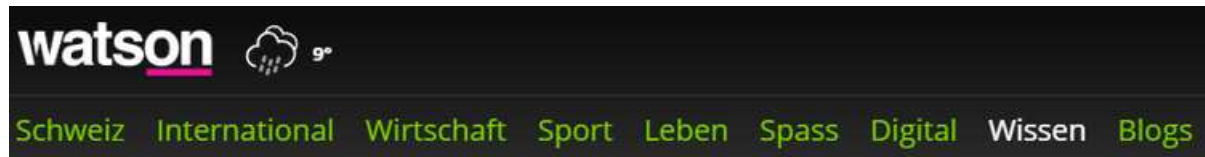


<https://www.watson.ch/wissen/energiewende/557014252-bill-gates-traeumt-von-der-zukunft-der-atomkraft-wie-realistisch-ist-das>



Bill Gates träumt von der Renaissance der Atomkraft – Ist sein Traum realistisch?

13.10.19, 12:11

14.10.19, 12:19



Lange galt die friedliche Nutzung der Atomenergie als eine zukunfts-trächtige Technologie, die sich positiv von ihrem düsteren Zwilling, der militärischen Verwendung, abhob. Zahlreiche Störfälle, darunter auch der ernste [Zwischenfall im schweizerischen Versuchsreaktor Lucens](#), haben dieses Image kräftig getrübt.

In den Siebzigerjahren gewann die Anti-Atomkraft-Bewegung deutlich an Fahrt; 1986 sorgte dann die Katastrophe von Tschernobyl – der bisher schlimmste Unfall in einem [AKW](#) – für einen nachhaltigen Vertrauensverlust. Seit der Nuklearkatastrophe von Fukushima 2011 schließlich ist die Atomenergie klar auf dem Rückzug. In den letzten Jahren ist der Anteil der Kernenergie an der weltweiten Stromproduktion auf nur noch zehn bis elf Prozent gesunken.



Daniel Huber

Grüne Atomfreunde

Nicht alle sind glücklich über diese Entwicklung – und ein Teil von ihnen gehört ausgerechnet zur Umweltbewegung, die bis anhin leidenschaftlich das Feindbild der Atomenergie pflegte. Für Gruppierungen wie die «Ökomodernisten» ist diese Form der Energieerzeugung kein ökologischer Sündenfall, sondern eine valable Alternative zur Verbrennung fossiler Energieträger. Selbst Greta Thunberg, das Gesicht der «Friday-for-Future»-Bewegung, [bezeichnete die Atomenergie im vergangenen März](#) als kleinen Teil «einer sehr großen neuen kohlenstofffreien Energielösung», krebste danach aber schnell zurück.

In der Tat ist der CO₂-Ausstoß von Atomkraftwerken im Vergleich zu Kohle- oder Gaskraftwerken geringer, und dies auch dann, wenn man den Abbau von Uran und dessen Aufbereitung, den Bau und Rückbau der Kraftwerke sowie die Endlagerung der Abfälle mitberechnet. Die CO₂-Bilanz ist dabei stark davon abhängig, wie hoch der Uran-Gehalt im Gestein ist. Im Vergleich zu den erneuerbaren Energien produziert die Atomenergie jedoch mehr Klimagase.

Zu den Befürwortern der Atomenergie gehört auch Bill Gates. Der Microsoft-Gründer denkt dabei jedoch nicht primär an die heutige Technik, sondern hofft auf eine neue Generation von Atomkraftwerken, die im besten Fall sämtliche Energie- und Klimaprobleme der Menschheit lösen soll. Und Gates wäre nicht Gates, wenn er nicht versuchen würde, seine

