

Unlösbare Fragen

Eine Idee mit vielen Problemen

Auf den ersten Blick scheint es verlockend, Atommüll einfach umwandeln und dadurch das Problem beseitigen zu können. Diese Idee scheitert jedoch an vielen Stellen:

1. Aktuell existieren keine Verfahren für die notwendige Auftrennung des Mülls.
2. Selbst wenn das Konzept technisch umsetzbar wäre, bräuchte es **weiterhin eine langfristige Lagerung des Atommülls**. Die besonders gefährlichen langlebigen Spalt- und Aktivierungsprodukte sowie bestimmte Abfallarten lassen sich mit den aktuell diskutierten Konzepten grundsätzlich nicht behandeln. Im Gegenteil: Die Menge an Spaltprodukten würde durch eine Umwandlung noch zunehmen.
3. Die Notwendigkeit, den Atommüll über mindestens **eine Million Jahre** zu isolieren, und die übrigen Anforderungen an eine geologische Lagerung würden **nicht verringert**, da sie vor allem von den langlebigen Spalt- und Aktivierungsprodukten abhängen.
4. Die Menge an **schwach- und mittelradioaktivem Müll** würde sich vervielfachen.
5. Für die Umwandlung bräuchte es einen **jahrhundertelangen Reaktorbetrieb** mit neu zu entwickelnden und nicht erprobten Reaktormodellen – einschließlich neuer Unfallrisiken.
6. In diesem Zeitraum von mehreren hundert Jahren müssten große Mengen hochreine **atomwaffenfähige Stoffe** gelagert, transportiert und behandelt werden. Niemand kann sicherstellen, dass dabei kein Material entwendet und für Atomwaffen genutzt wird.



ausgestrahlt fordert:

Bestmögliche Lagerung statt Träumereien

Das Konzept der Transmutation dient vor allem dazu, den Umgang mit Atommüll als beherrschbar darzustellen. Die zahlreichen Probleme und die grundsätzlichen Grenzen des Verfahrens werden ausgeblendet.

Atommüll ist und bleibt aber ein Problem – und der Betrieb von Atomkraftwerken ein Verbrechen an nachfolgenden Generationen.

Unsere Forderungen lauten daher:

- Stopp der Atommüllproduktion – **AKW weltweit abschalten!**
- **Energiewende statt Atomkraft:** Keine Forschung mehr an neuen Reaktorkonzepten und ungeeigneten Entsorgungsszenarien.
- **Entwicklung langfristiger Lagerungskonzepte** für Atommüll gemeinsam mit potenziell Betroffenen. Ziel muss sein: So sicher wie möglich! Das kann nur gemeinsam mit der Bevölkerung an möglichen Standorten gelingen, denn diese tragen das Sicherheitsrisiko und übernehmen am Ende die größte Verantwortung.



Große Bergstraße 189
22767 Hamburg
Tel. 040 – 2531 89 40
info@ausgestrahlt.de
www.ausgestrahlt.de

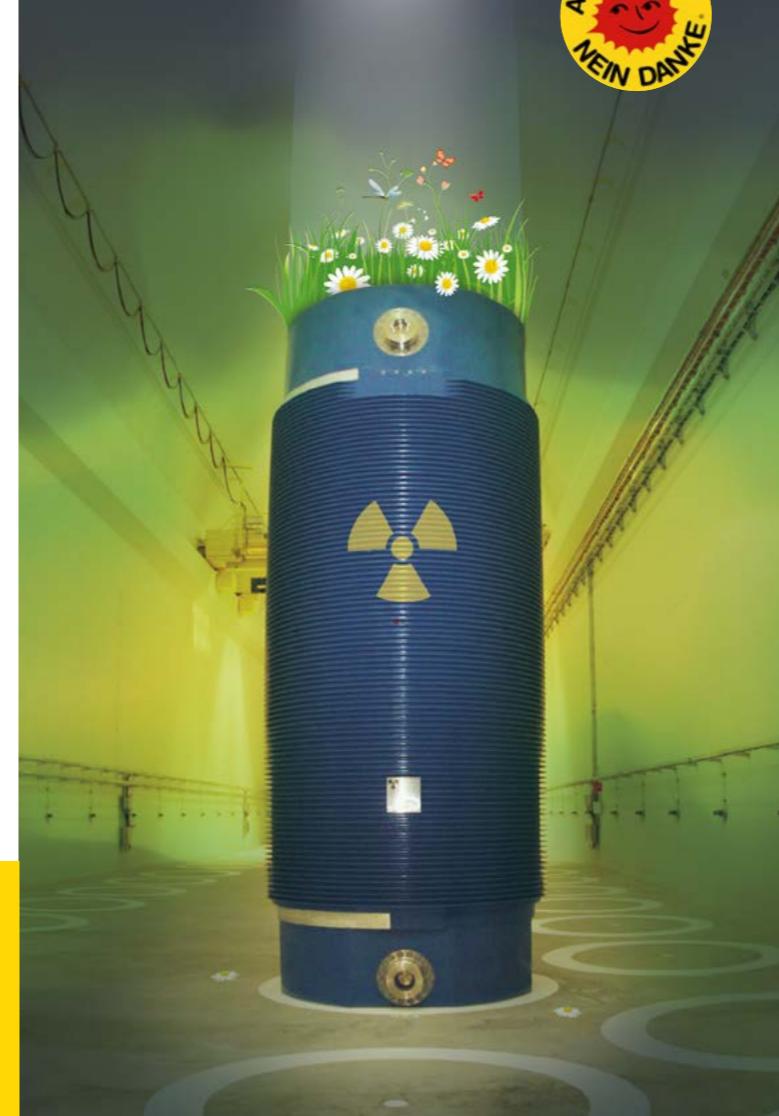
2. Auflage, Februar 2025
Redaktion: Julian Bothe
ViSdP: A. Simon

