

ATOMKRAFT HAT KEINE ZUKUNFT



Zu spät, zu teuer, zu riskant, unrealistisch.
Die totgeschwiegenen Fakten rund um
Atomkraftwerke auf den Punkt gebracht.

GREENPEACE

ZUSAMMENFASSUNG

In den letzten zwei Jahren wurden in der Schweiz Stimmen lauter, die eine Aufhebung des vom Volk 2017 beschlossenen AKW-Neubauverbots fordern. Obschon das Bundesamt für Energie (BFE) längst aufgezeigt hat, wie sich die Schweiz bis 2050 zu hundert Prozent mit erneuerbarer Energie versorgen kann,¹ sollen hierzulande neue AKW gebaut werden. Das hier vorliegende Factsheet beleuchtet AKW-Neubauprojekte in Europa und den USA, die durchgehend mit drei- bis sechsfachen Kostenüberschreitungen und Verzögerungen von 10 bis 20 Jahren konfrontiert sind. Zudem weist es auf weitere Probleme und Risiken hin, die mit dem Bau und Betrieb von Leichtwasserreaktoren (LWR) verbunden sind. In einem zweiten Teil beschreibt das Factsheet aktuell diskutierte alternative Reaktorkonzepte wie Small Modular Reactors (SMR), Flüssigsalzreaktoren und beschleunigergetriebene unterkritische Konzepte (ADSR) wie dasjenige von Transmutex und begründet, warum diese noch für lange Zeit – wenn nicht für immer – unwirtschaftlich und/oder technisch nicht umsetzbar bleiben werden. Weiter beleuchtet das Factsheet die Verknüpfungen zwischen Transmutex und der russischen Rosatom. Kurz zusammengefasst zeigt das Factsheet die Gründe auf, warum eine Aufhebung des «Technologieverbots» in der Schweiz eine schlechte Idee wäre und die Schweiz gut daran tut, den 2017 eingeschlagenen Weg hin zu einer hundertprozentig erneuerbaren Energieversorgung konsequent weiterzuverfolgen.



INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	2
INHALTSVERZEICHNIS	3
EINLEITUNG	4
Konventionelle Leichtwasserreaktoren: EPR, AP1000, VVER	5
Massive Bauverzögerungen	5
Atomkraft ist zu teuer	5
Uran ist giftig und endlich	6
Langzeitlagerung – ein «Geschenk» an unsere Kindeskindern hoch 10	7
AKW in Zeiten der Klimaerhitzung	7
Zwischenfazit	8
Eine Einordnung der sogenannten «neuen» Reaktortypen	9
Small Modular Reactors	9
Thorium- oder Flüssigsalzreaktoren / Schnelle Brüter	10
Beschleunigergetriebene unterkritische Reaktoren	11
Zwischenfazit	12
Transmutex und Rosatom	13
Unrealistischer Zeitplan	13
Nicht wirtschaftlich	13
Gesamtfazit	14
Quellennachweis	15
Impressum	16

