

I.F.8

Atom- und Kernphysik

Die Kernphysik – interaktive Erarbeitung und Festigung

Ein Beitrag von Alexander Friedrich

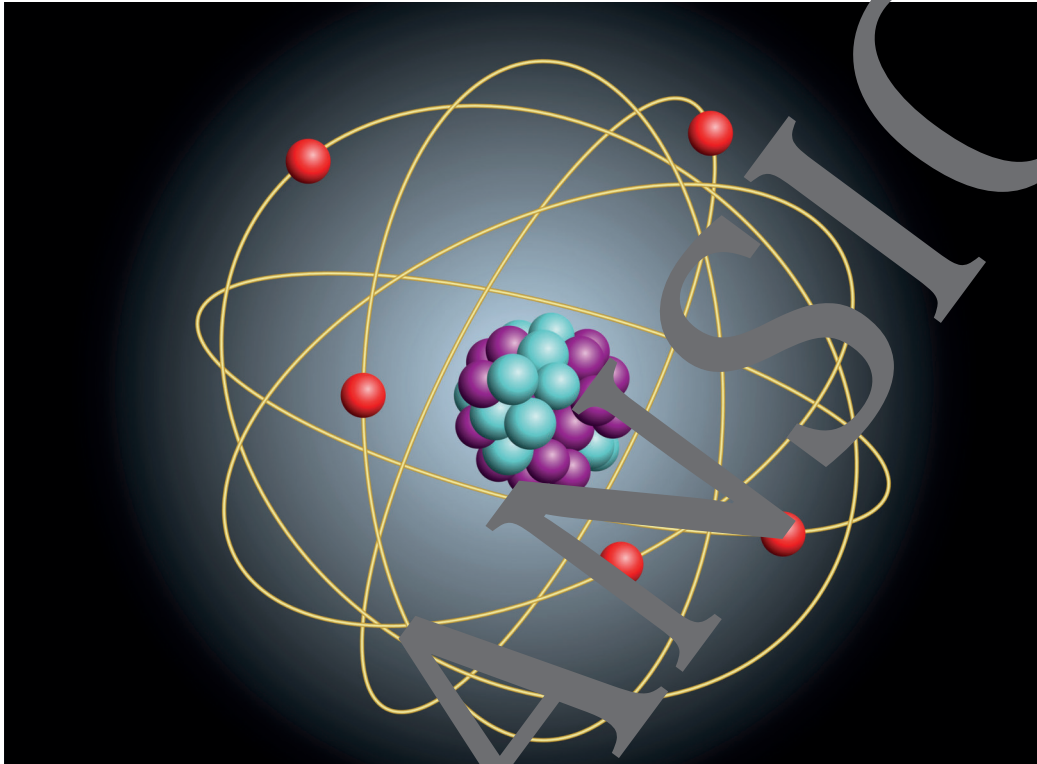


Foto: vchal/Stock/Getty Images Plus

Woraus besteht die Materie im Universum und welche Kräfte wirken zwischen den Bestandteilen? Die moderne Physik sucht der Ursache auf den Grund und findet immer neue Elementarteilchen, welche die Grundstruktur des Universums, was wir kennen, darstellen. Wir richten unseren Blick auf das Kleinste im Universum – die Elementarteilchen im Bereich der Kernphysik.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: ab 10. Klasse

Dauer: 10 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 6)

Kompetenzen: 1. Allgemeiner Aufbau eines Atoms, 2. Kenntnis der Elementarteilchen, 3. Entdeckung der Radioaktivität, 4. Strahlungsarten, 5. Bewertung von kernphysikalischen Themen

Thematische Bereiche: Atommodelle, Elementarteilchen, radioaktiver Zerfall, Strahlungsarten, Kernkraftdebatte

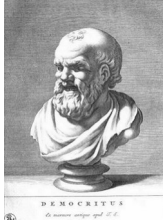
Medien: Texte, Grafiken, Taschenrechner, interaktive PowerPoint-Datei, Internet

Die Atomvorstellung im Wandel der Zeit

Name:

Wichtige Erkenntnisse:

Atomvorstellung (Skizze):



© Wikimedia Commons, gemeinfrei

Name:

Wichtige Erkenntnisse:

Atomvorstellung (Skizze):



© Wikimedia Commons, gemeinfrei

Name:

