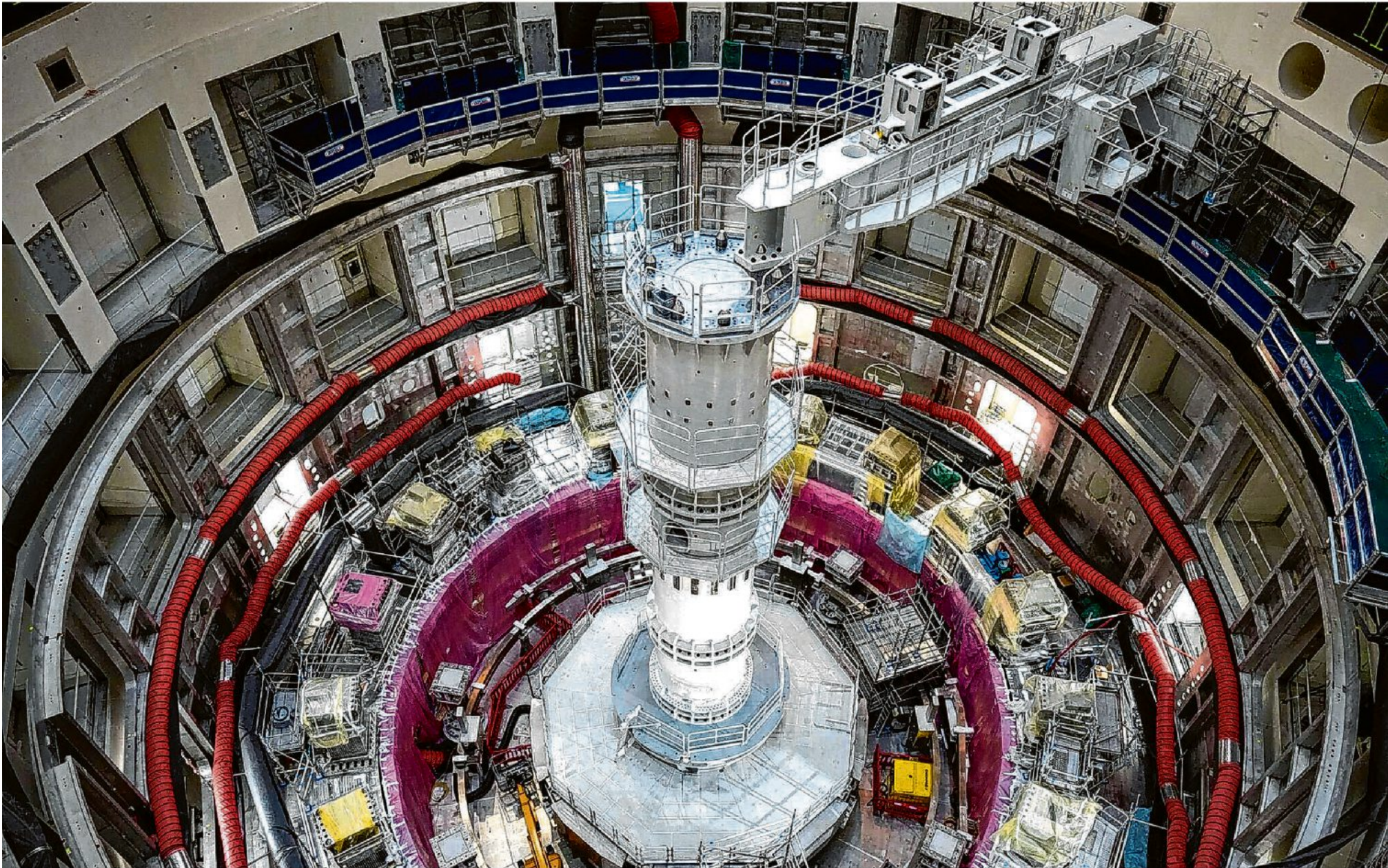




Die ITER-Anlage, ein experimenteller Fusionsreaktor, in Südfrankreich.

