

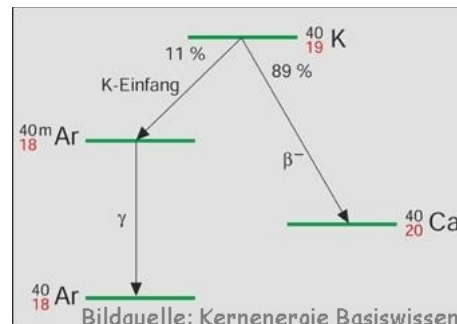
# Kalium-40-Elektroenergie

© Hans Ulrich Stalder / 18.10.2019

## Untersuchung direkter Stromerzeugung mit Kalium-40 Isotop.

Untersucht wurde eine alternative Stromerzeugung gegenüber von Atomkraftwerken, nämlich mittels direkten 19-Kalium-40 Elektronen-Verschiebungen. Die Spaltprodukte von Kalium-40 sind stabile Elemente, nämlich Kalzium (20-Ca-40) und Argon (18-Ar-40). Um das Dokument nicht aufzublähen, fokussiert diese Dokumentation die Elektronen-Bilanz.

Das in der Natur vorkommende Kalium-40 kann sich entweder per Betazerfall zum Isotop Kalzium-40 umwandeln (in 89 Prozent aller Fälle). Dabei wandelt sich ein Neutron in ein Proton um und das Gesamtsystem wird positiv (Proton-Überschuss, respektive, ein Elektron fehlt). Der Betazerfall zur Kalzium-40 Umwandlung ist natürlichen Ursprungs und kann wahrscheinlich mit einfachen Mittel nicht zum Zerfall angeregt werden. Seine Halbwertszeit beträgt immerhin 1,27 Milliarden Jahren. Daher wird diese Möglichkeit zur Energiegewinnung nicht weiter verfolgt.



Eine andere Art des Zerfalls ist das Einfangen eines Elektrons aus der Elektronenschale (normalerweise ein K-Einfang) und das Kalium-40-Atom wird in ein angeregtes Argon-40-Isotop umgewandelt. Dabei wandelt sich ein Proton in ein Neutron um. Beim Fall vom angeregten Argon-Atom in den Grundzustand werden allerdings Gammastrahlung emittiert. Mit dem Elektronen-Einfang nimmt die Kernladungszahl um eine Einheit ab, während die Massenzahl unverändert bleibt.

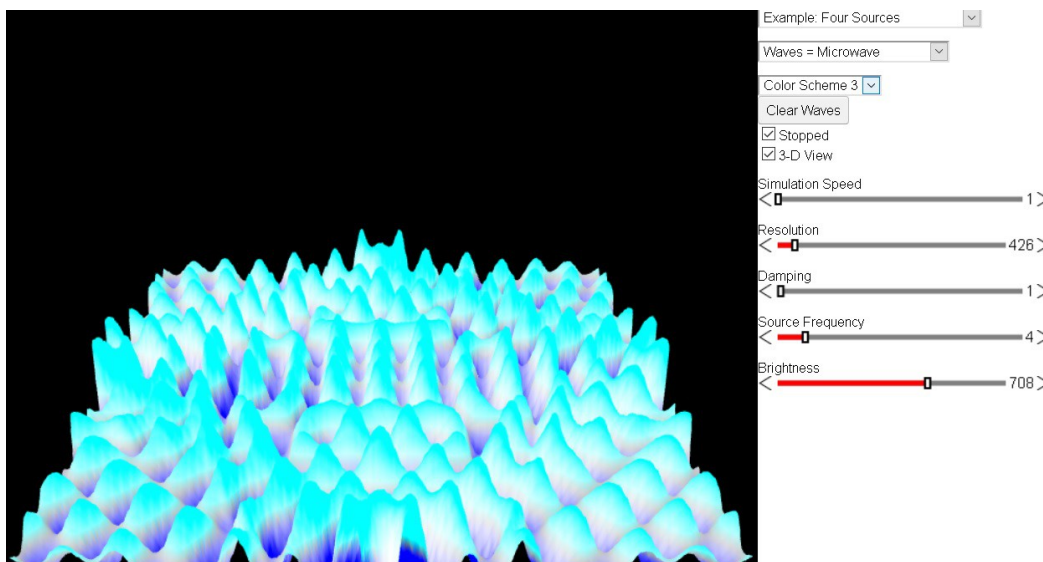
Da kein geladenes Teilchen das Atom verlässt, ist das entstehende Atom vorerst elektrisch neutral. Ihm fehlt aber ein Elektron im innersten s-Orbital (Hauptenergiestufe). Dafür hat es ein äusseres Elektron zu viel. Solch ein hoch angeregtes Atom zerfällt sehr schnell unter Abgabe eines Elektrons. Wie beim Beta-Zerfall wird also auch nach dem K-Einfang ein Elektron die Atom-Hülle verlassen. Daher wird das Gesamtsystem positiv (respektive, ein Elektron fehlt).