Wichtige Erkenntnisse:

Atomvorstellung (Skizze):



© Wikimedia Commons, gemeinfrei

Name:

Wichtige Erkenntnisse:

Atomvorstellung (Skizze):



© Wikimedia Commons, gemeinfrei

Wissenstest: „Ich habe – wer hat“-Spiel

M 2

<p>Atomvorstellung im Wandel der Zeit</p> <p>Start</p> <hr/> <p>Ich prägte den Begriff des Atoms und beschrieb, dass diese unteilbar seien.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Ich bin Demokrit und lebte von 460–370 v. Chr.</p> <hr/> <p>Ich entwickelte ein Atommodell, welches das erste Mal aus Teilchen unterschiedlicher Ladung bestand.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Das war ich, Joseph John Thomson, im Jahre 1903.</p> <hr/> <p>Ich legte die wesentliche Grundlage für ein neues Fachgebiet in der Physik – die Quantenmechanik.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Das war ich, Erwin Schrödinger. Meine berühmte Gleichung ist noch heute von Bedeutung.</p> <hr/> <p>Ich entdeckte, dass es noch kleinere Teilchen als Protonen und Neutronen gibt – die Quarks.</p> <p>Wer bin ich?</p>
<p>Das kann nur ich sein, Murray Gell-Mann im Jahre 1964.</p> <hr/> <p>In meinen Experimenten zeigten sich ganz andere Ergebnisse als erwartet. Daher stellte ich eine neue Theorie auf.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Na ich, Ernest Rutherford, und meine Mitarbeiter.</p> <hr/> <p>Thomsons Atomrezept zeigte neue Erkenntnisse.</p> <p>Welche sind es?</p>	<p>Atome besitzen gleichmäßig verteilte positive Ladungen. In dieser Masse bewegen sich Elektronen.</p> <hr/> <p>Nach meiner Theorie kann die Geschwindigkeit und der Ort von Elektronen nie genau bestimmt werden.</p> <p>Welche Theorie hast du gemeint?</p>	<p>Die Unschärferelation.</p> <hr/> <p>Durch ein Experiment erkannte man, dass der Raum in einem Atom groß und leer ist.</p> <p>Welches Experiment war gemeint?</p>
<p>Das Streuexperiment</p> <hr/> <p>Ich führte das Streuexperiment mit meinen Mitarbeitern durch.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Ernest Rutherford und seine Mitarbeiter</p> <hr/> <p>Ich stellte mir die Atome als Kugel vor. Jedes Element besitzt aber die gleiche Masse, aber unterschiedliche Ladungsorte und gleiche Masse.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Ich, John Dalton</p> <hr/> <p>Ich entdeckte, dass der Ort von Elektronen nie mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit beschrieben werden kann.</p> <p>Welche Theorie hast du gemeint?</p>	<p>Werner Heisenberg</p> <hr/> <p>Quarks sind die kleinsten Teilchen. Aus diesen bilden sich Protonen und Neutronen.</p> <p>Wie viele Quarks bilden ein Neutron und Proton?</p>
<p>Jeweils 3 Quarks.</p> <hr/> <p>In meinem Atommodell konnten sich Elektronen nur noch auf den Bahnen bewegen, die auch ihrer diskreten Energie entsprechen.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Niels Bohr</p> <hr/> <p>Meine Erklärung im Streuexperiment wurde widerlegt.</p> <p>Welche Erwartung hatte ich gehabt?</p>	<p>Das Alpha-Teilchen hat einen großen Einfluss auf Atome haben und diese unabgelenkt passieren.</p> <hr/> <p>In meinem Streuversuch benötigte ich ein bestimmtes Element.</p> <p>Welches Element war das?</p>	<p>Gold, welches zu einer dünnen Folie gepresst ist.</p> <hr/> <p>Ich entwickelte das Atommodell von Rutherford weiter.</p> <p>Wer ist gemeint?</p>
<p>Niels Bohr</p> <hr/> <p>Ich erstellte das Modell des sogenannten „Rosinenkuchenmodells“.</p> <p>Wer bin ich?</p>	<p>Joseph John Thomson</p> <hr/> <p>Ich stellte die berühmte Schrödinger Gleichung auf.</p> <p>Wann war das?</p>	<p>1926</p> <hr/> <p>Ich führte das berühmte Streuexperiment durch.</p> <p>Wann war das?</p>	<p>1921</p> <hr/> <p>Ende</p>

© RAABE 2022

Aufbau von Atomen

M 3

Durch viel Forschung und Entdeckergeist wissen wir heute, dass jede Materie im Universum aus Atomen besteht. Doch woraus genau bestehen Atome? Um den Aufbau von Atomen zu verstehen, muss man die einzelnen Bestandteile kennen und ihre Eigenschaften nachvollziehen können.

