

Wir stellen uns dem Klimawandel

Die Granden ...



Isaak Newton
1643 – 1726
Schwerkraft



James C. Maxwell
1831 – 1879
Maxwellsche Gleichungen



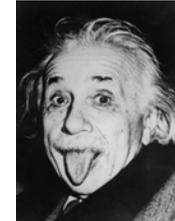
Wilhelm C. Röntgen
1845 – 1923
Röntgenstrahlung



Marie & Pierre Curie
1867 – 1934 & 1859 - 1906
Radioaktivität



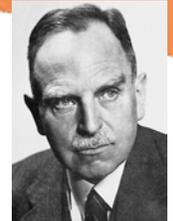
Max Planck
1858 – 1947
Strahlungsgesetz
Wirkungsquantum



Albert Einstein
1879 – 1955
Relativitätstheorie



Liese Meitner
1878 - 1968



Otto Hahn
1879 - 1968

Kernspaltung Uran



Erwin Schrödinger
1887 - 1961
Schrödinger Gleichungen



Carl F. von Weizäcker
1916 - 2007
Weizäcker Formel



Werner Heisenberg
1901 - 1976
Heisenbergsche Unschärferelation



Robert Oppenheimer
1904 - 1967
Atombombe
Manhattanprojekt



Eduard Teller
1908 - 2003
Wasserstoffbombe



Andrei D. Sacharow
1921 - 1989
Zar-Bombe

Wir stellen uns dem Klimawandel

Atomkraft & Kernfusion

Heilsversprechen, Fluch, oder doch irgendwas dazwischen?

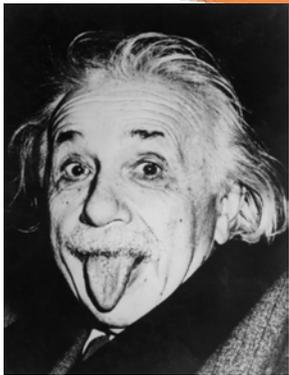
Inhalt:

- **Über was reden wir?**
 - Ehre wem Ehre gebührt
 - $E = m \cdot c^2$
 - Die üblichen Verdächtigen
- **Kernkräfte verstehen, ganz „ohne“ Quantentheorie**
 - Ein Gedankenexperiment in Afrika
 - Die gewaltigen Energien verstehen
 - Kernspaltung & Kernfusion
 - von der Bombe zum Kraftwerk
 - ... und wo ist das Problem?
- **Die Kosten der Energie**
- **Was kostet die Zeit?**
- **Fukushima: von Natalie Rehm**

Wir stellen uns dem Klimawandel

Was ist (Atom-)Energie?

Energie ist gleich Masse (m [kg]) *
Lichtgeschwindigkeit im Quadrat (c [m/s])²



[Albert Einstein](#)
1879 – 1955

[Relativitätstheorie](#)

$$E = m * c^2 \quad c = 300.000.000 \text{ m/s}$$

$$m = E / c^2$$

1 Gramm entspricht **90 TeraJoule** Energie

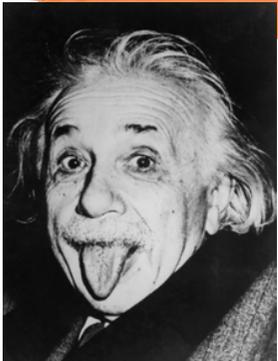
entspricht der Energie in **2,2 Millionen Liter Heizöl**

entspricht **ca. 1600 [Hiroshima-Bomben](#)**

entspricht **ca. 4 [Zar-Bomben](#)**

Wir stellen uns dem Klimawandel

Was ist (Atom-)Energie?



Albert Einstein
1879 – 1955

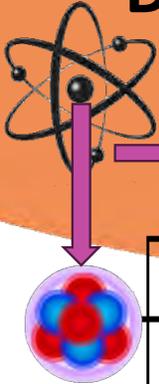
Relativitätstheorie

Energie ist flüchtige Masse / Materie

Materie / Masse ist *geronnene Energie*

Wir stellen uns dem Klimawandel

Die üblichen Verdächtigen



Atome: vom Wasserstoff (H) bis Plutonium (P) und noch ein paar Exoten

Das Elektron (e^-)

(es gibt auch noch das „Positron“ (e^+), aber nicht in der Hülle)

Der Atomkern:

Das Proton (z^+)