EINLEITUNG

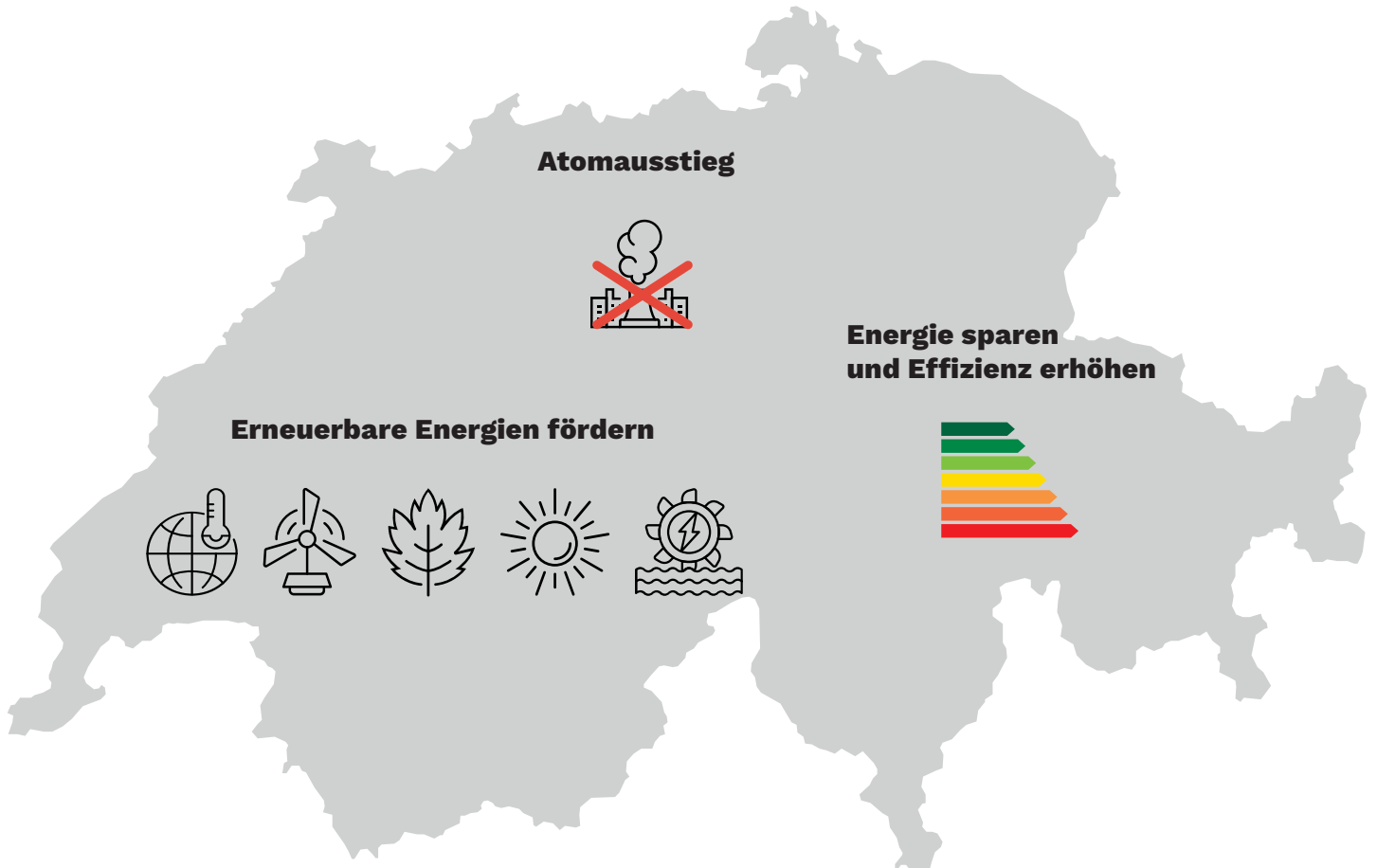
Am 21. Mai 2017 hat das Schweizer Stimmvolk das revidierte Energiegesetz angenommen. Es dient dazu, den Energieverbrauch zu senken, die Energieeffizienz zu erhöhen und die erneuerbaren Energien zu fördern. Zudem wurde mit dessen Annahme der Bau neuer Atomkraftwerke (AKW) in der Schweiz verboten.

Als Folge des Einmarsches Russlands in die Ukraine kam es im Verlauf des Jahres 2022 zu einem Importrückgang von russischem Gas nach Europa. Die befürchtete Energieknappheit im Winter blieb zwar aus, liess den Gaspreis und als Folge davon auch den Strompreis gegen Ende 2022 in die Höhe schiessen. Diese höheren Strompreise

liessen die Schweizer Atombefürworter:innen plötzlich wieder vom Bau neuer AKW träumen.

Konventionelle Leichtwasserreaktoren (LWR) der neuesten Generation sind enorm teuer und mit vielen ungelösten Problemen verbunden. Nicht umsonst haben die Schweizer Stromkonzerne unisono verlauten lassen, dass sie am Bau und Betrieb eines neuen AKW nicht interessiert seien. Als Reaktion darauf begannen Atombefürworter:innen zuletzt, von alternativen Reaktortypen zu schwärmen, die billiger seien und alle Probleme lösen könnten. Dass dem nicht so ist und welche wahren Kosten wirklich damit verbunden sind, wird auf den folgenden Seiten erörtert.

Erläuternde Grafik des BFE vor der Abstimmung über das Energiegesetz 2017.



KONVENTIONELLE LEICHTWASSERREAKTOREN: EPR, AP1000, VVER

Aktuelle LWR unterscheiden sich im Prinzip nicht von denen, die seit den 1960er-Jahren gebaut wurden. Zwar wurden die Sicherheitssysteme ausgebaut, ein Restrisiko besteht jedoch weiterhin. Zudem werden auch sie mit der endlichen Ressource Uran betrieben und die strahlenden Abfälle müssen für Hunderttausende von Jahren sicher verwahrt werden.