Der Vollständigkeit halber nachfolgend alle freigesetzten Teilchen, welche nicht zwingend weiter kommentiert werden. Betastrahlung ist eine Teilchenstrahlung, besteht also aus Masse behafteten Teilchen, die allgemein unter Betateilchen subsumiert werden. Bei der  $\beta^-$ -Strahlung sind dies negativ geladene Elektronen, bei der  $\beta^+$ -Strahlung positiv geladene Positronen, die Antiteilchen der Elektronen. Neben dem Betateilchen wird bei

einem  $\beta^-$ -Zerfall ein Elektron-Antineutrino und bei einem  $\beta^+$ -Zerfall ein Elektron-Neutrino freigesetzt. Diese Teilchen können im Regelfall nicht detektiert werden und werden auch nicht zur Betastrahlung gezählt. Zusätzlich wird bei jedem Betazerfall niederenergetische elektromagnetische Strahlung freigesetzt.

### K-Einfang gezielt auslösen

So kommt es zu der Kalium-40-Elektroenergie: Ein Kalium-40-Tantalat-Wafer ( $\text{KTaO}_3$ ) wird in seine Eigenresonanz versetzt, respektive rechtwinklig übers Kreuz in Schwingungen versetzt. Mit diesen vier Schwingungs-Generatoren am Wafer werden flächendeckend an den Kalium-Tantalat-Kristallen Interferenzen erzwungen (Schwingungs-Überlagerungen höherer Energie). Dies bewirkt eine Kern-Anregung und es wird ein kontinuierlicher Elektronen-Einfang erhofft. (zumindest hypothetisch, daher alternativ zu Photoelektronenspektroskopie mit Röntgen-Strahlen).



Quelle: <http://www.falstad.com/ripple/>

Das Interferenz-Bild zeigt die gleichmässige Energie-Verteilung. Diese wurde mit vier Frequenz-Generatoren am Kalium-Tantalat-Wafer erreicht.

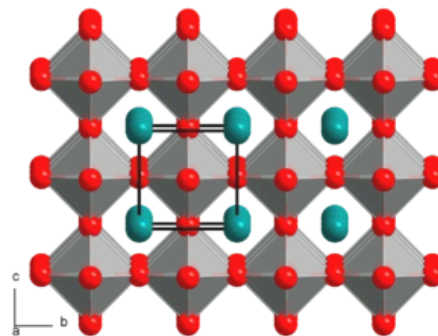
### Verhindern von Gammastrahlung

Falls sich nicht automatisch der Auger-Effekt einstellt, ist folgendes zu beachten. Das durch das eingefangene Elektron entstandene Loch in der inneren Schale der Elektronenhülle wird durch ein Elektron aus einer äusseren Schale wieder besetzt.

Dabei erfolgt spontane Emission eines Röntgen-Photons, oder die frei werdende Energie wird als Auger-Elektron abgestrahlt (ohne Gammastrahlung). Das Aussenden von Gammastrahlung ist normalerweise eine Folge der Umorganisation der Elektronen-Hülle. Dies kann, hypothetisch, durch einen Quanteneffekt an den Elektronen verhindert werden. Das heisst, die Elektronen werden weitgehend vom Kern gelöst. Fraglich ist allerdings, was mit der freigewordenen Energie ohne Auger-Effekt und ohne Gammastrahlung passiert.

