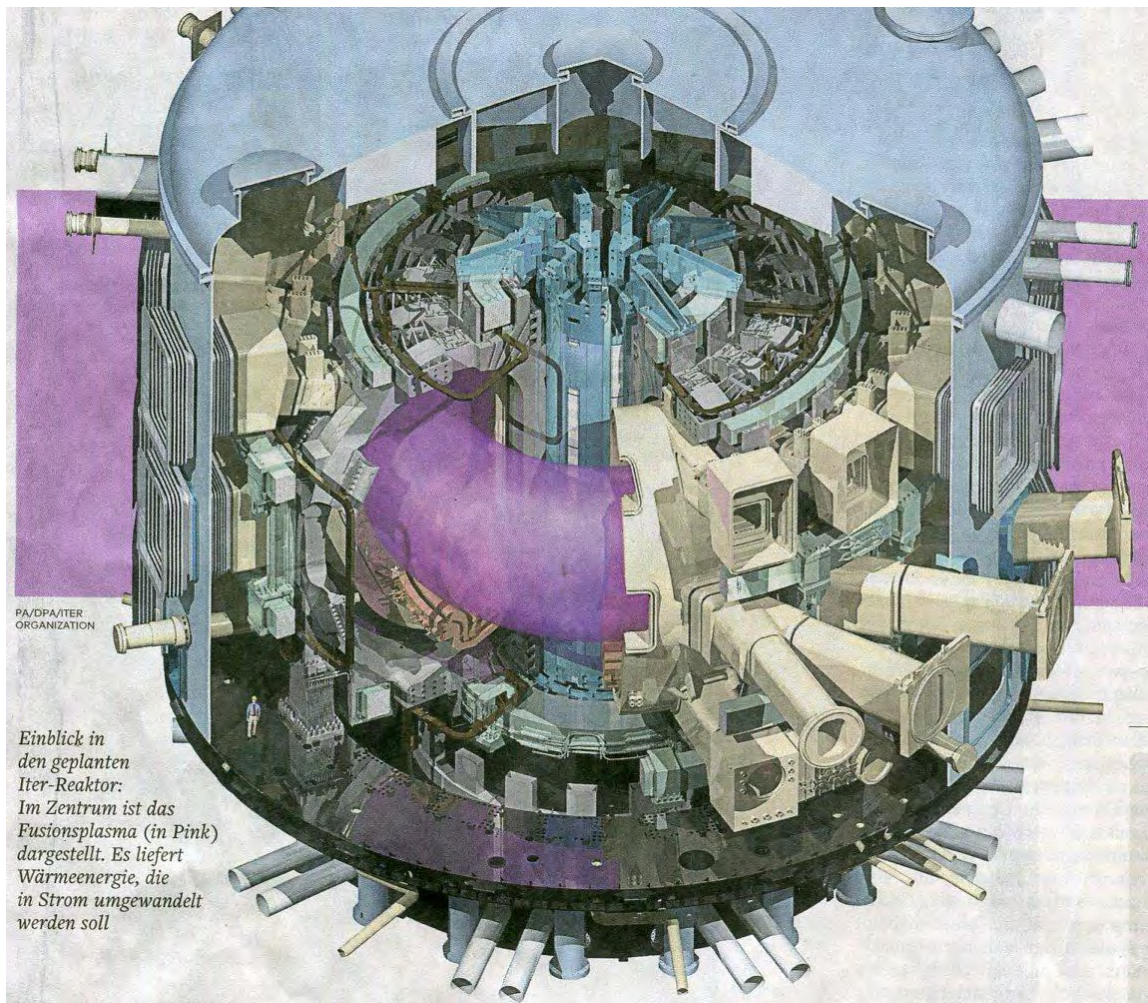


WELT AM SONNTAG, 9. APRIL 2012

WIRTSCHAFT

# DAS ENERGIE-WUNDER



**Von Daniel Wetzel**

aus Saint-Paul-lès-Durance

Kernfusion galt jahrzehntelang  
als Science-Fiction,  
doch nun macht der internationale  
Versuchsreaktor Iter Fortschritte.  
Er könnte die Energieprobleme  
der Menschheit lösen

Unter dem Einschlag des Hammers verbiegt sich das fingerdicke Stück Stahl langsam. Doch es bricht nicht. Rudolf Konya, 38, dreht das zur V-Form deformierte Werkstück zwischen den

Fingern: „Darauf können wir mal stolz sein“, sagt der Ingenieur versonnen und rückt seine schmale Brille zurecht: „300 Joule – das ist gut dreimal zäher, als wir es für den Iter brauchen.“

Dass Konya mit dem Ergebnis seines Materialtests zufrieden ist, könnte für die Energieversorgung der Welt noch von entscheidender Bedeutung sein. Denn der Projektmanager der Firma Pro-beam schweißt in der Nähe von Magdeburg aus diesem zähen Edelstahl einen haushohen Kessel zusammen, der einmal das Herzstück des Fusionsreaktors Iter bilden wird. Die von Pro-beam gefertigte Stahlkammer muss dann Belastungen standhalten, die jede Vorstellungskraft sprengen.

Fusionsreaktoren galten jahrzehntelang als Science Fiction, eine Erfindung Hollywoods. Doch an dem Verfahren wird in Wirklichkeit seit vielen Jahren in Anlagen wie im britischen Culham, in München-Garching oder im koreanischen Daejeon gearbeitet. Die Grundidee ist relativ einfach: Statt, wie bei der klassischen Kernkraft, Atome zu spalten, werden sie verschmolzen. Konkret: Bei sehr großer Hitze soll aus zwei Wasserstoff-Teilchen ein Helium-Atom werden. Dabei wird eine große Menge Energie frei, die sich nutzen lässt. **Schon 1985 vereinbarte der damalige US-amerikanische Präsident Ronald Reagan mit dem Staatschef der Sowjetunion, Michael Gorbatschow, einen solchen Reaktor zu entwickeln.** Die Technik verhielt bereits damals saubere, sichere, nicht-radioaktive und unbegrenzte Energie für die Menschheit.

Es dauerte freilich weitere zwei Jahrzehnte, bis sich Europäer, Japaner, Chinesen, Südkoreaner und Inder mit den Russen und Amerikanern auf den Bau einer milliarden schweren Versuchsanlage im Süden Frankreichs einigen konnten. Das größte internationale Gemeinschaftsprojekt in der Energietechnik gab sich 2005 den etwas theatralischen Namen Iter – lateinisch für „Der Weg“ - und ließ dann jahrelang nichts mehr von sich hören. In der Wissenschaftsgemeinschaft machte bald der Witz von der „Fusionskonstanten“ die Runde: Wann immer man danach fragte, wann man denn mit dem ersten Fusionsreaktor rechnen könne, lautet die Antwort stets „in 40 bis 50 Jahren“.