Massive Bauverzögerungen

Seit Jahren werden neue Atomenergieprojekte in Europa von Verzögerungen geplagt und sind nicht in der Lage, das erforderliche Tempo bei der Dekarbonisierung der Stromerzeugung zu erreichen. Der Bau neuer AKW dauert 15 bis 20 Jahre, wie die Beispiele von Olkiluoto (FIN) und Flamanville (F) zeigen, deren Bau 18 bzw. 17 Jahre dauerte – Planungsphase nicht eingerechnet. Mit diesem Tempo kann der unmittelbare Dekarbonisierungsbedarf bis 2030 nicht gedeckt werden. Der französische Netzbetreiber EDF schätzt, dass die sechs European Pressure Reactors (EPR), deren Bau in Frankreich angekündigt ist, zwischen 2040 und 2049 in Betrieb gehen werden. Das ist viel zu spät, um eine nennenswerte Auswirkung auf die Emissionsreduzierung zu haben, die bereits jetzt erforderlich ist, um Wege für eine nachhaltige Zukunft bis 2040 und darüber hinaus zu finden. Kurz: Neue AKW können nichts zum Kampf gegen die Klimaerhitzung beitragen.

2007 fiel die Entscheidung für den Bau des britischen EPR Hinkley Point C mit Baubeginn im Jahr 2017. Wegen mehrfacher Verzögerungen wird er nun frühestens im Jahr 2031 in Betrieb gehen.

Wer argumentiert, die Bauzeit sei für die chinesischen EPR-Versionen viel kürzer gewesen, verkennt die Tatsache, dass es keine Transparenz zu diesen Projekten gibt. Die unterschiedlichen arbeitsrechtlichen Rahmenbedingungen und tieferen Sicherheitsmargen lassen keinen Vergleich mit westlichen Projekten zu. Zudem herrscht keine Transparenz zu deren Kosten.

Atomkraft ist zu teuer

Jüngste europäische EPR-Projekte in der Slowakei, dem Vereinigten Königreich, Frankreich und Finnland zeigen die dramatisch steigenden Kosten. EDF gab zu, dass die Kosten für den Bau des britischen 3,2-GW-Atomkraftwerks Hinkley Point C auf 53,8 Milliarden Euro² schiessen

werden, mehr als doppelt so viel wie ursprünglich bei dessen Genehmigung 2015 budgetiert. Das französische Projekt in Flamanville sollte bei Baubeginn im Jahr 2007 3,3 Milliarden Euro kosten, dessen Preis ist aber inzwischen auf 19,1 Milliarden Euro³ gestiegen. Das finnische Olkiluoto-3-Projekt mit einem 1,6-GW-Reaktor kostete dreimal mehr als ursprünglich veranschlagt und erreichte 11 Milliarden Euro.⁴ Die Kosten für die slowakischen 440-MW-Reaktoren der zweiten Generation, Mochovce 3 und 4, stiegen von den ursprünglich geschätzten 2,8 Milliarden Euro auf 6 Milliarden Euro.⁵ Der slowenische Präsident kündigte an, dass ein neuer 1,6-GW-Reaktor nach finnischem Vorbild 15,4 Milliarden Euro kosten würde,⁶ was zeigt, dass diese hohen Preise auf Dauer zu erwarten sind.