Das Neutron (n)

Beispiel:

Wasserstoff „ ${}^1_1\text{H}$ “: besteht aus **1 x z^+** im Kern plus **1 x e^-** in der Hülle

Deuterium (mittelschwerer Wasserstoff) „ ${}^2_1\text{H}$ “: besteht aus **1 x n** plus **1 x z^+** plus **1 x e^-**

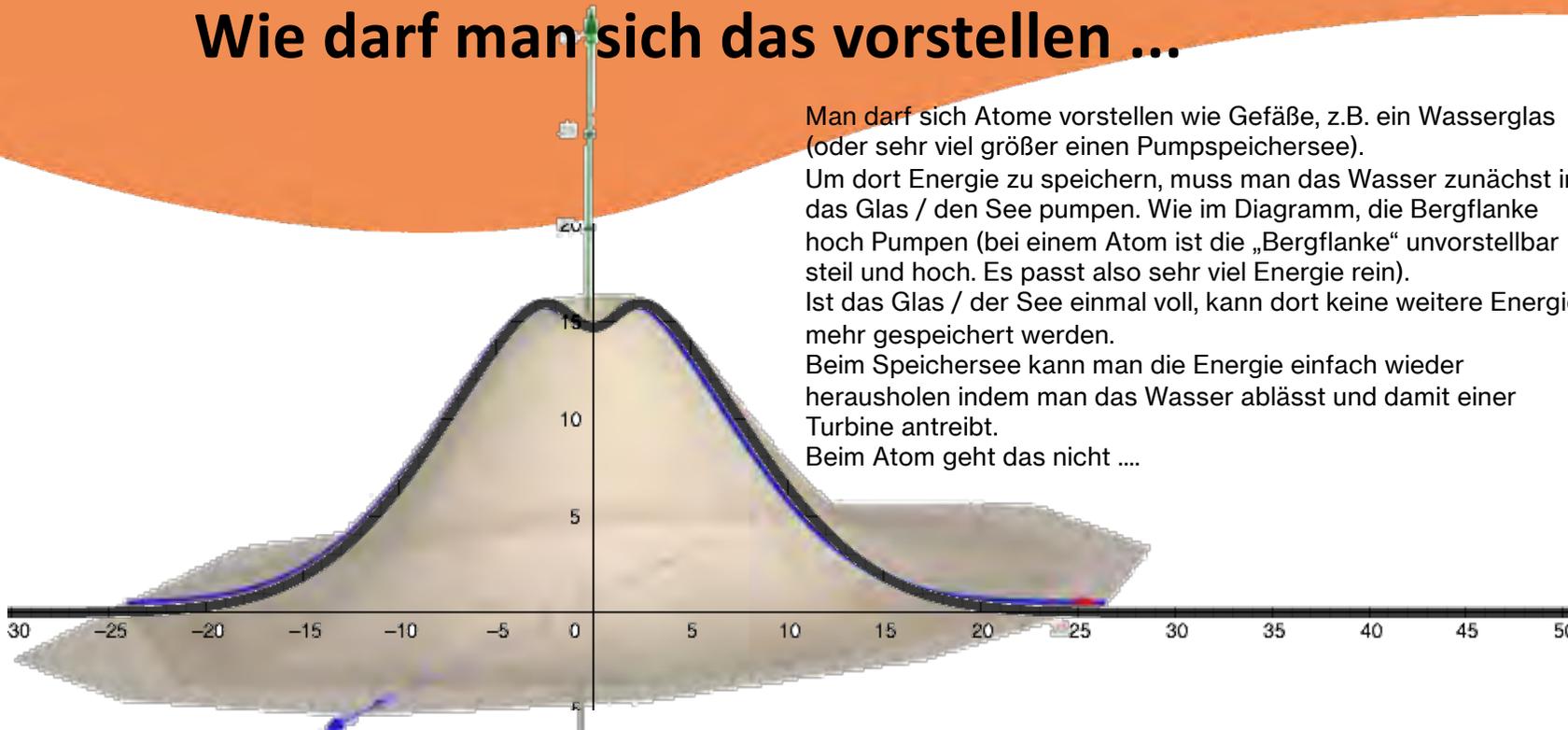
Tritium (schwerer Wasserstoff) „ ${}^3_1\text{H}$ “: besteht aus **2 x n** plus **1 x z^+** plus **1 x e^-**

„ ${}^1_1\text{H}$ “ (H); „ ${}^2_1\text{H}$ “ (D) und „ ${}^3_1\text{H}$ “ (T) sind Isotope des Wasserstoffs.

