

Handy mit Nuklearbatterie?

In verschiedenen Medien erschien die Meldung, dass ein chinesisches Unternehmen eine Nuklearbatterie entwickle, mit deren Hilfe Handys oder Smartphones jahrelang betrieben werden könnten, ohne dass sie je aufgeladen werden müssten.

Nuklearbatterien (Radionuklidbatterien, Isotopenbatterien, Atombatterien) sind keine neue Erfindung, sondern werden schon seit vielen Jahren eingesetzt in Weltraummissionen und an schwer zugänglichen Orten, wo eine regelmäßige Versorgung mit Treibstoff oder der Wechsel von Batterien schwierig oder unmöglich ist. [1]

stern.de, 15.01.2024, [2]:

Atomstrom im Smartphone: Neuartige Nuklearbatterie verspricht 50 Jahre Laufzeit

von Malte Mansholt 15.01.2024



Die Nuklear-Batterie ist laut Hersteller Betavolt kleiner als eine Münze

Eine längere Laufzeit ist eines der meistgewünschten Features für Smartphones. Eine in China entwickelte neue Akku-Technik soll das Laden nun ganz abschaffen – indem sie auf Nuklearenergie setzt.

Das Laden des Smartphones ist heute für nahezu jeden ein tägliches Ritual. Das chinesische Unternehmen Betavolt will das Laden nun ganz abschaffen. Von den neuen Nuklearakkus sollen nicht nur Smartphones profitieren. Die Idee ist nicht neu, die Technologie wird wegen verschiedener Probleme bisher aber nur in sehr begrenzten Nutzungsszenarien eingesetzt.

Dem Unternehmen zufolge soll die aktuell in der Pilotphase befindliche Betavoltaik-Batterie Geräte bis zu 50 Jahre lang mit Strom versorgen, ein Laden wäre also schlicht nicht mehr nötig. Neben Smartphones könnte die quadratische Batterie in Größe einer Münze auch in Drohnen und – sofern eine Zulassung erfolgt – in medizinischen Geräten im Einsatz kommen, so Betavolt in einer Pressemitteilung. Die Vorteile liegen auf der Hand: Smartphones müssten nicht mehr geladen werden, Drohnen könnten ohne Pausen im Dauereinsatz fliegen.

Batterie aus Diamanten und Nuklearmaterial

Die von Betavolt entwickelte Batterie setzt sich aus mehreren Schichten zusammen. Als Energiequelle wird das radioaktive Nickel-63 eingesetzt. Beim Zerfall des Isotops entsteht neben dem Beiprodukt Kupfer auch Betastrahlung, die dann mithilfe einer als Wandler dienenden künstlichen Diamantschicht in Strom umgewandelt wird. Aktuell lassen sich der Firma zufolge dadurch 100 Mikrowatt liefern, bis nächstes Jahr will man Batterien mit einem Watt Leistung produzieren.

Gefahr durch Strahlung soll dabei nicht entstehen, betont Betavolt. Die Betastrahlung lässt sich deutlich effektiver eindämmen, als das etwa bei der gefährlichen Gammastrahlung der Fall ist. Solange die Batterie nicht beschädigt wird, soll deshalb keine Strahlung austreten können – was auch die Voraussetzung für den Einsatz in medizinischen Geräten wäre.

Viele offene Fragen

Ob sich die Technologie schnell durchsetzen kann, steht auf einem anderen Blatt. Die Leistung von einem Watt wird noch nicht einmal erreicht, für den Betrieb moderner Smartphones wäre aber auch sie noch viel zu gering. Die als sehr stromsparenden Chips der aktuellen iPhone-Generation verbrauchen etwa alleine bis zu 6,9 Watt. Und dann fehlen noch die echten Akkufresser wie Display und Mobilfunkeinheit. Alleine bei der Leistung fehlt also noch viel.

Auch die Risiken der Strahlung sind nicht zu unterschätzen. Selbst wenn im Alltagsbetrieb tatsächlich keine Strahlung austritt, bliebe immer noch das Risiko bei einer Beschädigung des Gerätes. Über die lange Laufzeit könnten zudem auch kleinste Strahlenausstritte problematisch werden. Und natürlich das der Entsorgung: Nur weil der Akku solange durchhält, würden die meisten Menschen ein Smartphone ja nicht 50 Jahre nutzen.

