

## Restrisiko und Endlagerproblematik – den Ausstieg aus der Atomenergie begründen

Antonius Warmeling, Hagen



© Felix Mussil

III/B

**Klasse:** 10

**Dauer:** 1 Stunde

**Inhalt:** Mathematisches Modellieren: Eintrittswahrscheinlichkeiten für den Super-GAU, Berechnungen zu den Risiken welt-, europa- und deutschlandweit, radioaktive Belastungen und deren Abbau, Modellierungen der Abfallmengen, Abschätzungen der Rettung des Klimas durch Atomkraft

Diagramme lesen, Anteile angeben, Prozentrechnung, Umgang mit großen Zahlen, wissenschaftliche Schreibweise, Wahrscheinlichkeit, Gegenwahrscheinlichkeit, relative Häufigkeit, Schätzen, Durchschnittswert, Exponentialfunktion, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit, Funktionsterme aufstellen

**Ihr Plus:** Ein realer Themenkomplex, der die Schüler betrifft

Das Thema „Atomkraft“ wird in unserer Gesellschaft sehr kontrovers diskutiert. Mit diesem Beitrag verdeutlichen Sie Ihren Schülern einige damit verbundene Aspekte. Sie vermitteln ihnen so ein Stück Handlungskompetenz. Zum einen betrachten die Schüler Risikoberechnungen. Damit versetzen Sie sie in die Lage, Veröffentlichungen dazu kritisch zu beurteilen. Zum anderen geht es um radioaktive Belastungen und Zukunftsprognosen. Die Schüler modellieren Entwicklungen z. B. der Atommüllmengen bei ungeklärter Endlagerung.

Reihe 8 S 5	Verlauf	Material	LEK	Glossar	Lösungen
----------------	---------	----------	-----	---------	----------

## Auf einen Blick

### Einführung

Material	Thema	Stunde
M 1 (Fo)	<b>Die Katastrophe von Fukushima (Japan, März 2011)</b> Die Beschäftigung mit dem Thema „Atomenergie“ motivieren	1.
M 2	<b>Der Anteil der Atomenergie am Primärenergieverbrauch</b> Diagramme lesen, Anteile angeben, Prozentrechnung, Umgang mit großen Zahlen	1.
M 3	<b>Pseudowissenschaftlicher Unsinn – Risikoberechnungen</b> Wissenschaftliche Schreibweise, Wahrscheinlichkeit, Gegenwahrscheinlichkeit, relative Häufigkeit, Schließen, Durchschnittswert	2.

III/B

### Gruppenpuzzle (HA $\triangleq$ Hausaufgabe)

Material	Thema	Stunde
M 4	<b>Ausflug in die Geschichte – eine UdSSR-Studie</b> Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnen (Gruppe 1)	HA und
M 5	<b>Risikotechnik „Atomenergie“ – Ärzte melden sich zu Wort</b> Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnen (Gruppe 2)	3./4. Std. für das
M 6	<b>Alle 23 Jahre ein Super-GAU – eine Fehlinterpretation</b> Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnen (Gruppe 3)	Gruppen- puzzle
M 7	<b>Französische Reaktoren sind nicht genehmigungsfähig</b> Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnen (Gruppe 4)	