Fotonachweise: Michael Latz / ddp
(Titel); Alexander Tetsch (a, c, d); JEN (b);
Oswald Huber (Cartoon);
SCHIERINGER Grafik

ausgestrahlt
gemeinsam gegen atomenergie

Das Märchen von der Transmutation

Warum der Atommüll bleibt



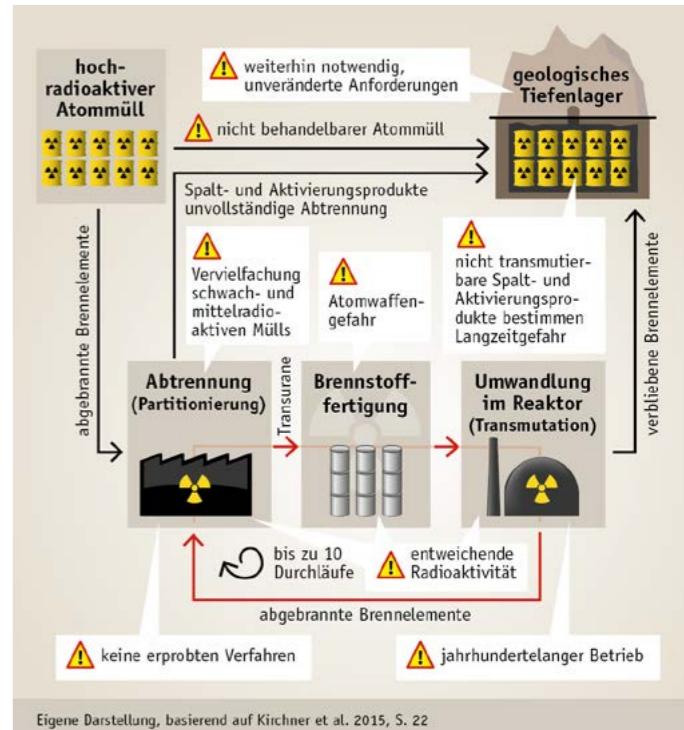
ausgestrahlt
gemeinsam gegen atomenergie

Stroh zu Gold?

Der Traum von der Transmutation

In regelmäßigen Abständen erscheinen Berichte über **neue Verfahren und Wunder-Reaktoren**, die angeblich Atommüll beseitigen und dessen langfristige Lagerung unnötig machen.

Bei genauerer Betrachtung entpuppen sich diese Versprechen als ebenso unrealistisch wie das Versprechen, aus Stroh Gold spinnen zu können. Das Konzept – fachsprachlich **Partitionierung & Transmutation** – besteht darin, Atommüll fein säuberlich in verschiedene Bestandteile aufzuteilen (Partitionierung) und die gefährlichen Bestandteile dann in weniger gefährliche umzuwandeln (Transmutation).