Alte Technik ohne Durchbruch

Die zahlreichen Herausforderungen sind auch der Grund, warum die Technologie bisher nur in Ausnahmeszenarien eingesetzt wird. Die ersten kommerziellen Nuklear-Batterien gab es bereits in den 60er-Jahren, sie wurden etwa in frühen Herzschrittmachern eingesetzt. Wegen der Gefahren verzichtet man mittlerweile aber darauf.

Heute werden die Batterien eigentlich nur noch dann benutzt, wenn ein Laden extrem schwierig oder gar ausgeschlossen ist, etwa bei verschiedenen Einsatz-Szenarien in der Welt- raumforschung oder dem Militär. Der Mars-Rover Discovery läuft etwa mit einer Nuklear-Batterie, wenn auch mit einer deutlich größeren, die zudem auf Plutonium setzt.

Quelle: Betavolt

[2]

WinFuture.de, 11.01.2024, [3]

Smartphone nie mehr laden: Chinesen bauen kleine Nuklear-Batterie

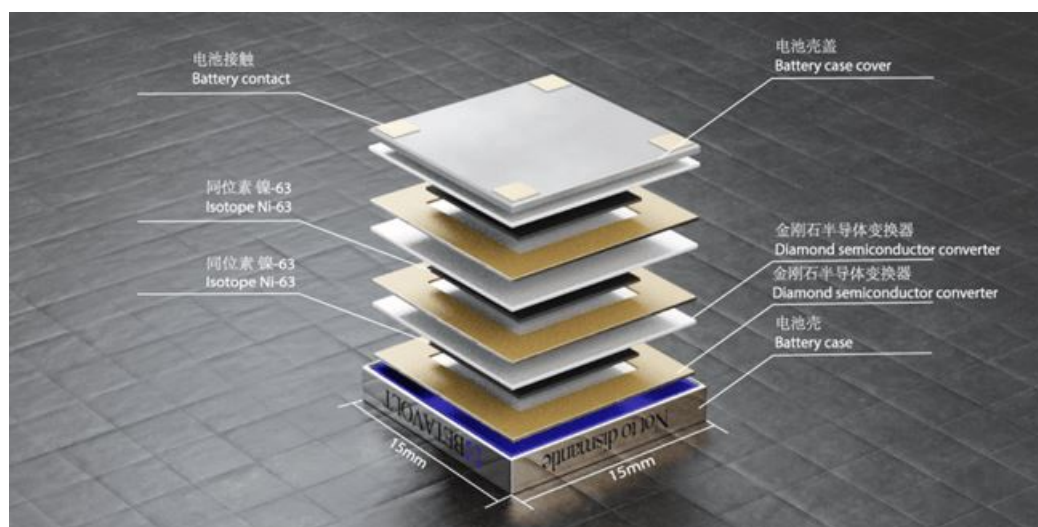
Ein chinesisches Unternehmen will Radionuklidbatterien bauen können, mit denen etwa Smartphones nie wieder aufgeladen werden müssten. Auch die Risiken der Technik sollen bei der Neuentwicklung gering ausfallen.

Dünnere Diamant

Batterien dieser Art nutzen die beim radioaktiven Zerfall frei werdende Energie, um Strom zu erzeugen. Allgemein bekannt sind sie aus der Raumfahrt, wo sie die Komponenten von Sonden antreiben, die zu weit von der Sonne entfernt sind, um noch mit Solarzellen zu funktionieren. Aber auch in irdischen Geräten, die lange ohne Batteriewechsel funktionieren müssen, setzte man solche Stromquellen bereits ein - beispielsweise in Herzschrittmachern.

Für eine Massenanwendung wie beispielsweise als Batterie für Handys waren die bisher verfügbaren Systeme aber nicht geeignet. Sie waren entweder zu groß oder lieferten nicht genug Leistung. Vor allem aber waren die eingesetzten radioaktiven Materialien wie Plutonium schlicht zu gefährlich.