Allgemein

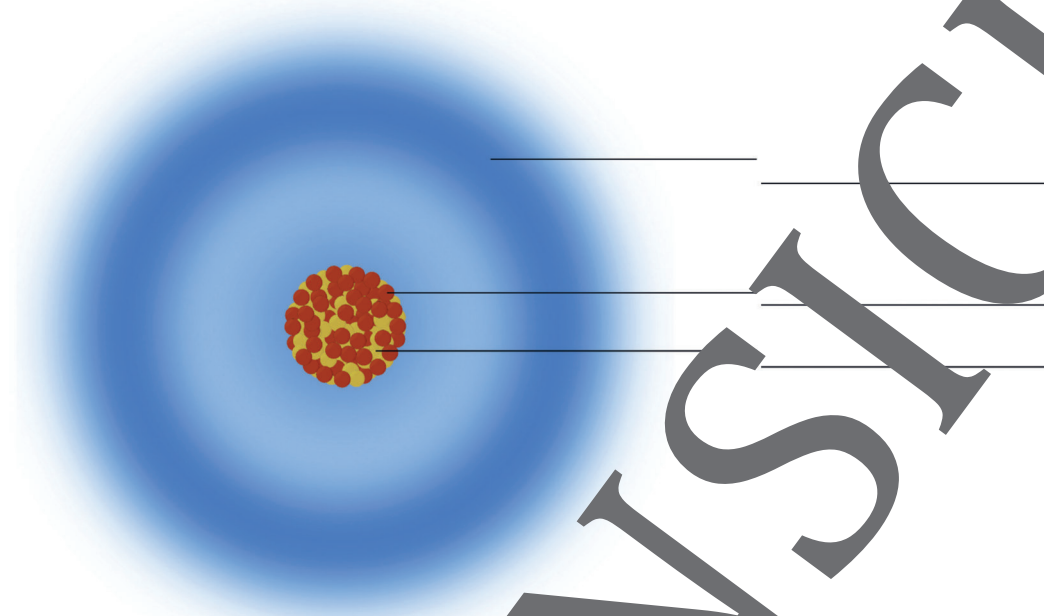


Abbildung: Alexander Frey

Eine grobe Beschreibung des Atomaufbaus erhält man durch das Kern-Hülle-Modell, welches von Ernest Rutherford und seinen Mitarbeitern aufgestellt und in den darauffolgenden Jahren weiter verbessert wurde. Nutze die interaktive Powerpoint-Datei zur Beschriftung der Abbildung.

Das Zentrum

Der Atomkern beinhaltet fast die gesamte Masse des Atoms und hat einen Durchmesser von ca. 10^{-14} m. Dieser besteht aus einer definierten Anzahl von Protonen und Neutronen. Jedes Element hat hierbei eine bestimmte Anzahl von diesen zwei Teilchen, welche dem Element charakteristische Eigenschaften geben.

Daher werden diese Werte genutzt um die Elemente im Periodensystem der Elemente (kurz: PSE) zu systematisieren. Dabei wird folgende Schreibweise genutzt:

Z = Anzahl positiv geladener Protonen

N = Anzahl der neutralen Neutronen

Die Summe aus diesen beiden Werten ergibt die **Massenzahl A** oder auch Nukleonenzahl genannt.

Merksatz

Die Summe aus der Anzahl der positiv geladenen Protonen und neutral geladenen Neutronen ergibt die **Massenzahl A**.

$$A = Z + N$$

Das Standardmodell

M 5

Das Standardmodell ist ein grundlegendes Modell zur Beschreibung von Elementarteilchen in der Teilchenphysik. Es beschreibt, wie die bekannte Materie zusammengesetzt ist und die Wechselwirkung der elementarsten Teilchen untereinander. Grundlage für die Entstehung dieses Modells legte Murray Gell-Mann mit der Theorie der Quarks. Doch was sind Quarks? Und gibt es noch weitere Teilchen, aus denen unsere Materie besteht?

