

# TECHMAX Heft 9

## Kernfusion - Die Sonne im Tank

### Didaktisch-methodische Überlegungen

---

#### Inhalt

1. Thematischer Hintergrund
2. Didaktisch-methodischer Kommentar
3. Ziele des Kompetenzerwerbs
4. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe
5. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht

#### 1. Thematischer Hintergrund

Strom und Wärme im Überfluss oder wann "zündet" die Idee der Kernfusionstechnologie?

Kohle, Erdöl, Erdgas: Die Reserven an fossilen Brennstoffen nehmen immer weiter ab, das Ende der Kohlenwasserstoff-Ära bei der Energiegewinnung ist längst in Sicht. Entsprechend intensiv suchen Forscher heute weltweit nach alternativen Methoden, um den gewaltigen Energiehunger von Mensch und Industrie zu stillen.

Neben den boomenden Erneuerbaren Energien, der umstrittenen Atomenergie und den bisher nur begrenzt einsetzbaren Brennstoffzellen, ist es vor allem die Kernfusion, die in Zukunft die fossilen Brennstoffe ersetzen könnte. Doch trotz großer Anstrengungen weltweit ist es den Wissenschaftlern bisher noch nicht gelungen, das „Feuer“ der Sonne technisch zu bändigen und daraus leistungsfähige Fusionskraftwerke zu entwickeln.

Bis zum Jahr 2020 soll aber im südfranzösischen Cadarache der internationale Forschungsreaktor ITER seinen Dienst aufnehmen und Mitte des 21. Jahrhunderts könnten dann - wenn alles klappt - erste kommerzielle Fusionsanlagen mit der Massenproduktion von Strom und Wärme beginnen. Die Menschheit hätte damit eine nahezu unerschöpfliche Energiequelle zur Verfügung, die noch dazu ganz ohne klimaschädliche Treibhausgase auskommt...

Auf der Grundlage der im Physikunterricht erworbenen Kenntnisse über Atomkerne sollen sich die Schüler ein Bild von der Kernenergie-technik und hier explizit von der Kernfusion machen. Sie sollen nicht nur die Chancen und Risiken der Kernfusion kennen lernen, sondern auch an einem konkreten Beispiel erfahren, welche Hindernisse Wissenschaftler zu überwinden haben, bis aus einer spannenden Vision – möglicherweise – einmal ein „global player“ im Energie-Mix der Zukunft wird.

Eine Auseinandersetzung mit dem Thema „Kernfusion“ im Unterricht knüpft unmittelbar an die Alltagswelt der Schüler an (Ölpreiserhöhungen, Störfälle in Atomkraftwerken etc.). Sie ermöglicht ihnen einen ersten Einblick in eine vielversprechende und innovative Methode der Energieerzeugung und macht die Bedeutung und Notwendigkeit von Grundlagenforschung für die Gewinnung neuer Erkenntnisse bewusst.

#### 2. Didaktisch-methodischer Kommentar

Die vorgelegte Doppelstunde „Strom und Wärme im Überfluss? – Auf der Suche nach der ‚zündenden‘ Kernfusionstechnologie“ ist Teil einer mehrstündigen Unterrichtsreihe in den Fächern Physik oder Technik mit dem Titel „Kernfusion: Teure Utopie oder Energie der Zukunft?“.

Bevor die geplante Einheit durchgeführt werden kann, müssen die Schüler bereits grundlegenden Kenntnisse über den Aufbau von Atomkernen erworben und die Sonne als Ort für natürlich ablaufende Kernfusionsreaktionen kennen gelernt haben. Auch die dort dominierende so genannte „Proton-Proton-Reaktion 1“ sollte in jedem Fall schon vorab besprochen worden sein. Für einen schnellen Wissenszugewinn im Rahmen des Unterrichts wäre es gut, wenn die Schüler zudem schon Vorwissen über andere Formen der Energiegewinnung – wie Erneuerbare Energien, Kernkraft oder fossile Brennstoffe – besitzen.