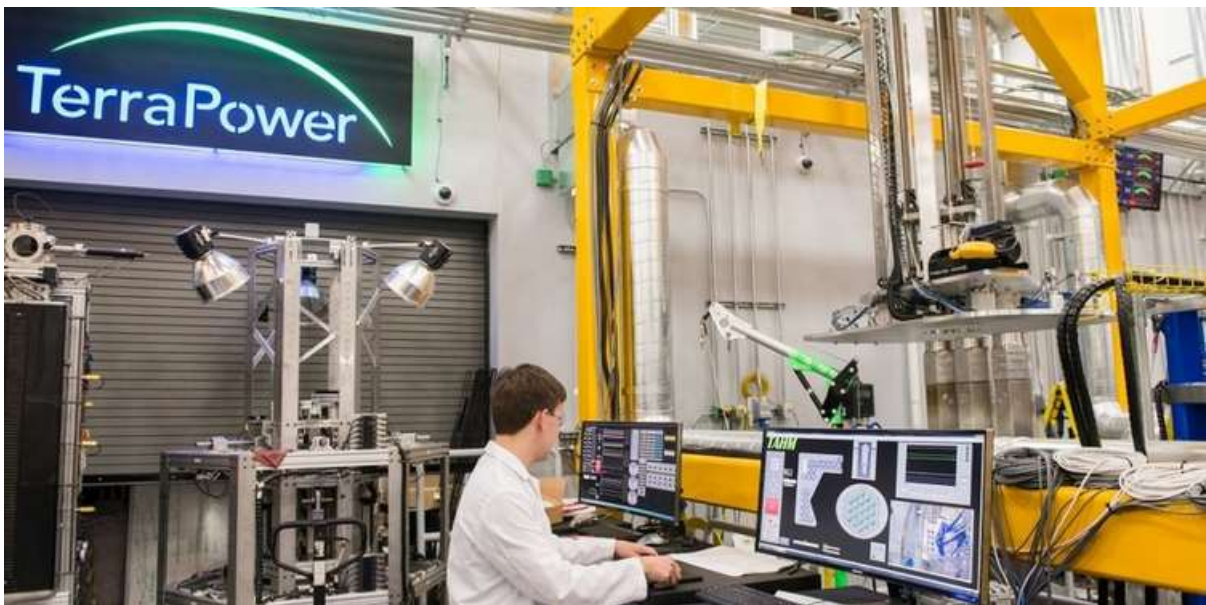
Vision in die Realität umzusetzen. Er plant nach eigenem Bekunden, eine Milliarde US-Dollar in die Technologie zu investieren und zusätzlich eine Milliarde von privaten Investoren locker zu machen.

Bereits 2006 gründete Gates das [Technologieunternehmen TerraPower](#), das sich der Entwicklung von Laufwellen- und Flüssigsalzreaktoren verschrieben hat und unter anderem vom US-Energieministerium finanziert wird. Ein Prototyp mit einer Leistung von 600 Megawatt sollte von 2018 bis 2025 in der chinesischen Provinz Fujian gebaut werden – in [China steigt nämlich die Nachfrage nach Elektrizität](#) und zudem verfolgt das Land eine langfristige Energiestrategie.

Trump beerdigt Gates' China-Deal

Der 2015 unterzeichnete Deal mit dem Kraftwerksbetreiber China National Nuclear Corporation fiel jedoch dem Handelskrieg zum Opfer, den die Trump-Regierung mit dem Reich der Mitte anzettelte. Just vor einem Jahr gab das US-Energieministerium bekannt, [dass Maßnahmen ergriffen würden](#), um China daran zu hindern, illegal zivile amerikanische Nukleartechnologie für militärische oder andere unerlaubte Zwecke zu entwenden.

Dies kam dem Aus für die chinesischen Pläne von TerraPower gleich: «Wir orientieren uns neu. Vielleicht können wir einen anderen Partner finden», [sagte TerraPower-CEO Chris Livesque dem «Wall Street Journal»](#). Mögliche Kandidaten, die für China in die Bresche springen könnten, sind Saudi-Arabien, die [Türkei](#) oder die Vereinigten Arabischen Emirate.



Labor von TerraPower. bild: [terrapower](#)

Die Atomkraftwerke der vierten Generation, auf die Gates seine Hoffnungen setzt, beruhen im Gegensatz zur [sogenannten dritten Generation](#) auf einem grundlegend anderen Konzept. Die Anlagen der dritten Generation stellen lediglich eine sicherheitstechnisch verbesserte Weiterentwicklung der Druck- und Siedewasserreaktoren der zweiten Generation – das sind die ersten kommerziellen Atomkraftwerke – dar.

