

ITER – was ist das?

von [Manfred Popp](#)
Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – vereinfachte Kurzfassung

ITER ist ein internationales Großexperiment, dessen Bau in Cadarache in Frankreich einen entscheidenden Schritt auf dem Weg zum Fusionsreaktor bedeutet. Dr. Günther Janeschitz, Senior Scientific Adviser for Technical Integration, ITER Organization, berichtete über den Stand des Projektes auf dem Debattenabend der Stiftung Energie und Klimaschutz Baden Württemberg am 15. April 2010.

- ITER soll die erste Fusionsanlage werden, in der sich der Fusionsprozess ohne Zusatzheizung über längere Zeit selbst erhalten kann.
- Alle Länder der Erde, in denen in nennenswertem Umfang an der Fusion gearbeitet wird, – China, Europa, Indien, Japan Korea, Russland und die USA – haben sich für dieses zentrale Experiment zusammengetan. Diese Zusammenarbeit ist aber nicht streng arbeitsteilig organisiert, da alle Beteiligten später auch allein zum Bau von Fusionsreaktoren in der Lage sein möchten.
- Europa verdankt seine Führungsrolle der Weitsicht, die

extrem langfristige Fusionsforschung schon seit 50 Jahren als gemeinsames Projekt von EURATOM durchzuführen.

- ITER besteht aus einem schlauchförmigen Vakuum-Gefäß. Im Inneren befinden sich verschiedene Einbauten: Divertoren, die Verunreinigungen entfernen, Blankets zur Erprobung des Erbrütens von Tritium und Geräte zur Diagnostik, die bei der Stabilisierung des Plasmas helfen. Für den Austausch dieser Komponenten ist wegen der Strahlenbelastung ein Fernhandlungssystem erforderlich. Umschlossen wird das Vakuumgefäß von den drei Magnetsystemen und einem Korrektursystem, die das Plasma ringförmig zusammenhalten. Sehr großen Aufwand erfordern auch die Heizsysteme, die das Plasma auf seine Betriebstemperatur von 100 Million °C bringen: Beschleuniger, die neutrale Teilchen mit hoher Energie in das Plasma injizieren und eine Mikrowellenheizung.
- Besondere Spitzenleistungen sind vor allem beim Magnetsystem zu erbringen, das

nicht nur von gigantischen Dimensionen sondern auch von den besonderen Anforderungen der Supraleitungstechnologie geprägt ist. Vier verschiedene Systeme von Magnetspulen erzeugen das Magnetfeld, das das Plasma zusammenhält. Die größten Magnete haben Durchmesser bis zu 35 Metern; sie sind also über Land nicht transportierbar und müssen in einer eigens errichteten Fabrik am Standort hergestellt werden.

Zur Zeit laufen Bauarbeiten am Standort, Vergabeverhandlungen für Komponenten und in einigen Fällen auch noch technische Entwicklungen. Mit dem Aufbau des Vakuumgefäßes soll Anfang 2015 begonnen werden, in den Jahren 2017 bis 2019 soll der eigentliche Tokamak zusammengebaut werden. Ende 2019 erwartet Dr. Janeschitz zum ersten Mal ein Plasma in ITER. Der volle Betrieb mit einer selbst-erhaltenden Fusionsreaktion ist gegenwärtig für 2026 geplant.

ITER – was ist das?

von **Manfred Popp**
Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – Langfassung

Iter ist das lateinische Wort für „Weg“. ITER ist der Name des internationalen Großexperiments, das gegenwärtig in Cadarache in Frankreich realisiert wird, weil es einen entscheidenden Schritt auf dem Weg zum Fusionsreaktor bedeutet. Dr. Günther Janeschitz, Senior Scientific Adviser for Technical Integration, ITER Organization, berichtete über den Stand des Projektes auf dem Debattenabend der Stiftung Energie und Klimaschutz Baden-Württemberg am 15. April 2010.

Was ist das Ziel von ITER?