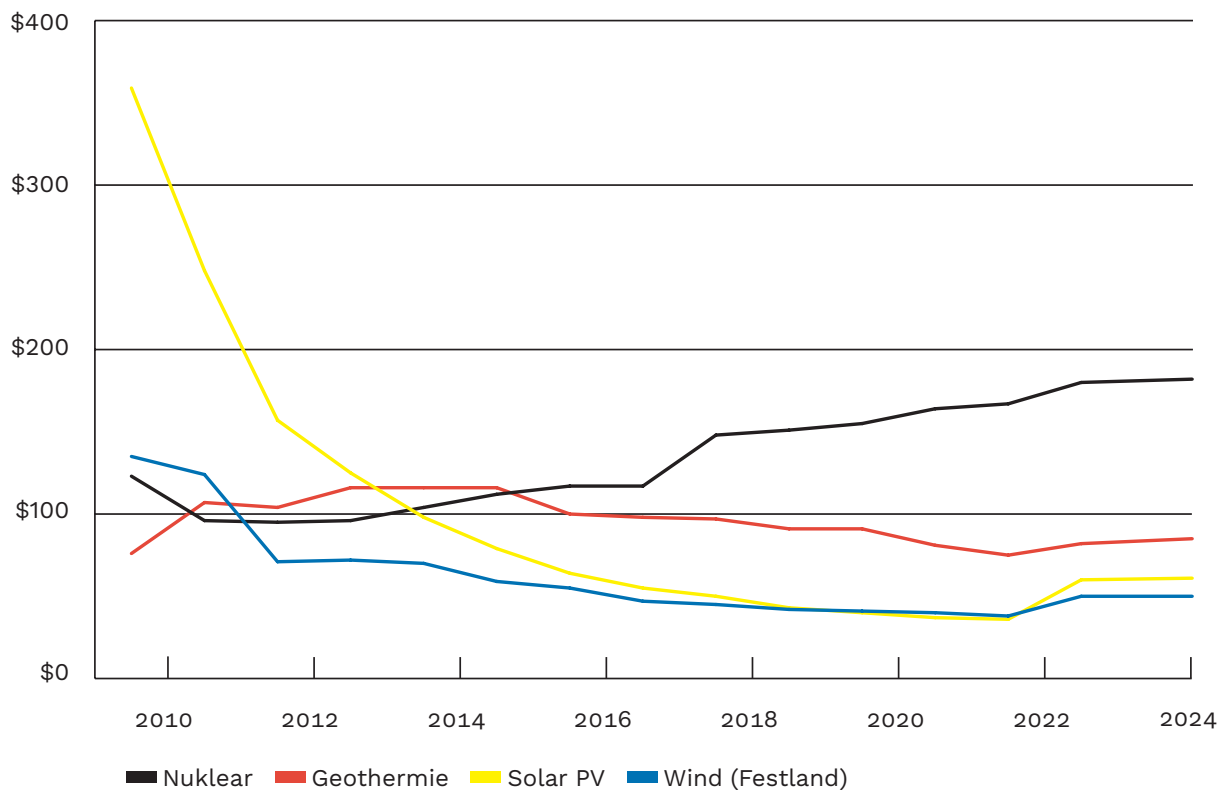
Ähnlich ist die Situation in den USA: Im Dezember 2011 genehmigte die Nuclear Regulatory Commission (NRC) den Bau der ersten US-Anlage mit zwei 1,25-GW-Reaktoren nach dem neuen von Westinghouse entwickelten Reaktordesign AP1000 im Bundesstaat Georgia. In den Jahren 2016 und 2017 veranlassten Kostenüberschreitungen beim Bau der AP1000-Anlagen den Eigentümer von Westinghouse, Toshiba, dazu, Investitionen in Westinghouse um «mehrere Milliarden» Dollar abzuschreiben. Im Frühjahr 2017 gab Toshiba bekannt, dass Westinghouse Electric Company aufgrund von Verlusten in Höhe von 9 Milliarden US-Dollar aus dem Bau von Atomreaktoren Insolvenz beantragen wird. Das führte dazu, dass die Patente für den AP1000 nach China verkauft wurden. Der Bau der beiden Reaktoren kostete schliesslich rund 30 Milliarden US-Dollar.⁷

Über ein weiteres «modernes» konventionelles Reaktordesign verfügt die russische Rosatom mit dem VVER. Ein solcher Reaktortyp kommt für die Schweiz aus geopolitischen Überlegungen sowieso nicht infrage.

Die jüngste Analyse von Lazard⁸ zu den Stromgestehungskosten (Levelized Cost of Energy, LCOE) kommt zum Ergebnis, dass die hohen Stromgestehungskosten neuer AKW diese zum teuersten Stromerzeuger machen und schätzungsweise fast viermal teurer sind als

Onshore-Windkraftanlagen, während nicht-subventionierte Solar- und Windkraftanlagen in Kombination mit Energiespeichern (zur Gewährleistung des Netzausgleichs) immer billiger sind als neue Atomkraftwerke.

Stromgestehungskosten (LCOE) in den USA – USD pro MWh



Zeitliche Entwicklung der Stromgestehungskosten (LCOE) in den USA nach Art der Stromerzeugung. Datenquelle: Lazard's 2024 Levelized Cost of Energy+ (Juni 2024)⁸

Eine wichtige Kenngrösse ist zudem die Lernkurve einer Technologie, also die Kostenentwicklung mit zunehmender Erfahrung. Während sie für erneuerbare Projekte stark abnehmend ist (je mehr Anlagen gebaut werden, desto tiefer die Kosten), ist der Trend bei Atomkraft umgekehrt: Die Projekte werden stetig teurer.

Uran ist giftig und endlich

Die Uranlagerstätten schwinden. Der Uranpreis hat sich seit 2020 ungefähr vervierfacht. Uran ist ein hochgiftiges Schwermetall, dessen Abbau immer aufwendiger wird und mit massiven Eingriffen in die Umwelt verbunden ist. So wehrt sich z. B. die Bevölkerung im Südosten Namibias dagegen⁹, dass Uranlagerstätten im Untergrund mittels der In-situ-Methode abgebaut werden, was das Grundwasser des artesischen Stampriet-Bassins vergiften und die Lebensgrundlage von Hunderttausenden Menschen – unter anderem

vielen Kleinbauern – für immer zerstören würde. Staaten, die weiterhin AKW betreiben, machen sich mit ihrer Nachfrage nach Uran direkt verantwortlich für die irreversiblen Folgen für die lokale Bevölkerung.