Standard-Modell der Elementarteilchen

	Drei Generationen der Materie (Fermionen)			Wechselwirkungen (Bosonen)	
	I	II	III		
Masse	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
Ladung	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
Spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
	u Up	c Charm	t Top	g Gluon	H Higgs
	d Down	s Strange	b Bottom	γ Photon	
	e Elektron	μ Muon	τ Tau	Z Z-Boson	
	ν_e Elektron-Neutrino	ν_μ Muon-Neutrino	ν_τ Tau-Neutrino	W W-Boson	

Quelle: Cush, Public domain, via Wikimedia Commons

Elementarteilchen

Elementarteilchen sind die kleinsten Teilchen, aus denen sich die gesamte Materie zusammensetzt. Zu den Elementarteilchen gehören Protonen und Neutronen, die selbst aus noch kleineren Elementarteilchen, den Quarks, bestehen. Wenn sich die Materie aus Quarks zusammensetzt, gehören diese Teilchen zu den sogenannten „Materieteilchen“. Aber Quarks sind nicht die einzigen Materieteilchen. Auch Leptonen gehören zu dieser Art von Teilchen. Quarks und Leptonen bezeichnet man auch als elementare Teilchen, da sie (zumindest nach dem derzeitigen Forschungsstand) nicht teilbar und punktförmig sind. Was sind Leptonen und welche Teilchen gehören dazu?

Wechselwirkungsteilchen

Neben den Materieteilchen beschreibt das Standardmodell auch „Wechselwirkungsteilchen“. Diese beschreiben die Wechselwirkung der Teilchen untereinander und entstehen bei dieser. Das Standardmodell spielt eine wesentliche Rolle in der Physik und für die Stabilität des Universums. Für einen genaueren Überblick über alle Teilchen des Standardmodells steht die interaktive PowerPoint-Datei zur Verfügung. Alle Teilchen sind mit ihren speziellen Eigenschaften aufgelistet.

Hinweise zur Nutzung der interaktiven PowerPoint-Datei

Die PowerPoint-Datei enthält gekennzeichnete „Schaltflächen“, wodurch es möglich ist, durch Klicken mit der Maus auf diese, durch die Präsentation zu navigieren.

In der PowerPoint-Datei selbst ist das Überspringen der Folien gesperrt. Das bedeutet, dass man nur durch das Anklicken der verschiedenen Schaltflächen in der Präsentation weiterkommt.



Fundamentale Wechselwirkungen – was das Universum zusammenhält

M 6



Wechselwirkung – dieses Wort ist sehr präsent im Standardmodell der Kernphysik. Durch die bekannten Wechselwirkungsteilchen werden vier verschiedene Wechselwirkungen erzeugt. Mit diesen Wechselwirkungen können nahezu alle physikalischen Phänomene und Reaktionen beschrieben werden.

Jedoch muss man genau unterscheiden, welches Teilchen für welche Wechselwirkung verantwortlich ist.

Aufgabe

Fülle mithilfe der Informationen aus dem Video die untenstehende Tabelle richtig aus.

https://www.youtube.com/watch?v=kistC_Ejkg



	<p>Starke Wechselwirkung</p>	<p>Elektromagnetische Wechselwirkung</p>	<p>Schwache Wechselwirkung</p>	<p>Gravitation</p>
Wechselwirkungsteilchen		Photonen		Graviton*
Reichweite			Protonendurchmesser	
Beispiel der Wirkung				
Stärke	Stärke (10^{-10})			

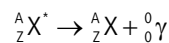
* noch nicht experimentell nachgewiesen

Gamma-Strahlung

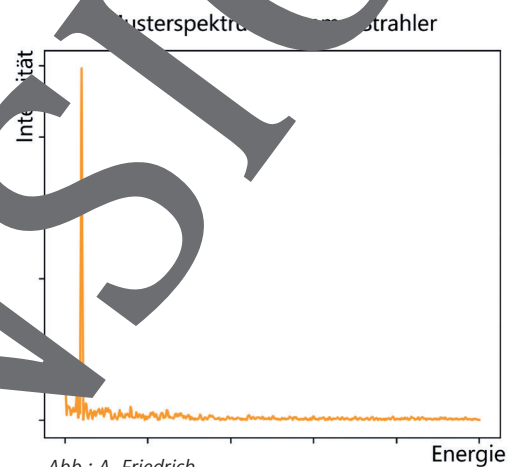
Gamma-Strahlung entsteht häufig, wenn ein Atom von einem angeregten Zustand in den Grundzustand übergeht. Dabei können große Beträge von Energie frei werden, welche als Gamma-Strahlungen bezeichnet werden.