ITER soll die erste Fusionsanlage werden, in der sich der Fusionsprozess ohne Zusatzheizung über längere Zeit, – geplant sind zunächst fünf, später bis zu 45 Minuten –, zehn Mal mehr Energie erzeugen soll, als für die Aufheizung des Plasmas benötigt wird. ITER ist aber noch ein reines Experiment und verfügt deshalb noch nicht über eine Turbine und einen Generator, ist also noch kein Kraftwerk. Im Rahmen des ITER-Projektes werden aber sämtliche Komponenten, die später für ein Kraftwerk benötigt werden,

entwickelt. Für den Strom, den sein Betrieb, vor allem die Magnete und die Aufheizsysteme benötigen, musste ein Standort mit einer sehr leistungsfähigen Stromversorgung gewählt werden. ITER wird auch noch nicht selbst das schwere Wasserstoff-Isotop Tritium (T) erbrüten sondern mit T versorgt, das in Kanadischen Schwerwasserreaktoren gewonnen wurde.

Wer baut ITER?

ITER ist eine Weltmaschine. Alle Länder der Erde, in denen in nennenswertem Umfang an der Fusion gearbeitet wird, – China,

Europa, Indien, Japan Korea, Russland und die USA – haben sich für dieses zentrale Experiment zusammengetan – eine einzigartige Errungenschaft. Diese Zusammenarbeit führt aber auch zu komplizierten und langwierigen Entscheidungsprozessen. Darüberhinaus wollen die beitragenden Länder und Regionen im Interesse ihrer Industrie nicht nur Finanzmittel sondern auch Komponenten beitragen und an allen wichtigen Komponenten beteiligt sein, um später, nach dem Ende der vorwettbewerblichen ITER-Phase auch allein zum Bau von Fusionsreak-



Abb. 1: Herausforderungen der ITER Konstruktion und daran beteiligte Nationen

LANGFASSUNG

toren in der Lage zu sein.

ITER ist also auch ein gigantisches Puzzle.

Warum wird ITER in Europa gebaut?

ITER wird im Kernforschungszentrum Cadarache in Frankreich errichtet. Europa ist die führende und größte Region in der Fusionsforschung. Bald nach der Gründung von EURATOM als eine der drei Europäischen Wirtschaftsgemeinschaften 1956 wurde die Fusion zu einem Integrationsthema der EG. Begünstigt von der Anwendungsferne der Fusion verzichteten die EG-Mitgliedsländer auf die sonst übliche Konkurrenz und förderten ihre Institutionen auf der Grundlage gemeinsam beschlossener und von der EG mit-finanzierter Programme. Mit Blick auf die extreme Langfristigkeit der Fusionsforschung (siehe auch: [Wann kommt die Kernfusion?](#)) hatte dies wesentliche Vorteile, es ersparte den Mitgliedsländern einen Teil der Kosten, und es bescherte den Fusionsforschern Stabilität, denn es schützte sie vor gelegentlichen nationalen Krisen, in denen die Bereitschaft zur Förderung dieser Langfristentwicklung nachließ, wie es z. B. zeitweise in den USA der Fall war. Heute hat Europa eine unbestritten führende Position.

Was sind die wichtigsten ITER-Komponenten?

Die eigentliche Maschine, deren Größe man in Abb. 1 an einem angedeuteten Menschen auf der Bodenplatte ermessen kann, besteht aus einem schlauchförmigen Vakuum-Gefäß, in dem das Plasma entsteht. Im Inneren befinden sich verschiedene

Einbauten, vor allem Divertoren, eine Art Staubsauger, die Verunreinigungen durch den

dieser Komponenten ist wegen der Strahlenbelastung ein Fernhandlungssystem erforderlich.