Nun hat es sich ausgelacht. Denn seit 2015 ist das Projekt in den Händen des ehemaligen französischen Hochkommissars für Atomkraft, Bernard Bigot, und die **Bauarbeiten machen auf einmal rasche Fortschritte.** Bigot ließ sich vom Iter-Rat der Mitgliedsstaaten weitreichende Befugnisse ausstellen und beendete die endlosen Diskussionen von Wissenschaftlern und Ingenieuren durch kurze, klare Entscheidungen. Seither wachsen auf der Baustelle des Forschungszentrums Cadarache in der südfranzösischen Gemeinde Saint-Paul-lès-Durance die Iter-Gebäude zügig in den Himmel. Die politisch eher freihändig vorgegebenen Fristen ersetzte Bigot durch eine von unabhängigen Experten überprüfte und testierte Bau- und Budgetplanung. Darauf beruht sein Versprechen: **„2025 brennt das erste Plasma.“**

**Auch der Iter wird noch kein Kraftwerk sein. Die Anlage ist vorerst nur ein gigantisches Experiment, das nachweisen soll, dass man aus der Kernfusion netto mehr Energie herausholen kann, als man zuvor zur Erhitzung der Wasserstoff-Teilchen hineingesteckt hat. Bis 2035 will man die Ergebnisse des Iter auswerten und dann Fusionsexperimente mit den Wasserstoff-Isotopen Deuterium und Tritium machen.**

Danach könnte es mit den ersten echten Fusionskraftwerken schnell gehen – zumal **China parallel zum Iter-Experiment bereits mit den Vorbereitungen zu einer Pilotanlage begonnen hat.** Klaus Hesch, Sprecher der rund 200 Fusionsforscher am Karlsruher Institut für Techno-

logie (KIT) ist sich sicher: „Die Energiegewinnung aus Kernfusion wird funktionieren – die Frage ist nur, wie lange es dauert, bis die erste Anlage in Betrieb geht.“

Doch der Zeitdruck, unter den Bigot die Zulieferer der sieben Projektbeteiligten gesetzt hat, wirkt offenbar Wunder. Angesichts des raschen Baufortschritts in Cadarache erscheint es für Umwelt-, Energie- und Klimapolitiker ratsam, sich langsam an den Gedanken zu gewöhnen, dass Fusionsreaktoren eine echte Option werden könnten. Geht alles wunschgemäß voran, dürften um das Jahr 2050 herum die ersten Fusionsreaktoren probeweise ans Netz gehen - ausgerechnet genau dann, wenn nach dem Willen der Weltklimakonferenz von Paris der Globus frei von fossilen Brennstoffen sein soll. Die Folgen der neuen Technik wären dramatisch.

Denn bislang standen der Menschheit lediglich drei Energiequellen zur Verfügung, von denen zwei in einigen Staaten wie zum Beispiel Deutschland auch noch ausgemustert werden sollen: Neben der Kernspaltung, vulgo Atomkraft, gibt es nur fossile Energieträger wie Kohle, Gas und Öl sowie, drittens, die erneuerbaren Energien aus solarer Strahlung und bewegter Luft, auch Windkraft genannt. Kernfusion würde der Menschheit auch schlagartig eine vierte Primärenergiequelle erschließen.

Das Verdrängungspotenzial dieser neuen Technik ist hoch: Denn in der Kernfusion schlummert die höchste Energiedichte aller bekannten Energieträger. Der Physiker Thorsten Löwer, der als Pro-beam-Chef das Iter-Projekt seit Anbeginn verfolgt, rechnet vor, dass 20 Gramm der Wasserstoff-Isotope Deuterium und Tritium als Brennstoff ausreichen, um rund vier Millionen Kilowattstunden Strom zu erzeugen – das ist die Ausbeute eines durchschnittlichen Windrades während eines ganzen Jahres. Die nutzbare Energiedichte sei sogar um den Faktor zehn höher als im Uran, das für die Kernspaltung in Atomkraftwerken benötigt wird.

Der Karlsruher Fusionsforscher Hesch geht davon aus, dass man für den Betrieb eines Großkraftwerks mit 1000 Megawatt Leistung pro Jahr gerade einmal 400 Kilogramm Brennstoff verbraucht. Damit aber hätte die Kernfusion theoretisch das Potenzial, die Energieprobleme der Menschheit zu lösen.

Denn während die ungleich verteilten Uran-, Öl- oder Gasvorkommen der Welt immer knapper werden und zudem wenigen Staaten eine Monopolstellung bescheren, ist Wasserstoff überall frei und unbegrenzt verfügbar. Funktioniert die Energiegewinnung durch Kernfusion, würden sich die geostrategischen Machtverhältnisse auf dem Globus grundlegend verändern.

Das könnte schneller der Fall sein, als viele Außenpolitiker und Energiewendeplaner glauben. Das hohe Tempo, das Iter-Chef Bigot anschlägt, macht sich jedenfalls bei den deutschen Zulieferern des Projekts bereits bemerkbar. Die Firma Pro-beam etwa soll noch in diesem Jahr das erste Segment des zentralen Vakuum-Kessels ausliefern. „In den letzten Monaten ist spürbar mehr Drive in das Projekt gekommen“, stellt Pro-Beam-Werksleiter Klaus Oude Hengel fest.

Die Firma Pro-beam, eigentlich ein Mittelständler, betreibt im Städtchen Burg vor den Toren Magdeburgs die größte Elektronenstrahl-Schweißanlage der Welt. Nur hier lassen sich die von italienischen Großschmieden gelieferten Einzelteile des Plasmakessels so zusammenfügen, als wäre er aus einem Guss entstanden.

