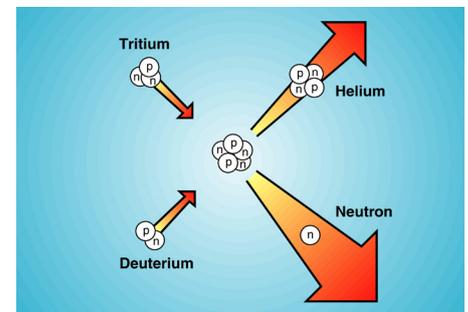
Eine Alternative zum magnetischen Einschluss ist die Trägheitsfusion. Diese beruht auf der extremen Kompression Millimeter großer Pellets mit Hilfe intensiver Laserstrahlen, um so hohe Plasmatemperaturen und -dichten zu erreichen. Die Kompression muss sehr symmetrisch und innerhalb weniger Nanosekunden⁶ erfolgen. Letztlich handelt es sich hierbei um winzige nukleare Explosionen, weswegen die Forschung auch stark militärisch motiviert ist. In der National Ignition Facility (NIF) des Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)⁷ konnte Ende 2022 nach über zehn Jahren Entwicklung zum ersten Mal ein Pellet gezündet und eine Selbstverstärkung der eingekoppelten Laserenergie erreicht werden⁸.

Während dies einen wichtigen Meilenstein darstellt, gibt es bisher für viele technische Fragen auf dem Weg zum Kraftwerk nur konzeptionelle Ansätze. Z. B. müssten durchgehend viele Pellets pro Sekunde gezündet werden – zurzeit ist es etwa ein Pellet pro Tag. Außerdem wird zur Erzeugung der Laserstrahlen sehr viel Energie benötigt, so dass insgesamt etwa hundert Mal mehr Energie aufgewandt wurde als gewonnen.



„Kernfusion, ein spannendes und dynamisches Forschungsgebiet, wird wohl nicht vor Ende der 30er Jahre großtechnisch demonstriert werden können!“

Joachim Ullrich, Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft



Der favorisierte Brennstoff für eine mögliche Energiegewinnung besteht aus den Wasserstoffisotopen Deuterium und Tritium. Diese Fusionsreaktion besitzt den höchsten Wirkungsquerschnitt. Das radioaktive Tritium muss aber aus den in der Fusionsreaktion entstehenden Neutronen und Lithium erbrütet werden. Der Vorteil ist, dass Tritium in einem geschlossenen Kreislauf erzeugt und gleich wieder verbraucht wird. Bild: MPI für Plasmaphysik

Bei der Magnetfusion sind die wesentlichen technologischen Schritte dagegen bereits von Anfang an Teil der Entwicklung. Beispiele sind die supraleitenden Spulen oder die Wärmeabfuhr aus dem Plasma. Im Rahmen des Konsortiums EUROfusion⁹ besitzt Europa ein umfassendes Programm, welches sich mit der Entwicklung dieser Technologien beschäftigt, die für ein Demonstrationskraftwerk notwendig sind, das in den späten 2030er Jahren laufen könnte.

Inzwischen machen auch privat finanzierte Firmen zur Entwicklung von Fusionskonzepten von sich reden. Sie greifen dabei auf eine breite wissenschaftliche und technologische Basis zurück, die weltweit in den vergangenen Jahrzehnten erarbeitet wurde. Neu an ihrer Vorgehensweise sind zum Teil sehr kühne Entwicklungspläne und das Einbinden oft weniger erprobter Technologien. Ob die privaten Firmen ihre Versprechen werden halten können, bleibt abzusehen. Klar ist: Der Bau erster Demonstrationsanlagen wird auf jeden Fall in enger Zusammenarbeit mit der Industrie erfolgen müssen.