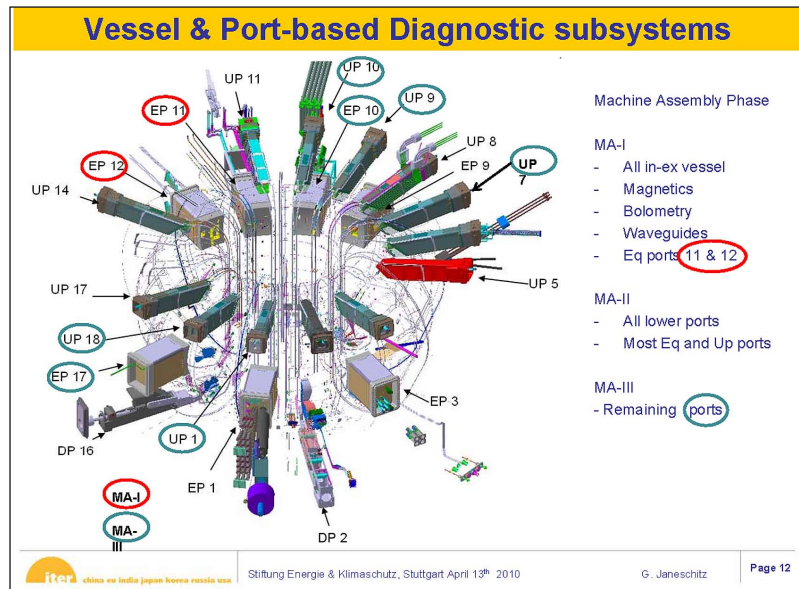


Abb. 2: Aufwändige Diagnosesysteme

Aufprall der Strahlung oder des Plasmas auf die Wände und das Fusionsprodukt, Helium, entfernen. In ITER werden auch einige Blankets eingebaut, die zur Erprobung des Erbrütens von T dienen. Für den Austausch

umschlossen wird das Vakuumgefäß von den drei Magnetsystemen und einem Korrektursystem, die das Plasma ringförmig zusammenhalten. Hinzu kommen eine aufwändige Diagnostik (siehe Abb. 2), die

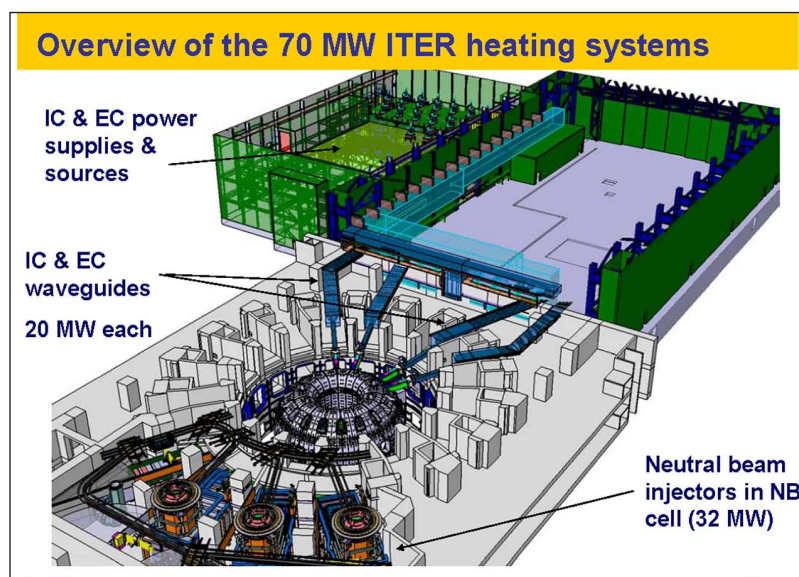


Abb. 3: Die Heizungssysteme des ITER

LANGFASSUNG

zur Regelung des zu Instabilität neigenden Plasmas erforderlich ist. Sehr großen Aufwand erfordern auch die Heizsysteme, die das Plasma auf seine Betriebstemperatur von 100 Millionen °C bringen (siehe Abb. 3). Auf der einen Seite stehen Beschleuniger, die neutrale Teilchen mit hoher Energie in das Plasma injizieren und auf der anderen eine Mikrowellenheizung, die natürlich wesentlich stärker und energiereicher ist, als wir sie aus unseren Küchen kennen.