Das chinesische Unternehmen Betavolt Technology vermeldete nun aber die Entwicklung einer Radionuklidbatterie, die für den Einsatz in diversen Mobilgeräten geeignet sein soll. Aktuell kann man das Modell BB100 vorweisen, das 15 x 15 x 5 mm groß ist und 100 Mikrowatt Strom liefert. Binnen der kommenden zwei Jahre beabsichtigt man die Technologie weiterzuentwickeln und dann auch kleine Batterien bauen können, die bis zu einem Watt liefern - ob das aber gelingt, muss sich zeigen. Die Stromquellen können außerdem modular kombiniert werden, wenn größere Energiemengen benötigt werden.



50 Jahre Strom

Das Herzstück ist eine nur 10 Mikrometer dicke Schicht aus künstlichem Diamant, das als Halbleiter-Layer dient. Die Kristallstruktur erzeugt den Strom aus der Energie, die ein zerfallendes Nickel-Isotop freisetzt. Die Batterie kann laut Hersteller bereits jetzt den Stromversorgungsbedarf von Anwendungen mit langer Lebensdauer decken, etwa in der Luft- und Raumfahrt, bei medizinischen Geräten, MEMS-Systemen, fortschrittlichen Sensoren, kleinen Drohnen und Mikrorobotern.

Der Vorteil der Atombatterie besteht dann darin, dass sie bis zu 50 Jahre Strom liefern kann. Außerdem arbeitet sie zuverlässig in Temperaturspannen von -60 bis 120 Grad Celsius. Laut Betavolt dringt aus dem Systeme keine Strahlung nach außen, sodass auch ein Einsatz in medizinischen Implantaten denkbar ist. Und wenn das enthaltene Nickel-63 zerfällt, wandelt es sich in Kupfer um - giftige Chemikalien gibt es also nicht.

Zusammenfassung

- Chinesisches Unternehmen entwickelt kleine Radionuklidbatterien
- Smartphones müssten mit neuer Batterie nie wieder aufgeladen werden
- Risiken der Radionuklidbatterien sollen gering sein
- Neues Modell BB100 misst 15 x 15 x 5 mm und liefert 100 Mikrowatt
- Technologie soll in zwei Jahren Batterien mit einem Watt ermöglichen

- Herzstück ist eine 10 Mikrometer dicke Diamantschicht
- Batterien könnten 50 Jahre lang Strom liefern

[3]

Wie realistisch sind Nuklearbatterien für Handys?

Das Nickel-Isotop ^{63}Ni hat eine Halbwertszeit von 101 Jahren und emittiert Betastrahlen mit einer maximalen Energie von 67.0 keV und einer mittleren Energie von 17.4 keV und zerfällt zum stabilen Kupfer-Isotop ^{63}Cu . Es ist als Nuklearbatterie besonders geeignet, weil es eine lange Halbwertszeit hat und keine Gammastrahlung emittiert. Während Betastrahlen der Energie 67 keV schon durch eine 0.03 mm dicke Aluminiumschicht absorbiert werden [6], würde die Abschirmung von Gammastrahlen je nach ihrer Energie eine relativ dicke Bleischicht erfordern.

Es gibt eine ganze Reihe von Methoden, wie die Energie der von Radionukliden emittierten Teilchen in elektrische Energie umgewandelt werden kann [4]. Das Bild im „WinFuture“-Artikel und der darin enthaltene Text „Diamond semiconductor device“ lässt darauf schliessen, dass das Prinzip der Betavoltaik [5] verwendet wird. Der dabei erreichte Wirkungsgrad beträgt rund 7 Prozent [4].

Wenn mit den Stichworten „Strombedarf Smartphone“ oder „Strombedarf Handy“ im Internet gesucht wird, werden meist Webseiten gefunden, in denen der mittlere Strombedarf für das Laden des Akkus gegeben wird. Für die erforderliche Leistung einer Nuklearbatterie ist jedoch der mittlere Strombedarf des Handys oder des Smartphones beim Betrieb massgebend. In manchen Webseiten sind aber Informationen über Akkukapazitäten und Akkulaufzeiten zu finden [7, 8]. Typische Werte sind rund 10 Stunden bei Akkukapazitäten von rund 5000 mAh [9]. Daraus ergibt sich ein mittlerer Akkustrom von 500 mA.