Das Konzept der Flüssigsalz- und Laufwellenreaktoren ist freilich nicht neu – bereits in den Fünfzigerjahren wurde über diese Technologien nachgedacht. Sie sollen die Atomenergie ef-

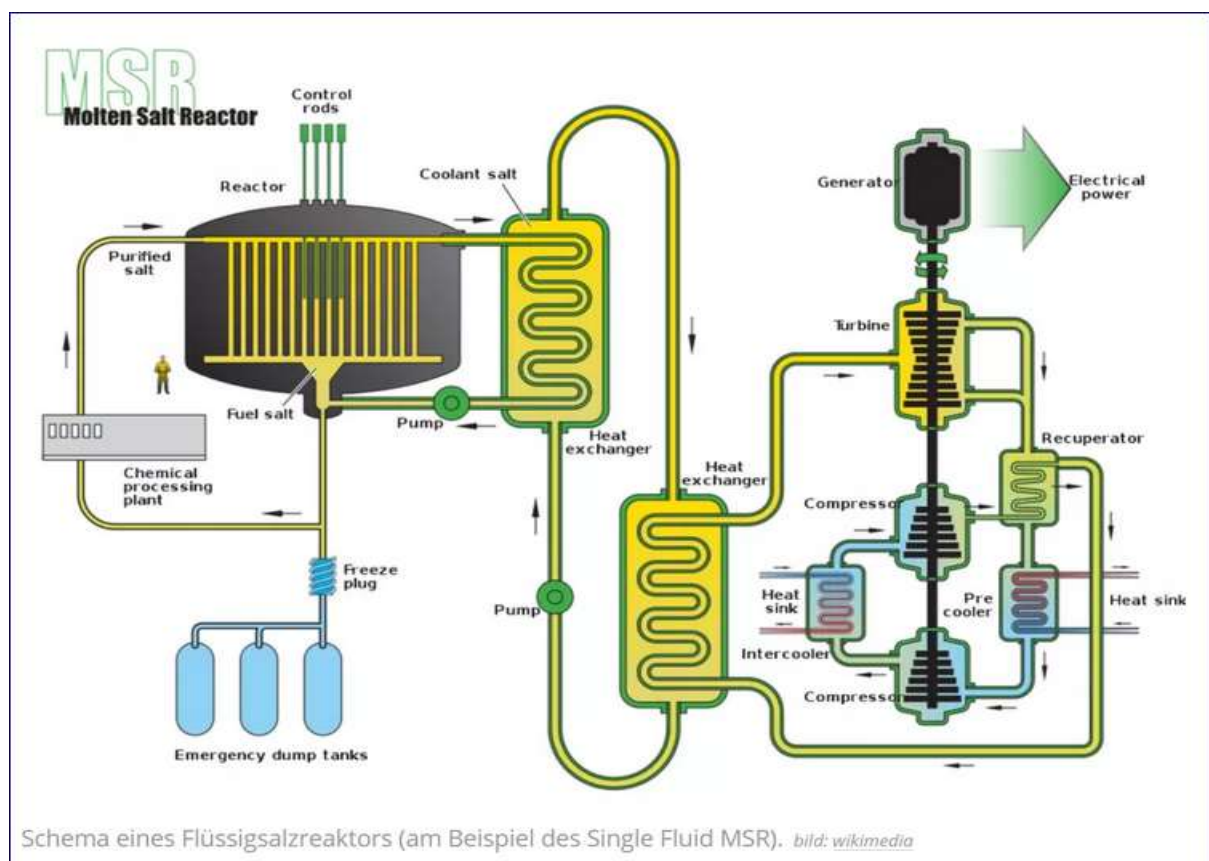
fizienter nutzen und sicherer machen. Zugleich sollen sie quasi nebenbei das Problem des Atommülls lösen.

Konzept I: Flüssigsalzreaktor

Bei Flüssigsalzreaktoren (Molten Salt Reactors, MSR) befindet sich der Kernbrennstoff nicht in festen Brennstäben, sondern ist gleichmäßig in einer flüssigen Salzmischung von hoher Temperatur verteilt. Der Brennstoff ist zugleich das Wärmeübertragungsmittel: Ähnlich wie Wasser in einer Heizung fließt das geschmolzene Salz in einem geschlossenen Kreislauf. An einer Stelle dieses Primärkreislaufs findet die Kernspaltung des Brennstoffs statt, worauf das Flüssigsalz die Hitze weitertransportiert, so dass sie zur Stromerzeugung genutzt werden kann.

