

Physik und Medizin

Eine Plakatserie der DPK für Interdisziplinarität im Physikunterricht

Physik ist seit jeher ein Fach, das sich auszeichnet für interdisziplinäre Unterrichtsformen eignet, und kann daher die Forderung, dass Interdisziplinarität im gymnasialen Unterricht vermittelt wird (MAR Art. 11: „dass die Schülerinnen und Schüler mit fächerübergreifenden Arbeitsweisen vertraut sind“), bestens erfüllen. Die vorliegende Plakatserie zeigt am Beispiel der medizinischen Bildgebung die Notwendigkeit und den Zweck interdisziplinären Arbeitens auf. Bei den Erklärungen wird auf gymnasialen Unterrichtsstoff aus verschiedenen Fächern (hauptsächlich Physik) abgestützt.

Die Entwicklung und die Anwendung dieser bildgebenden Techniken in der Medizin erfordert ein hohes Mass an Interdisziplinarität und Austausch zwischen verschiedensten wissenschaftlichen Fachgebieten. Diese Tatsache widerspiegelt sich auf den Plakaten beim Erklären der Techniken. So werden die Schülerinnen und Schüler mit grundlegenden Stoffgebieten aus der Physik, der Chemie, der Biologie und der Mathematik konfrontiert:

Um das Auflösungsvermögen beim Ultraschall zu verstehen, wird die Wellengleichung herangezogen und für eine typische Frequenz und Grössenordnung berechnet. Es kommen dabei Begriffe wie Reflexion, Brechung, Impedanz und Intensität vor. Natürlicherweise wird auch die Exponentialfunktion erwähnt und verwendet, so z.B. bei der Absorption von Wellen und beim radioaktiven Zerfall. Weitere erwähnenswerte Gebiete sind Dopplereffekt, Antimaterie, Strahlenbelastung, Fourier Transformation, Piezoelektrizität, elektromagnetisches Spektrum usw.

**Sonografie
Ultraschall-
Untersuchung**

Warum Ultraschalluntersuchungen?

Im Gegensatz zu den Röntgenstrahlen durchqueren die Ultraschallwellen den menschlichen Körper kaum, sondern werden meistens von Organen reflektiert. Aus diesem Echo lässt sich ein Bild gewinnen. Deshalb wird die Ultraschalluntersuchung oft als Sonographie oder Echographie bezeichnet.
Die Frequenz der Ultraschallwellen ist hier so hoch (1MHz < f < 20 MHz) und deren Wellenlänge daher so klein, dass sie problemlos durch das weichere Körpergewebe dringen.

Anatomie der inneren Organe
Mithilfe des Ultraschalls können innere Organe wie Muskeln, Herz, Leber u.a. visualisiert werden. Diese Bilder können in Echtzeit angezeigt werden, und das in einer Auflösung, welche es erlaubt, auch Details im Millimeterbereich zu erkennen.

Ultraschallbild von einem Herz

Ultraschallbild einer Leber mit einer Vene

Blutkreislauf
Dank der Bilder in Echtzeit kann man die Blutflüsse im menschlichen Körper (farbige Dopplerbilder) anzeigen oder Organe in Bewegung (Schläge des Herzens) untersuchen.

Farbiges Dopplerbild des Blutflusses in der Vene und der Arterie des Halses

Therapien
Ultraschalluntersuchungen erlauben es, Gallen- oder Nierensteine zu lokalisieren und sie zu zertrümmern (Lithotripsie). Sie erlauben auch die Behandlung von gewissen Tumoren, indem diese mit Hilfe der Schallwellen verbrannt werden (Thermokoagulation).

Gebärmutteruntersuchung
Man kann sogar 3-dimensionale Bilder produzieren, wenn dies notwendig ist. Hier als Beispiel das 3-dimensionale Bild eines Fötus.

CRP Commission Romande de Physique DPK Deutschschweizerische Physikkommission SATW Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften

Abbildung 1: Plakat Sonografie (1/6)

Positronen Emissions Tomographie

Fluorzerfall

Fluor (^{18}F) zerfällt nach folgender Formel:

$$^{18}_9\text{F} \rightarrow ^{18}_8\text{O} + \text{Positron} + \text{Neutrino}$$

Produktion von radioaktivem Fluor

In einem Zyklotron wird ^{16}O mit schnellen Protonen beschossen. Dadurch entsteht ^{18}F mit einer Halbwertszeit von ca. 2 h (109,77 min).

$$\text{Protonen} + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{18}\text{F} + \text{Neutronen}$$

Funktionsprinzip eines Zyklotrons

Andere Positronenquellen

Wegen seiner Halbwertszeit von 2 h kann das Fluor auch über weitere Strecken transportiert werden. Ist die Entfernung zum Zyklotron gering, können auch Radionuklide mit kleineren Halbwertszeiten benutzt werden.

Element	Isotope	Halbwertszeit
Kohlenstoff	^{11}C	20 min
Stickstoff	^{13}N	10 min
Sauerstoff	^{15}O	2 min

Das Radiopharmakon

In der Medizin werden radioaktive Isotope mit kurzer Halbwertszeit benutzt, um eine übermässige Bestrahlung der Patienten zu verhindern (z.B. ^{18}F Halbwertszeit ca. 2 h).

Zeit nach der Injektion	Aktivität (in %)
0 h	100
2 h	50
4 h	25
6 h	12,5
8 h	6,25
10 h	3,125
...	...
24 h	< 0,02
Nach einer Woche	0,0000000000000000000000000517

In Wirklichkeit wird die Aktivität noch stärker abnehmen, da die injizierten Isotope teilweise mit dem Urin ausgeschieden werden (deshalb erscheint die Blase auf den Fotos als hyperaktives Organ). Die biologische Halbwertszeit von ^{18}F beträgt 82 Minuten.

Ein Protonenstrahl wird in einem Zyklotron durch ein elektrisches Feld beschleunigt. Das Magnetfeld hält den schneller werdenden Protonenstrahl auf einer Spiralbahn. Schliesslich werden die schnellen Protonen auf ein Target geschossen, welches Sauerstoff enthält.

Zyklotron

Commission Romande de Physique

DPK Deutschschweizerische Physikkommission

SATW Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften

4

Abbildung 2: Plakat PET (4/6)

Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen Einblick in die Möglichkeiten und Anwendungen der medizinischen Bildgebung. Dabei werden sie bei Themen wie Ultraschalluntersuchung eines Fötus, Nachweis von Tumorzellen, Alzheimer-Krankheit, Knochenverletzungen usw. bewusst mit Alltagsproblemen konfrontiert. Insbesondere bekommen die Schülerinnen und Schüler einen direkten Einblick, wie technische Hilfsmittel und das Wissen aus verschiedenen Fachgebieten sinnvoll in der Medizin eingesetzt werden.

Auf 24 Plakaten werden vier medizinische Untersuchungsmethoden vorgestellt: die Ultraschalluntersuchung, die Positronenemissionstomografie, die Computerröntgentomografie und die Magnetresonanztomografie.

Die gedruckten Plakate (farbig, A3, eine Serie pro Gymnasium) und die PDF-Version können bei der DPK (www.dpk.ch) kostenlos bestellt resp. heruntergeladen werden.

Die DPK bedankt sich herzlichst bei der CRP für die Postervorlage und die Bilder sowie bei der SATW für die finanzielle Unterstützung.

DPK, Christian Stulz