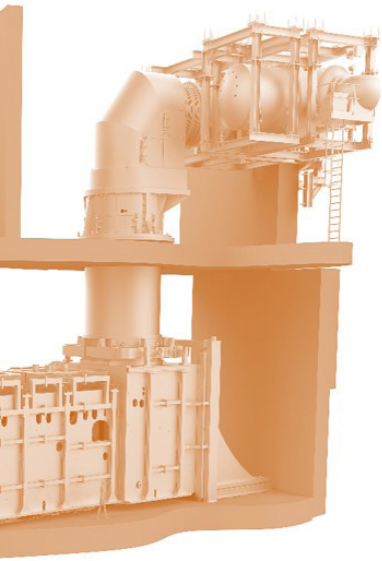


Unsere Themen

Die **Neutralinjektion** dient dem Heizen des Plasmas in Fusionsreaktoren, wie z. B. ASDEX Upgrade, Wendelstein 7-X oder ITER, auf Temperaturen von mehreren Millionen Grad Celsius. Um die im Plasma auftretenden Vorgänge beobachten und quantifizieren zu können, werden im Bereich ITED außerdem zwei wichtige **Diagnostiken für ITER** entwickelt.



Darüber hinaus werden in der Arbeitsgruppe **Plasma-Gaskonversion** die physikalischen Grundlagen der Anwendung von Nichtgleichgewichts- und thermischen Niedertemperaturplasmen zur chemischen Speicherung erneuerbarer Energien untersucht.

Ziele von ITER

Das internationale Fusionsexperiment ITER ist das größte multinationale Forschungsprojekt auf Erden und hat das Ziel die technische Machbarkeit und Gebrauchstauglichkeit der Kernfusion zur Energiegewinnung zu demonstrieren. Der Reaktor beruht auf dem Tokamak-Prinzip und ist seit 2007 in Südfrankreich im Bau. Mit der Kernfusion von Deuterium und Tritium soll die freigesetzte Fusionsleistung die eingebrachte Heizleistung um das Mehrfache übersteigen. So sollen 500 Megawatt Fusionsleistung für 400 Sekunden und 200 Megawatt für eine Stunde bei 50 Megawatt Heizleistung demonstriert werden. www.iter.org

Ziele von ITED

Im Bereich ITER-Technologie und -Diagnostik sind die technologischen Entwicklungsbeiträge des IPP für ITER angesiedelt. Schwerpunkt sind hier die Entwicklung der negativen Ionenquellen für die Neutralteilchenheizung an ITER und die Entwicklung der beiden Diagnostiken zur Messung der abgegebenen Strahlungsleistung des Plasmas und zur Messung des Neutralgasdrucks. Diese sollen essentielle Beiträge für das Erreichen der ITER Zielwerte leisten. Damit und mit den Aktivitäten zur Plasmakonversion, welche die Anwendung von Plasmen zur chemischen Speicherung erneuerbaren Energien untersucht, leistet das IPP wertvolle Beiträge zu einer zukünftigen Energieversorgung.