Dieser Technikeinsatz ist auch nötig. Denn die Fusion von Wasserstoff-Kernen funktioniert nur in der Sonne schon bei relativ milden Temperaturen von 15 Millionen Grad Celsius. Wer allerdings das Sonnenfeuer auf dem Planeten Erde nachbilden will, muss ohne die viel größere

re Dichte und Schwerkraft des Sterns auskommen. Deshalb müssen Mikrowellen das Plasma auf Erden sogar auf das Zehnfache der Sonnen-Temperatur erhitzen: **100 bis 150 Millionen Grad Celsius sind schon nötig, um die Helium-Bildung auszulösen.**

Selbst der speziell für den Iter zusammengemischte Superstahl mit der Typenbezeichnung 316L (N)-IG würde bei direktem Kontakt mit dem Millionen Grad heißen Teilchengemisch sofort verdampfen. Doch in dem Fusionsreaktor werden gewaltige Magnete das brennende Plasma schwebend in der Mitte des stählernen Gefäßes halten. Weil weniger als vier Gramm des Brennstoffs in der 800 Kubikmeter großen Gugelhupfform schweben, lässt sich die Hitze kontrollieren, gezielt abführen und nutzbar machen. Die extrem geringe Menge des eingesetzten Wasserstoffs und die hohen Anforderungen an die „Zündung“ bedeuten auch, dass eine Explosionsgefahr ausgeschlossen ist: Geht was schief, fällt das Fusionsfeuer sofort in sich zusammen.

Die technischen Herausforderungen bei diesem Energieprojekt der Superlative sind jedoch entsprechend gewaltig. Während im Inneren des Vakuumkessels eine Glut unvorstellbaren Ausmaßes brennt, müssen nur ein paar Meter davon entfernt die supraleitenden Magnetspulen stabil nahe des absoluten Temperatur-Nullpunkts von Minus 269 Grad Celsius gekühlt werden.

Für die Kesselbauer aus Burg in Sachsen-Anhalt, die mit ihrer Stahlwand zwischen diesen Extremen stehen, heißt das: Äußerste Präzision. Die Bauteile dürfen bei einer Höhe von elf Metern keine fünf Millimeter Formabweichung aufweisen – und das geht nur mit Elektronenstrahl-Schweißmaschinen, die nur wenig verformende Wärme ins Metall abgeben.

Gerade fährt bei pro-beam eine Hebebühne die ersten silbrig schimmernden Stahlrippen in eine haushohe, nachtschwarze Vakuumkammer. Sieben Pumpen von der Größe eines Kleinwagens saugen die Luft aus dem Raum, dann schwenkt ein Roboterarm die mit 80.000 Volt gespeiste Elektronenstrahl-Kanone auf den ersten Schweißpunkt. Stück für Stück fügt die Maschine so die 450-Tonnen-Segmente der Plasmakammer zusammen.

Die Anforderungen an die anderen Zulieferer sind nicht geringer. Bei MAN Turbo & Diesel in Deggendorf bauen die Ingenieure derzeit die größte Kühlkammer der Welt. Der stählerne „Cryostat“, der die Eiseskälte rund um den glühenden Plasmakessel bewahrt, kommt bei einem Durchmesser von 30 Metern auf ein Gesamtgewicht von 3500 Tonnen.

In Freiburg im Breisgau schleift man bei der Diamond Materials GmbH großflächige Diamantscheiben, die als „Fenster“ zur Plasmakammer dienen sollen. Wenn das Plasma durch Mikrowellenbeschuss auf Temperatur gebracht wird, müssen diese superharten Scheiben Wärmeenergie von bis zu zwei Megawatt oder umgerechnet 1000 Herdplatten durchleiten können.

Die Managementleistung, die erforderlich ist, um Millionen von hoch spezialisierten Einzelteilen dieser Art weltweit zu bestellen, zu prüfen und zusammensetzen, ist beispiellos. Geradezu irrwitzig erscheint die Aufteilung der Gewerke: So schweißt Pro-Beam in Deutschland nur fünf der neun Kessel-Segmente, die übrigen vier kommen aus Südkorea. Ob die riesigen, tonnenschweren Präzisionsbauteile zusammenpassen und ein Ganzes ergeben, wird sich erst in einigen Jahren bei der Endmontage im Forschungszentrum Cadarache erweisen. Doch die ungewöhnliche Doppelbesetzung vieler Aufgaben verfolgt einen politischen Zweck: Jeder einzelne der teilnehmenden Staaten will am Ende die Kompetenz besitzen, einen Fusionsreaktor alleine bauen zu können.

Die weltweit verteilten Kompetenzen der Iter-Staaten machen unerhörte Allianzen nötig: Die größten Magneten der Welt, die das Plasma in der Schwebe halten sollen, sind eine Gemeinschaftsarbeit von Russen, Chinesen und Europäern, und die arbeiten beim Wickeln der Spulen in den Hallen von Cadarache seit Monaten zusammen. Bei dem Bau des Hitzesystems reichen sich amerikanische, russische, japanische, indische und europäische Ingenieure gegenseitig den Schraubenschlüssel an. Japanische und amerikanische Experten werkeln gemeinsam am zentralen „Solenoid“, der 18 Meter hohen Zylinderspule, die in der Mitte des Plasmakessels stehen soll und als stärkster Magnet der Welt angeblich die Kraft besitzen wird, einen Flugzeugträger aus dem Wasser zu heben.

Johannes Schwemmer, der als Direktor des EU-Unternehmens „Fusion for Energy“ von Barcelona aus den Beitrag der europäischen Industriepartner koordiniert, hält Iter für „das komplexeste Energie-Forschungsprojekt, das es je gegeben hat.“ Aber er hat keinen Zweifel, dass das Puzzle am Ende aufgeht. „Das Design hat große Fortschritte erzielt“, sagt Schwemmer: „das Teamwork zwischen den sieben internationalen Iter-Partnern und der zentralen Organisation wandelt sich vom Forscherclub zum Ingenieursprojekt. Die Maschine rollt jetzt richtig an.“

Wie die Puzzleteile für die größte Energiemaschine der Welt zusammengesetzt werden, verfolgt Iter-Chef Bernard Bigot jeden Tag vom Panoramafenster seines Büros im Zentrum Cadarache aus. Vor seinen Augen wuseln inzwischen **mehr als 1500 Arbeiter**. Baukräne drehen sich am Himmel. Am Abend streuen Flutlichtanlagen ihr Licht über die spiegelnden Fassaden der fußballfeldgroßen Hallen und beleuchten eine Szenerie, die wie ein Weltraumbahnhof wirkt. Schwerlast-Transporter, Gabelstapler und Spezialfahrzeuge mit bizarren Aufbauten suchen sich ihren Weg über das streng gesicherte Gelände. Inmitten des Durcheinanders, fast mystisch wie ein Kreis keltischer Menhire, ragt ein Ring gewaltiger Betonstelen aus dem Untergrund. Hier soll die Vakuumkammer, der fast 20 Meter breite Stahltopf made in Sachsen-Anhalt, eingepasst werden – und das Sonnenfeuer halten. „Jetzt erst merken viele Leute, dass das Projekt ernst gemeint war, dass hier etwas sehr Interessantes passiert“, freut sich der Franzose: „Inzwischen denkt eine ganze Reihe weiterer Länder über eine Mitgliedschaft nach.“