### Das Thema vertiefen

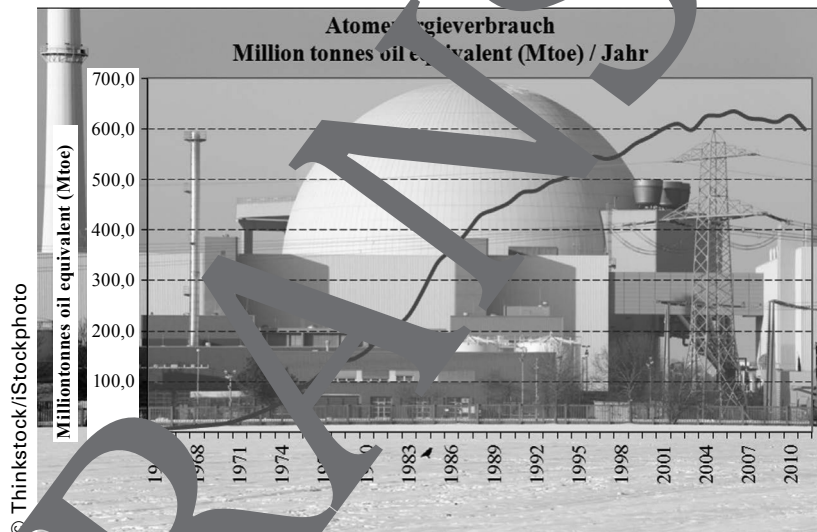
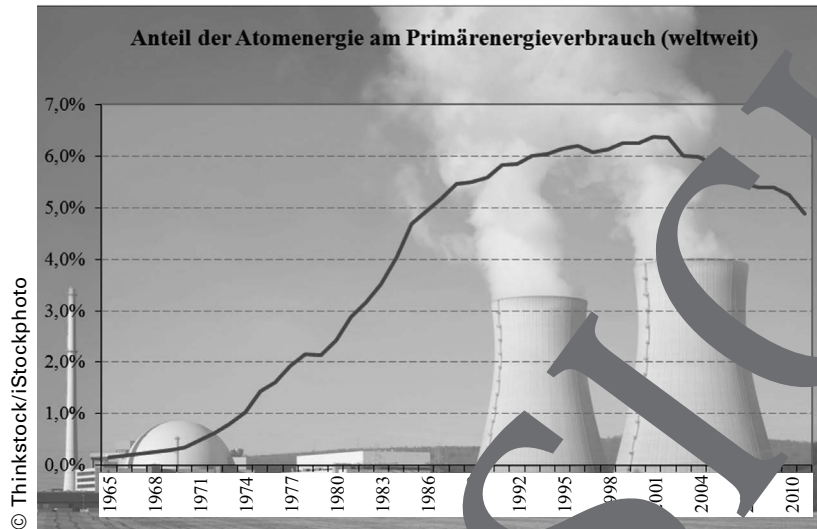
Material	Thema	Stunde
M 8	<b>Radioaktive Belastungen durch einen Super-GAU</b> Exponentialfunktionen, Zerfallsgesetz, Funktionsterme aufstellen	5.
M 9	<b>Plutonium – der giftigste Stoff der Welt</b> Exponentialfunktionen, Zerfallsgesetz, Funktionsterme aufstellen	6.
M 10	<b>Atomrüll – ein ungelöstes Problem</b> Modellierungsaufgabe, Differenzen- und Quotientengleichungen, quadratische Funktionen; ein Diagramm lesen	7./8.
M 11	<b>Mit Atomkraft das Klima retten?</b> Mathematische Untersuchung des Vorschlages, durch den Bau vieler Atomkraftwerke die CO <sub>2</sub> -Emissionen zu senken	9./10.

### Minimalplan

Lassen Sie die Schüler die ersten drei Materialien als Hausaufgabe bearbeiten. Anschließend führen Sie das Gruppenpuzzle durch, auf das sich die Schüler auch zu Hause vorbereitet haben.

M 2

Der Anteil der Atomenergie am Primärenergieverbrauch



Quelle: "BP Statistical Review of World Energy Full Report 2012", Historical Data Excel Workbook (London, 2012), nach: Vital Signs Online (Worldwatch Institute Washington); eigene Darstellung.

III/B

Aufgabe

- Was versteht man unter dem Begriff „Primärenergie“? (Internetrecherche!)
- Erläutern Sie die Unterschiede zwischen fossilen, nuklearen und regenerativen Energieträgern. (Internetrecherche!)
- Beschreiben Sie die beiden oben abgebildeten Liniendiagramme:
  - Was zeigt jedes?
  - Welche Entwicklungen zeigen die beiden Grafiken auf?
  - Haben die Katastrophen von Tschernobyl (1986) und Fukushima (2011) in den Diagrammen ihre Spuren hinterlassen?
- In Deutschland verbraucht ein Vier-Personen-Haushalt etwa 5000 kWh pro Jahr an elektrischer Energie. Berechnen Sie die Anzahl solcher Haushalte, die durch die Atomenergie im Jahr 2011 (600 Mtoe) hätten versorgt werden können (1 Mtoe = 11 630 GWh; Wirkungsgrad: 38 %,  $G \hat{=} \text{Giga} \hat{=} 10^9$ ).
- Ermitteln Sie, wie groß 2011 etwa die gesamte Primärenergienutzung weltweit war.