Nach der vorgelegten Unterrichtsstunde sowie der Besprechung der Hausaufgaben könnte es mit der Erarbeitung eines vollständigen Schemas von zukünftigen Fusionskraftwerken weitergehen (siehe beispielsweise Abbildung B im Techmax). Auch eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem in Planung befindlichen internationalen Forschungsreaktor ITER könnte das Wissen der Schüler über das Thema Kernfusion weiter ergänzen.

# **TECHMAX Heft 9**

## **Kernfusion - Die Sonne im Tank**

### **Didaktisch-methodische Überlegungen**

---

Wenn möglich, könnte die Unterrichtsreihe dann noch durch einen Besuch beim Kernfusionsgroßexperiment ASDEX Upgrade im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching, bei WENDELSTEIN 7-X im IPP-Teilinstitut Greifswald oder auch im Tritiumlabor des Forschungszentrums Karlsruhe abgerundet werden.

#### Sicherung als Einstieg

Um das in der vorangegangenen Stunde erworbene Grundlagenwissen für den Unterricht zu rekapitulieren, beginnt die vorgelegte Einheit mit einer Sicherungsphase, in der die Schüler das Prinzip der Kernfusion der Sonne ausführlich beschreiben und erklären.

Danach zeigt der Lehrer ein Bild des geplanten Kernfusionsforschungsreaktors ITER. Die Schüler sollen möglichst selbstständig einen Zusammenhang zwischen den Motiven herstellen und die Kernfusion als zugrunde liegendes Phänomen benennen.

Schon in dieser frühen Unterrichtsphase wird von den Schülern zudem erwartet, einfache Hypothesen zur Funktionsweise von „künstlichen“ Reaktoren auf der Basis ihres Vorwissens aufzustellen. Diese Vorschläge sollen dann in der Diskussion mit anderen Kursteilnehmern gegebenenfalls präzisiert, korrigiert oder widerrufen werden.

Je nach Leistungsstand des Kurses könnte der Lehrer für diese Phase zusätzliche Unterrichtsimpulse (Folien mit Grafiken oder Bildern, Texte) bereithalten, damit ein schneller, motivierender Lernfortschritt gelingt.

#### Erarbeitung mit Hilfe von traditionellen und neuen Medien

Um auch die beiden Erarbeitungsphasen möglichst effektiv zu gestalten, werden hier alt bewährte Medien (Arbeitsblätter mit Texten und Abbildungen) kombiniert mit neuen Medien wie Computer und Internet eingesetzt.

Die ausgewählte Flash-Animation vom Max-Planck Institut für Plasmaphysik verbildlicht dabei abstrakte Inhalte wie die Deuterium-Tritium-Kernfusionsreaktion (AB1: Sequenz „Was ist Kernfusion? – Fusionsreaktion“) und/oder gibt zusätzlichen Informations-Input (AB2: Sequenz „Magnetischer Einschluss - Stellarator und Tokamak). Ähnliches gilt auch für die Hausaufgabe, wo die anschauliche Flash-Animation ebenfalls das Arbeitsblatt ergänzt (Sequenz „Das Fusionskraftwerk - Sicherheit und Umwelt“).

Die Nutzung der neuen Medien soll die Lernbereitschaft der Schüler erhöhen und so zu einer zielgerichteten und motivierten Auseinandersetzung mit dem Thema anregen. Übergeordnetes Ziel dieser Unterrichtsphasen ist, die Medienkompetenz der Schüler zumindest ansatzweise zu verbessern.

#### Lernen in Teamarbeit

Ein weiteres wichtiges Prinzip des Unterrichts ist das kooperative Lernen in Partner- beziehungsweise in Gruppenarbeit. Die Schüler/Kursteilnehmer finden sich deshalb selbstständig in Teams von drei bis vier Personen zusammen, die gemeinsam die Arbeitsmaterialien auswerten und Lösungsmöglichkeiten für die Arbeitsaufträge entwickeln.

Auch auftretende Probleme oder Fragen sollen zunächst im Team besprochen und geklärt werden. Der Lehrer steht in den Erarbeitungsphasen nur in Ausnahmefällen als Ansprechpartner (vor allem bei technischen Defekten etc.) zur Verfügung.