In der Regel werden die Lithium-Ionen-Zellen von Handys oder Smartphones mit einer Spannung von 5 Volt geladen, liefern jedoch bei ihrer Entladung eine Spannung von 3.8 Volt. Bei einer Spannung von 3.8 V entspricht ein Strom von 500 mA einer Leistung von 1.9 Watt. Natürlich könnte die Nuklearbatterie eine kleinere Leistung liefern. Die erforderliche Leistung beim Betrieb des Handys oder des Smartphones müsste dann durch einen Akku gedeckt werden, der in den Betriebspausen durch die Nuklearbatterie wieder aufgeladen würde. Wenn jedoch beliebig lange Betriebsdauern möglich sein sollen, muss die Nuklearbatterie die Leistung von 1.9 W liefern.

Die Zahl der Atomkerne eines Radionuklids als Funktion der Zeit sind gegeben durch

$$N = N_o e^{-\lambda t}. \quad (1)$$

λ ist die Zerfallskonstante. Sie hängt mit der Halbwertszeit T zusammen durch die Beziehung

$$e^{-\lambda T} = \frac{1}{2}. \quad (2)$$

Daraus ergibt sich sofort

$$-\lambda T = -\ln 2 \quad (3)$$

und

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}. \quad (4)$$

Die sogenannte Aktivität A ist die Zahl der Zerfälle pro Zeiteinheit:

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_o e^{-\lambda t} = \lambda N. \quad (5)$$

Wenn die Energie der von einem Radionuklid emittierten Betateilchen mit einem Wirkungsgrad η in elektrische Energie umgesetzt wird, dann liefert ein Radionuklid, das A Betateilchen pro Sekunde mit einer mittleren Energie \bar{E} emittiert, eine elektrische Leistung

$$P = \eta A \bar{E} = \eta \lambda N \bar{E}. \quad (6)$$

Die erforderliche Aktivität des Radionuklids ist somit

$$A = \frac{P}{\eta \bar{E}}. \quad (7)$$

Mit $P = 1.9$ W, $\eta = 0.07$, $\bar{E} = 17$ keV und der Umrechnung

$$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (8)$$

ergibt sich

$$A = \frac{1.9}{0.07 \cdot 17 \cdot 10^3 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}} = 9.97 \cdot 10^{15}. \quad (9)$$

Für eine elektrische Leistung von 1.9 Watt braucht es also eine ^{63}Ni -Quelle von rund 10^{16} Becquerel, oder in der alten Einheit Curie ausgedrückt, 270'000 Curie. ¹

Eine so starke radioaktive Quelle würde wohl niemals eine Zulassung erhalten.

Jedoch schon die technische Realisierung einer solchen Quelle dürfte schwierig sein. Die notwendige Zahl der ^{63}Ni -Atome ist

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{AT}{\ln 2} = \frac{9.97 \cdot 10^{15} \cdot 101 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{\ln 2} = 4.58 \cdot 10^{25}. \quad (10)$$

Die Atommasse von ^{63}Ni ist 62.9 u. Die Atommasseneinheit u ist $1.674 \cdot 10^{-27}$ kg. Damit ergibt sich eine ^{63}Ni -Masse von

$$4.58 \cdot 10^{25} \cdot 62.9 \cdot 1.674 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 4.82 \text{ kg}. \quad (11)$$

Die Nuklearbatterie hätte somit eine Masse von 4.8 kg.

Um die Absorption der Betateilchen innerhalb der Quelle (Selbstabsorption) zu vermeiden, müsste das ^{63}Ni in Form von dünnen Schichten (wie in der Abbildung des „WinFuture“-Artikels gezeigt) verwendet werden.