### Der Kalium-Tantalat-Kristall-Wafer ( $\text{KTaO}_3$ )

Gitterkonstante  $a = 0,398 \text{ nm}$



Grün = Kalium-40-Atome

### Die Elektronen-Bilanz

Pro Sekunde fliessen bei einem Ampere pro Sekunde 6,2 Trillionen Elektronen ( $6,2 \cdot 10^{18}$ ), respektive 6'200 Billiarden Elektronen.

Ein Kalium-Tantalat-Kristall-Wafer mit einem Millimeter Dicke und einem Durchmesser von 100 Millimeter kann nur einmalig im Maximum 4 Billionen Elektronen ( $4 \cdot 10^{12}$ ) pro Sekunde produzieren. Danach haben sich fast alle Kalium-40 Atome in Argon-40 umgewandelt.

Ausser acht gelassen, bei dieser Rechnung, sind die frei werdenden  $\text{O}_2$ -Moleküle, die Bindungselektronen zurück lassen, sowie der Einfluss der Elektronegativität aller beteiligten Elemente.

### Fazit

Selbst wenn alle vorliegenden Hypothesen bestätigt würden, ist eine direkte Kalium-40 Elektronen-Generierung nicht wirtschaftlich. Denkbar wäre höchstens eine kontinuierliche Kalium-40 Umwandlung in Argon-40 für kleine Ströme.

### Theoretischer Ausblick

Mit zusätzlichen, zum Beispiel Cr-, Ti-, und Rh-Dotierungen, könnte eine neue, interessante Ausgangslage geschaffen werden. Falls sich mehrheitlich eine Gammastrahlung einstellen würde, könnte diese neuerdings in elektrischen Strom umgewandelt werden (siehe Mikrowellenernter). Diese Form der „Energie-Gewinnung“ wird hier aber nicht weiter verfolgt.

-----

## Basiswissen und Quellenhinweise

### Grundlegende Eigenschaften Kalium-40

Massenzahl:	40
Anzahl Neutronen:	21
Anzahl Protonen:	19
Energie-Level:	0 MeV
Spin:	-4

### Masse und Energie

Atommasse:	39.96399848 u
Kernmasse:	39.95357546 u
Massenexzess:	-33.5352 MeV
Bindungsenergie (gesamt):	341.524 MeV; (1 u · c <sup>2</sup> = Masseinheit eV)
Bindungsenergie (pro u):	8.538 MeV (1.2817411896E-12 Joule)

<u>Zerfallsarten</u>	Wahrscheinlichkeit:	Tochterkern:	Energie-Emission:
β-	89.28 %	40Ca	1.311 MeV
ε	10.72 %	40Ar	1.505 MeV

### Auger-Effekt

Der Auger-Effekt, benannt nach Pierre Auger, ist ein sog. strahlungsloser Übergang in der Elektronenhülle eines angeregten Atoms. Voraussetzung ist, dass innerhalb eines Atoms in einer inneren Elektronenschale ein unbesetzter Elektronenzustand (Loch) vorliegt. Wird er durch ein Elektron aus einer äusseren Schale wieder besetzt, kann die freiwerdende Energie auf ein anderes Elektron desselben Atoms übertragen werden, so dass dieses als Auger-Elektron das Atom verlässt.

### Gamma-Strahlung

Gammastrahlung entsteht, wenn Atomkerne energiereiche Lichtquanten (so genannte „Gamma-Quanten“) aussenden; dabei ändert sich weder die Massenzahl A noch die Kernladungszahl Z des Atomkerns. Gammastrahlen entstehen vielmehr durch einen Übergang eines Atomkerns von einem energetisch angeregten Zustand in einen energetisch niedrigeren Zustand. So entsteht bei Alpha- und Beta-Zerfällen häufig zusätzlich Gamma-Strahlung.