Foto: Daniel Cole/AP/dpa

Die Fusionsforschung erlebt einen weltweiten Investitionsboom. Seit 2021 sind die privaten Mittel um rund 300 Prozent auf über sieben Milliarden US-Dollar gestiegen, hinzu kommt staatliche Förderung. Auch die Bundesregierung setzt auf die Technologie: Die schwarz-rote Koalition will den ersten Fusionsreaktor der Welt in Deutschland bauen.

Warum fließt so viel Geld? Mehrere Durchbrüche haben das Interesse an der Kernfusion stark belebt. 2022 gelang der US-Einrichtung National Ignition Facility (NIF) erstmals ein Nettoenergiegewinn bei einer Fusionsreaktion, es wurde also mehr Energie freigesetzt als zuvor eingebracht wurde – ein Meilenstein, der die Vision nahezu unerschöpflicher, sauberer Energie realistischer erscheinen ließ. In Deutschland stellte 2025 die Forschungsanlage Wendelstein 7-X in Greifswald einen Weltrekord auf: 360 Sekunden stabiles Plasma, ein extrem heißes, elektrisch geladenes Gas, in dem die Fusion stattfinden soll. Das Plasma wird dort mit starken Magnetfeldern in der Schwebe gehalten.

Fortschritte bei Supercomputern, KI und Lasertechnik machen die kontrollierte Kernfusion technisch zunehmend beherrschbar, auch wenn die Gesamtenergiebilanz der Anlagen noch negativ ist. Große Tech- und Energiekonzerne wie Amazon, Google oder Shell investieren Milliarden in die Technik, getrieben vom steigenden Strombedarf etwa durch KI-Rechenzentren. Auch Staaten erhöhen die Förderung für die Fusionstechnik, nicht zuletzt, um im Wettlauf mit China nicht den Anschluss zu verlieren.

Für immer saubere Energie?

Atom Deutschland gehört bei der Technik der Kernfusion zur Weltspitze. Investitionen in Milliardenhöhe, neue Rekorde und erste Prototypen zeigen: Der Traum wird realistischer. *Von Igor Steinle*

Was ist Kernfusion?

Kernfusion ist der Prozess, bei dem leichte Atomkerne wie Deuterium und Tritium bei extremen Temperaturen (Plasma) verschmelzen und dabei Energie freisetzen – wie in der Sonne. Ein Gramm Fusionsbrennstoff liefert so

viel Energie wie bis zu 13 Tonnen Kohle. Anders als bei der Kernspaltung gibt es keine Kettenreaktion oder Kernschmelze. Der entstehende Atommüll ist zudem kurzlebig und muss nur 100 bis 200 Jahre gelagert werden.

Zwei Ansätze dominieren derzeit: Magnetfusion (z. B. Wendelstein 7-X) nutzt starke Magnetfelder, Laserfusion zündet Brennstoffkügelchen per Laser – 2022 gelang dabei erstmals ein Nettoenergiegewinn.

Was sind die größten Probleme? Die größten Hürden auf dem Weg zum Fusionskraftwerk liegen laut Experten nicht mehr in der Physik, sondern in der Ingenieurtechnik. Entscheidend ist, das Plasma bei über 100 Millionen Grad stabil und lange genug eingeschlossen zu halten, etwa durch Magnetfelder oder Laserpulse, ohne dass es die Reaktorwände berührt. Dafür fehlen noch geeignete Materialien. Hochbelastbare Stähle werden momentan entwickelt und gelten als vielversprechend, sind aber noch nicht industriell erprobt. Auch der Brennstoff Tritium ist knapp und in der Natur kaum verfügbar. Er muss im Reaktor durch Neutronenbeschuss von Lithium-6 erzeugt werden: ein komplexer Vorgang, der nicht ausgereift ist. Zudem bleibt die Gesamtenergiebilanz negativ, da Hilfssysteme wie Laser oder Kühlung viel Energie benötigen.