Eigene Darstellung, basierend auf Kirchner et al. 2015, S. 22

Schematische Darstellung der Transmutations-Idee und ihrer Probleme

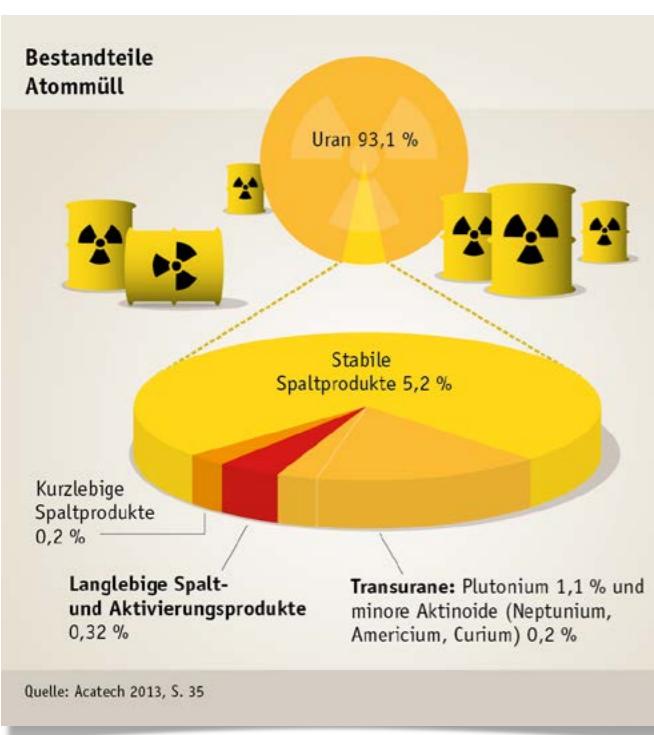
Die Idee basiert auf Prozessen, die in der Theorie **bereits seit Jahrzehnten bekannt** sind. Auch langjährige Forschung hat sie aber einer Umsetzung nicht näher gebracht. Dies liegt sowohl an **technischen Hürden** als auch an **physikalischen Grenzen**.

Ein heißer Mix

Bestandteile von Atommüll

Atomkraft basiert auf der Energie, die bei der Spaltung von schweren Atomen wie Uran frei wird. Dabei entsteht Atommüll, der aus **verschiedenen Bestandteilen mit unterschiedlichen Eigenschaften** besteht. Zu unterscheiden sind dabei nicht nur die enthaltenen chemischen Elemente, sondern auch ihre einzelnen Isotope. Verschiedene Isotope eines Elements haben zwar die gleichen chemischen Eigenschaften, unterscheiden sich aber in der Anzahl der Neutronen in ihrem Kern und daher in ihren physikalischen Eigenschaften und ihrer Radioaktivität.

Die Bestandteile des Atommülls lassen sich anhand der Entstehung im Reaktor und der Radioaktivität/Halbwertszeit in **verschiedene Gruppen** einteilen, auch wenn die genaue Zusammensetzung je nach Reaktortyp variiert. Ausschlaggebend für den langfristigen Umgang sind – vor allem aufgrund der langen Halbwertszeiten – die langlebigen Spalt- und Aktivierungsprodukte und die Transurane. Bei letzteren hat die Strahlung das Uran nicht gespalten, sondern in schwerere Elemente umgewandelt – in Plutonium oder weiter in die sogenannten minoren Aktinoide.



Der wahre Kern

Theoretische Möglichkeiten und Grenzen



In der **Forschung zur Transmutation** könnten mittelfristig höchstens Verfahren entwickelt werden, die Transurane in speziellen Brutreaktoren spalten. Eine **Umwandlung langlebiger Spalt- und Aktivierungsprodukte** ist auch perspektivisch **nicht möglich**.

Bereits in den 1970er Jahren gab es Versuche, Plutonium aus dem Atommüll abzutrennen („Wiederaufarbeitung“) und als Brennstoff in sogenannten „schnellen Brütern“ zu verwenden. Diese Pläne scheiterten an technischen Problemen, Kosten, Umweltauswirkungen und Gefahren. Die Spaltung weiterer Transurane würde dagegen die Entwicklung völlig neuer Brutreaktoren erfordern.

Daneben gibt es Ideen, Transurane durch Verfahren mit Teilchenbeschleunigern umzuwandeln („Spallation“). Auch sie bräuchten technische Neuentwicklungen. Außerdem würden solche Verfahren wiederum radioaktive Stoffe erzeugen, zu denen es bislang kaum Erfahrungen gibt.

Eine dritte Idee beruht darauf, radioaktive Isotope durch Bestrahlung in schwerere, ungefährlichere Stoffe umzuwandeln („Neutroneneinfang“). Versuche, die dafür notwendigen Strahlungsquellen zu entwickeln, sind gescheitert. Die Idee wird nicht weiter verfolgt.