Beim K-Einfang wandelt sich das Atom in ein anderes Element um. Das neue Element steht im Periodensystem um eine Ordnungszahl niedriger, es hat eine Kernladung weniger. Da kein geladenes Teilchen das Atom verlässt, ist das entstehende Atom elektrisch neutral. Ihm fehlt aber ein Elektron im innersten s-Orbital. Dafür hat es ein

äusseres Elektron zu viel. Solch ein hoch angeregtes Atom zerfällt sehr schnell unter Abgabe eines Elektrons. Wie beim Beta-Zerfall wird also auch nach dem K-Einfang ein Elektron das Atom verlassen. Die Energie dieses Elektrons zeigt aber die Struktur der Atomschale (siehe Photoelektronenspektroskopie) und nicht des Kerns.

<http://www.quantenwelt.de/kernphysik/radio/keinfang.html>

Bremsstrahlung (= Gamma-Strahlung; Anm. Red.) ist die elektromagnetische Strahlung, die durch die Beschleunigung eines elektrisch geladenen Teilchens, z. B. eines Elektrons, entsteht. Entgegen der Namensgebung tritt diese Strahlung nicht nur dann auf, wenn sich der Betrag der Geschwindigkeit verringert, sondern auch, wenn er sich vergrößert oder die Geschwindigkeit nur ihre Richtung verändert. Von Bremsstrahlung im engeren Sinne spricht man, wenn Teilchen in Materie gebremst werden.

Vom Standpunkt der Quantenelektrodynamik aus lässt sich die Erzeugung von Bremsstrahlung erklären, dass jede Wechselwirkung von geladenen Teilchen mit der Emission oder Absorption von Photonen, den Quanten der elektromagnetischen Strahlung, verbunden ist.

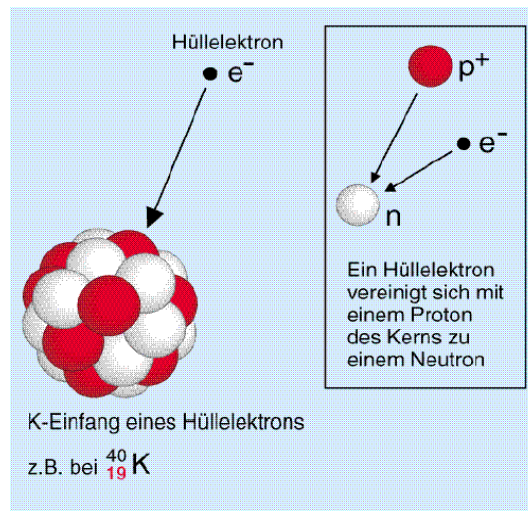
<https://de.wikipedia.org/wiki/Bremsstrahlung>

Elektromagnetische Wellen können in Strom umgewandelt werden, mittels so genannter Mikrowellenernter. Dabei fängt Metamaterial elektromagnetische Wellen ein. Gegenwärtig liegt der Wirkungsgrad bei zirka 37 Prozent.

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/elektronik/>

<http://ftp.kernfragen.de/nat%C3%BCrliche-und-zivilisatorische-quellen>

<http://www.abi-physik.de/buch/kernphysik/betastrahlung/>



<https://web-docs.gsi.de/~wolle/TELEKOLLEG/KERN/index.html>

### Quantenmechanische Wellen

Überrascht waren die Forscher von dem Verhalten der Elektronen. „Es handelt sich nicht um klassische Teilchen. Elektronen sind tatsächlich quantenmechanische Wellen und können wie Wellen auf einem Teich interferieren, also sich überlagern“, betont Huber. Während sich Elektronen normalerweise in klar definierten Zuständen befinden, also mit einer bestimmten Energie schwingen, reagieren sie völlig anders, wenn sie durch den starken infraroten Lichtimpuls angeregt werden. Für eine kurze Zeitspanne befinden sie sich dann gleichzeitig in verschiedenen Zuständen – sind also sowohl angeregt als auch im Ruhezustand. Je nach Richtung des Lichtfeldes verstärken sich diese oszillierenden Mischzustände oder löschen sich gegenseitig aus.

Elektronen tunneln durch Barriere.