Ein erster Rahmenvertrag mit Australien ist bereits geschlossen. Kasachstan, einst Zentrum sowjetischer Fusionsforschung, schickt bereits Emissäre, der Iran zeigt ebenfalls Interesse, hier mitzumachen. Eine Vollmitgliedschaft im Iter-Konsortium zu erlangen, ist freilich schwierig: Die Projektbeteiligten haben Kosten und Lasten in jahrelangen Verhandlungen untereinander ausbalanciert. **Die in der EU-Organisation „Euratom“ organisierten Europäer tragen 45 Prozent der Kosten. Die USA, China, Russland, Japan, Südkorea und Indien halten einen Anteil von jeweils neun Prozent – haben am Ende aber Zugriff auf 100 Prozent der Forschungsergebnisse.** Spät aufspringende Trittbrettfahrer sind da schwer einzugliedern. Vorerst wird mit weiteren interessierten Staaten nur über lockere Partnerschaften oder assoziierte Mitgliedschaften gesprochen.

Angesichts des wachsenden internationalen Interesses an dem Experimentaireaktor nimmt man in Bigots Team **einigermaßen verwundert zur Kenntnis, dass in Deutschland politische Stimmen zum Ausstieg aus dem Iter-Projekt aufrufen.** „Dieses Vorhaben ist von Anfang an ein Rohrkrepierer, das Steuergelder ohne erkennbaren Nutzen verschlingt“, schimpft etwa die **atompolitische Sprecherin der Grünen im Deutschen Bundestag**, Sylvia Kotting-Uhl. „Es wird Zeit auszusteigen, bevor das Projekt noch mehr Milliarden frisst.“ Sekundiert wird die Grünen-Politikerin von der Tageszeitung **„taz“**, die den Fusionsreaktor Iter „den BER der Atom-

forschung“ nennt. Auch Hubertus Zdebel von der Fraktion Die Linke im Bundestag fordert, den „Fusionswahnsinn Iter“ zu beenden. Dass sich der Zorn deutscher Oppositionsparteien wirklich an den Kosten des Projekts entzündet, mag man weder in Cadarache noch in den Kreisen deutscher Fusions- und Plasmaforscher recht glauben. So steigt zwar der europäische Projektanteil von ursprünglich 6,6 Milliarden Euro nach dem neuen Zeit- und Budgetplan Bigots ab 2021 um mindestens weitere fünf Milliarden Euro. Die Gesamtkosten des Projekts über seine Laufzeit bis 2025 werden inzwischen auf deutlich über 20 Milliarden Euro geschätzt. Nur: „Das gibt allein Deutschland schon innerhalb eines Jahres für die Energiewende aus“, stellt Johannes Schwemmer fest, der als Chef der europäischen Plattform „Fusion For Energy“ auch die Baustelle in Cadarache betreibt.

„Wir Europäer geben eine Milliarde Euro pro Tag für Energieimporte aus“, betont Schwemmer: „Im Vergleich dazu sind die Kosten des Iter-Projekts relativ gering.“

Tatsächlich sollten 20 oder 25 Milliarden Euro eher leicht zu stemmen sein, wenn sich der Betrag auf die gesamte Europäische Union sowie weitere sechs große Forschungsnationen einschließlich der USA, Japan und China verteilt. Bei dem anderen großen Menschheitsprojekt, der Raumstation ISS, werden allein die Kosten der US-Raumfahrtagentur Nasa über die gesamte Betriebsdauer auf 100 Milliarden Dollar geschätzt und der Beitrag der Europäischen Raumfahrtagentur ESA auf weitere acht Milliarden Euro. Beträge, die klaglos gezahlt werden, obwohl dem Mann auf der Straße der konkrete Nutzen des Unterfangens wohl nicht ohne weiteres klar ist. Die Chance auf eine umwelt- und klimafreundliche, (? – D. U.) sichere und unerschöpfliche Energiequelle für die Menschheit sollte den relativ überschaubaren Einsatz für die Iter-Wette eigentlich rechtfertigen können.

Am Geld kann es also nicht liegen. Dass die Grünen ausgerechnet mit der klimafreundlichen Energieform Fusion ein Problem haben, dürfte wohl auch mit der besonderen Ausprägung der deutschen Energiewende zu tun haben – und den Lobbyinteressen, die daran hängen. Denn gerade ist man dabei, die Energieversorgung Deutschlands umzustellen auf zehntausende Windräder und Millionen von Solaranlagen – die durch tausende Kilometer neuer Stromleitungen miteinander vernetzt sind. Zentral installierte Fusionsreaktoren würden diese ganze dezentrale Energiewende-Architektur wieder in Frage stellen.

Das Ziel, Deutschland bis zur Jahrhundertmitte weitgehend CO<sub>2</sub>-frei zu machen, also zu „dekarbonisieren“, soll nach dem Willen der grünen Energiewende-Architekten ausschließlich durch erneuerbare Energien erreicht werden. Wenn auch der Verkehr und die Heizwärme in Deutschland dementsprechend auf Ökostrom umgestellt wird, müsste die Zahl der Windkraftanlagen in deutschen Landen nach überschlägiger Rechnung von heute 30.000 auf 60.000 oder gar 80.000 Rotortürme anwachsen. Soll man die Türme etwa alle wieder umnieten, nur weil es auf einmal die Fusionstechnik als Alternative gibt? Grünen-Politikern und Ökostromlobbyisten schauderts angesichts solcher Perspektiven.

Iter-Offizielle werden nicht müde zu betonen, dass Fusionskraftwerke die erneuerbaren Energien nicht ersetzen müssen, sondern zunächst nur als Backup für die wetterabhängig schwankende Ökostrom-Produktion eingesetzt werden könnten. Doch auch diese Aussicht stimmt die Gegner nicht milde: Für Grüne und Linke ist Kernfusion gefühlt fast so etwas wie Kernspaltung, also klassische Atomkraft.