## M 6 Alle 23 Jahre ein Super-GAU – eine Fehlinterpretation

Vor 26 Jahren kam es zum Super-GAU von Tschernobyl. Nach dem Erdbeben und Tsunami in Japan und den darauffolgenden Unfällen im Atomkraftwerk Fukushima schenkt es, als würden sich die Ereignisse wiederholen. Die Bundessprecherin der Grünen widmete ihre Dissertation diesem Thema und kam zu einem interessanten Ergebnis.

**WOMAN:** Frau Glawischnig-Piesczek, Sie haben in Ihrer Dissertation errechnet, dass es alle 23 Jahre einen Super-GAU geben wird – wie kommt man zu diesem Ergebnis? Bezogen sich die 23 Jahre lediglich auf Europa oder auf die ganze Welt?

**Glawischnig:** Auf die ganze Welt. Für jedes Atomkraftwerk der Welt gibt es ein "Restrisiko" für einen Super-GAU. Je älter der Reaktor, desto größer das Risiko. Weltweit sind derzeit 437 AKW am Netz. Die statistisch berechenbare Wahrscheinlichkeit eines Super-GAUs auf Basis der vorliegenden Daten ergibt 23 Jahre. Tschernobyl hat sich vor 25 Jahren ereignet ... [woman, 18.3.11]

**Tipps** Wie geht das Interview weiter?

Interview und Foto: Mit Genehmigung Eva Glawischnig-Piesczek/  
Die Grünen (Österreich)



Eva Glawischnig-Piesczek

© [http://www.gruene.at/team/fotos\\_evag/](http://www.gruene.at/team/fotos_evag/)

### Information 1: Wahrscheinlichkeit für einen Super-GAU

In der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke – Phase A wurde am Beispiel des AKW Biblis errechnet, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit für eine Kernschmelze bei  $10^{-4}$ /RBJ liegt, später (Phase B) wurde die Wahrscheinlichkeit auf  $3 \cdot 10^{-5}$ /RBJ herabgerechnet.

Kritiker setzen die Wahrscheinlichkeit für eine Kernschmelze deutlich höher an, weil sie z. B. davon ausgehen, dass bei den offiziellen Studien nicht alle möglichen Szenarien betrachtet wurden.