Stellaratoren und Tokamaks (im Bild die Innenansicht von ADEX Upgrade am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bei München) konnten bereits wesentliche Eigenschaften nachweisen, die für die Entwicklung zu einem Kraftwerk notwendig sind. Erfolge bei der Trägheitsfusion sowie das Engagement privater Firmen geben der Fusionsforschung zusätzlichen Schwung. Bild: MPI für Plasmaphysik / Jan Hosan

Deutsche **Physikalische** Gesellschaft

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit rund 55.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als Forum und Sprachrohr der Physik und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG unterstützt den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit Tagungen und Publikationen. Sie engagiert sich in der gesellschaftspolitischen Diskussion zu Themen wie Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Klimaschutz, Energieversorgung und Rüstungskontrolle. Sie fördert den Physikunterricht und möchte darüber hinaus allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen.

In der DPG sind Wissenschaftler:innen, Studierende, Lehrkräfte, in der Industrie tätige oder einfach nur an Physik interessierte Personen ebenso vertreten wie Patentanwältinnen oder Wissenschaftsjournalisten. Gegenwärtig hat die DPG sieben Nobelpreisträger in ihren Reihen. Weltberühmte Mitglieder hatte die DPG immer schon. So waren Albert Einstein, Hermann von Helmholtz und Max Planck einst Präsidenten der DPG.

Die DPG finanziert sich im Wesentlichen aus Mitgliedsbeiträgen. Ihre Aktivitäten werden außerdem von Bundes- und Landesseite sowie von gemeinnützigen Organisationen gefördert. Besonders eng kooperiert die DPG mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

Die DPG-Geschäftsstelle hat ihren Sitz im Physikzentrum Bad Honnef in unmittelbarer Nähe zur Universitäts- und Bundesstadt Bonn. Das Physikzentrum ist nicht nur ein Begegnungs- und Diskussionsforum von herausragender Bedeutung für die Physik in Deutschland, sondern auch Markenzeichen der Physik auf internationalem Niveau. Hier treffen sich Studierende und Spitzenwissenschaftler:innen bis hin zum Nobelpreisträger zum wissenschaftlichen Gedankenaustausch. Auch Lehrkräfte reisen immer wieder gerne nach Bad Honnef, um sich in den Seminaren der DPG fachlich und didaktisch fortzubilden.

In der Bundeshauptstadt Berlin ist die DPG ebenfalls präsent. Denn seit ihrer Vereinigung mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR im Jahre 1990 unterhält sie dort das Magnus-Haus. Dieses 1760 vollendete Stadtpalais, das den Namen des Naturforschers Gustav Magnus trägt, ist eng mit der Geschichte der DPG verbunden: Aus einem Gelehrntreffen, das hier regelmäßig stattfand, ging im Jahre 1845 die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“, später die DPG hervor. Heute finden hier Kolloquien und Vorträge zu physikalischen und gesellschaftspolitischen Themen statt. Gleichzeitig befindet sich im Magnus-Haus Berlin auch das historische Archiv der DPG.

Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.

Geschäftsstelle Tel.: 02224 / 92 32 - 0
Hauptstraße 5 Fax: 02224 / 92 32 - 50
53604 Bad Honnef E-Mail: dpg@dpg-physik.de

Redaktion: Gerhard Samulat

Fußnoten

1. <https://www.mpg.de/18239857/kernfusion-jet-weltrekord>, Nature 602, 371 (2022) doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-022-00391-1>
2. <https://www.iter.org/>
3. Siehe Physik konkret Nr. 51 (https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/physikkonkret/pix/pk-51-2020_fusion_2020-08-26_web.pdf)
4. Beidler, C.D., Smith, H.M., Alonso, A. et al. Demonstration of reduced neoclassical energy transport in Wendelstein 7-X. Nature 596, 221–226 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03687-w>
5. https://www.ipp.mpg.de/5322014/01_23
6. Eine Nanosekunde ist der milliardste Teil einer Sekunde
7. <https://lasers.llnl.gov/>
8. <https://www.llnl.gov/news/lawrence-livermore-national-laboratory-achieves-fusion-ignition>
9. <https://euro-fusion.org/>

Die DPG dankt ihrem Autor Robert Wolf vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) aus Greifswald und Garching bei München."