Wir stellen uns dem Klimawandel

Kernkräfte verstehen, ganz „ohne“ Quantentheorie Wie darf man sich das vorstellen ...

Man darf sich Atome vorstellen wie Gefäße, z.B. ein Wasserglas (oder sehr viel größer einen Pumpspeichersee).
Um dort Energie zu speichern, muss man das Wasser zunächst in das Glas / den See pumpen. Wie im Diagramm, die Bergflanke hoch Pumpen (bei einem Atom ist die „Bergflanke“ unvorstellbar steil und hoch. Es passt also sehr viel Energie rein).
Ist das Glas / der See einmal voll, kann dort keine weitere Energie mehr gespeichert werden.
Beim Speichersee kann man die Energie einfach wieder herausholen indem man das Wasser ablässt und damit einer Turbine antreibt.
Beim Atom geht das nicht



Wir stellen uns dem Klimawandel

Kernkräfte verstehen, ganz „ohne“ Quantentheorie Wie darf man sich das vorstellen ...

... dort muss man das Gefäß/Glas zerschlagen, um die darin gespeicherte Energie wieder freizusetzen (bei dem Speichersee wäre das vergleichbar mit einem Dammbbruch). Normalerweise würden wir erwarten, dass das Glas dann eben einfach nur kaputt ist und sich das Wasser über den Tisch ergießt (analog, aber mit verheerenden Folgen, beim Speichersee).

Beim Atom wird das Ausgangsatom (Wasserglas / Krater in der Mitte) zerschlagen, aber was rauskommt sind zwei neue Wassergläser, mit ggf. unterschiedlichem Wasserinhalt. In jedem Fall aber ist die Summe der Wassermengen in beiden Gläsern kleiner als jene im Originalzustand (beachte die Kratertiefe, bzw. die Wasserstände in den Gläsern). Und diese Differenz entspricht der Energie, die bei der Kernspaltung eines Atoms frei gesetzt wird.



... das ist Kernspaltung (oder auch Fission)

Wir stellen uns dem Klimawandel

Kernkräfte verstehen, ganz „ohne“ Quantentheorie

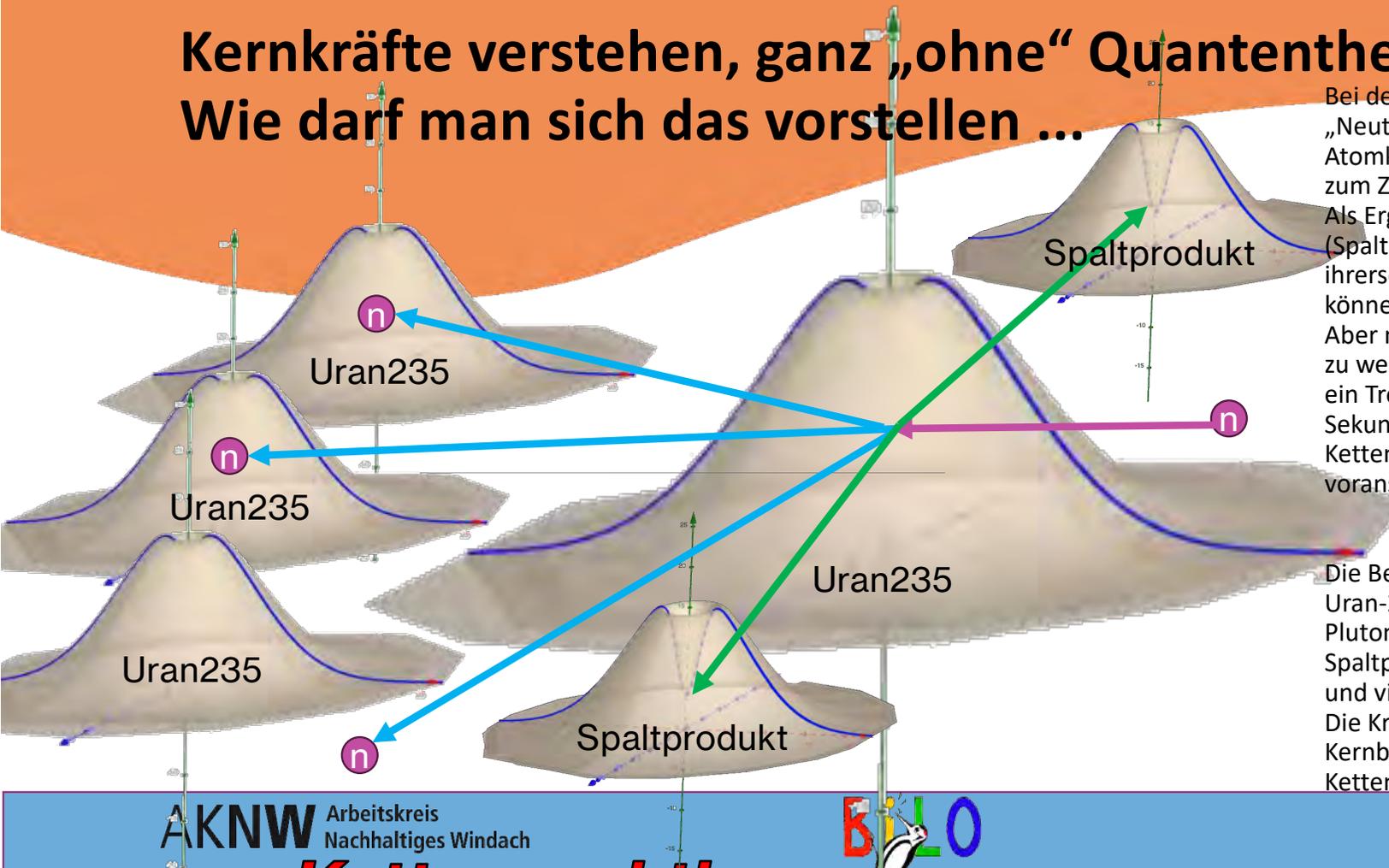
Wie darf man sich das vorstellen ...