Besonderheiten

Gamma-Strahlung kann nahezu von jedem chemischen Element ausgehen, wenn es sich in einem angeregten Zustand befindet. Wichtig anzumerken ist, dass sich die Anzahl der Neutronen und Protonen nicht ändert. Lediglich der Energiezustand des Atomkerns ändert sich. Daher kann man die Reaktionsgleichung folgendermaßen zusammenfassen:



Gerade durch die freigesetzte Energie geht jedoch große Gefahr aus. Trifft Gamma-Strahlung ungehindert auf einen biologischen Organismus, können schwere Schäden entstehen. Beispielsweise können Mutationen auftreten und das Erbgut beeinflussen. Dazu kommt, dass diese Strahlung theoretisch eine unbegrenzte Reichweite hat. Sie kann, wenn sie nicht absorbiert wird, viele Lichtjahre zurücklegen. Trotzdem weist das Spektrum der Gamma-Strahlung Besonderheiten auf. Zunächst wird es durch ein diskontinuierliches Energiespektrum beschrieben. Das bedeutet, dass die Energie nur diskrete Werte annehmen kann. Dadurch kann man gut auf das Nuklid schließen, von welchem die Strahlung ausgeht wurde.



© RAABE 2022

Es ist sehr wichtig, sich vor dieser Strahlung zu schützen. Abschirmen kann man Gamma-Strahlung durch eine sehr dicke Schicht Blei (mind. 1 cm, besser 1 m) oder alternativ mehrere Meter dicke Betonwände. Gamma-

Strahlung kann nicht in einem Magnetfeld abgelenkt werden, da diese keine Ladung besitzt. Ein typisches Beispiel für einen Gamma-Übergang stellt Polonium dar.

Schreibe die entsprechende Reaktionsgleichung für Polonium auf:

Das Zerfallsgesetz

M 9



Jedes instabile Element gibt Strahlung ab – so viel steht fest! Doch man kann sich die Frage stellen, ob es einen Zeitpunkt gibt, wo das Element keine Strahlung mehr abgeben kann oder doch ewig weiter Strahlung abgibt.

Diese Frage kann durch das Zerfallsgesetz beantwortet werden. Jedes Element besteht zunächst aus sehr vielen strahlungsaktiven Atomkernen, was mit dem Symbol N_0 bezeichnet wird. Dieser Wert gibt die Anzahl der anfänglichen Atomkerne in einem radioaktiven Element an.

Nach einer bestimmten Zeit zerfällt jedoch immer ein Atomkern. Diese Zeit ist für jedes Element spezifisch und wird deshalb als **Zerfallskonstante λ** beschrieben.

Wenn man nun die Zahl der Atome eines radioaktiven Elements berechnen möchte, welche nach einer bestimmten Zeit noch nicht zerfallen sind, erhält man:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

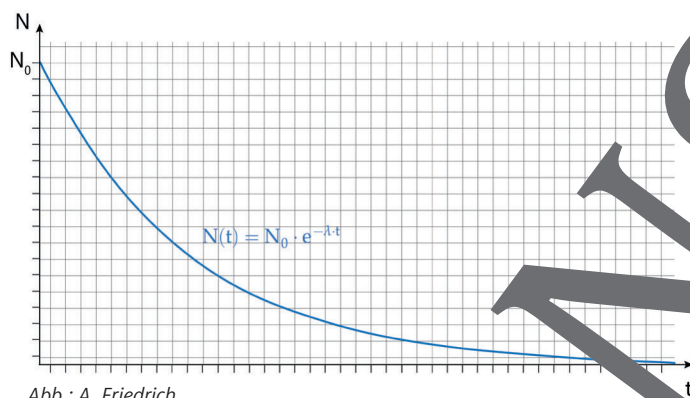


Abb.: A. Friedrich

Je mehr Atome zerfallen, umso weniger Atome stehen für den Verfall zur Verfügung. Deswegen erhält man einen exponentiellen Verlauf der Kurve.