Ein Vergleich, der stark hinkt. Zwar funktioniert die Kernfusion am besten, wenn das radioaktive Wasserstoff-Isotop Tritium verwendet wird. Dieses wird jedoch vor Ort erzeugt und recycelt und verursacht keinerlei radioaktiven Abfall. Anders die Neutronen, die bei der Fusi-

onsreaktion mit Deuterium und Tritium entstehen: Diese aktivieren die Kesselwand, die deswegen regelmäßig ausgetauscht werden muss. Diese Radioaktivität kann so gesteuert werden, das sie nach circa 100 Jahren soweit abgeklungen ist, dass das Material recycelt werden kann. Man braucht also kein Endlager, sondern nur ein Zwischenlager vor Ort. Auf ganz lange Sicht könnte nach Meinung des KIT-Forschers Hesch ausschließlich das natürliche und nicht-radioaktive Wasserstoff-Isotop Deuterium zum Einsatz kommen. Neutronen und die Aktivierung der Kesselwand könnten dann praktisch komplett vermieden werden.

Den Vergleich mit der Atomkraft hält Iter-Sprecher Laban Coblenz gar für völlig verfehlt. „Die Grünen haben ja auch nichts gegen Fotovoltaik-Anlagen“, wundert sich der Amerikaner: „Im Iter werden die Prozesse der Sonne imitiert“, sagt er: „Damit geht es im eigentlichen Sinn nicht um Kernspaltung, also Atomkraft, sondern um Kernfusion, also um die Grundlage der Solartechnologie.“

Ob das die Iter-Gegner der Grünen und Linken im Deutschen Bundestag überzeugt, bleibt abzuwarten. Dabei haben die heutigen Oppositionsparteien womöglich noch ein Wörtchen mizureden, falls es nach der Bundestagswahl im Herbst zu einer rot-rot-grünen Regierung kommt.

Allerdings halten Beobachter einen rein deutschen Iter-Austritt aus juristischen wie außenpolitischen Gründen für unmöglich. Der wichtigste Grund dafür liegt auf der Hand: Deutschland ist beim Iter gar nicht direktes, sondern nur indirektes Mitglied über Euratom, eine der historischen Urzellen der Europäischen Union. Wollte Deutschland aus Iter aussteigen, müsste es aus Euratom aussteigen - und würde damit in der Außenpolitik ein anti-europäisches Signal setzen, das in der gegenwärtigen Großwetterlage aus Nationalismus und Abschottungspolitik den Zusammenhalt der Europäischen Union gefährden könnte. Dass verantwortungsbewusste Regierungspolitiker für ein paar hundert Millionen Euro einzusparender Steuergelder am Ende zu so einem unkalkulierbaren Schritt bereit wären, gilt als unwahrscheinlich.

Sorge bereitet den Iter-Managern allerdings der Trend zur nationalen Absonderung, der sich auch unter den Teilnehmern des Gemeinschaftsprojektes zeigt. Einigermaßen entspannt sieht Bigot noch den Brexit. Denn wenn die Briten die Europäische Union verlassen, ist der Austritt aus Euratom aus Sicht von Staatsrechtlern keine zwingende Folge. Bigot kann bereits auf eine Passage im Brexit-Dokument verweisen, die eine weitere Beteiligung Englands an dem Projekt verheißt.

Mit größerer Sorge betrachtet die Iter-Community da schon die noch ausstehende Meinungsbildung des US-Präsidenten Donald Trump, der internationalen Kooperationen gegenüber grundsätzlich skeptisch eingestellt ist – und zwar erst recht, wenn Chinesen und Russen beteiligt sind.

Kippt Trump die Iter-Mitgliedschaft der Amerikaner, ließe sich die Finanzbeteiligung von neun Prozent wohl noch leicht kompensieren. Doch die technische Kompetenz amerikanischer Konzerne wie General Atomics wäre nicht so leicht zu ersetzen. „Ohne die amerikanische Expertise auskommen zu müssen, würde die Sache für uns erschweren“, sagt Bigot: „Wir würden lange brauchen, uns von einem Rückzug der Amerikaner zu erholen.“

Dennoch baut Bigot darauf, dass Trump nichts gegen Kooperationen hat, solange sie letztlich einen guten Deal für die Vereinigten Staaten darstellen. „Der Iter ist sogar ein sehr guter

Deal für Mr. Trump“, sagt Bigot: „Die USA zahlen nur neun Prozent der Kosten, haben aber Zugriff auf 100 Prozent der Forschungsergebnisse.“



Der Versuchsreaktor Iter aus der Luft: „70 bis 80 Prozent des Geldes sind zugewiesen, die Maschine rollt jetzt richtig an.“ Quelle: Fusion for Energy

**DIE WELT | Stand: 10.04.2017**

**WIRTSCHAFT  
FORSCHUNGSERFOLGE**

## „Das Interesse an Kernfusion ist sprunghaft gestiegen“

Von Daniel Wetzel

Der Forschungsreaktor Iter soll das Energieproblem der Menschheit lösen. Dem Chef **Bernard Bigot** zufolge wollen sich neuerdings immer mehr Länder daran beteiligen. Nur einer macht sie nervös.

Fusionsreaktoren könnten die Energieprobleme der Menschheit lösen. Die Technik ist sauber und weitgehend gefahrlos. Das Problem der bisherigen Anlagen ist jedoch, dass sie mehr Energie verbrauchen, als sie freisetzen. **Einen Reaktor zu bauen, der zur großflächigen Stromerzeugung geeignet ist, ist technologisch extrem anspruchsvoll, doch weiterhin das Ziel. Um das hinzubekommen, finanzieren die EU, USA, Russland, China, Südkorea und Indien das internationale Gemeinschaftsprojekt Iter im südfranzösischen Forschungszentrum Cadarache, ein großartiges Beispiel für die weltweite Zusammenarbeit, um ein Menschheitsproblem zu lösen. Jahrelang dümpelte das Projekt vor sich hin. Doch seit 2015 Bernard Bigot, der ehemalige französische Hochkommissar für Atomkraft, die Leitung übernahm, geht es plötzlich rasant voran. Ausgerechnet jetzt bedrohen jedoch politische Querelen das Projekt.**





Seit 2015 leitet Bernard Bigot das Iter-Projekt und hat es zu einem straff organisierten Forschungsvorhaben gemacht Quelle: AFP/Getty Images

