Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 97 (2006)
Heft: 18

Artikel: ITER richtet sich in Cadarache ein
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857717

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

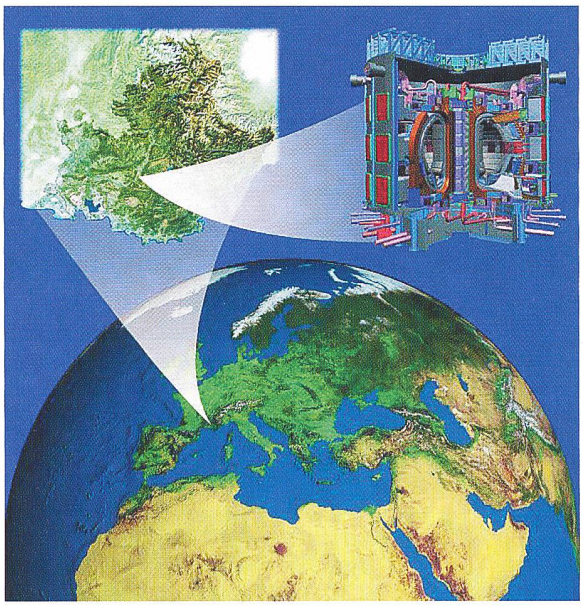
Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ITER richtet sich in Cadarache ein

In Japan oder Europa? Kaum ein wissenschaftliches Ereignis ist derart mediatisiert worden wie 2005 die Ankündigung der internationalen Vereinbarung über den Bau des Demonstrations-Kernfusionsreaktors ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Die Wahl fiel schliesslich auf den von der EU vorgeschlagenen französischen Standort Cadarache. Während in der betroffenen Region eine öffentliche Debatte zur Präsentation des Projekts angelaufen ist und die internationalen wissenschaftlichen Teams sich bilden, sind die letzten Klarstellungen zwischen den sieben Partnern in vollem Gang. Eine gute Gelegenheit, eine Bestandsaufnahme der Vorbereitungsarbeiten und der wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen zu machen, die ITER in Angriff nimmt.



Geografische Lage des ITER in Cadarache (Frankreich).

«Neue» Energiequelle

Angesichts der unvermeidlichen Zunahme der weltweiten Elektrizitätsnachfrage, die sich für die zweite Hälfte und das Ende des 21. Jahrhunderts abzeichnet, ist der gesellschaftliche Stellenwert der industriellen Beherrschung der Kernfusion bekannt. Nach zwanzigjähriger Reifung ist das Bauprojekt des Demonstrations-Kernfusionsreaktors ITER, das in seine Ausführungsphase getreten ist, eine mögliche Antwort auf diese Herausforderung.

Diese potenzielle Energiequelle, die weder eine Begrenzung der Brennstoffversorgung noch Treibhausgasemissionen kennt, keine radioaktiven Abfälle erzeugt, die es zu lagern gilt, und weder ein Verbreitungsrisiko brennbaren Spaltmaterials noch eine Explosionsgefahr birgt, könnte das Energiedilemma, auf das die bald neun Milliarden Erdbewohner zählende Menschheit zusteuert, von Grund auf revolutionieren. Denn ihr Elektrizitätsbedarf wird weder durch erneuerbare Energieträger allein noch durch die zu belastenden und obendrein über kurz oder lang erschöpften fossilen Brennstoffe gedeckt werden können.

Bisher einmalige Mobilisierung

Eine Antwort auf diese drängende Frage zu finden ist – nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch für die heutige Gesellschaft – eine «Zukunftsverpflichtung» gegenüber den künftigen Generationen. Dies schlägt sich in einer internationalen Mobilisierung bisher einmaligen Umfangs nieder: Gesamtinvestitionen von 10 Milliarden Euro über 40 Jahre und eine internationale Organisation, die die Europäische Union, Japan, die Vereinigten Staaten, Südkorea, Russland, China und Indien vereint.

Die Partner sind derzeit dabei, die konkrete Kostenaufteilung (siehe Kasten) und die Einrichtung der Internationalen Organisation ITER, welche die Maschine bauen und betreiben wird, festzulegen. Die Unterzeichnung eines Vertrags ist für dieses Jahr vorgesehen; er wird in jedem der Partnerländer ratifiziert werden müssen, um in Kraft zu treten. Im Übrigen muss nach französischem Recht in der Standortregion von ITER eine öffentliche Debatte organisiert werden, bevor die endgültige Genehmigung erteilt wird.

