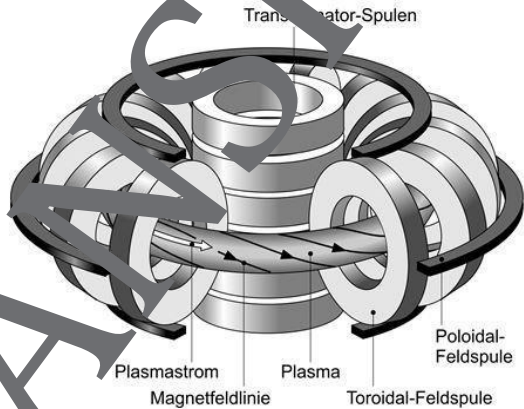


# UNTERRICHTS MATERIALIEN

## Physik Sek. II



Kernfusion heute – Forschung zwischen Realität und Vision

Physikalische Grundlagen und Möglichkeiten der Kernfusion

## Kernfusion heute – Forschung zwischen Realität und Vision

Der Traum der Wissenschaftler von einer nahezu unbegrenzten Energieerzeugung soll irgendwann einmal Realität werden. Doch was im Inneren der Sonne seit Milliarden von Jahren bestens funktioniert (und dies auch für weitere 5 Milliarden Jahre tun wird) stellt die Forscher, Ingenieure und Techniker auf der Erde seit Jahrzehnten vor schier unlösbare Probleme – die kontrollierte Kernfusion zur Energiegewinnung.

Der Beitrag beschreibt, unterstützt durch Beispiele und Übungsaufgaben, die physikalischen Grundlagen und Möglichkeiten der Kernfusion. Ausgehend von den Abläufen in der Sonne werden die Überlegungen – aber auch die bisherigen Grenzen – der Energieerzeugung durch Fusion am Beispiel des Forschungsreaktors ITER ebenso erläutert wie die schon längst mögliche militärische Anwendung der Fusion in Form der Wasserstoffbombe.

**Hinweis:** Bei allen Aufgaben des Beitrages sind die in der nebenstehenden Tabelle angegebenen Atommassen in **u** zu verwenden!

${}^0_{-1}e$	<b>0,000548</b>		
${}^1_0n$	<b>1,008665</b>	${}^3_1H$	<b>3,016049</b>
${}^1_1H$	<b>1,007825</b>	${}^4_2He$	<b>4,002603</b>
${}^2_1H$	<b>2,014102</b>	${}^6_3Li$	<b>6,015123</b>

Es gilt: Atommasse in u:  $1 \text{ u} = 1,660539 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

- β) Wie lange könnte ein solcher Prozess grundsätzlich ablaufen, wenn man annimmt, dass die abgestrahlte Leistung konstant bleibt und die Protonen rund die Hälfte der Sonnenmasse ( $m_{\text{So}} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ ) ausmachen?
2. Eine anhaltende und kontrollierte Fusion im Fusionsreaktor zur Stromerzeugung ist sehr schwierig zu realisieren, weil u. a. die dabei notwendigen extrem hohen Temperaturen die Wissenschaftler und Ingenieure vor schier unlösbare Schwierigkeiten stellen.

Die in der Sonne ablaufenden p-p-Zyklen eignen sich für Fusionsreaktoren auf der Erde nicht, weil sie äußerst langsam sind und die dafür nötige Protonendichte – wie sie in der Sonne vorhanden ist – nicht erzeugt werden kann. Deshalb wird beim Fusions-Forschungsreaktor ITER (siehe Aufgabe 3) der Fusionsprozess von Deuterium- und Tritiumkernen favorisiert:



- a) Berechnen Sie die Energie in MeV, die bei einem Fusionsprozess frei wird!
- b) α) Zeigen Sie durch Rechnung, welche Temperatur im Inneren des Reaktors erforderlich ist, um das Deuteriumatom und das Tritiumatom auf eine für die Fusion notwendige Entfernung  $r = 5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$  anzunähern!
- β) Begründen Sie, warum die in α) erstellte Berechnung eine stark vereinfachte Annahme der Realität darstellt!
- c) Das für den Fusionsprozess benötigte Tritium kommt in der Natur kaum vor und muss deshalb mithilfe der bei diesem Prozess freiwerdenden Neutronen (siehe Gl. I) aus Lithium durch folgende Reaktion erbrütet werden:



- Berechnen Sie, welche Masse an Helium Pro Jahr als Abfallprodukt anfällt, wenn ein im Dauerbetrieb laufender Reaktor aus den beiden Prozessen (I und II) eine thermische Leistung von 1,5 GW erbringen soll!

3. Nach Expertenmeinung wird sich der globale Energieverbrauch bis zum Ende des 21. Jahrhunderts verdreifachen – bei gleichzeitig massiver Abnahme der Vorräte an fossilen Brennstoffen. Wie lässt sich ausgehend von dieser Prognose die Energieversorgung der Menschheit in der Zukunft gewährleisten, ohne dabei die Umwelt weiter mit klimaschädlichen Treibhausgasen zu belasten?

Einen möglichen Weg dorthin könnte die Kernfusion aufzeigen, wenn sie denn gelänge, die nach wie vor riesigen Probleme dieser Technik auf der Erde zu beherrschen. Als eines von mehreren Forschungsprojekten wird ITER (lat.: der Weg) als Abkürzung für **“International Thermonuclear Experimental Reactor“** propagiert, ein Gemeinschaftsprojekt der großen Industrienationen, darunter China, Europa, Indien, Japan, Korea, Russland und die USA.

ITER basiert auf dem russischen Tokamak-Prinzip, was eine Abkürzung für „toroidalnaja kamera magnitnoy katuschi“ ist, was soviel bedeutet wie „Toroidale Kammer im Magnetfeld“ der Spule. Bereits im Jahr 1952 wurde dieses Prinzip von den sowjetischen Physikern **Andrei Sacharow** (1921–1989) und **Igor Tamm** (1895–1971) entwickelt.

Derzeit wird als internationales Großexperiment in Südfrankreich ein neuer ITER-Experimentierreaktor gebaut, bei dem eine rund 10-fache Leistungsverstärkung von aufgenommener Heizleistung zu erzeugter Fusionsleistung (geplant sind 500 MW) erreicht werden soll. Wenn dies gelingt, könnte mit dem Bau eines Prototyp-Fusionskraftwerks mit Namen DEMO begonnen werden – eine kommerzielle Nutzung ist allerdings nicht vor 2050 bis 2060 zu erwarten!

**Hinweis:** Recherchieren Sie die Beantwortung der Fragen in Aufgabe 3 und 4 im Internet und in einschlägigen Fachbüchern und -zeitschriften!

# Sie wollen mehr für Ihr Fach?

## Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



**Über 5.000 Unterrichtseinheiten**  
sofort zum Download verfügbar



**Webinare und Videos**  
für Ihre fachliche und  
persönliche Weiterbildung



**Attraktive Vergünstigungen**  
für Referendar:innen mit  
bis zu 15% Rabatt



**Käuferschutz**  
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:  
**www.raabe.de**