Die in der Abbildung des „Stern“-Artikels gezeigte Batterie misst $15 \times 15 \times 5$ Millimeter [3] und liefert eine Leistung von 100 Mikrowatt = 0.0001 Watt. Eine Batterie mit einer Leistung von 1.9 W müsste 19'000 mal grösser sein, da die Leistungsdichte kaum um einen wesentlichen Faktor (um Zehnerpotenzen) erhöht werden kann. Man könnte versucht sein, ein Radionuklid zu verwenden, dessen Betateilchen eine zehnmal höhere Energie haben als diejenigen von ^{63}Ni . Damit würde eine Quelle genügen, die zehnmal weniger Betateilchen pro Sekunde emittiert als ^{63}Ni . Die Energie dieser Betateilchen könnte aber nicht mehr in einer so dünnen Halbleiterschicht in elektrische Energie umgesetzt werden.

Die 100-Mikrowatt-Batterie hat ein Volumen von rund 1 Kubikzentimeter. Die 1.9-Watt-Batterie hätte somit ein Volumen von der Grössenordnung 20 Liter.

1.9 Watt elektrische Leistung und ein Wirkungsgrad von 0.07 Prozent bedeutet, dass eine thermische Leistung von 27 Watt produziert wird. Das ist eine nicht unerhebliche Wärmequelle.

Man hätte also ein „Handy“(!) mit einer Nuklearbatterie, die eine Masse von 4.8 kg und ein Volumen von 20 Liter hätte und die dauernd 27 Watt Wärme produzieren würde. Das ist völlig absurd.

¹ 1 Becquerel = 1 Zerfall pro Sekunde, 1 Curie = $3.70 \cdot 10^{10}$ Becquerel

Die optimistischen, oder besser gesagt, ziemlich unrealistischen Erwartungen

„Aktuell lassen sich der Firma zufolge dadurch 100 Mikrowatt liefern, bis nächstes Jahr will man Batterien mit einem Watt Leistung produzieren.“ [2]

„2025 soll dann eine 1-Watt-Variante folgen.“ [10]

beziehen sich auf ein Ding, das sicher gar niemand haben möchte.

Literatur

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Radionuklidbatterie>
- [2] [Atomstrom im Smartphone
https://www.stern.de/digital/online/atomstrom-im-smartphone--neuartige-nuklearbatterie-verspricht-50-jahre-laufzeit-34366650.html](https://www.stern.de/digital/online/atomstrom-im-smartphone--neuartige-nuklearbatterie-verspricht-50-jahre-laufzeit-34366650.html)
- [3] <https://winfuture.de/news,140571.html>
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Radionuklidbatterie#Wandler>
- [5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Betavoltaik>
- [6] [Kohlrausch Tabellen Ionisierende Strahlung und Radioaktivität
https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/buecher/Kohlrausch/Tabellen/Kohlrausch_3_Tabellen_und_Diagramme_Ionisierende_Strahlung_und_Radioaktivitaet.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/buecher/Kohlrausch/Tabellen/Kohlrausch_3_Tabellen_und_Diagramme_Ionisierende_Strahlung_und_Radioaktivitaet.pdf)
- [7] [Smartphones mit guter Akkuleistung
https://www.logitel.de/blog/handys/smartphones-mit-guter-akkuleistung/#1-platz-1-iphone-14-plus](https://www.logitel.de/blog/handys/smartphones-mit-guter-akkuleistung/#1-platz-1-iphone-14-plus)
- [8] <https://blog.friendsurance.de/welches-handy-arbeitet-am-effizientesten/>
- [9] [Eigenschaften von Handy-Akkus
https://www.electricity-magnetism.org/de/eigenschaften-von-handy-akkus-spannung-kapazitaet-und-selbstentladung](https://www.electricity-magnetism.org/de/eigenschaften-von-handy-akkus-spannung-kapazitaet-und-selbstentladung)
- [10] [Chinesische Batterie
https://www.watson.ch/wissen/energie/322461150-bv100-von-betavolt-diese-chinesische-batterie-soll-50-jahre-halten](https://www.watson.ch/wissen/energie/322461150-bv100-von-betavolt-diese-chinesische-batterie-soll-50-jahre-halten)
- [11] https://de.wikipedia.org/wiki/Rekorde_der_unbemannten_Raumfahrt

26. Januar 2024

A. Ruh