Komplexes Zusammensetzspiel

Gleichzeitig mit den auf die Zielgerade eingeschwenkten Verhandlungen feilt die provisorische internationale Organisation, die derzeit vom Japaner Kaname Ikeda geleitet wird und in Garching (Deutschland), Naka (Japan) und Cadarache (Frankreich) niedergelassen ist, die technischen Spezifizierungen der Maschine und ihrer Errichtung auf dem gewählten Standort aus. Akko Maas, ein diesem Team angehörender niederländischer Forscher, erklärt, dass «die Beiträge eines jeden Partners grundsätzlich in Sachwerten erfolgen, das heisst in Form von Lieferungen an die internationale Arbeitsgruppe, die sie für den Bau von ITER zusammensetzt». Dieses Zusammensetzspiel wird einige Jahre dauern, vom ersten Betonguss 2008 bis 2009 bis zur Inbetriebnahme 2016.

Akko Maas gibt eine Vorstellung des Umfangs des Projekts: «Die Menge Kabel, die erforderlich ist, um die supra-

Die Rechnung für ITER

Die Gesamtkosten von ITER werden unter den sieben Projektpartnern aufgeteilt. 50% entfallen auf die Europäische Union, die die mit der Errichtung der Maschine verbundenen Kosten übernehmen wird, bleiben je rund 10% für die übrigen Teilnehmer. Diese Zahlen sind die Zutrittskarte zu der Organisation. Sie dienen als internationale Verhandlungsgrundlage, dürften allerdings steigen, da sich kleinere Partner (wie etwa Brasilien, Argentinien und Kanada) später ebenfalls dem Projekt anschliessen könnten. Die Beiträge erfolgen grundsätzlich in Form von Stücklieferungen, die durch in jedem Land niedergelassene Agenturen vorgenommen werden. Die Agentur der EU wird ihren Sitz in Barcelona (ES) haben.

Anlagenkomplex des ITER in Cadarache (Bildmitte, Fotomontage).

leitenden Spulen herzustellen, entspricht der globalen Jahresproduktion dieser Art Bauteile.»

Was Europa betrifft, ist die Gründung eines gemeinsamen, in Barcelona angesiedelten Unternehmens vorgesehen. Laut Serge Paidassi von der Generaldirektion Forschung der Europäischen Kommission «wird die Hauptaufgabe des gemeinschaftlichen Unternehmens darin liegen, den europäischen Beitrag zur Ausstattung der internationalen Organisation ITER zu managen. Für die Lieferung der grossen Bestandteile werden Ausschreibungen an die europäische Industrie erfolgen.»

Die «grossen Brüder» zusammenbringen

Ziel des Tokamak ITER, des Reaktors in Form eines Torus, ist es, weltweit erstmals magnetisch abgeschirmtes, sich selbst unterhaltendes, stabiles Fusionsplasma herzustellen und dadurch die Fusion als potenzielle Energiequelle zu validieren. Die für seine Konstruktion notwendigen wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse stützen sich auf geduldige Forschungsprogramme, die vorwiegend mit EU-Unterstützung seit über drei Jahrzehnten laufen.

Im Jet (Joint European Torus), der seit 1983 in Grossbritannien in Betrieb steht, haben die Wissenschaftler die Fusionsreaktionen in einem Plasma – ionisiertes Gas bei einer Temperatur von über 100 Millionen Grad Celsius – gebändigt. Dieses Plasma setzt sich aus einer Mischung zweier Formen von Wasserstoff zusammen: dem Deuterium – einer Komponente des «schweren Wassers» – und dem radioaktiven Tritium, das aus Lithium erbrütet wird.

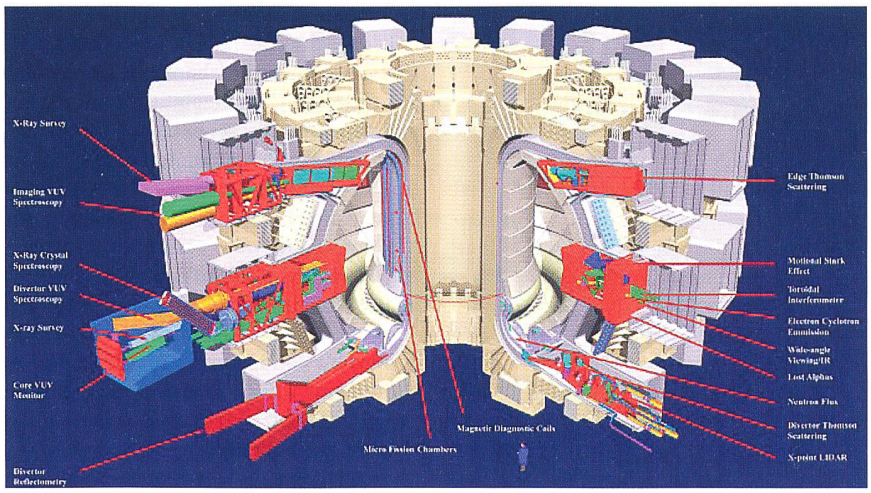
Andere experimentelle Maschinen in Europa haben zur Exzellenz der europäischen Forschung im Bereich Fusion und Entwicklung der ITER-Technologie beigetragen: Tore Supra in Frankreich ist der erste grosse Tokamak, der die Technologie der Supraleitmagneten eingesetzt und sich auf lang dauernde Hochenergieplasmas spezialisiert hat; die Einrichtung ASDEX Upgrade in Deutschland arbeitet mit Plasmas von derselben Art wie ITER und hat Formen der Plasma-Abschirmung entwickelt, die auf ITER untersucht werden sollen; die Maschine FTU in Italien studiert die intensiven Magnetfelder; das Potenzial der sphärischen Tokamaks wird im Vereinigten Königreich in der Einrichtung MAST untersucht, während die Stellatoren, eine Alternative zu den Tokamaks, in Deutschland (Bau der Einrichtung W7-X) und die Maschine TJII in Spanien erprobt werden.