Was sind die größten Herausforderungen beim Bau von ITER?

Dr. Janeschitz hob vor allem die Spitzenleistungen hervor, die beim Magnetsystem zu erbringen sind (siehe Abb. 4), das nicht nur von gigantischen Dimensionen sondern auch von den besonderen Anforderungen der Supraleitungstechnologie geprägt ist. Die Hauptlast des Magnetfeldes tragen die aufrecht stehenden D-förmigen Toroidal-Spulen. Sie müssen ein Magnetfeld von 12 Tesla bei 70 000 Ampere erzeugen, das ist ein Vielfaches des bisherigen Weltrekords, den das Forschungszentrum Karlsruhe mit 11 Tesla bei 20 000 Ampere hält. Hinzu kommen noch 6 horizontaleringförmige Poloidal-Spulen. Die dritte Magnetfeld-Komponente, die für die Verdrillung der Feldlinien um den Plasma-Torus

sorgt, ist der aus 6 Elementen bestehende zentrale Solenoid. Vorgängerexperimente haben gelehrt, dass man noch ein viertes System zur Korrektur des Feldes benötigt, es besteht aus weiteren 9 Doppelspulen. Die größten Magnete haben Durchmesser bis zu 35 Metern; sie sind also über Land nicht transportierbar und müssen in einer eigens errichteten Fabrik am Standort hergestellt werden.

Anfang 2015 begonnen werden, in den Jahren 2017 bis 2019 soll der eigentliche Tokamak zusammengebaut werden. Ende 2019 erwartet Dr. Janeschitz zum ersten Mal ein Plasma in ITER. Der volle Betrieb mit einer selbsterhaltenden Fusionsreaktion ist gegenwärtig für 2026 geplant. Angesichts der extrem komplexen technischen Herausforderungen und des nicht minder komplexen internationalen Managements ist

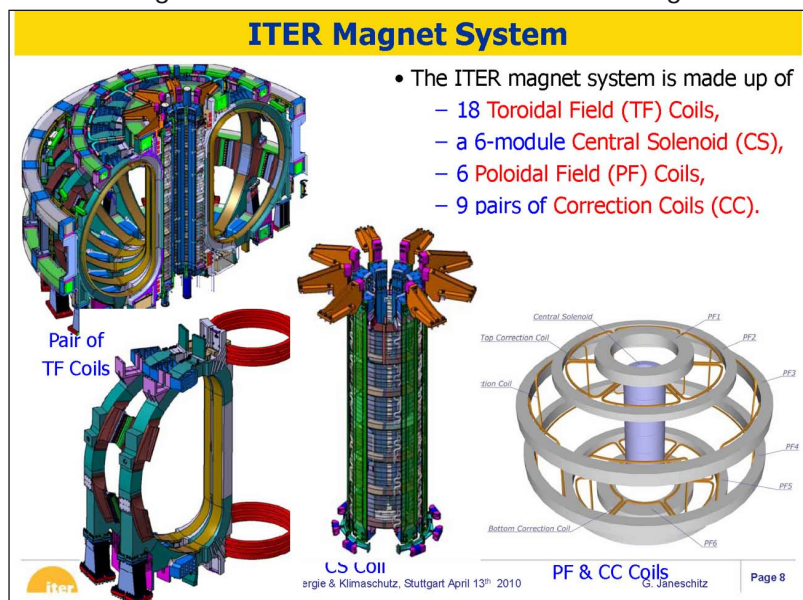


Abb. 4: Das Magnetsystem des ITER

Wie ist der Zeitplan von ITER?

Wie Dr. Janeschitz berichtete, laufen zurzeit parallel Bauarbeiten am Standort, Vergabeverhandlungen für Komponenten und in einigen Fällen auch noch technische Entwicklungen. Mit dem Aufbau des Vakuumgefäßes soll

dieser Zeitplan ehrgeizig. Dr. Janeschitz betonte aber, dass er bei aller Komplexität der Maschine kein „No-Go“-Problem erkennen kann. ■