Die Zerfallskonstante beschreibt somit, wie wahrscheinlich es ist, dass nach einer bestimmten Zeit ein Atom zerfällt. Dadurch kann auch bestimmt werden, nach welcher Zeit die Hälfte der ursprünglichen Atome zerfallen ist. Diesen Wert nennt man **Halbwertszeit $T_{1/2}$** . Man kann den Wert darüber folgende Formel berechnen:

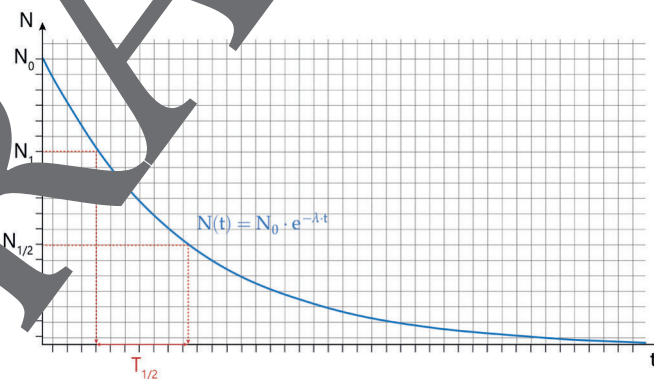


Abb.: A. Friedrich

$$N(T_{1/2}) = \frac{1}{2} N_0 = \frac{N_0}{2}$$

Daraus ergibt sich nun das Zerfallsgesetz:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t}$$

Das Zerfallsgesetz beschreibt die Anzahl der noch nicht zerfallenen Atome N eines radioaktiven Elements in Abhängigkeit der vergangenen Zeit t .



M 11



Kernenergie im Fokus – Chance oder Risiko?

Das Thema Kernenergie ist in der öffentlichen Diskussion sehr stark präsent. Nicht nur seit der Atomkraftkatastrophe von Tschernobyl 1986 oder Fukushima 2011 wird die Nutzung von Kernenergie zur Erzeugung von Elektrizität hinterfragt. In den hitzigen Diskussionen werden die positiven und sowie negativen Aspekte der Nutzung der Kernenergie gegenübergestellt. Stellt die Kernenergie für dich eine Gefahr dar oder ist sie dennoch eine Zukunftstechnologie?

Aufgabe

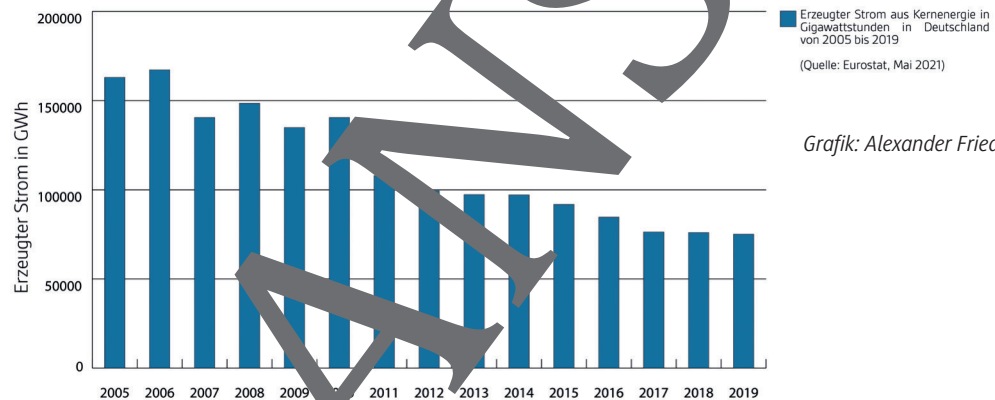
Führt innerhalb einer Gruppe mit den unterschiedlichen Informationen eine Diskussion über die Kernenergie. Geht dabei besonders auf folgende Punkte ein:

- Gefahren der Kernenergie
- Chancen der „sauberen“ Energie
- Problem der Endlagerung