Die Ergebnisse der im europäischen Programm durchgeführten Forschung, verbunden mit den Beiträgen der anderen internationalen Partner, vermitteln heute das nötige Vertrauen und alles erforderliche Know-how, um den Bau des ITER zu beginnen und den nächsten entscheidenden Schritt hin zur Fusionsenergie zu machen.

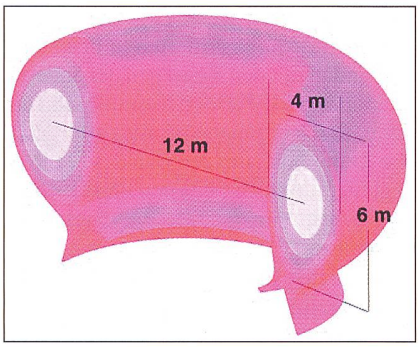
Einer der Beiträge von ITER ist die Zusammenführung der Technologie seiner «grossen Brüder» in eine Maschine. «Die internationale wissenschaftliche Gemeinde kam überein, man müsse aufhören, diesen oder jenen Parameter der Fusion in spezialisierten Anlagen zu erforschen, und anfangen, sämtliche Erfordernisse in einer einzigen Maschine zu vereinen. ITER ist der notwendige Schritt, um diese Etappe in kürzest möglicher Zeit zu erreichen und die Fortsetzung vorzubereiten, das heisst ein Werkzeug, das nicht mehr wissenschaftlicher, sondern industrieller Natur sein wird und bereits den Namen Demo trägt», sagt Michel Chatelier, Leiter des Referats Fusion im französischen Commissariat à l'énergie atomique (CEA – Atomenergiekommissariat).

Der leidige Koeffizient eins

Der mit ITER gemachte Schritt ist ein entscheidender Qualitätssprung. Es geht darum, den Leistungsverstärkungskoeffizienten, d. h. das Verhältnis zwischen der für die Erhaltung der Fusionsbedingungen notwendigen Energie und der durch die Reaktion erzeugten Energie zugunsten der Letztgenannten zu verbessern. In der Fusion von Deuterium- und Tritiumkernen entstehen Alphapartikel (Heliumkerne), Neutronen und 17,6 MeV Energie. Die Neutronen, die 80% dieser Energie enthalten, entweichen dem Reaktor-



Schematischer Schnitt durch den Reaktor ITER.



Wie verhält sich ein Plasma (Dimensionen des ITER-Plasmas)?

kern und werden später die Stromerzeugung erlauben. Aber die Fusion stellt sich nur ein, wenn das Medium auf ausreichend hoher Temperatur gehalten und mithilfe sehr energieintensiver Vorkehrungen magnetisch abgeschirmt wird. Die Gewinnung wird erst von dem Moment an rentabel, wo das Plasma sich selbst unterhält, d. h. wenn die in das Plasma eingespeiste Energie der in der Reaktion erzeugten Alphateile zur Erhaltung seiner Temperatur beiträgt.

Bisher ist noch keine Maschine so weit. Den Rekord hält Jet, der 1997 während einer Sekunde eine Fusionsspitze von 16 MeV mit einem Leistungsverstärkungskoeffizienten von 0,64 erreichte. Das ist noch ziemlich weit von dem leidigen Koeffizienten 1 entfernt! Um ein solches Plasma zu verwirklichen, muss eine kritische Grösse überschritten werden. «ITER hat ein acht Mal grösseres Volumen als die heutigen Maschinen», fährt Michel Chatelier fort. «Wissenschaftliches Ziel ist es, eine um das Zehnfache höhere Leistung zu erzeugen, als für seine Aufheizung nötig ist, das heisst 500 MW thermische Leistung für 50 MW Heizleistung. Und dies für eine Zeitspanne von 400 Sekunden, die für eine wissenschaftliche Demonstration als notwendig erachtet wird.»