# TECHMAX Heft 9

## Kernfusion - Die Sonne im Tank

### Didaktisch-methodische Überlegungen

---

#### 3. Ziele des Kompetenzerwerbs

SchülerInnen können:

- die Vorgänge bei der Fusionsreaktion von Deuterium und Tritium sowie ihr Ergebnis beschreiben,
- das Funktionsprinzip des Magnetfeldkäfigs zum Einschließen des heißen Plasmas am Beispiel von Stellaratoren und Tokamaks kennen lernen und erklären,
- die Gefahren bei der Nutzung der Kernfusion erarbeiten und im Vergleich mit anderen Formen der Energieerzeugung bewerten,
- die Kernfusion als potenzielle, nahezu unerschöpfliche Energiequelle der Zukunft erkennen und benennen,
- ihre Fertigkeiten im Bereich der Partner- oder Gruppenarbeit sowie im Umgang mit neuen Medien verbessern.

#### 4. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe

Die geplante Unterrichtsstunde „Strom und Wärme im Überfluss? – Auf der Suche nach der ‚zündenden‘ Kernfusionstechnologie“ ist in erster Linie für den Physik- und Technikunterricht der Sekundarstufe II an Gymnasien und Gesamtschulen gedacht. Nach einer Anpassung der Arbeitsblätter (Didaktische Reduktion; Erklärung von Fachbegriffen, geringerer Schwierigkeitsgrad der Arbeitsaufträge) ist gegebenenfalls auch eine Nutzung in den Jahrgangsstufen 9 und 10 an Gymnasien, Realschulen oder Gesamtschulen möglich.

Der Zeitbedarf beträgt 90 Minuten. Stehen laut Stundenplan nur kürzere Einheiten (70 Minuten oder 45 Minuten) zur Verfügung, kann der Unterricht nach der ersten Erarbeitungsphase, dem Zusammentragen der Resultate, der Ergebnissicherung sowie der Problemfindung II beendet werden. Das Arbeitsblatt 2 und die dazugehörigen Begleitinformationen („Ein Käfig für das heiße Plasma“) kämen dann im Rahmen der Hausaufgabe zum Einsatz.

Thema der folgenden Unterrichtsstunde könnte dann – nach der Besprechung der Ergebnisse der Einzel- oder Partnerarbeit zuhause – das Arbeitsblatt 3 (Kernfusion und Radioaktivität) sein.

##### Hinweis:

Die geplante Einheit ist in der vorgesehenen Form nur dann durchführbar, wenn der Klassen- oder Kursraum über genügend (mindestens vier bis fünf) Internetabeitsplätze verfügt. Ist dies nicht der Fall, müssten vor einem möglichen Einsatz der Arbeitsblätter die Verweise auf die Flash-Animation entfernt werden. Für den Unterrichtsverlauf ist dann zudem eine Alternative zur Problemfindung II zu entwickeln. Der Lehrer sollte sich darüber hinaus in einem Unterricht ohne neue Medien präseanter zeigen und – wenn nötig – mehr Hilfestellungen geben.

##### Lehrplankonformität

In (fast) allen Bundesländern bieten die Lehrpläne und Richtlinien Hinweise auf Einsatzmöglichkeiten für die vorgelegte Unterrichtsstunde:

##### Beispiel Hessen:

Im hessischen Lehrplan für den Bildungsgang Gymnasium ist in der Jahrgangsstufe 13.2 sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs ein frei wählbares Thema vorgesehen. Als möglicher Unterrichtsinhalt und Kursschwerpunkt ist dabei die Kernphysik genannt. Darin könnte die Einheit „Strom und Wärme im Überfluss? – Auf der Suche nach der ‚zündenden‘ Kernfusionstechnologie“ gut integriert werden.

Energieversorgung beziehungsweise die Erzeugung und Nutzung von Energie aus Kernreaktionen sind zudem in der Jahrgangsstufe 10 im Unterricht ausführlich zu behandeln.