Quellen und Informationen für Diskussionen

Quelle 1

Erzeugter Strom aus Kernenergie in Deutschland von 2005 bis 2019



Quelle 2

Artikel zur Schließung der Kernkraftwerke bis 2022

<https://raabe.click/phy-kernphysik-1>

Quelle 3

Das Problem der Endlagerung

<https://raabe.click/phy-kernphysik-2>

<https://raabe.click/phy-kernphysik-3>

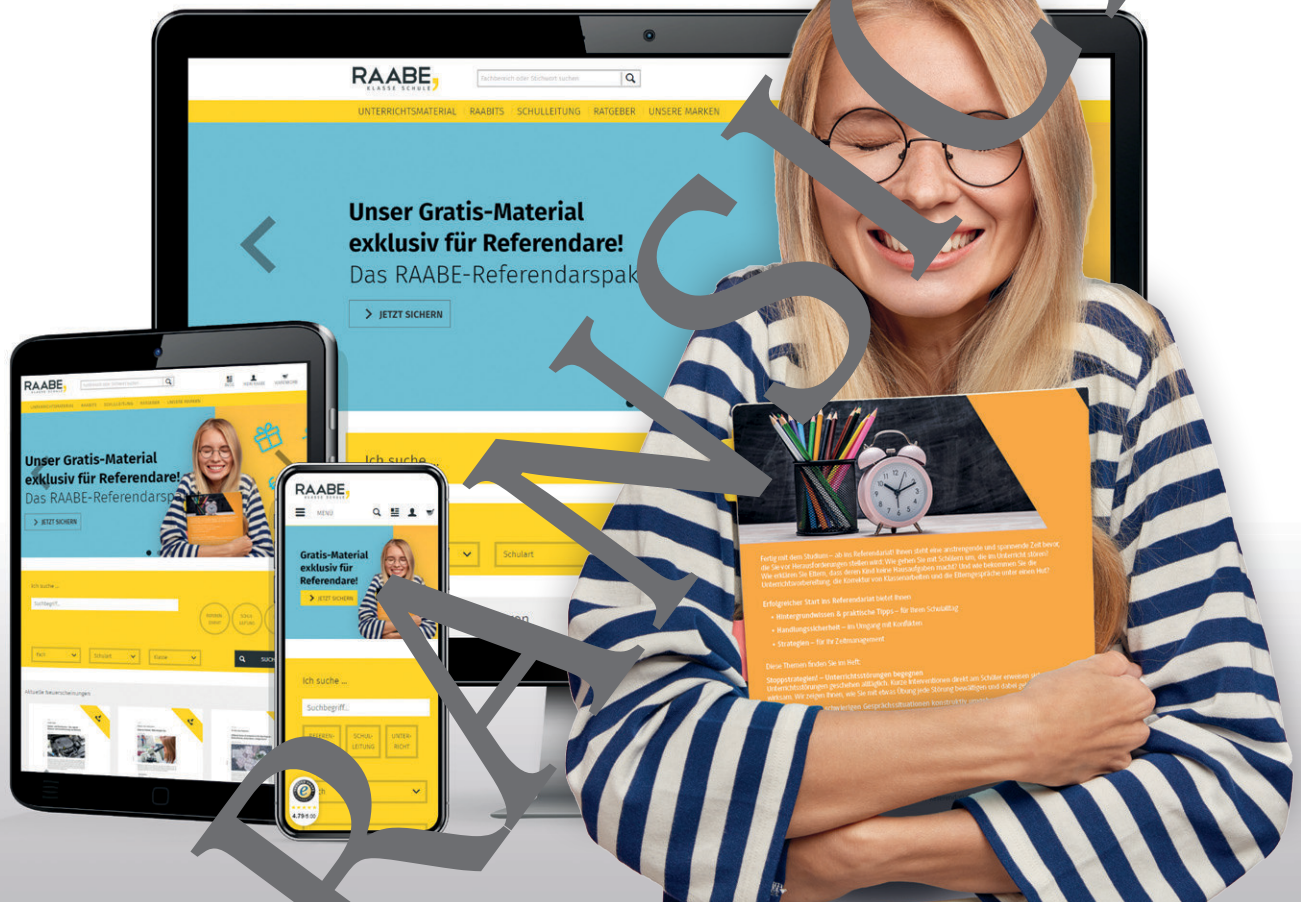
Quelle 4

Vor- und Nachteile der Kernenergie

<https://raabe.click/phy-kernphysik-4>

[Alle Quellen zuletzt aufgerufen am 15.03.2022]

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