Völlig ungelöst ist auch die notwendige Trennung der Bestandteile, die Partitionierung. Aktuell existiert nur ein Verfahren zur Abtrennung von Plutonium. Das sogenannte Purex-Verfahren gehört zu den dreckigsten Prozessen der Atomindustrie. Weiterentwicklungen, die auch andere Bestandteile abtrennen können, sind über Laborversuche nicht hinausgekommen oder existieren nur auf dem Papier.

Hinzu kommt, dass das Purex-Verfahren auf bereits vorhandene große Mengen verglaster Abfälle aus der Wiederaufarbeitung nicht anwendbar ist. Für sie muss in jedem Fall eine Möglichkeit der Langzeitlagerung geschaffen werden. Bei allen Verfahren entstehen zudem hochreine **atomwaffenfähige Materialien**.

Mobil und gefährlich

Langlebige Spalt- & Aktivierungsprodukte

Eine der physikalischen Grenzen des Konzepts: **Die langlebigen Spalt- und Aktivierungsprodukte** können mit keinem der diskutierten Verfahren umgewandelt werden. Sie bilden zwar nur einen kleinen Anteil der Masse des Atommülls, sind aber aufgrund ihrer Eigenschaften **schwierig zu isolieren** und im Fall einer Freisetzung für den Menschen besonders gefährlich.

Sicherheitsanalysen für verschiedene geplante Tiefenlager zeigen, dass vor allem einige dieser Stoffe – wie Iod-129, Kohlenstoff-14 oder Chlor-36 – in die Umwelt gelangen könnten. Sie sind langfristig mobil und Teil biologischer Prozesse. Dadurch lagern sie sich leicht im menschlichen Körper ein – beispielsweise radioaktives Iod-129 in der Schilddrüse.

Eine langfristige Lagerung von Atommüll ist weiterhin notwendig, selbst wenn Transurane einmal behandelt werden könnten. Auch die **notwendigen Isolationszeiträume** würden durch die Transmutation **nicht kürzer**. Die Masse an Transuranen ist dagegen kaum relevant, weil die Größe eines Atommüll-Lagers von den anderen Müll-Bestandteilen bestimmt wird.

„Falls Grundwasser in einer fernen Zukunft Zugang zu den Abfällen bekommen sollte, ist die Frage wichtig, wie gut sich die Radionuklide darin lösen. [...] Ausgerechnet einige der langlebigen Spaltprodukte [...] haben [...] eine vergleichsweise hohe Löslichkeit und werden von den Komponenten in einem Endlager, etwa dem Wirtsgestein, nur schlecht zurückgehalten. In allen Sicherheitsanalysen, die ich kenne, sind einige der langlebigen Spaltprodukte die Problemnuklide.“

Dirk Bosbach, Leiter des Bereichs Nuclear Waste Management am Forschungszentrum Jülich (Spektrum.de, 15.7.2020)



Eine Idee von gestern

Stand der Transmutationsforschung

Mehr als 50 Jahre Forschung haben die Grenzen des Konzepts immer deutlicher aufgezeigt. Die meisten Länder haben sich von der Idee abgewandt. Nur wenige Institute, vor allem in der EU und Russland, forschen weiter. Deutschland finanziert dies über den EU-Haushalt mit. Der geringe Forschungsumfang zeigt jedoch, wie wenig Hoffnung noch in die Idee gesetzt wird.

Die Versprechen der Transmutations-Befürworter*innen sind vor allem ein **Versuch, Atomkraft wieder gesellschaftsfähig zu machen und die Atommüll-Problematik klein zu reden**. Offensiv tritt vor allem die AfD mit dem Thema an die Öffentlichkeit. Atomkraftfans suggerieren, solche „Atommüllfresser“ gäbe es tatsächlich. Energiewende-Gegner*innen wollen mit diesen Mythen Atomkraft erneut als Alternative zu erneuerbaren Energien etablieren.



In Deutschland wird oft auf die Papierskizze des „**Dual-Fluid-Reaktors**“ verwiesen. Dieses Konzept wird von einer kleinen Gruppe von Atomfans aus dem Umfeld der AfD in ihrer Freizeit „entwickelt“. Weder interessieren sich Investoren dafür, noch wurde auch nur einer der Bestandteile jemals im Labor getestet. Gleichwohl versprechen die Entwickler das Blaue vom Himmel – ohne auf die vielen ungelösten Schwachpunkte und Grenzen ernsthaft einzugehen.

Auch der russische Reaktor **BN-800** dient immer wieder als Beispiel für eine angebliche Umwandlung von Atommüll. Doch auch er wird lediglich mit „gewöhnlichen“ Mischoxid-Brennelementen aus Uran und Plutonium (MOX) betrieben.