Ein Vorteil dieses Reaktortyps liegt darin, dass keine abgebrannten Brennstäbe ausgetauscht werden müssen; der Kernbrennstoff kann quasi während des laufenden Betriebs nachgetankt werden. Vor allem aber soll ein Flüssigsalzreaktor sicherer als ein herkömmlicher Reaktor sein: Zum einen sollen flüchtige radioaktive Stoffe laufend entnommen und in einen Lagertank geleitet werden, zum anderen steht das Flüssigsalz nicht unter Druck wie das Wasser in einem heute üblichen Reaktor. Überdies dehnt sich die Salzschnmelze bei Überhitzung aus, wodurch sich die Uranatome weiter voneinander entfernen, was wiederum die Kettenreaktion bremst.

Bei einem Unfall, beispielsweise wenn bei einem Ausfall der externen Stromversorgung die Hitze nicht mehr abgeführt werden kann, schmilzt ein Salzpfropfen im Boden des Reaktorgefäßes und das Flüssigsalz fließt in spezielle Auffangbehälter, in denen systembedingt keine Kettenreaktion mehr stattfinden kann. Das geschieht auch bei einem Leck im Primärkreislauf. Dies entspricht dem Konzept der passiven Sicherheit.

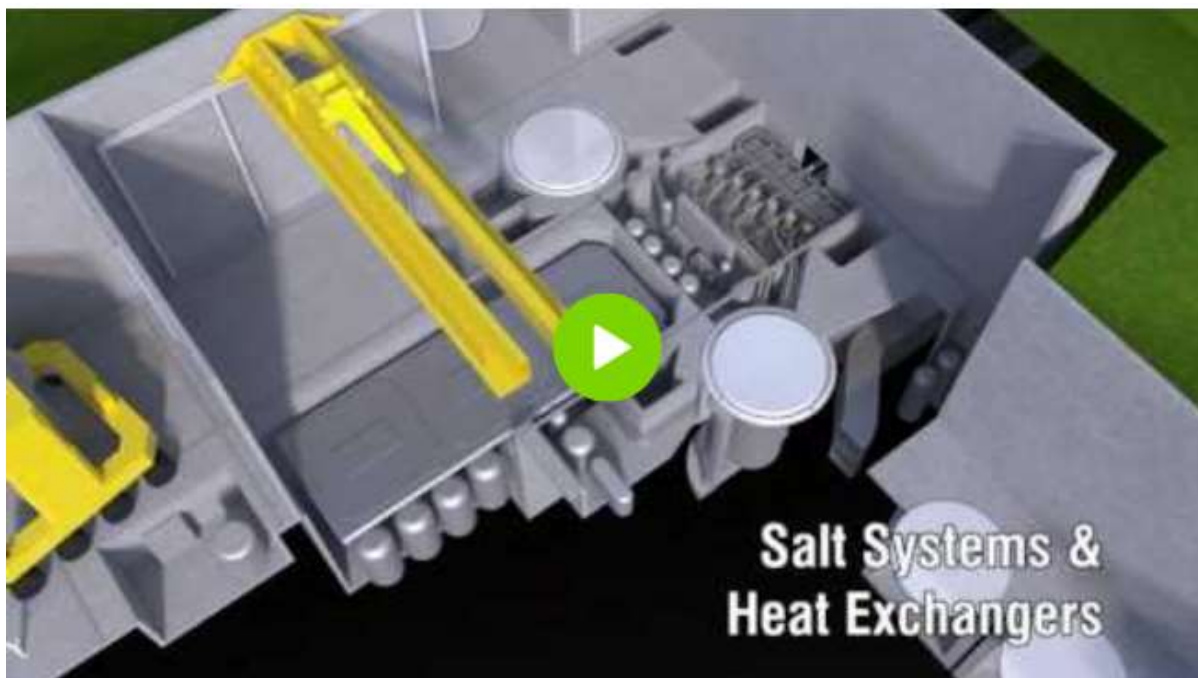


Ein weiterer Vorteil eines Flüssigsalzreaktors besteht darin, dass er in der Theorie statt mit dem heute eingesetzten angereicherten Uran auch mit Atommüll als Brennstoff betrieben werden kann. [Bis zu 95 Prozent des abgebrannten Brennstoffs](#) aus heutigen Reaktoren ließen sich so recyceln. Übrig bliebe zudem nur radioaktiver Abfall mit relativ kurzen Halbwertszeiten.