**Die Welt:** *Herr Bigot, der Iter ist das größte internationale Gemeinschaftsprojekt im Bereich Energie. Doch im Augenblick scheint es, als drifteten die Nationen auseinander. Überlebt das Iter-Projekt den Brexit und Trump?*

**Bernard Bigot:** Ich habe eine vorläufige **Zusage der britischen Regierung erhalten, dass sie im Iter-Projekt bleiben wollen.** Und sie haben im Brexit-Dokument ebenfalls eine klare Aussage getroffen. Es ist ja durchaus nicht zwangsläufig, dass der Brexit auch den vollständigen Ausstieg aus Euratom bedeuten muss, in der die europäischen Iter-Partner organisiert sind. Und ein Austritt aus Euratom muss nicht notwendigerweise den Rückzug von Iter bedeuten. Die Wissenschaftler und Fusionsinstitute in Großbritannien würden ihren Beitrag zum Iter sehr gerne weiterhin leisten, indem sie die Zusammenarbeit mit der europäischen Iter-Organisation „Fusion for Energy“ und der Forschungsinitiative Eurofusion fortsetzen. All diese Aspekte wird man verhandeln müssen.

**Die Welt:** *Hören Sie dasselbe auch aus den USA?*

**Bigot:** Ich war nach der Amtseinführung von Trump in den USA und habe mit Kongressabgeordneten, dem Energieministerium und dem Außenministerium gesprochen. Es gibt da ganz klar Unsicherheiten. Meine Erwartung ist, dass jede Nation ihre eigenen Interessen verteidigt, wie die auch immer aussehen mögen. Und die USA wollen wissen, ob Fusionstechnik funktioniert. Auch dann, wenn sie viel Gas, Öl und Platz für Windräder und Solarfelder haben. Es ist das Land, das in der Welt die meisten Energieträger verbrennt. **Die Amerikaner wissen, dass ihre gegenwärtige Art, die Energienachfrage zu decken, nicht für immer Bestand haben kann.**

**Welt:** *Der US-Präsident gilt aber nicht gerade als Freund internationaler Kooperation.*

**Bigot:** Ich höre, dass der US-Präsident nichts gegen internationale Kooperation hat, solange es sich um einen guten Deal für die USA handelt.

**Die Welt:** *Ist dem denn so? Der Experimentalreaktor steht immerhin in Südfrankreich. Und Europa hat mit 45 Prozent den größten Anteil an dem Projekt.*

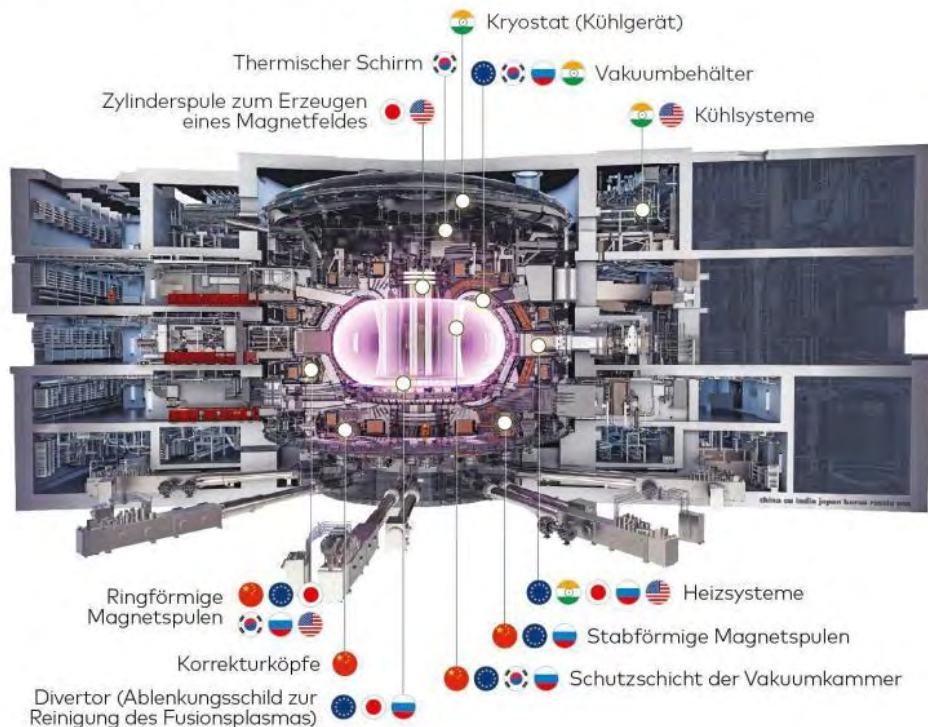
**Bigot:** Gerade deshalb ist es ein sehr guter Deal für Herrn Trump. Die USA zahlen nur neun Prozent der Kosten, haben aber Zugriff auf 100 Prozent der Forschungsergebnisse. Außerdem haben die USA herausragende Forschungen in der Fusions-technik betrieben und bereits eigene Anlagen gebaut. Falls sie sich aus dem Projekt verabschieden, müssten die USA die Technik allein weiterverfolgen. Denn keiner der heutigen Iter-Partner würde mit ihnen kooperieren.

**Die Welt:** Der Wegfall eines finanziellen Anteils von neun Prozent wäre vielleicht ohnehin zu verschmerzen. Aber könnte Iter ohne den technischen Input der USA auskommen?

**Bigot:** Es wäre sehr schwierig, auf die Expertise der USA zu verzichten. Die zentrale Magnetzylinderspule, der stärkste Magnet der Welt, besteht aus 1000 Tonnen supra-leitendem Material. Es handelt sich dabei nicht um statische, sondern um dynamische Spulen, an denen sich das magnetische Feld ständig auf- und abbewegt. Dazu braucht man sehr viel Expertise, und die US-Firmen sind in der Lage, das zu liefern. Dasselbe trifft auf das Brennstoffrecycling zu, also die Erneuerung des gebrauchten Tritiums und Deuteriums. Die USA können das am besten. Wir würden sehr lange brauchen, um uns von einem potenziellen Rückzug der Amerikaner zu erholen. Deshalb ist es so wichtig für mich, dass jedes der sieben Iter-Mitglieder, nicht nur die USA, fühlt, dass es uns jetzt ernst ist damit zu liefern.

## Der Weg zur Revolution

So soll der Iter nach seiner Fertigstellung funktionieren



**welt**

Quelle: Fusion for Energy, I. Bischoff, WELT AM SONNTAG

Quelle: Infografik Die Welt

**Die Welt:** Können Sie denn liefern? In der Forschungsgemeinde geht noch immer der Witz von der „Fusionskonstante“ um: Demnach wird der erste Fusionsreaktor – egal, wann man fragt – immer erst „in 40 bis 50 Jahren“ fertig.