Wann kommt der erste Reaktor? Lange galt die „Fusionskonstante“, wonach ein Kraftwerk 30 Jahre vom Bau entfernt ist, als Sinnbild für Stillstand. „Ich denke, diese ‚Fusionskonstante‘ gilt nicht mehr“, sagt Hartmut Zohm vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik. Es sei realistisch, dass der internationale Forschungsreaktor ITER in Südfrankreich in den 2030er Jahren erstmals brennendes Plasma erzeuge. Doch trotz der neuen Dynamik sind die Zeitpläne zurückhaltend: Testanlagen sind ab den 2030ern möglich, eine breite Nutzung vor 2050 gilt als unrealistisch. Zwar kündigen Start-ups wie Marvel oder Proxima erste Kraftwerke noch vor 2035 an. Viele Fachleute zweifeln jedoch an der technischen Machbarkeit. Hinzu kommen die Kosten von bis zu 20 Milliarden Euro für eine Anlage.

Wo steht Deutschland? Deutschland zählt in der Fusionsforschung zur Weltspitze, dank exzellenter Plasmaphysik und der von Fachleuten „Stellarator“ genannten Anlage Wendelstein 7-X, die mit langen Plasmadauern Maßstäbe setzte. Auch die Industrie ist gut aufgestellt: Firmen wie Trumpf, Zeiss und Schott liefern Schlüsseltechnologien für die Laserfusion. Start-ups wie Proxima, Marvel, Gauss und Focused Energy entwickeln mit staatlicher Unterstützung erste Prototypen. „Die Chancen sind sehr hoch, dass Deutschland einen funktionsfähigen Fusionsreaktor baut“, sagt Christian Linsmeier vom Forschungszentrum Jülich.

Doch der internationale Druck wächst: China und die USA investieren mehr, beschleunigen Genehmigungen und skalieren schneller. „China ist im Moment auf dem Weg, die Voraussetzungen für einen funktionsfähigen Fusionsreaktor zu schaffen“, so Klaus Hesch vom Karlsruher Institut für Technologie. Die Bundesregierung reagiert: 2025 soll ein Fusionsaktionsplan erscheinen, 2026 eine „Roadmap“ zur Vorbereitung eines Kraftwerks.

Was muss sich politisch ändern? Deutschland braucht laut Experten einen eigenen Rechtsrahmen für die Kernfusion, angepasst an das geringere Risiko und daher getrennt vom Atomgesetz. Genehmigungen dauern hierzulande zudem oft mehrere Jahre, in China oder den USA nur wenige Monate. Die Branche fordert daher einen „Genehmigungs-Turbo“. Auch bei der Förderung besteht Nachholbedarf: Das Programm „Fusion 2040“ ist mit einer Milliarde Euro bis 2029 deutlich schwächer ausgestattet als vergleichbare Initiativen in den USA oder China.

Hintergrund

Gold aus dem Kraftwerk?

Ein Menschheitstraum beflügelt seit Jahrhunderten die Fantasie: die künstliche Herstellung von Gold. Das US-Start-up „Marathon Fusion“ aus San Francisco behauptet nun, moderner Alchemie einen Schritt näher gekommen zu sein. Ihre Theorie: Mithilfe eines physikalischen Prozesses in Fusionsreaktoren soll es möglich sein, Gold aus Quecksilber zu erzeugen.

Was nach Zauberei klingt, beruht auf dem Prinzip der nuklearen Transmutation. Dabei wird das stabile Quecksilber-Isotop Hg-198 durch Beschuss mit hochenergetischen Neutronen in das instabile Isotop Hg-197 überführt, woraus anschließend Gold wird.

Dieser Prozess soll als Nebenprodukt der Energiegewinnung in Fusionskraftwerken ablaufen. Der Verkauf von im Reaktor erzeugtem Gold könne ausreichen, um die Kapital- und Betriebskosten auszugleichen und in vielen Fällen sogar vollständig zu decken, schreiben die Gründer Adam Rutkowski und Kyle Schiller in einem bislang nicht wissenschaftlich begutachteten Fachaufsatz.