Der quantenmechanische Effekt, dass ein System gleichzeitig zwei verschiedene Zustände haben kann, ist vor allem durch das Gedankenexperiment „Schrödingers Katze“ bekanntgeworden, bei dem eine Katze in einer Kiste gleichzeitig sowohl lebendig als auch tot sein kann. Im Experiment lassen sich solche quantenmechanischen Effekte in der Regel nur auf besonders kleinen Längenskalen und bei sehr empfindlichen Messungen nachweisen. Im vorliegenden Fall war es aber genau umgekehrt: „Je stärker das treibende Lichtfeld ist, desto mehr Überlagerungszustände erreicht man.“

<https://www.mittelbayerische.de/wissen-nachrichten/der-quanteneffekt-von-elektronen-21981-art1265285.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Betastrahlung>

[https://de.wikibooks.org/wiki/Physikalische\\_Grundlagen\\_der\\_Nuklearmedizin/\\_Radioaktiver\\_Zerfall](https://de.wikibooks.org/wiki/Physikalische_Grundlagen_der_Nuklearmedizin/_Radioaktiver_Zerfall)

[https://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/professur-fuer-geochemie-und-geoökologie-7065/pdf/isotop\\_v18.pdf](https://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/professur-fuer-geochemie-und-geoökologie-7065/pdf/isotop_v18.pdf)

### Elektroneneinfang

Unter Elektroneneinfangprozessen versteht man Prozesse, bei denen ein oder mehrere Elektronen zwischen zwei atomaren Systemen ausgetauscht werden. Bei Kollisionen zwischen Ionen und Atomen im Bereich von Projektil-Geschwindigkeiten, die vergleichbar sind mit der Geschwindigkeit der gebundenen Target-Elektronen, ist nach DuBois(1986) der Einfang von Elektronen durch das Ion am wahrscheinlichsten. Die direkte Ionisation des Targets kann bei diesen Energien vernachlässigt werden. Bei höheren Projektil-Energien nimmt der Wirkungsquerschnitt für einen Elektroneneinfang drastisch ab, direkte Ionisation und Anregung übernehmen die Rolle der dominanten Wechselwirkung.

<https://d-nb.info/1063955173/34>

<https://www.kernd.de/kernd-wAssets/docs/service/018basiswissen.pdf>

Das in der Natur vorkommende Isotop Kalium-40 wandelt sich zum Teil unter Elektroneneinfang in das Isotop Argon-40 um. Beim Elektronen Einfang nimmt die Kernladungszahl um eine Einheit ab, während die Massenzahl unverändert bleibt. Dies geschieht vor allem bei schweren Kernen, bei denen der Kernradius gross und die Elektronenbahnradien besonders klein sind. Meist werden Elektronen aus der innersten, der K-Schale eingefangen, weil sie am nächsten am Kern sind und die Radialwellenfunktion für K-Elektronen am Kernmittelpunkt ein Maximum aufweist. Da bei einem solchen K-Einfang nun plötzlich ein Elektron in der K-Schale fehlt, kaskadieren die Elektronen aus den höheren Energieniveaus sukzessiv hinunter, wobei charakteristische Röntgenstrahlung emittiert wird.

[https://www.physik.uni-augsburg.de/exp4/FP\\_A/material/FP02.pdf](https://www.physik.uni-augsburg.de/exp4/FP_A/material/FP02.pdf)

<http://www.lnw.lu/Departements/Physique/personnel/schammel/13GE%20SAMRO-QUANTENMECHANIK.pdf>

<https://physik.fandom.com/wiki/Gitterschwingungen>

[https://physik.fandom.com/wiki/Struktur\\_der\\_Kristalle](https://physik.fandom.com/wiki/Struktur_der_Kristalle)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Auger-Effekt>

#### Haftungsausschluss / Disclaimer / Hyperlinks

Für fehlerhafte Angaben und deren Folgen kann weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernommen werden. Änderungen vorbehalten. Ich distanzieren mich hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller verlinkten Seiten und mache mir diese Inhalte nicht zu eigen.

\* \* \* \* \*