Bei der Kettenreaktion wird zunächst ein „Neutron“ (mit „n“ gekennzeichnet) in den Atomkern geschossen und bringt diesen zum Zerplatzen.

Als Ergebnis gibt es zwei neue Kerne (Spaltprodukte) plus 3 neue Neutronen, die ihrerseits wieder andere Urankerne spalten können.

Aber nicht alle Neutronen treffen. Gibt es zu wenig Treffer, stoppt der Prozess. Löst ein Treffer eine Kaskade von Sekundärtreffern aus ist das die Kettenreaktion, die selbstständig voranschreitet.

Die Beteiligten Materialien sind:
Uran-235 kritische Masse = 50 kg
Plutonium-239 kritische Masse = 5 kg
Spaltprodukte z.B.: Strontium, Cäsium, Jod und viele andere. Plus jede Menge Energie.
Die Kritische Masse ist jene Menge eines Kernbrennstoffs, bei welcher die Kettenreaktion selbstständig voranschreitet.



AKNW Arbeitskreis
Nachhaltiges Winddach

Kettenreaktion:

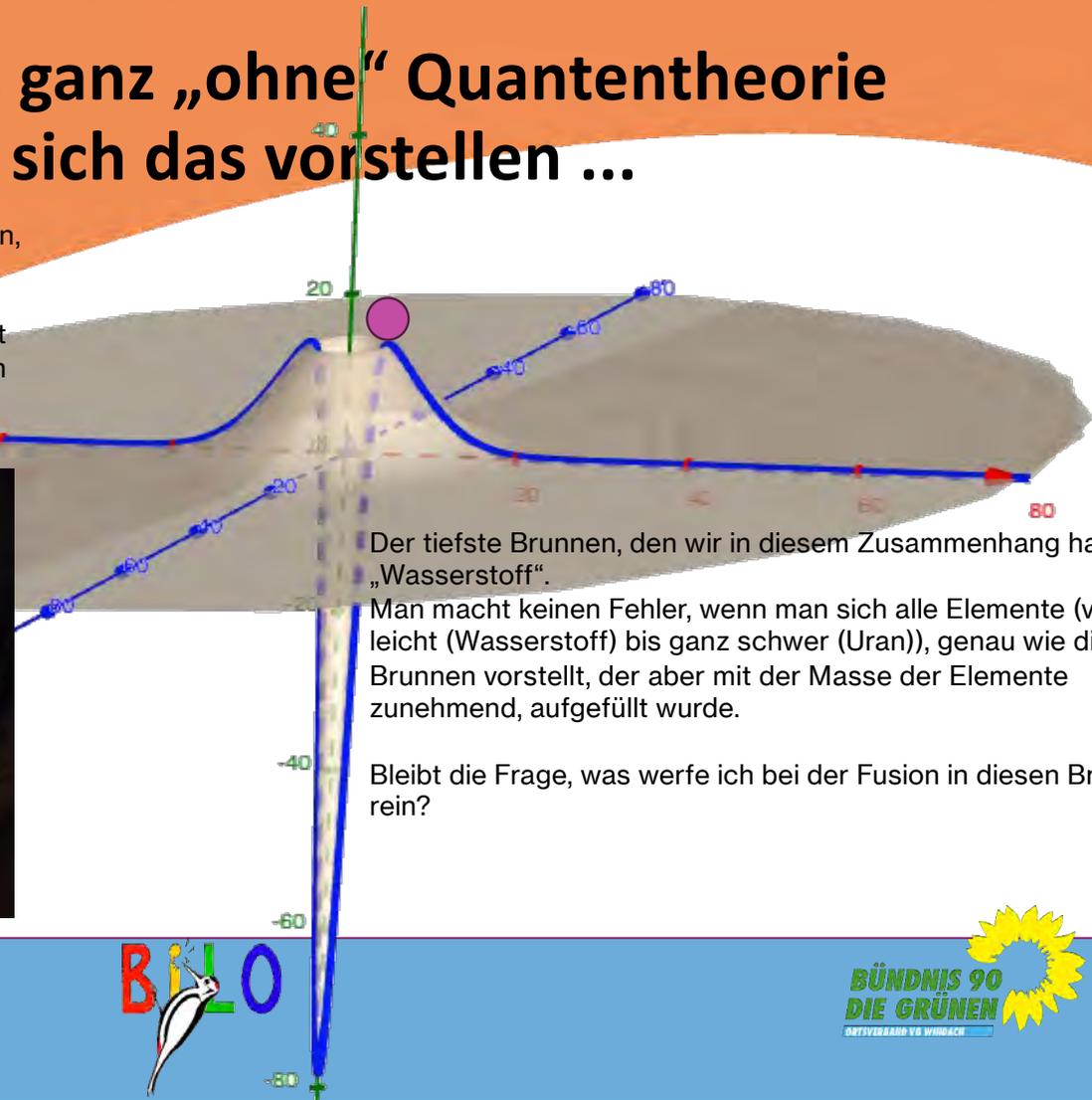


Wir stellen uns dem Klimawandel

Kernkräfte verstehen, ganz „ohne“ Quantentheorie Fusion: Wie darf man sich das vorstellen ...

Bei der Kernfusion haben wir es ebenfalls mit „Gefäßen“ zu tun, aber deren Grund ist sehr tief, eher vergleichbar einem tiefen, trocken gefallen Brunnen.

Werfen wird dort etwas hinein, dann fällt es sehr tief und setzt dabei viel Bewegungs-Energie frei. Natürlich wird der Brunnen dabei von unten nach oben aufgefüllt, mit dem, was wir dort hineingeworfen haben.



Der tiefste Brunnen, den wir in diesem Zusammenhang haben heißt „Wasserstoff“.