www.ipp.mpg.de/ited

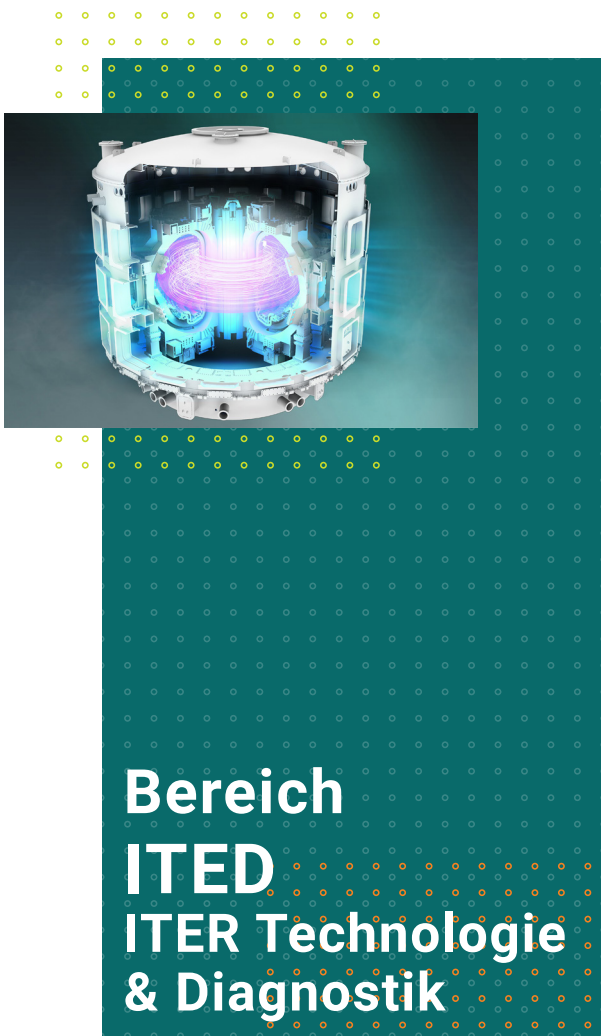
Sie wollen mehr über das Institut und den Stand der Forschung erfahren? Besuchen Sie uns: www.ipp.mpg.de/besucher

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP)
Boltzmannstraße 2
85748 Garching b. München

E-Mail: info@ipp.mpg.de
www.ipp.mpg.de

Interaktives Panorama
Tokamak ASDEX Upgrade
www.sonnenmaschine.eu

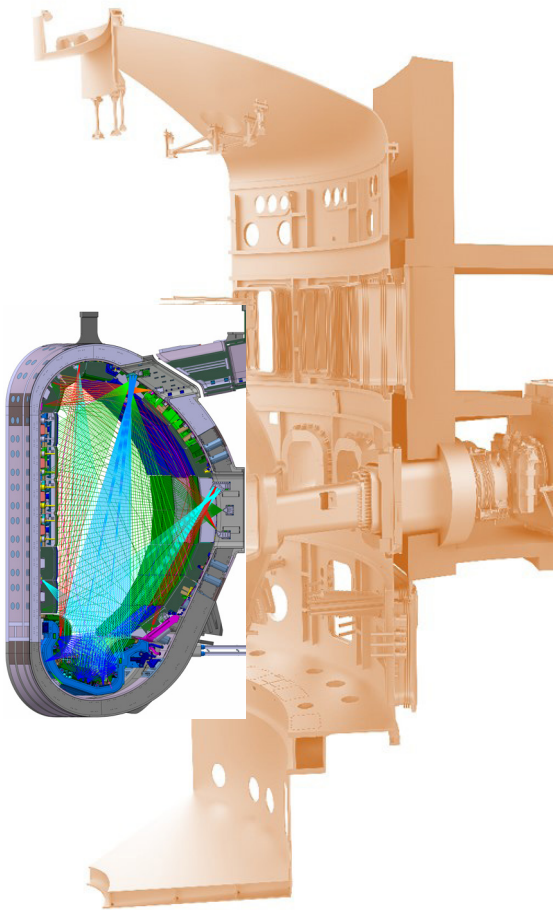
MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR PLASMAPHYSIK



ITER Technology & Diagnostik (ITED)

Im Bereich ITER Technologie und Diagnostik (ITED) des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) werden die folgenden Themen bearbeitet:

- Neutralinjektion
- Plasmadiagnostik
- Plasma-Gaskonversion

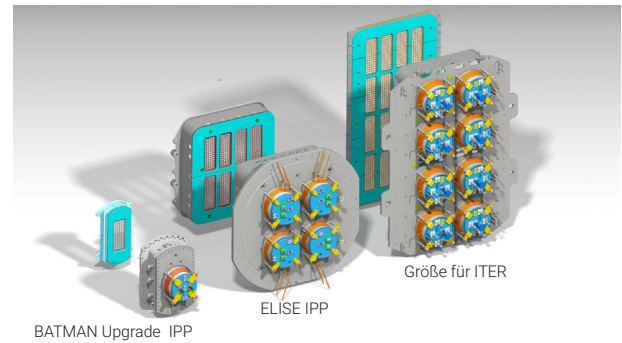


Neutralinjektion für ITER

Die Untersuchungen zur Kernfusion haben zum Ziel, die in der Sonne stattfindende Verschmelzung (Fusion) von Wasserstoffatomen zu Helium auf der Erde nachzubilden. Dadurch stünde eine nahezu unerschöpfliche Energiequelle zur Verfügung. Um die für die Fusionsreaktion notwendigen enorm hohen Temperaturen zu erreichen, existieren verschiedene Heizmethoden. Bei der an vielen Fusionsexperimenten eingesetzten Neutralinjektion (engl.: Neutral Beam Injection, NBI) werden schnelle Wasserstoffatome in ein Plasma eingeschossen. Diese geben durch Stöße ihre kinetische Energie ab, wodurch sich das Plasma erhitzt.

Hierfür werden in einem ersten Schritt Wasserstoffionen aus einer Ionenquelle in einem elektrischen Feld auf eine kinetische Energie von bis zu 1 Mega-elektronenvolt beschleunigt. Da geladene Teilchen allerdings nicht das Fusionsplasma einschließende Magnetfeld durchdringen können, müssen sie wieder neutralisiert werden.

Der Bereich ITED betreibt die Neutralinjektionsheizung am Garching Fusionsexperiment ASDEX Upgrade des IPP. Zudem hat sich die am IPP entwickelte Radiofrequenz-Ionenquelle als so vorteilhaft erwiesen, dass sie als Grundlage für die NBI des aktuell größten Fusionsexperiments ITER übernommen wurde. Ein wichtiger Arbeitspunkt am Bereich ITED ist daher die Weiterentwicklung der Ionenquelle für ITER.



Größenskalierung der Ionenquelle für ITER

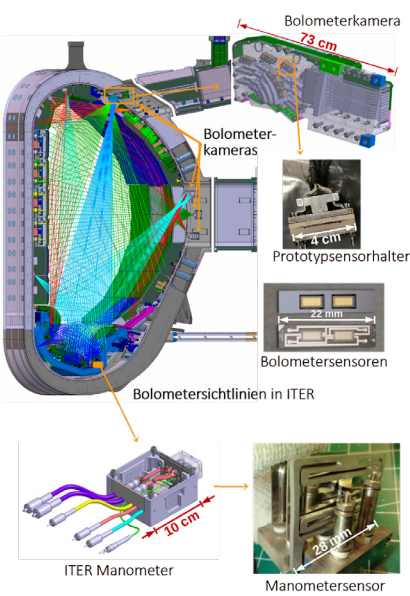
ITER Diagnostiken

Die Arbeitsgruppe ITER Diagnostik entwickelt zwei Messsysteme für das internationale Fusionsexperiment ITER: die **Bolometer** und die **Manometer**

Bolometer messen die vom Plasma abgegebene Strahlungsleistung über nahezu den gesamten Spektralbereich entlang vieler unterschiedlicher Blickrichtungen. Sie liefern damit einen essentiellen Beitrag zur Berechnung der gesamten Energiebilanz des Plasmas und stellen – mittels tomographischer Rekonstruktionsverfahren – die orts aufgelöste Verteilung der Plasmastrahlung für Untersuchungen von Transportphänomenen im Plasma bereit.

Manometer messen den Neutralgasdruck in den Randbereichen des Vakuumgefäßes. Dies ist ebenso eine wichtige Kenngröße bei der Simulation und Kontrolle von Transportphänomenen als auch unerlässlich zur Kontrolle des Plasmaaufbaus.

Für beide Diagnostiken wurden spezielle Sensoren entwickelt um eine zuverlässige Messung in hohen Magnetfeldern im Plasmagefäß zu erzielen.