Neben Atommüll käme auch Thorium als Brennstoff in Frage. Thorium ist ein spaltbares Metall, das in der Erdkruste etwa drei- bis fünfmal häufiger vorkommt als Uran. Beim Einsatz von Thorium fällt zwar weniger langlebiger Atommüll an als beim herkömmlichen Betrieb mit Uran, doch auch hier wären sichere Endlager für einige hunderttausend Jahre erforderlich.

Flüssigsalzreaktoren haben allerdings auch Nachteile. Das flüssige Salz wirkt stark korrodierend. Dies macht extrem beständige Materialien bei Behältern und Leitungen erforderlich, wobei diese aufgrund der sehr hohen Temperaturen zusätzlich beansprucht werden. Hinzu kommt der Umstand, dass das Bombardement durch die freien Neutronen bestimmte Legierungen spröde werden lässt.

Die chemische Abtrennung der Spaltprodukte aus dem Flüssigsalz wird bisher erst im Labor beherrscht, nicht aber in industriellem Maßstab. Bisher sind noch keine Reaktoren gebaut worden, die der Leistung eines herkömmlichen Atomkraftwerks entsprechen, auch wenn [die kanadische Firma Terrestrial Energy in den nächsten Jahren einen Flüssigsalzreaktor](#) in Betrieb nehmen will. Bis die Serienreife von solchen Reaktoren erreicht ist, dürften daher noch Jahrzehnte vergehen.



Animation: Flüssigsalzreaktor der Firma Terrestrial Energy.
video: [youtube/terrestrial energy](https://www.youtube.com/watch?v=terrestrialenergy)

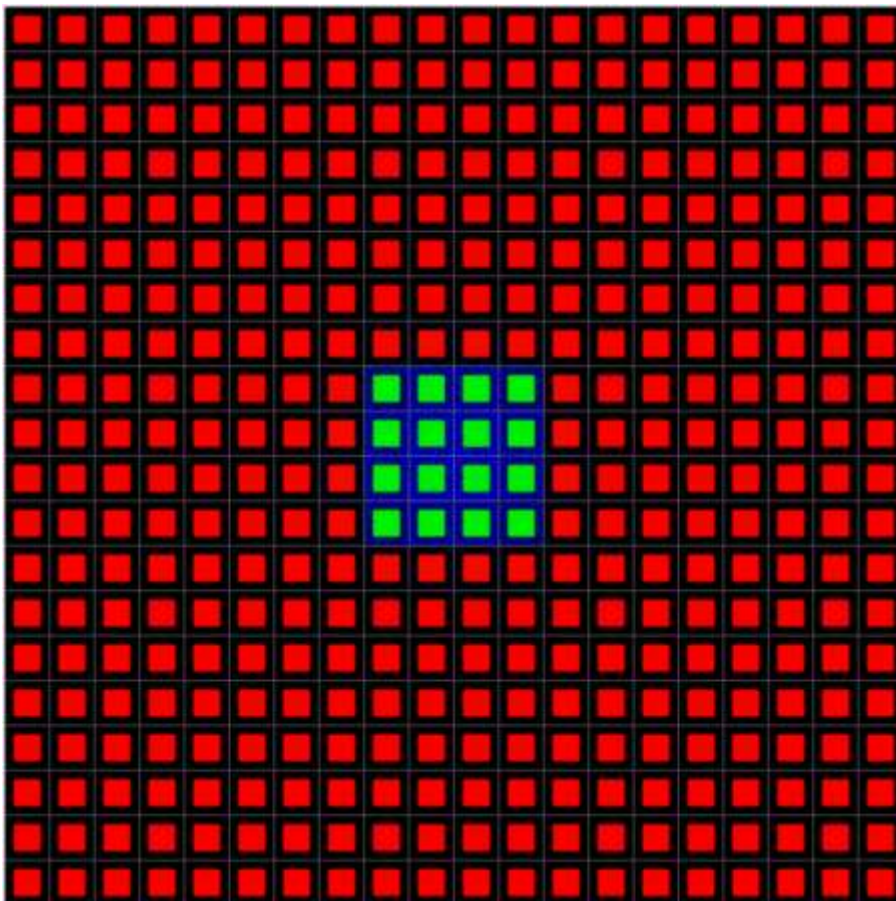
Fortsetzung auf der nächsten Seite →

Konzept II: Laufwellenreaktor

Auch das Konzept des [Laufwellenreaktors](#) (traveling-wave reactor, TWR), den TerraPower entwickeln möchte, ist noch alles andere als ausgereift – die Technologie ist noch kaum über die Grundlagenforschung herausgekommen. Reaktoren dieses Typs kommen mit abgebrannten Brennstäben aus Leichtwasserreaktoren, mit Thorium, mit abgereichertem Uran oder Roh-Uran aus und erbrüten daraus spaltbares Material. Um diesen Vorgang zu starten, benötigt ein solcher Reaktor aber eine geringe Menge angereicherten Urans oder anderer spaltbarer Stoffe.