Die für Schweizer LWR notwendige Anreicherung von spaltbarem Uran ist aufwendig und geschieht – genauso wie der Uranabbau – im Ausland. Gegenwärtig bezieht die Schweiz immer noch die Hälfte ihres Kernbrennstoffs aus Russland. Zwar evaluieren Staaten wie die USA und Grossbritannien den Bau neuer Anlagen zur Anreicherung von Uran. Es dürfte aber noch viele Jahre dauern, bis die Lücken in der Versorgungskette geschlossen sind. Und auch wenn es einmal so weit ist, bleiben viele Probleme ungelöst. Allem voran die Frage, was mit dem abgereicherten Uran geschieht, wovon bereits heute Hunderte Tonnen auf Deponien lagern oder das zum Bau von Panzerabwehrwaffen verwendet wird.

Langzeitlagerung – ein «Geschenk» an unsere Kindeskiner hoch 10

Sollte die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) den Bau des Tiefenlagers in Nördlich Lägern ZH/AG wie geplant umsetzen können, müssen die hochradioaktiven Abfälle zuerst während einiger Jahrzehnte «beobachtet» werden, bevor das Lager endgültig verschlossen werden kann. Irgendwann Mitte des 22. Jahrhunderts soll das der Fall sein. Sollte die Schweiz nochmals ein neues AKW bauen, wird sich dieser Zeitpunkt um viele Jahrzehnte verschieben.

Auch wenn der Opalinuston nach aktuellem Wissensstand geologisch sicher ist, gibt es keine Garantie dafür, dass Menschen nicht irgendwann in ein paar 10 000 Jahren genau an dieser Stelle aus uns noch unbekanntem Gründen in die Tiefe bohren und auf die bis dahin immer

noch hochgiftigen und radioaktiven Abfälle stossen werden. Wir können heute 5000 Jahre alte Hieroglyphen nicht mehr lesen. Und eine Markierung verwittert spätestens nach ein paar 100 bis 1000 Jahren. Das Langzeitlagerproblem ist von diesem Gesichtspunkt aus grundsätzlich unlösbar. Darum gilt: Je weniger strahlenden Abfall wir entsorgen müssen, desto besser.

AKW in Zeiten der Klimaerhitzung

Der Bericht des Bundesamts für Umwelt (Bafu) «CH2018. Klimaszenarien für die Schweiz» zeigt klar auf, dass bis «gegen Ende des Jahrhunderts Trockenheit, wie sie bisher ein- bis zweimal in 10 Jahren auftrat, jedes zweite Jahr vorkommen könnte».¹⁰ Diese Tatsache wird umso bedeutungsvoller, als dass bis dahin die meisten Gletscher geschmolzen sein werden, was dazu führt, dass die grossen Schweizer Flüsse während längerer Trockenphasen nur noch wenig oder gar kein Wasser mehr führen werden. Mangels Wasser zur Kühlung und Dampferzeugung werden thermische Kraftwerke wie AKW darum regelmässig während mehrerer Monate im Jahr ausfallen, was deren Rentabilität weiter schmälert bzw. deren Stromgestehungskosten in die Höhe treibt. In Frankreich war dies in den letzten Jahren bereits mehrmals der Fall.



EPR-Baustelle in Hinkley Point, Somerset, England.



ZWISCHENFAZIT

Würde die Schweiz auf einen baldigen Neubau eines konventionellen uranbetriebenen Leichtwasser-AKW setzen:

- wären massive Bauverzögerungen programmiert und die Stromversorgung der nächsten zwei bis drei Jahrzehnte dadurch nicht gesichert;
- drohten schmerzhafteste Kostenüberschreitungen, für welche die Steuerzahler:innen oder die Stromkonsument:innen geradestehen müssten;
- drohten Versorgungsengpässe aufgrund einer Verknappung der Uranressourcen in spätestens 30 bis 40 Jahren;
- wäre die Schweiz weiterhin zu 100 Prozent abhängig vom Ausland (auch bei der Urananreicherung) und würde sich den geopolitischen Entwicklungen schutzlos aussetzen;
- wäre die Schweiz im Kriegsfall verletzlicher, weil eine zentralisierte Stromversorgung viel vulnerabler ist als eine dezentrale erneuerbare – aktuell gut zu beobachten in der Ukraine;
- wären die Schweizer AKW-Betreiber mitverantwortlich für massive Umweltschäden und Menschenrechtsverletzungen in den Uranabbauländern;
- würde sich die Problematik rund um die Behandlung von radioaktiven Abfällen um die Lebensdauer des neuen AKW verlängern, was weitere enorme Kosten verursachen würde.



