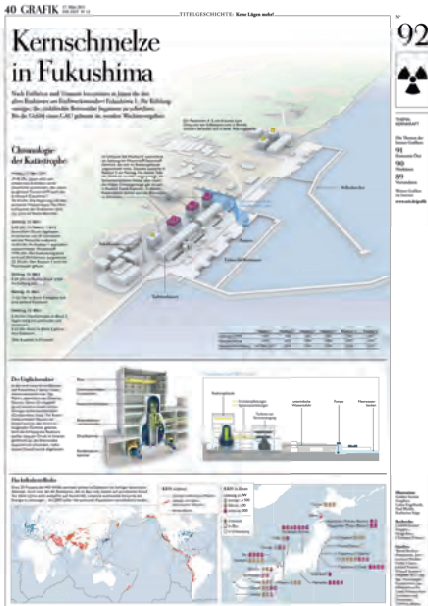


INFOGRAFIK

Kernschmelze in Fukushima

Infografik zum Reaktorunfall nach dem Erdbeben und Tsunami in Japan.



© Golden Section Graphics

Nach Erdbeben und Tsunami havarierten in Japan die drei alten Reaktoren am **Kraftwerksstandort Fukushima-1**. Die Kühlung versagte, die strahlenden Brennstäbe begannen zu schmelzen. Bis die **Gefahr eines GAUs** gebannt ist, werden Wochen vergehen.

Im Gebäude des Reaktors 1 explodierte am Samstag ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch, das sich im Reaktorgebäude angesammelt hatte. Dasselbe passierte in Reaktor 3 am Montag. Die oberen Teile der Gebäude wurden weggesprengt, die Sicherheitsbehälter blieben aber intakt. Am frühen Dienstagmorgen gab es auch in Reaktor 2 eine Explosion. In diesem Reaktorblock drohen auch die Brennstäbe zu schmelzen.

Etwa 20 Prozent der 443 Kernkraftwerke weltweit stehen in **Gebieten mit heftiger seismischer Aktivität**. Auch viele der 62 Reaktoren, die im Bau sind, stehen auf unsicherem Grund. Vor allem **China setzt weiterhin auf Atomkraft**, um seine wachsende Industrie mit Energie zu versorgen – bis 2020 sollen die atomaren Kapazitäten verachtfacht werden.

fühle der Leserinnen und Leser an. Abb. 6 zeigt einen Text aus der Wochenzeitung DIE ZEIT, der wiederum die Gefühlsebene ausklammert und sorgfältig recherchierte Sachinformationen liefert. Auf die Infografik (Quelle siehe Legende zu Abb. 6) sei besonders hingewiesen.

Schülerinnen und Schüler nehmen diese Informationen auf. Es stellt sich die Frage, ob der Physikunterricht sich ausschließlich mit Sachinformationen beschäftigen soll oder wie weit Sorgen und Ängste der Schülerinnen und Schüler zu thematisieren und zu bearbeiten sind.

3.2 Gefährlichkeit von Kernstrahlung

Der in diesem Band vorgestellte Unterricht nimmt das Thema „Gefährlichkeit von Radioaktivität“ als Leitlinie auf. Den Schülerinnen und Schülern sollen unbegründete Ängste möglichst genommen und tatsächliche Gefahren erklärbar in ihren Konsequenzen verdeutlicht werden. Das Wissen um die physikalischen Vorgänge soll helfen, Gefahren zu erkennen, diffuse Ängste abzubauen und notwendige Schutzmaßnahmen zu treffen.

Abb. 6: Kernschmelze in Fukushima.
Drösser, Christoph: Kernschmelze in Fukushima.
In: DIE ZEIT, 17.3.2011 Nr. 12
online:
<http://www.zeit.de/2011/12/IG-Fukushima>
Infographik unter:
<http://images.zeit.de/wissen/2011-03/40-Fukushima-1.pdf>

Strahlung

Begriffe, die es zu klären gilt, gibt es eine ganze Reihe. Bekannt sind missverständliche Bezeichnungen wie Atomkraftwerk und Kernkraftwerk sowie Atomenergie und Kernenergie. In der Fachsprache sollte es heißen: Die Anlage liefert Energie. Diese stammt aus den Atomkernen des Urans. Der Ausdruck *Kernenergie* trifft zwar den Sachverhalt, ist jedoch ungebräuchlich und wird deshalb nicht verstanden.

Doch wäre damit noch nicht viel gewonnen. Das Problem scheint mit der **Strahlung** und mit dem **Atom** zusammenzuhängen, wenn man den Zeitungsberichten folgt. „Tokio fürchtet Atomwolke“ ist eine Aussage, der fachlich nicht leicht auf die Spur zu kommen ist. Was könnte gemeint sein? Atome gibt es sicher viele in Tokio. Angst braucht deshalb niemand zu haben. Die Strahlung der Atome ist sicher nicht gemeint; eher die **Kernstrahlung**, die als α -, β - und γ -Strahlung bekannt ist.

Was ist die Ursache der Strahlung und warum, wie in Abb. 5 angekündigt, steigt sie? Die Strahlung wird auf die Katastrophe in Fukushima zurückgeführt. Nun gibt es

zwei unterschiedliche Möglichkeiten für den Ursprung der Strahlung. Die eine: Das radioaktive Material im Reaktor erzeugt Strahlung und die Reichweite der Strahlung reicht bis nach Tokio. Die andere: Das radioaktive Material aus dem Reaktor gelangt – vielleicht in einer „Wolke“ – nach Tokio. Dort angekommen, wird Strahlung aus dieser Wolke an die Bevölkerung in Tokio abgegeben. Die Maßnahmen zum Schutz der Strahlung sind unterschiedlich: Im ersten Fall wird man sich gegen die Strahlung vom Reaktor abschirmen, im zweiten gegen die Strahlung aus der Wolke.