Die Baukosten eines Fusionsreaktors liegen nach Schätzungen bei 15 bis 20 Milliarden Euro. Auch die Strompreise dürften anfangs kaum unter denen herkömmlicher Kernkraftwerke liegen. Marathon Fusion kalkuliert jedoch, dass ein Reaktor mit einer Leistung von einem Gigawatt jährlich bis zu fünf Tonnen Gold erzeugen könnte – etwa so viel, wie 2024 weltweit durch Recycling gewonnen wurde.

Zunächst radioaktiv

Die Fachwelt zeigt sich vorsichtig optimistisch. Der Plasmaphysiker Ahmed Diallo von der Princeton University bezeichnete die Idee in der „Financial Times“ als „faszinierend“. Doch es gibt gewichtige Hürden: Das benötigte Isotop Hg-198 ist rar und müsste technisch aufwendig angereichert werden. Zudem wäre das erzeugte Gold zunächst radioaktiv verunreinigt, eine Lagerzeit von 14 bis 20 Jahren wäre nötig, bevor es verwendet werden könnte.

Trotz dieser Herausforderungen setzt Marathon Fusion große Hoffnungen in das Verfahren. Die Vision: ein „neues goldenes Zeitalter“, nicht nur für Edelmetalle, sondern für die Wirtschaftlichkeit der Kernfusion, die nahezu unendliche und klimafreundliche Energie liefern soll.

Igor Steinle



Versuchsaufbau für Kernfusion.

ZAHL DES TAGES

50

Millionen Dollar Belohnung bietet die US-Regierung für Informationen, die zur Festnahme des venezolanischen Präsidenten Nicolás Maduro führen. Die USA werfen ihm Verstoß gegen die US-Drogengesetze vor. Vor etwa einem Jahr hatte sich der autoritär regierende Maduro nach einer umstrittenen Wahl für eine dritte Amtszeit bis 2031 vereidigen lassen. *dpa*

Israel Kirchen-Konten eingefroren

Jerusalem. Israelische Behörden haben offenbar die Bankkonten der griechisch-orthodoxen Kirche in Jerusalem eingefroren. Hintergründe der Maßnahme durch die Jerusalemer Stadtverwaltung wurden zunächst nicht bekannt. Die griechisch-katholische Kirche verfügt in Israel aus ihrer jahrhundertelangen Geschichte heraus über beträchtlichen Grundbesitz und andere Vermögenswerte. Ihre Gläubigen sind überwiegend einheimische Palästinenser. *kna*



Baustopp für Haftanstalt

Ein US-Gericht hat weitere Bauarbeiten an der Haftanstalt für Migranten in Floridas Sumpfgebiet Everglades gestoppt. Ein möglicher Verstoß gegen Umweltschutzgesetze soll geprüft werden. *Foto: Andrew Caballero-Reynolds/afp*

Sea Watch Italien setzt Flugzeug fest

Rom. Die italienischen Behörden haben nach Angaben von Sea Watch ein Aufklärungsflugzeug der Seenotrettungsorganisation festgesetzt. Die Besatzung der „Seabird 1“ sei von der Luftaufsichtsbehörde informiert worden. Es sei das erste Mal, dass eines der Aufklärungsflugzeuge der Organisation festgesetzt werde. Es sei offensichtlich, dass die Festsetzung das Ziel habe, Sea-Watch als Zeugen der Situation im Mittelmeer loszuwerden, sagte Sprecherin Laura Meschede. *epd*

DR Kongo Rebellen weisen Vorwurf zurück

Goma. Vor dem Beginn geplanter Friedensverhandlungen hat die kongolesische Rebellengruppe M23 den Vereinten Nationen die Verbreitung haltloser Anschuldigungen vorgeworfen. Die Vorwürfe seien rein politisch motiviert. Das UN-Menschenrechtsbüro hatte am Dienstag einen Bericht vorgelegt, wonach die Miliz bei einem Massaker im Juli im Ostkongo mehr als 300 Zivilistinnen und Zivilisten getötet hat. Die kongolesische Regierung verurteilte die Gewalt. *epd*