**Bigot:** Das war, bevor ich hier angefangen habe. Ich habe mich verpflichtet, innerhalb des Budgets im Jahr 2025 das erste Plasma zu liefern. Der Zeitplan steht fest. Im April 2016 haben uns 14 unabhängige Experten mit besonderer Erfahrung im Management von Großprojekten bescheinigt, dass wir uns auf die beste und realistischste Planungsmethode berufen.

**Die Welt:** Vor Ihrem Amtsantritt hatten die USA und andere wichtige Partner noch mit dem Gedanken gespielt, das Projekt fallen zu lassen. Die Kosten explodierten, die Arbeiten machten keine Fortschritte. Was war da los?

**Bigot:** Mein Vorgänger hatte nicht ausreichend klargemacht, dass dies nicht nur ein Forschungsprojekt ist, sondern ein industrielles. Unter Forschern hört man sich alle Meinungen an, versucht, es allen recht zu machen. Hier aber muss man Entscheidungen treffen. Ich habe das Amt also nur zu der Bedingung übernommen, dass der Generaldirektor volle Entscheidungsbefugnis hat. Die sieben Iiter-Mitgliedstaaten haben verstanden, dass es nur auf diesem Wege weitergehen kann. Das war ein Wendepunkt. Ich habe vollständige Machtbefugnisse bekommen, volle Autorität über die Mitarbeiter und einen mit einer Milliarde Euro ausgestatteten Sonderfonds, der mir die Freiheit gibt, Entscheidungen schnell umzusetzen. Er entbindet mich von der Pflicht, bei jedem neuen Problem bei allen sieben Mitgliedern neue finanzielle Ressourcen zu beantragen.



Bauarbeiten am Forschungszentrum Cadarache Quelle: Fusion for Energy

**Die Welt:** Sie regieren hochkarätige Wissenschaftler und Ingenieure aus sieben selbstbewussten Forschungsnationen mit harter Hand? Ein Beispiel bitte.

**Bigot:** Es gab zum Beispiel Streit über die Frage, wo die Rohre zur Ableitung der Hitze installiert sein sollten, innerhalb oder außerhalb des Bio-Shield. Es gibt da keine eindeutige Lösung, die Vor- und Nachteile jeder Variante wurden schon seit Jahren diskutiert. Als ich das Projekt übernahm, habe ich deutlich gemacht, dass ich mir

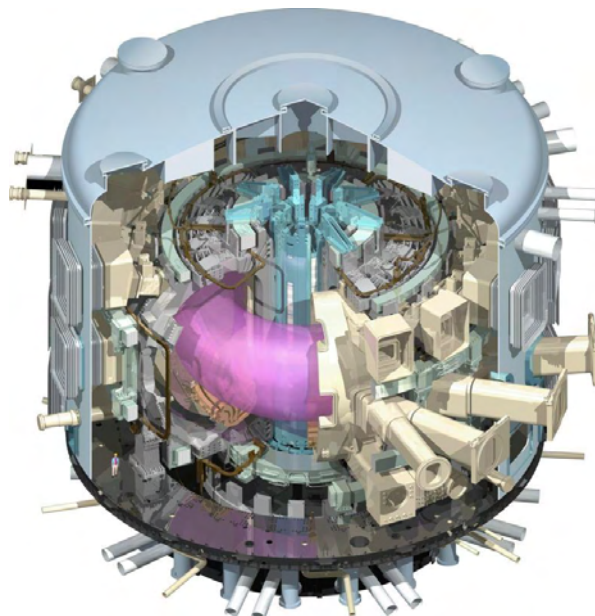
die Argumente der Ingenieure noch einmal anhöre, dass aber in zwei Monaten die Entscheidung unwiderruflich fällt. Es würde vielleicht nicht die perfekte Entscheidung sein. Aber es würde die Entscheidung sein, die uns das Vorankommen ermöglicht. Und so wurde es dann gemacht.

**Die Welt:** *Allerdings mussten das Budget und der Zeitplan unter Ihrer Ägide ebenfalls korrigiert werden.*

**Bigot:** Als ich hier antrat, gab es so etwas wie ein politisches Zeitbudget: Die Regierungen hatten dem Projekt im Jahre 2007 eine Bauzeit von ungefähr zwölf Jahren gegeben. Das erste Plasma sollte 2020 brennen, weil das wie eine runde Jahreszahl klang. Aber niemand hatte überprüft, ob dieses Ziel überhaupt erreichbar war. Also habe ich den Zeitplan einer Überprüfung unterzogen. Das Ergebnis war: keine Chance auf das erste Plasma vor 2025. Es gibt also eine Verspätung von fünf Jahren, und an dieser Verspätung hängen natürlich auch zusätzliche Kosten in Höhe von 4,1 Milliarden Euro. Mit dieser Obergrenze haben wir jetzt allerdings Klarheit. Und es hat sich ein Kulturwandel eingestellt: Es gibt kein Durchwursteln mehr wie in der Forschungsförderung oft üblich: Wir müssen jetzt liefern – pünktlich und innerhalb des Budgets.

**Die Welt:** *Und wenn das Sonnenfeuer 2025 nicht brennt, heißt es: außer Spesen nichts gewesen?*

**Bigot:** In den letzten 60 Jahren haben viele Anlagen gezeigt, dass kontrollierte Fusion möglich ist. In Deutschland gibt es das IPP in München und Wendelstein 7-X in Greifswald, das von Anfang an sehr gut performt. Wir haben also eine große Menge Wissen angehäuft. Jetzt geht es darum, Plasma in einer solchen Größenordnung zu erzeugen, dass dies mehr Energie erzeugt, als zur Wärmeerzeugung benötigt wird. Das hängt leider von der Größe ab. In der Sonne funktioniert die Fusion, weil sie das 300.000-Fache der Erdmasse hat. Die jüngsten Forschungsergebnisse unserer Partner machen mich immer zuversichtlicher, dass dieser Prozess auch auf der Erde funktionieren wird.