Wenn die Kernspaltung einsetzt, wandeln einige der schnellen Neutronen, die dabei erzeugt werden, das Brutmaterial in der Umgebung des Initialmaterials in spaltbares Plutonium um. Die Kernspaltung findet so nicht im gesamten Reaktor statt, sondern lediglich in einer bestimmten Zone, die mit der Zeit durch den Kern wandert – mit einer Geschwindigkeit von einigen Zentimetern pro Jahr.

Während auf der einen Seite das Brutmaterial umgewandelt und verbraucht wird, bleiben auf der anderen Seite unverbrauchter Brennstoff sowie Spaltprodukte wie die hochgiftigen Varianten der Elemente Neptunium, Cäsium und Americium zurück. Auch diese werden aber durch die schnellen Neutronen zerstrahlt, wobei wiederum Energie frei wird.

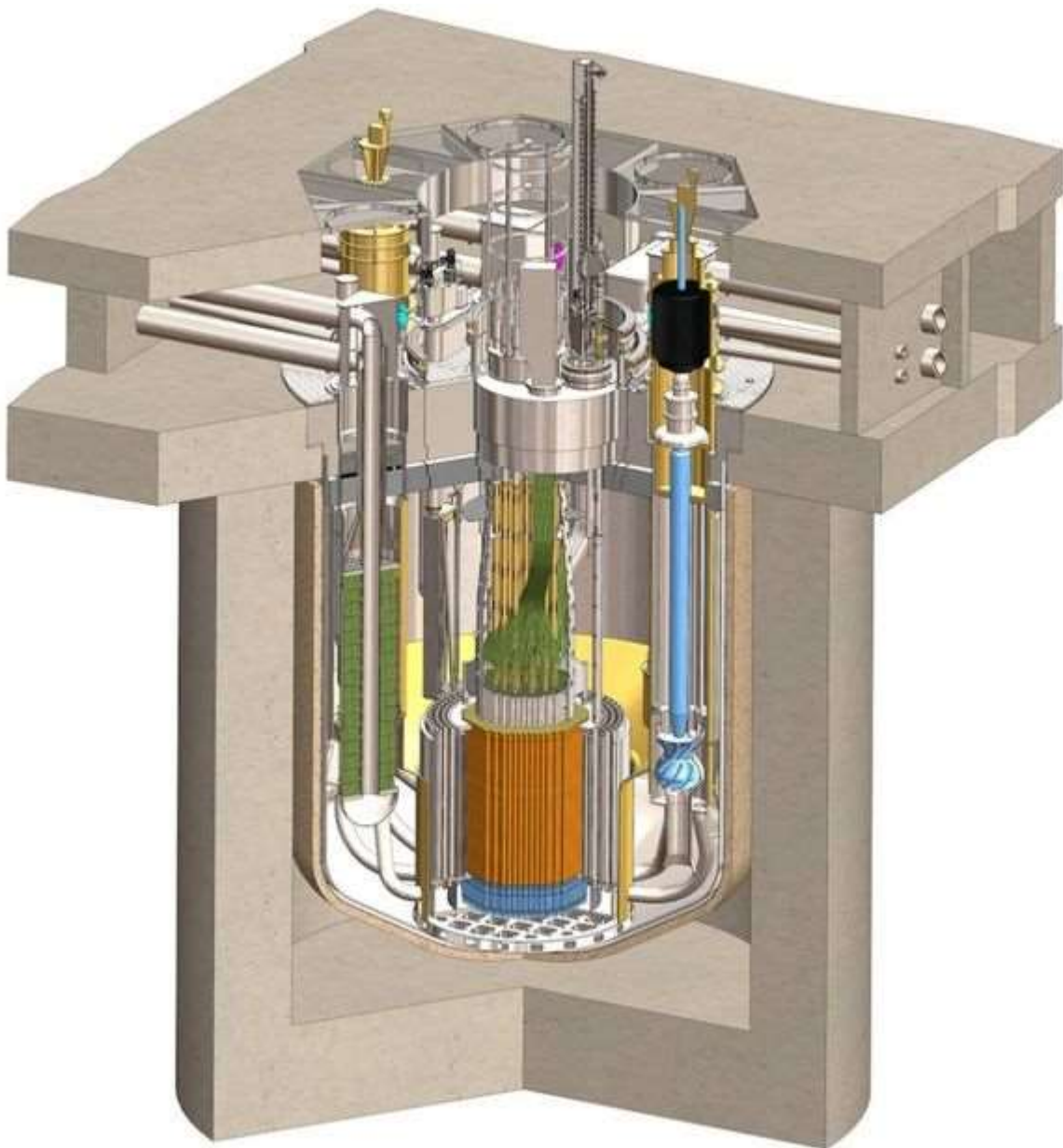


Beim Laufwellenreaktor wird Brutmaterial in spaltbare Stoffe umgewandelt. Numerische Simulation eines solchen Reaktors:

Rot: ²³⁸U, grün: ²³⁹Pu, blau: Neutronendichte. bild: wikimedia/nbuechen

Der Rest, der am Schluss übrig bleibt, ist nach wie vor gefährlich, aber weniger toxisch als der Atom Müll herkömmlicher Reaktoren. Nach der relativ kurzen Zeit von ein paar hundert Jahren wäre dieser Abfall nur noch so radioaktiv wie natürlich vorkommendes Uranerz.

Da der Reaktor seinen eigenen Brennstoff während des Betriebs aus nicht angereichertem Uran «erbrütet», könnte er [theoretisch hundert Jahre laufen](#), ohne dass man neues Brennmaterial nachlegen müsste. Gates' Firma TerraPower sieht daher in dieser Technologie ein enormes Potential: Die Lagerbestände an abgereichertem Uran allein der [USA](#) belaufen sich derzeit auf rund 700'000 Tonnen. Mit den weltweit gelagerten Beständen könnten gemäß der Firma 80 Prozent der Weltbevölkerung über ein Jahrtausend lang mit Energie versorgt werden – und zwar auf dem gegenwärtigen Niveau eines durchschnittlichen Amerikaners.