EINE EINORDNUNG DER SOGENANT «NEUEN» REAKTORTYPEN

Immer wieder ist zu hören, dass neue Reaktorkonzepte die bestehende Technologie ersetzen und dabei auch gleich Kosten senken und das ungelöste Problem des über Hunderttausende Jahre strahlenden Atommülls lösen können. Nur ist keines dieser Konzepte auch nur annähernd bereit. Und viele mit der konventionellen Atomkraft verbundene Probleme werden eher verschärft als gelöst.

Eine ausführliche Studie zu neuen Reaktortypen veröffentlichte das deutsche Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) im Februar 2024.¹¹ Die fundierte wissenschaftliche Studie kommt zum Schluss, «dass bei diesen Konzepten weiterhin zahlreiche sicherheitstechnische und ökonomische Fragestellungen offen sind» und sie «bis zur Mitte dieses Jahrhunderts nicht in relevantem Umfang zum Einsatz kommen». Die drei in der aktuellen Debatte meistdiskutierten Reaktortypen sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Small Modular Reactors

Small Modular Reactors (SMR) sind ein Sammelbegriff für kleine Reaktoren mit einer elektrischen Leistung bis zu 300 MW. Je nach Konzept handelt es sich um konventionelle LWR oder aber um nicht wassergekühlte SMR-Konzepte, die z. B. den Hochtemperaturreaktoren (HTR), Reaktoren mit einem schnellen Neutronenspektrum oder den Flüssigsalzreaktoren (MSR) zugeordnet werden.

Entgegen dem allgemeinen Trend, AKW grösser zu planen, um ihre Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, liessen sich nach Ansicht der Promotor:innen Kosten senken, da ein kleiner Reaktor-druckbehälter transportierbar sei und sich daher an einem Produktionsstandort in Serie fertigen lasse. Dies führe zu Skaleneffekten. Auch brauche es für kleinere Reaktoren der vierten Generation weniger Sicherheitssysteme.

Tatsächlich sind kleine Reaktoren nichts Neues, werden diese doch seit Jahrzehnten in Atom-U-Booten, Flugzeugträgern oder den schwimmenden russischen Lomonosow-Atom-schiffen verbaut. Gewisse modulare Reaktor-konzepte gehen bis in die 1970er-Jahre zurück, wurden jedoch nie umgesetzt.

Das deutsche BASE kam im März 2021 zur folgenden kritischen Einschätzung:¹²

- Durch die geringe elektrische Leistung sind die spezifischen Baukosten durch den Verlust der Skaleneffekte höher als bei grossen Atomkraftwerken. Erst ab einem Volumen von 3000 SMR würde sich deren Bau gegenüber Grosskraftwerken lohnen.
- Die Erwartung kürzerer Zeithorizonte, namentlich geringerer Bauzeiten und eines unkomplizierten Rückbaus, bestätigt sich nicht. Im Gegenteil: Planungs-, Entwicklungs- und Bauzeiten übersteigen die ursprünglichen Zeithorizonte in der Regel um ein Vielfaches. Die Erfahrungen mit historischen SMR deuten darauf hin, dass die Lebensdauer von Nicht-LWR kurz ist und sich der Rückbau als sehr langwierig erweist.
- Einzelne SMR können gegenüber Grosskraftwerken zwar potenziell sicherheitstechnische Vorteile erzielen, da sie pro Reaktor ein geringeres radioaktives Inventar aufweisen. Die hohe Anzahl an Reaktoren, die für die gleiche Produktionsmenge an elektrischer Leistung notwendig ist, erhöht das Risiko jedoch insgesamt um ein Vielfaches.
- Umfangreiche Zwischenlager- und Brennstofftransporte sowie ein Langzeitlager sind in jedem Fall weiterhin erforderlich.

Namentlich aus Rentabilitätsgründen wurden die beiden am weitesten fortgeschrittenen westlichen Leichtwasser-SMR-Entwicklungsprogramme in den USA sistiert bzw. in Frankreich bis auf Weiteres zurückgestellt:

Am 8. November 2023 gaben Utah Associated Municipal Power Systems (UAMPS) und die Firma NuScale bekannt, dass ihr «Carbon Free Power Project» trotz zugesagten staatlichen Subventionen von über 1,35 Milliarden US-Dollar eingestellt werde.¹³ Zuvor zogen sich bereits mehrere Bundesstaaten vom Projekt zurück, die ursprünglich Interesse am Bau eines SMR angemeldet hatten.