##### Beispiel Sachsen:

Die sächsischen Richtlinien für das Fach Physik an Gymnasien nennen im Grund- und Leistungskurs 12/I Kernphysik und speziell die Kernfusion als zu behandelnde Aspekte. Die geplante Unterrichtsstunde könnte in diesem Zusammenhang wichtige Kenntnisse vermitteln, um den Schülern die Perspektiven der Kernfusion vor Augen zu führen.

# TECHMAX Heft 9

## Kernfusion - Die Sonne im Tank

### Didaktisch-methodische Überlegungen

---

#### Beispiel Bayern:

„Einblick in die Energietechnik“ lautet einer der Schwerpunkte im bayerischen Fachlehrplan für Physik an Gymnasien für die Jahrgangsstufe 10. Darin könnte die vorgelegte Einheit ebenso zum Einsatz kommen, wie im als Additum an mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasien vorgesehenen Thema „Physikalische Grundlagen der Kernenergietechnik“. Denn dort soll es unter anderem um die „Energiebilanz bei Kernspaltung und Kernfusion“ gehen.

Wie vom Lehrplan gefordert, könnte so den „bei der Kernfusion frei werdenden enormen Energiemengen und den sich daraus ergebenden technischen Möglichkeiten die damit verbundenen Risiken und Probleme“ gegenüber gestellt werden. Die Durchführung der Stunde würde die Schüler aber auch befähigen, „bei der in der Öffentlichkeit geführten Energiediskussion eine eigene, sachgerecht begründete Stellung zu beziehen“.

Gut passen müsste die Doppelstunde auch in den Grund- und Leistungskurs Physik der Jahrgangsstufe 13, wo laut dem bayerischen Lehrplan ebenfalls eine Auseinandersetzung mit der Kernfusion vorgesehen ist. Schwerpunkt soll unter anderem die „Veranschaulichung des aktuellen Standes der Fusionsforschung an Diagrammen“ sein.

#### Beispiel Schleswig-Holstein:

Für den Grund- und Leistungskurs der Jahrgangsstufe 13.2 schlägt der Lehrplan Physik für Gymnasien und Gesamtschulen in Schleswig-Holstein unter anderem einen Wahlkurs zur Atom- und Kernphysik vor. Darin sollen die Schüler beispielsweise zu tieferen Einsichten über die Vorgänge bei Kernreaktionen gelangen.

Sinnvoll nutzbar wäre die vorgelegte Unterrichtseinheit auch im Wahlkurs zur Astrophysik, wo die Physik der Sterne im Mittelpunkt der schulischen Auseinandersetzung stehen soll.

## 5. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht

„Ohne Energie kein Leben“

Dies könnte ein Thema für ein Schulprojekt oder einen fächerübergreifenden Unterricht sein, in das die vorgelegte Doppelstunde gut passen würde. Im Fach Physik/Technik müssten neben dem Thema Kernfusion/Kernenergie auch andere Formen der Energiegewinnung wie Fotovoltaik, Windenergie, Wasserkraft oder Erdwärme diskutiert werden.

Im Biologie-Unterricht geht es dann ausführlich um das Thema Fotosynthese und deren Bedeutung für das Leben auf der Erde. Darüber hinaus werden Formen der Energiegewinnung in nicht Fotosynthese treibenden Organismen, insbesondere Bakterien besprochen (Gärungsprozesse etc.). Die vielseitigen Stoffwechselwege in Bakterien eröffnen möglicherweise auch neue Wege der Energiegewinnung.

Der Geografie-Unterricht könnte sich im Rahmen des Projekts beispielsweise mit den weltweit vorhandenen Erdöl- und Erdgaslagerstätten befassen und der Problematik ihrer weiteren Ausbeutung (Stichwort: Arktis) sowie mit den aufgrund regionaler Besonderheiten gegebenen Möglichkeiten zur Energiegewinnung auf anderen Wegen (z. B. das geplante erste kommerzielle Aufwindkraftwerk in der australischen Wüste oder ein Gezeitenkraftwerk vor der Westküste Englands).

Im Fach Geschichte sollte dann der technische Wandel in der Bereitstellung von Energie und die damit einhergehende Industrialisierung besprochen werden (vom Wasser getriebenen Rad über die Dampfmaschine von James Watt hin zu den ersten Verbrennungsmotoren).