Herausforderungen und unbekannte Grössen

Wie verhält sich ein stabiles, sich selbst unterhaltendes Plasma? Das wird man erst nach ITER wissen. Serge Paidassi betont, dass ITER «auch die erste Maschine sein wird, in der solche Plasmas lange genug dauern werden, um die Auswirkungen der Anhäufung von Helium in der Deuterium-Tritium-Mischung zu kennen. Man wird sehen müssen, wie sich die von der Fusionsreaktion erzeugte Asche mit dem Diverter, einer im unteren Teil der Maschine liegenden Vorrichtung, beseitigen lässt. ITER ist ein entscheidendes Werkzeug, um ein Fusionsenergieplasma im Massstab eins zu eins zu testen.»

Die andere grosse Unbekannte, die erst geklärt werden kann, wenn ein Kernfusionsreaktor auf industrieller Ebene realisierbar wird, ist das Verhalten der Werkstoffe des Sicherheitsbehälters. Diese werden durch die Temperatur und die Fusionsstrahlung einer riesigen Belastung ausgesetzt. Im Rahmen von ITER sollen die Werkstoffe, die in direkten Kontakt mit dem Plasma kommen, sowie das Lithium erbrütende Blanket geprüft werden. Dieser um den Reaktor gelegte, von einem energiereichen, aus dem Sicherheitsbehälter tretenden Neutronenfluss bombardierte Brutmantel wird Lithium enthalten, aus dem das für die Versorgung des Reaktors notwendige radioaktive Tritium erbrütet wird.

ITER ist nicht als Prototyp eines Reaktors gedacht, der Elektrizität liefert oder über längere Zeit betrieben wird, denn die für seinen Bau verwendeten Werkstoffe erfüllen noch nicht die Bedingungen einer niedrigen Aktivierung. Serge Paidassi: «Das gemeinsame europäische Unternehmen muss auch das Technologieprogramm Fusion leiten, das zur Vorbereitung auf die auf ITER folgende Etappe, den Bau des Demonstrationsreaktors DEMO, durchgeführt wird. Dazu muss insbesondere eine Versuchseinrichtung für die Werkstoffe (International Fusion Materials Irradiation Facility – IFMIF) bei Neutronenflüssen von 14 MeV gebaut werden, um ihren Widerstand gegen langfristige Bestrahlung abzuklären. Europa wird in Partnerschaft mit den Japanern daran arbeiten. Dies ist eines der Projekte im Rahmen unseres erweiterten Vorgehens.»

Die Betriebsphase von ITER ist auf 20 Jahre geplant, danach soll er am Zeithorizont 2040 wieder abgebaut werden. Als nächste technologische Herausforderung wird dann der Bau von DEMO, des Prototyps eines Fusionsreaktors, der Elektrizität erzeugt, auf die internationale Wissenschaftsgemeinde warten. Der prometheische Traum der Beherrschung der Sonnenenergie durch den Menschen liegt noch in weiter Ferne. Doch ITER (nach dem lateinische Wort iter, der Weg) versteht sich als einer der Wege, die zu diesem Ziel führen können.

Quelle
FTE Info
Referat Information und Kommunikation der Generaldirektion Forschung der Europäischen Kommission
B-1049 Bruxelles
http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_de.html

fachbeiträge

Fusion nucléaire

ITER s'installe à Cadarache

Au Japon ou en Europe? Rares sont les événements scientifiques autant médiatisés que l'annonce, en 2005, de l'accord international sur la construction du réacteur expérimental à fusion nucléaire ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Le choix s'est finalement porté sur le site français de Cadarache, proposé par l'Union. Alors que se déroule dans la région concernée un débat public de présentation du projet et que les équipes scientifiques internationales se constituent, les ultimes mises au point entre les sept partenaires du projet battent leur plein. L'occasion de faire le point sur le déroulement des opérations et sur les défis scientifiques et technologiques auxquels s'attaque ITER.

Face à l'augmentation inéluctable de la demande mondiale d'électricité à l'horizon de la seconde moitié ou de la fin du 21e siècle, les énormes enjeux de société de la maîtrise industrielle de la fusion nucléaire sont connus. Après vingt années de mûrissement, le projet de construction du réacteur expérimental à fusion nucléaire ITER, qui vient d'entrer dans sa phase de réalisation, représente une réponse possible à ces défis.

Sans limitation d'approvisionnement en combustibles, ni émissions de gaz à effet de serre, ni production de déchets radioactifs à stocker, ni matières fissiles risquant de proliférer, ni danger «d'explosion», cette source d'énergie potentielle pourrait véritablement révolutionner le dilemme énergétique vers lequel court une humanité qui comptera bientôt plus de 9 milliards d'individus. Leurs besoins en électricité ne pourront pas, en effet, être satisfaits par les seules énergies renouvelables, ni par les énergies fossiles, trop polluantes et, de toutes manières, tôt ou tard épuisées.