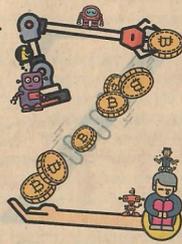


NEURALINK

## Nervenkitzel

Elon Musk will uns mit Hirnimplantaten zu Cyborgs machen. Visionär oder utopisch?

Seite 16



Irgendwo zwischen der unerschöpflichen, sauberen Energiequelle, die sämtliche Versorgungsprobleme löst und dem größten Geldversenkungsprojekt der Geschichte – in diesem Schwarz-Weiß-Spektrum bewegen sich die Diskussionen, wenn von der Kernfusion die Rede ist. Doch worum geht es eigentlich bei ihr?

Im Grunde will man die Prozesse, die in der Sonne ablaufen, imitieren: Wasserstoff soll in Helium umgewandelt und die dabei entstehende Energie genutzt werden. Wollte man eine Sekunde Sonnenenergie auf der Erde erzeugen, müssten alle bestehenden Atomkraftwerke die nächsten 750.000 Jahre durchgehend laufen. Per Fusionsenergie lässt sich aber bereits aus einem Gramm Wasserstoff so viel Energie wie aus zehn Tonnen Öl herausholen.

Die Theorie haben die Wissenschaftler bereits gemeistert. Nun geht es darum, die letzten technischen Hürden zu überwinden, um die Fusion kontrolliert in Gang setzen und aufrechterhalten zu können. Das schien lange Zeit ein fernes Ziel. Ist es nun wirklich so weit?

## Mehr als 100 Millionen Grad

Weil die Sonne so extrem verdichtet ist, geschieht Kernfusion dort bei vergleichsweise „kühlen“ 15 Millionen Grad Celsius. Will man selbiges auf der Erde auslösen, braucht es eine rund zehnfache so hohe Temperatur. Bei diesen Temperaturen wird aus Gas Plasma. Erst dann bewegen sich Wasserstoffteilchen so schnell und kollidieren mit solch einer Wucht miteinander, dass sie ihre gegenseitige Abstoßung überwinden und die Atomkerne miteinander verschmelzen. Dabei entsteht das neue Element Helium, und ein überschüssiges Neutron wird herausgeschleudert.

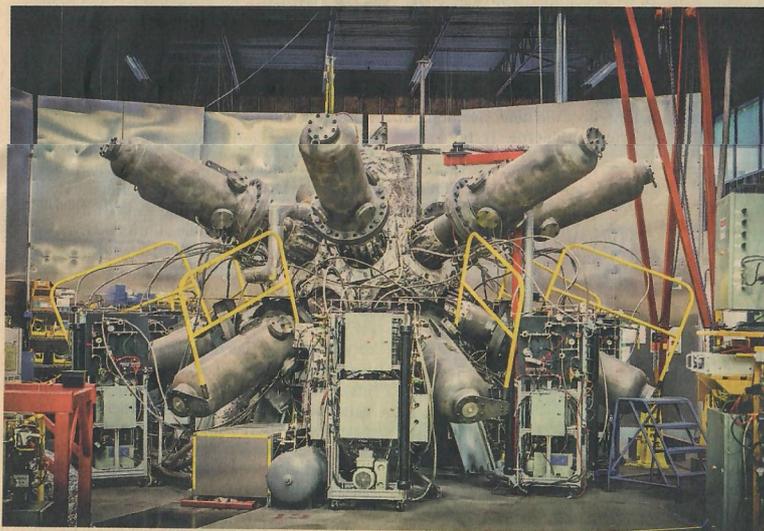
Beim Auftreffen ebenjenes Neutrons auf der Reaktorwand entsteht neben durchaus gefährlicher Neutronenstrahlung auch Hitze, die mit Wasser reduziert werden muss. Das verdampfende Wasser soll wiederum Turbinen antreiben. Der Vorteil gegenüber der Kernspaltung: Geht etwas schief, stoppt der Prozess sofort. Kettenreaktionen sind bei der Fusion ausgeschlossen. Und mit der Neutronenstrahlung wissen die Forscher umzugehen. So weit die sehr vereinfachte Theorie.