Blick ins Innere des Forschungsreaktors Iter Quelle: ITER IO

**Die Welt:** *Welche Ergebnisse machen Sie so zuversichtlich?*

**Bigot:** Im KSTAR in Südkorea ist es Ende vergangenen Jahres gelungen, superheißes Plasma über 70 Sekunden lang stabil zu halten. Und das geschah in einem Fusionsreaktor vom Typ Tokamak, wie wir ihn hier bauen. Auch die jüngsten Ergebnisse des Fusionsreaktors JET im britischen Culham und in den deutschen Anlagen Asdex Upgrade in München und Wendelstein 7-X in Greifswald deuten darauf hin, dass wir das Plasma gut kontrollieren können. China bereitet parallel zum Iter bereits den Bau eines ersten echten Fusionskraftwerks vor und entwickelt dafür bereits Kabel, die 80.000 Ampere transportieren können. Es gibt viele Zeichen, dass die Entwicklung voranschreitet. Und es kommt nicht von ungefähr, dass das internationale Interesse an einer Iter-Mitgliedschaft zunimmt.

**Die Welt:** *Es gibt neben den sieben führenden Forschungsnationen also noch weitere, die sich an diesem teuren Experiment mit ungewissem Ausgang beteiligen wollen?*

**Bigot:** Seit hier in Cadarache Beton gegossen wird, die Gebäude in die Höhe wachsen und Maschinenteile montiert werden, ist das Interesse sprunghaft gestiegen. Wenn sie vor sechs Jahren gekommen wären, hätten sie da draußen nur ein weites Feld gesehen. Jetzt merken die Leute, dass hier etwas sehr Interessantes passiert. Sie sehen es auf der Webseite, sie sehen es, wenn sie die Baustelle besuchen. Und sie merken: Schau an, das war ja ernst gemeint. Inzwischen denkt eine ganze Reihe von Ländern über eine Mitgliedschaft nach.

**Die Welt:** *Mit wem sprechen Sie da genau?*

**Bigot:** Erst kürzlich haben wir eine Vereinbarung mit **Australien** über eine begrenzte Mitgliedschaft geschlossen. Das australische Parlament ist einverstanden, einige Millionen Dollar pro Jahr zu investieren, um seine Leute hier zu trainieren und eine mögliche Mitgliedschaft vorzubereiten. Einige andere Nationen sind für diesen Gedanken auch bereits offen, zum Beispiel **Kasachstan**, das in Sowjetzeiten intensiv eigene Fusionsforschung betrieben hat. Auch der **Iran** hat kürzlich darum gebeten, als assoziiertes Mitglied aufgenommen zu werden. Die Möglichkeit zum Beitritt steht jetzt zehn Jahre lang offen, die Regierung hat das Abkommen mit ziemlich viel Geld unterlegt. Wegen der geopolitischen Lage liegen die Beitrittsgespräche mit dem Iran auf Eis, bis Klarheit über die Politik von US-Präsident Trump herrscht.

**Die Welt:** *Kann ein Fusionsreaktor wirklich billige Energie liefern, wie all diese Länder hoffen? Der technische Aufwand ist ja vorerst gigantisch.*

**Bigot:** Bei einem künftigen Fusionskraftwerk wären die Kapitalkosten am Anfang sicher groß, doch die Betriebskosten können dann sehr niedrig sein. Denn die Energie stammt aus dem Plasma, das von einem magnetischen Feld gehalten wird. Das ist statisch, da gibt es keine mechanische Bewegung, die Abnutzung hervorrufen könnte. Diese Magnetspulen halten praktisch ewig. Über die Lebensdauer der Anlage hinweg erwarte ich wettbewerbsfähige Energiepreise. Unsere Brennstoffe **Deuterium und Tritium sind sauber, sicher, wirtschaftlich und im Überfluss vorhanden.**

**Die Welt:** *Dennoch halten die Grünen in Deutschland Iter für überflüssig. Wir bauen ja gerade die erneuerbaren Energien aus.*



Der Versuchsreaktor Iter aus der Luft Quelle: Fusion for Energy

**Bigot:** Ich liebe diesen Traum. Er ist wundervoll. Die Menschheit war jahrhundertlang von erneuerbaren Energien abhängig. Aber es gibt zwei Rückschläge: **Erstens ist die Energiedichte von Wind- und Solarkraft nicht sehr hoch. Zweitens gibt es erneuerbare Energien nur mit Unterbrechungen.** Auch wenn wir gewaltige Fortschritte in der technologischen Entwicklung gemacht haben, bleiben diese Grenzen. Jedes Land, einschließlich Deutschland, das viel Verstärkung hat, das viel Industrie hat, braucht eine stetige, verlässliche Energieversorgung. Um erneuerbare Energien einbringen zu können, braucht man **als Back-up eine Quelle, die kontinuierlich, vorher-sagbar und produktiv läuft.** Diese Rolle könnten in Zukunft Fusionsreaktoren **übernehmen.** *(Als „Back-up“ wird Kernfusion bestimmt nicht funktionieren! Dagegen spricht allein schon die o. a. Kostenstruktur! – D. U.)*

**Die Welt:** *Man hofft, die Volatilität von Wind- und Sonnenstrom irgendwie durch **Stromspeicher** in den Griff zu bekommen.*

**Bigot:** Ich bin Chemiker und Physiker. Ich mag diese Technologien, aber ich kenne auch ihre Grenzen. Heute haben Sie in Deutschland einen Riesenberg von Solarstrom zwischen elf Uhr morgens und 17 Uhr abends, von dem man nicht weiß, was man damit anstellen soll, und den man verschenken muss. Das alles funktioniert derzeit nur, weil Frankreichs Atomkraftwerke und die Pumpspeicherkraftwerke Österreichs und der Schweiz als Back-up bereitstehen. Aber wenn jedes Land nur noch erneuerbare Energien hätte, wäre man in einer Sackgasse. Auch in Deutschland gibt es lange Phasen fast ohne jeden Wind- oder Solarstrom. **Ich glaube, wir brauchen beides: Entwicklung von erneuerbaren Energien und Back-up-Kraftwerke, die stetig und planbar Strom liefern.** *(Wozu brauchen wir zwei parallele Energiesysteme mit doppelten Kosten? – D. U.)*

**Die Welt:** *Und da sehen Sie Fusionsreaktoren an erster Stelle?*

**Bigot:** Fusion ist nicht die einzige, aber eine sehr vielversprechende Option. Denn Fusion ist sauber, sicher, und unabhängig von regional konzentrierten Ressourcen. **Wenn wir beweisen können, dass Kernfusion als Energiequelle in großem Stil funktioniert, wäre das ein echter Durchbruch für die Welt.**