Daraus lassen sich inhaltliche Ziele des Unterrichts ableiten: Welche Stoffe erzeugen radioaktive Strahlung und welche Eigenschaften hat die radioaktive Strahlung, im Besonderen: Was macht sie gefährlich?

Strahlung und Teilchen

Aus historischen Gründen gibt es die Bezeichnungen α -Strahlung, β -Strahlung und γ -Strahlung. Jahre später wurden die Neutronen und die Neutronenstrahlung entdeckt. Es stellte sich heraus, dass es sich bei der α -Strahlung um Heliumkerne, also die Atomkerne des Helium-Atoms und damit Teilchen handelt. Auch die β -Strahlung bezeichnet Teilchen: Es sind Elektronen. Die Neutronenstrahlung beschreibt bewegte Neutronen. Nur die γ -Strahlung ist eine elektromagnetische Strahlung und kein Teilchen.

Wenn es sich bei den meisten dieser Strahlungsarten um Teilchen handelt, stellt sich die Frage neu: Was ist gefährlich an diesen Teilchen?

Was sind Teilchen?

Ein kurzer Einschub zum Begriff Teilchen: Schülerinnen und Schüler kennen diesen Begriff aus dem Chemieunterricht [14]. In einer Elementarreaktion reagieren Teilchen wie:



Na^+ , Cl^- und H_2O sind Teilchen. *Teilchen* sind hier Atome, Moleküle oder Ionen. Die Avogadro-Konstante gibt die Zahl dieser Teilchen in einem Mol an: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Im Physikunterricht versteht man unter Teilchen vielfach atomare Teilchen, also *Atome*. H ist ein Wasserstoffatom, ein Teilchen, das Sauerstoffatom O ebenfalls. H_2O sind dann drei Teilchen.

Dem Atomkern von O fehlen die Elektronen der Hülle. Er besteht wiederum aus 16 *Kernteilchen*. Die Angabe $^{16}_8\text{O}$ sagt aus, dass von den 16 Kernteilchen 8 Protonen und 8 Neutronen sind. Für den Kern des Sauerstoffatoms O_K kann man $\text{O}_K = p_8 n_8$ schreiben.

Selbst die Protonen und Neutronen des Kerns bestehen aus *Elementarteilchen*, den Quarks. Das Proton besteht aus zwei up- und einem down-Quark: $p = uud$; das Neutron aus einem up- und zwei down-Quarks: $n = udd$.

Zusammengefasst: Die Schülerinnen und Schüler werden mit verschiedenen Teilchenklassen vertraut gemacht: chemische Teilchen, Atome, Kernteilchen und Ele-

mentarteilchen. Vielfach wird von Teilchen gesprochen, insbesondere von radioaktiven Teilchen, ohne diese Teilchen einer Teilchenklasse zuzuordnen.

Kernstrahlung

Bei einer Kernreaktion reagieren Atomkerne:



Dabei entstehen als Reaktionsprodukte **Atomkerne**, in diesem Beispiel die von Radon $^{222}_{86}\text{Rn}_K$ und von Helium $^4_2\text{He}_K$. Der Heliumkern als Reaktionsprodukt wird α -Strahlung genannt. Bei der folgenden Reaktion entstehen Atomkerne und Elementarteilchen:



In diesem Beispiel besteht das Reaktionsprodukt aus dem Xenonkern $^{131}_{54}\text{Xe}_K$, einem Elektron und einem Antineutrino. Das Elektron e^- wird β -Strahlung genannt. Das Antineutrino $\bar{\nu}$ reagiert äußerst selten mit anderen Teilchen und wird nicht weiter betrachtet.

Das Besondere an den Elektronen ist, dass sie mit der Kernreaktion erzeugt werden. Sie sind also nicht im Kern enthalten oder versteckt, sondern entstehen in der Kernreaktion zusammen mit einem Antineutrino. Auch dies ein Zusammenhang, der in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler verankert werden soll. Nur so ist das Atommodell mit Elektronen in der Hülle und Neutronen und Protonen im Kern weiter tragfähig.

Zusammengefasst: α -Strahlung bezeichnet schnelle Heliumkerne, β -Strahlung bezeichnet schnelle Elementarteilchen (Elektronen und Neutrinos) und γ -Strahlung bezeichnet elektromagnetische Strahlung.

Was ist gefährlich an den Reaktionsprodukten einer Kernreaktion?

Offensichtlich ist Kernstrahlung gefährlich. Doch was genau daran ist gefährlich?

Betrachten wir α -Strahlung: Heliumkerne nehmen im Kontakt mit anderen Stoffen Elektronen auf. Es bilden sich Helium-Atome. Das Edelgas Helium ist ungefährlich. Da alle Heliumkerne gleich aufgebaut sind, ist eine Trennung in ungefährliche und gefährliche Kerne nicht möglich.

Betrachten wir β -Strahlung: Elektronen befinden sich in riesigen Mengen in jedem Körper. Da es keine unterschiedlichen Elektronen gibt, sind alle gleich. Warum sollen die Elektronen der β -Strahlung gefährlich sein?

Die Suche nach gefährlichen Reaktionsprodukten führt schließlich zu deren kinetischer Energie. Schnell bewegte Heliumkerne oder Elektronen transportieren Bewegungsenergie, die sie beim Abbremsen an den Stoff abgeben, in dem sie abgebremst werden. Die Energie, die an die Atome des Absorbers abgegeben wird, verursacht