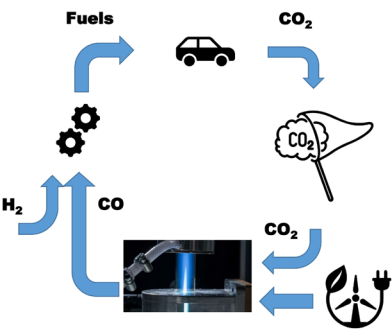


Konzept der Manometer und Bolometer für ITER

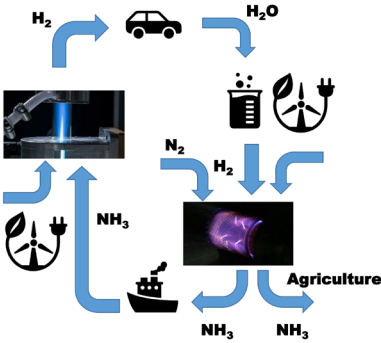
Plasmen zur Gasumwandlung

Die Nutzung von Niedertemperaturplasmen (thermisch oder im Nichtgleichgewicht) zur Konversion von im Überfluss vorhandenen Molekülen (CO_2 , CH_4 , N_2 , Biogas) zu wertvollen Chemikalien (CO , H_2 , NH_3 , Syngas) ist ein aufstrebendes Forschungsfeld. Die Technologie ist aufgrund ihrer kurzen Anlaufzeit besonders attraktiv für die Anwendung in den Stoßzeiten der erneuerbaren Energieversorgung.

Beispiel: CO_2 -Umwandlung für den Syngas-Kreislauf. Das Plasma wird mit elektrischer Energie erzeugt und wandelt CO_2 effizient in CO um.

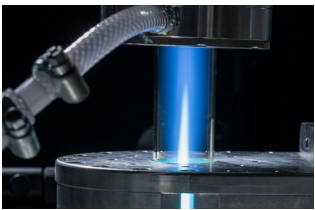


Beispiel: H_2 -Kreislauf mit Ammoniak als Wasserstoffspeicher. Das Plasma wird mit elektrischer Energie erzeugt und wandelt H_2 und N_2 in einer DBD-Entladung (Dielectric Barrier Discharge) effizient in NH_3 um.



Nach dem Transport wird aus dem NH_3 in einem Mikrowellenplasma H_2 erzeugt und steht zur lokalen Nutzung direkt zur Verfügung.

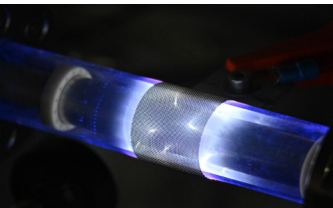
Plasma-Gaskonversion am IPP



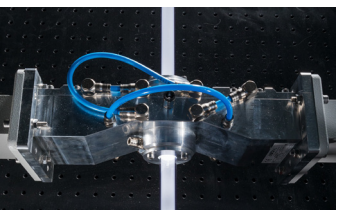
Bei Atmosphärendruck werden **Mikrowellenplasmen** verwendet für Konversion von Kohlendioxid (CO_2) zu Kohlenmonoxid (CO) sowie Wasserstoffproduktion aus Pyrolyse von Methan (CH_4).

Atmosphärendruckplasmen sind für eine industrielle Anwendung relevant, da sie als Teil der Prozesskette gekoppelt werden können.

Synergetische Effekte für die Gaskonversion, die beim Plasmakontakt mit katalytischen Oberflächen auftreten können, werden in einem DBD Reaktor untersucht.



Die vielseitigen Eigenschaften der Plasmaumgebung (z. B. durch Elektronen, Photonen, Radikale, energetisch angeregte Spezies) haben das Potential, gemeinsam mit den Materialeigenschaften (z. B. Dielektrizität, Porosität, Oberflächenaktivität) alternative Reaktionswege zu eröffnen.



Besonderes Gewicht liegt auf den grundlegenden Prozessen in Plasmen. Dazu eignen sich Niederdruckplasmen, wie z. B. das hier gezeigte Surfa-guide-Experiment.

Zur Charakterisierung der Plasmen stehen verschiedene diagnostische Methoden zur Verfügung, wie z. B. optische Emissionsspektroskopie, Massenspektrometrie und Zwei-Photonen laserinduzierte Fluoreszenz.