Schwierig wird es in der Praxis. Man stehe vor „gewaltigen technischen Problemen“, sagt Universitätsprofessor Friedrich Aumayr, Leiter des Instituts für Angewandte Physik an der TU Wien. „Aber wir wissen, wie es funktionieren kann – und das wird es auch“, ist der Fusionsexperte überzeugt. Um das Plasma über einen längeren Zeit-

# Traum von der unendlichen Energie

Wird am Ende vielleicht die Kernfusion den Energiehunger der Menschheit stillen? Immer mehr Start-ups steigen in das Geschäft ein. Woran die Umsetzung derzeit noch scheitert.

AUSBLICK: Fabian Somavilla



Im Schneckenrennen um die Fusionskraft spielen immer mehr Start-ups mit.

Foto: General Fusion

raum auf Temperatur und in Position zu halten, setzt man meist auf extrem starke Magnete in donutförmigen Reaktoren.

Aumayr vergleicht den Einschussprozess des Plasmas mit dem Zusammendrücken eines Luftballons. Drückt man nicht von allen Seiten gleichzeitig, quillt immer irgendwo etwas heraus – was schlecht für den stündteuren Reaktor wäre. Ziel des ganzen Prozederes ist es letzten Endes, deutlich mehr Energie herauszubekommen, als man für das Erhitzen des Plasmas und dessen Stabilisation hineingesteckt hat. Nur dann macht ein Fusionskraftwerk Sinn.

Ob dies mit unserem aktuellen Wissens- und Technikstand klappt,

wird gerade in Cadarache im Süden Frankreichs erforscht. Dort haben sich die führenden Industrienationen seit 2007 zusammengeschlossen, um mit Iter den weltweit größten Fusionsreaktor zu bauen. Das Zehnfache an investierter Energie soll bei Iter rauskommen ( $Q = 10$ ).

Q = ?

Iter wird selbst aber nie Strom erzeugen, sondern lediglich den „proof of concept“ liefern. Damit ein Kraftwerk – alles miteingerechnet – wirtschaftlich arbeite, brauche es aber ohnehin einen Q-Wert zwischen 30 und 50, schätzt Aumayr. Jetzt gilt es aber Zwischenziele zu erreichen.

Der Zeitpunkt des anvisierten Testerfolgs von Iter wird allerdings

fast im selben Rhythmus nach hinten verschoben, wie die Milliardenkosten für das Projekt nach oben gehen. Dennoch gehen die Forscher davon aus, dass es klappen wird. Nur die Frage nach dem Wann bleibt. Pläne für einen stromproduzierenden Fusionsreaktor, der auf den Iter-Test folgen soll, liegen aber schon in den Schubladen bereit.

Apropos Pläne: Weil die Baupläne für Iter schon etwas in die Jahre gekommen seien, verpasse man dort den Fortschritt, sagt man bei Commonwealth Fusion Systems. Die EX-MIT-Mitarbeiter sind gerade dabei, die Pläne für den „Sparc“-Fusionsreaktor zu finalisieren. In nicht mehr als 15 Jahren soll der Prototyp kostengünstigen Strom produzie-

ren, dank neuester und leistungsstarker Hochtemperatursupraleiter (HTSL), die keine Kühlung nahe dem absoluten Gefrierpunkt benötigen.