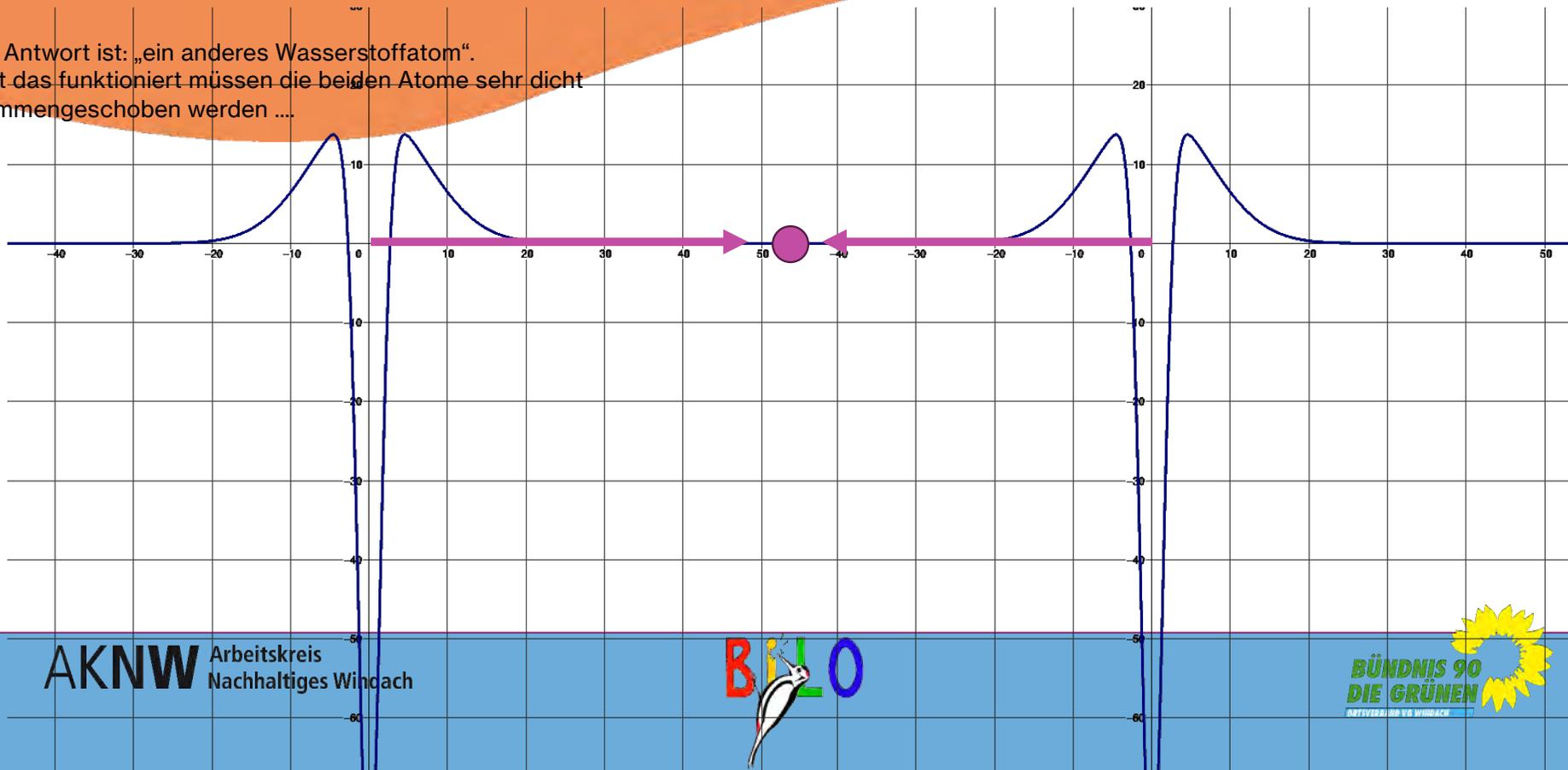
Man macht keinen Fehler, wenn man sich alle Elemente (von ganz leicht (Wasserstoff) bis ganz schwer (Uran)), genau wie diesen Brunnen vorstellt, der aber mit der Masse der Elemente zunehmend, aufgefüllt wurde.

Bleibt die Frage, was werfe ich bei der Fusion in diesen Brunnen rein?

Wir stellen uns dem Klimawandel

Kernkräfte verstehen, ganz „ohne“ Quantentheorie Fusion: Wie darf man sich das vorstellen ...

... die Antwort ist: „ein anderes Wasserstoffatom“.
Damit das funktioniert müssen die beiden Atome sehr dicht
zusammengeschoben werden ...



Wir stellen uns dem Klimawandel

Kernkräfte verstehen, ganz „ohne“ Quantentheorie Fusion: Wie darf man sich das vorstellen ...

... bis sie wechselseitig die „Bergflanken überwinden und die beiden Kerne „ineinanderstürzen“ ...

... und daraus ein neues Element entsteht mit einem deutlich weniger tiefen Grund des Brunnens.

Fusioniert man „Wasserstoffatome“, bekommt man „Helium“ (exemplarisch oberhalb und rechts zu sehen). Die Differenz der „Brunnentiefen“ entspricht dabei der freigesetzten Energie. Man beachte, dass diese Differenzen sehr viel größer sind als bei der zuvor beschriebenen Kern-Spaltung. Das erklärt die noch viel gewaltigeren Energien einer Wasserstoffbombe im Vergleich zur Atombombe.