Stillgelegter Schneller Brüter «Superphénix», Creys-Malville, Frankreich

Neben Sicherheitsbedenken gaben vor allem die viel zu hohen Stromgestehungskosten von geschätzten 89 US-Dollar pro MWh den Ausschlag dafür. Abschreiber bei den Investoren im höheren dreistelligen Millionenbereich sind die Folge.

Am 1. Juli 2024 informierte die französische EDF, dass sie das Design ihres SMR-Projekts «Nuward» nach vier Jahren Entwicklungszeit «überdenken» müsse.¹⁴ Ausschlaggebend für diese Entscheidung waren die Forderungen potenzieller Kunden, darunter Vattenfall, CEZ und Fortum, die Kosten- und Termingarantien verlangten. Mit einem geschätzten Stromgestehungspreis von 70 bis 100 Euro pro MWh zeichnete sich ab, dass ein solcher Reaktor nie konkurrenzfähig sein wird. Zwar will die EDF die Weiterführung des Projekts prüfen, spricht aber in der Zwischenzeit selbst von einer längeren Entwicklungszeit von «mehreren Jahrzehnten».

Thorium- oder Flüssigsalzreaktoren / Schnelle Brüter

In Anbetracht des endlichen Uranvorkommens wurden ab den 1950er-Jahren verschiedene Reaktorkonzepte diskutiert und gebaut. Betrieben werden sie u. a. mit Thorium, was häufiger in der Erdkruste zu finden ist, oder mit Abfallprodukten wie Uran-238 und Plutonium, die bei der Urananreicherung und dem Betrieb von konventionellen LWR anfallen. Der Reaktor ist so aufgebaut, dass der Ausgangsstoff schnelle Neutronen einfängt und sich so in reaktive Zwischenprodukte ver-

wandelt, die bei ihrem Zerfall weitere Neutronen freisetzen und die Kettenreaktion so am Laufen halten. Der Kernbrennstoff wird «erbrütet». Dafür muss der Reaktor jedoch alle paar Monate angehalten und mit neuen Brennstäben beladen werden, was dessen Rentabilität gegenüber konventionellen LWR schmälert, die nur einmal jährlich neu beladen werden müssen.

Wasser bremst die schnellen Neutronen ab und kommt darum als Kühlmittel nicht infrage. Die wenigen – zumeist experimentellen – Brutreaktoren, die bisher in den USA, UK, Frankreich und zuletzt in China gebaut wurden, werden bzw. wurden darum mit Natrium gekühlt. Natrium wiederum ist ein sehr reaktives Leichtmetall, das im Kontakt mit Wasser und Sauerstoff sofort reagiert und grosse Risiken birgt: Eine Leckage des Kühlmittels und ein Kontakt mit der Umgebungsluft führen zu Bränden und Explosionen. Natrium ist zudem korrosiv, was erhöhte Ansprüche an die Materialien stellt und die Lebensdauer des Reaktors stark verkürzt. Besonders die Minimierung von Korrosions- und Erosionsrisiken durch das im Primärkreislauf zirkulierende Flüssigmetall sowie die Filterung des Kühlmittels stellen aktuell noch unlösbare Probleme bei der Entwicklung dar. Frankreich «löste» dieses Problem nach Stilllegung des Superphénix-Brutreaktors, indem 6000 m³ stark verstrahltes Natrium abgesaugt und in Betonblöcke eingegossen wurden, welche nun als 70 000 m³ Beton zwischengelagert werden müssen.

Beschleunigergetriebene unterkritische Reaktoren

2022 kündigte die Genfer Firma Transmutex um den pensionierten Cern-Forscher Federico Carminati an, an einem neuartigen beschleunigergetriebenen Reaktor (Accelerator Driven Subcritical Reactor – ADSR) bauen zu wollen.¹⁵ Tatsächlich ist dieses Konzept bereits mehrere Jahrzehnte alt und auch unter dem Namen «Rubbia-Reaktor» bekannt. Konzepte für beschleunigergetriebene Reaktoren kombinieren einen unterkritischen Reaktorkern mit einem Teilchenbeschleuniger. Im Reaktor selbst kann mit den Ausgangsstoffen keine selbsterhaltende Kernspaltungs-Kettenreaktion zustande kommen. Stattdessen wird die Reaktion von einer externen Neutronenquelle angetrieben.