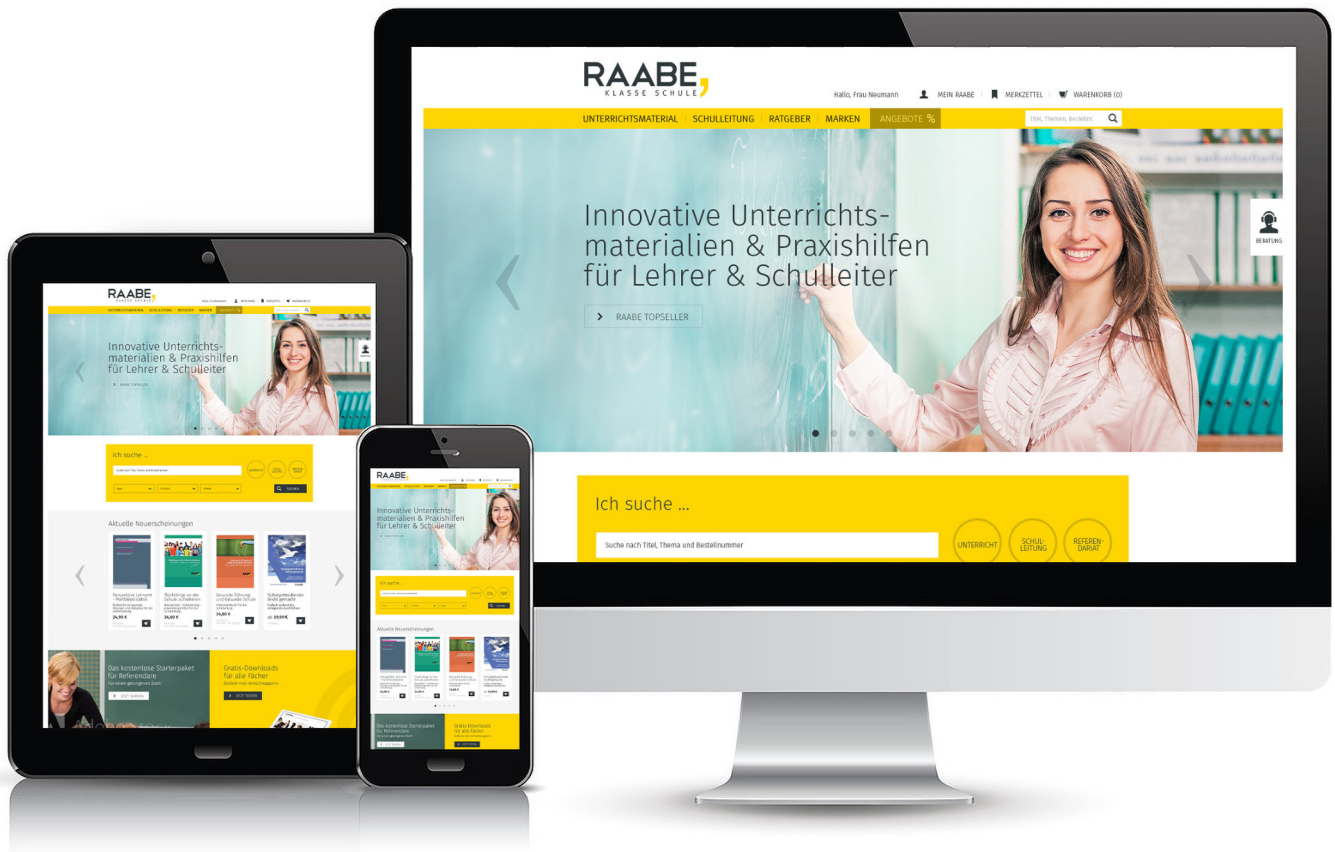
### Information 2: Zielwerte der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEO)

Die IAEO hat als Zielwerte die Wahrscheinlichkeiten von 1 : 10 000 für gegenwärtige und von 1 : 100 000 für zukünftige Kraftwerke festgelegt.

### Aufgabe

- Erläutern Sie, warum die Aussage, „dass es alle 23 Jahre einen Super-GAU geben wird“, eine Fehlinterpretation der berechneten Wahrscheinlichkeit ist. Formulieren Sie den entsprechenden Passus so um, dass er mathematisch richtig ist.  
Berechnen Sie auf der Grundlage der Deutschen Risikostudien (mit beiden Wahrscheinlichkeiten), wie groß für alle AKW weltweit die Wahrscheinlichkeit pro Jahr für einen Super-GAU ist.
- Wir wissen nicht, mit welcher Eintrittswahrscheinlichkeit  $p(\text{Super-GAU/RBJ})$  Frau Glawischnig gerechnet hat. Wenn Sie „alle 23 Jahre“ als eine Wahrscheinlichkeit von  $\frac{1}{23}$  interpretieren, können Sie den Durchschnittswert ausrechnen. Vergleichen Sie ihn mit den Zielwerten der IAEO.
- Berechnen Sie die Eintrittswahrscheinlichkeit  $p(\text{Super-GAU/RBJ})$  unter der Bedingung, dass mit einer Sicherheit von 95 % weltweit kein Super-GAU innerhalb einer Betriebsdauer von 40 RBJ geschieht.

# Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



## Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über  
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch  
SSL-Verschlüsselung

**Mehr unter: [www.raabe.de](http://www.raabe.de)**