Darstellung eines Laufwellenreaktors. bild: [twitter](#)

Auch der Laufwellenreaktor hat jedoch Nachteile. Die Temperaturen im Reaktorkern sind sehr hoch: Am Ort der Spaltungswelle produziert der Reaktor bis zu 500 Megawatt Wärme pro Kubikmeter. Dies führt zu einer starken thermischen Belastung der Bauteile, die zudem der steten Strahlung standhalten müssen. Der Reaktor kann nur mit flüssigem Metall gekühlt werden – TerraPower favorisiert hier Natrium, das aber sehr korrosiv ist und extrem mit Wasser oder Luft reagiert.

Überdies ist auch bei dieser Technik eine Kernschmelze – das gefürchtete Szenario bei herkömmlichen Reaktoren – möglich, wenn die Kühlung ausfällt. Da das flüssige Metall aber thermisch sehr träge ist, bestünde immerhin ein Zeitvorteil: Statt wenige Sekunden hätte man etwa einen Tag Zeit, um auf den Störfall zu reagieren.

Zu spät, zu teuer

TerraPower möchte bis Mitte des nächsten Jahrzehnts einen funktionierenden Prototyp entwickeln. Bis zu einer kommerziell nutzbaren Großanlage wäre es aber auch dann noch ein weiter Weg, der sich in Jahrzehnten bemisst – ähnlich wie bei der Technologie des Flüssigsalzreaktors. Selbst wenn beide Reaktortypen die in sie gesteckten Erwartungen erfüllen sollten, kommen sie wohl zu spät, um bei der Lösung des Klimaproblems einen entscheidenden Beitrag zu liefern.

Hinzu kommt das Problem der exorbitanten Kosten. Atomenergie ist – auch aufgrund der notwendigen Sicherheitsmaßnahmen – extrem teuer. Und sie wird laufend teurer, während erneuerbare Energien wie die Photovoltaik oder Windkraft stets billiger werden. Letztere kranken allerdings nach wie vor daran, dass sie nicht jederzeit verfügbar sind und die Speicherung der erzeugten Energie sehr teuer ist.

x x x