Commonwealth Fusion ist nicht das einzige Start-up, das die großen staatlichen Projekte derzeit vor sich herreibt. Rund zwei Dutzend Unternehmen versuchen sich aktuell an Fusionsenergie. Der Vorteil der Privaten: Anstatt auf nur ein Pferd zu setzen, verteilt sich die Forschung auf verschiedene Ansätze. Das kanadische Unternehmen General Fusion etwa setzt auf die Kompression flüssigen Lithiums durch koordinierte Kolben zur Plasmaherstellung. Das aus der Uni Oxford hervorgegangene First Light Fusion will die für die Kernfusion benötigte Hitze durch Implosionen erreichen, die man sich bei Pistolenkrebsen abschaut. Jedes Unternehmen glaubt, den Königsweg entdeckt zu haben.

Für Aumayr ist es ein positives Signal für die Branche. Jahrelang habe man erwartet, wann neben der staatlich finanzierten Grundlagenforschung auch die Privaten endlich einsteigen. Nun scheint es für die Industrie absehbar, dass sich Fusion auch wirtschaftlich rechnen könnte. „Und Konkurrenz belebt das Geschäft“, so der Fusionsexperte. „Die meisten werden zwar scheitern, aber einer hat vielleicht die zündende Idee“, so Aumayr.

## Noch kein Klimaretter

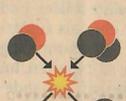
Bliebt zu sehen, wer die Millioneninvestitionen tatsächlich in Ergebnisse umwandeln kann. Bei aller Euphorie, die die Start-ups gerne versprühen und auch zur Kapitalakquise brauchen, fehle allen noch jene „Zwischenstufe, die die magnetische Fusion bei Iter bereits hinter sich hat“, sagt Aumayr. Erst dann lässt sich hochskalieren, erst dann wird es rentabel.

Ein häufig genanntes Argument für die Milliardeninvestitionen in die Fusionsenergie bleibt jedenfalls der Umweltfaktor. Fusion wird oft als grünes Allheilmittel für die Klimakrise bezeichnet – entstehen bei der Kernschmelze selbst doch keine Treibhausgase und vergleichsweise wenig radioaktiv verstrahlter Müll, der dank geringer Halbwertszeit nur einige Jahrzehnte zwischengelagert und nicht Hunderttausende von Jahren endgelagert werden muss.

Klimaforscher warnen aber davor, Kernfusion als Freibrief dafür zu verstehen, den Umstieg auf erneuerbare Energien einzubremsen. Um die Klimakrise abzuwenden, kommt Fusionsenergie definitiv zu spät, so ihr Appell. Sie sei ein Bonus und kann langfristig eine Energiegewende einleiten. Kurz- und mittelfristig brauche es aber andere Wege.

Langfassung auf [dst.at/Zukunft](http://dst.at/Zukunft)

## Geschichte der menschengemachten Atomfusion



1934 Erste menschengemachte Fusion im Labor.

1938 Erster Versuch eines Fusionsreaktors scheitert.



1917 Ernest Rutherford entdeckt bei Experimenten mit Alpha-Teilchen die Kernfusion.

1950 Sowjets präsentieren Tokamak-Reaktor-Pläne. Das Vorbild vieler heutiger Reaktoren.

1958 USA und Sowjetunion beschließen Veröffentlichung aller Ergebnisse und Aufnahme einer internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Kernfusionsforschung.

1997 ITERS-Vorläufer Jet stellt Weltrekord mit Fusionsleistung von 16 Megawatt auf ( $Q = 0,6$ ).

2009 Die Arbeiten an Iter, dem „größten Energieprojekt der Geschichte“, beginnen.

2025 In Iter soll das erste Plasma gezündet werden.

2035 Kernfusion mit Tritium-Deuterium-Gemisch in Iter soll  $Q = 10$  demonstrieren.

2050-2065 Iter-Nachfolger Demo soll regelmäßig kommerziell verfügbaren Strom liefern.

2020 Die Montage des Reaktors beginnt und soll 4,5 Jahre dauern.

2035-2040 Start-ups wollen bis dahin kommerziell verfügbaren Strom liefern.

Quelle: eigene Recherche; Foto: Wikipedia | DERSTANDARD