Teilchenbeschleuniger können keine Neutronen herstellen. Stattdessen müssen Protonen in einem Zwischenschritt in Neutronen umgewandelt werden. Die zum Betrieb des ADSR benötigte Protonenladung von 4 mAh übersteigt die bisher stärkste je erzeugte Ladung von 2,6 mAh um mehr als das 1,5-fache. Als sogenannte «Spallationsquelle» werden Schwermetalle wie eine flüssige Blei-Bismut-Legierung mit dem Protonenstrahl beschossen, welche die benötigten Neutronen freisetzt und gleichzeitig die Wärme abführt. Die Blei-Bismut-Legierung muss hierbei stets bei Temperaturen oberhalb ihres Schmelzpunktes (min. 123 °C) gehalten werden. Andernfalls verfestigt sie sich und der gesamte Reaktor wird unbrauchbar. Wird nur Blei verwendet, liegt der Schmelzpunkt noch deutlich höher bei 327 °C. Das Kühlmittel muss ausserdem aufwendig filtriert werden. Blei und Bismut haben sehr hohe Dichten und bergen Korrosionsrisiken, sodass die Anlage aufgrund des enormen Gewichts stärkere Strukturen erfordert und neue Materialien für den Bau des primären Kühlkreislaufs erst noch gefunden werden müssten. Bismut ist zudem sehr selten und teuer. Der Einsatz von grossen Mengen an giftigem Schwermetall als Kühlmittel vergrössert die potenziellen Folgen eines Unfalls.

Die Promotor:innen eines ADSR postulieren, dass dieser von sich aus sicher sei, da die Kettenreaktion mittels Stopp des Protonenstrahls jederzeit unterbrochen werden könne. Dies stimmt jedoch nur bedingt, da die Zwischenprodukte wie in einem konventionellen LWR über längere Zeit weiter aktiv sind und entsprechend ihrer Halbwertszeiten weiter zerfallen und über Monate und Jahre grosse Wärmemengen freisetzen, die abgeführt werden müssen. Zudem kann ein Teilchenbeschleuniger nicht einfach auf Knopfdruck ausgeschaltet werden. Der Protonenstrahl müsste stattdessen in eine andere Richtung umgelenkt werden. Gewisse Zwischenprodukte emittieren bei ihrem Zerfall Gamma-Strahlung, deren Abschirmung sehr viel Masse benötigt, weshalb der Reaktor vorzugsweise unter der Erde gebaut werden soll.

Die Promotor:innen des Transmutex-Reaktors werben weiter damit, dass die radioaktiven Abfälle deutlich kurzlebiger sind als jene aus konventionellen LWR. Nach derzeitigem Forschungsstand ist es jedoch nicht möglich, sämtliche Stoffe in kurzlebige Isotope umzuwandeln. Auch der abgebrannte Kernbrennstoff aus ADSR muss für sehr lange Zeit eingelagert werden. Sollte der ADSR teilweise mit gebrauchtem Kernbrennstoff aus LWR betrieben werden, müsste dieser zuerst aufwendig im Ausland aus stark radioaktiven Abfällen aufbereitet werden. Die Schweiz hat jedoch bereits 2001 beschlossen, dass keine abgebrannten Brennelemente mehr zur Aufbereitung ins Ausland transportiert werden dürfen, weil das Verfahren risikobehaftet ist und auch im «Normalbetrieb» Radioaktivität freisetzt. Wiederaufarbeitungsanlagen wie La Hague (Frankreich) und Majak (Russland) sind darauf angewiesen, flüssige radioaktive Abfälle direkt ins Meer bzw. einen Fluss einzuleiten. Unter dem Strich lässt sich festhalten: Das ganze Verfahren ist so aufwendig und komplex, dass sich bezüglich der Verwertung von radioaktiven Abfällen und der Endlagerung kein Vorteil ergibt.

Warnschild in der Nähe der Atomanlage Majak, Tscheljabinsk, Russland, eines der verstrahltesten Orte der Welt: «Pilze sammeln, Beeren pflücken und fischen verboten».



ZWISCHENFAZIT

Die meisten alternativen Reaktorkonzepte sind seit Mitte des letzten Jahrhunderts bekannt und wurden mehrfach getestet. Umgerechnet Dutzende Milliarden Franken wurden in die Forschung und in Versuchsreaktoren investiert und doch hat sich bisher kein neues Konzept etabliert. Egal ob mit Leichtwasser gekühlte SMR oder Thorium-Reaktoren: Keine Technologie wird in den nächsten 20 bis 30 Jahren in der Lage sein, grosse konventionelle LWR zu ersetzen. Neue Reaktortypen bergen grosse Risiken und stellen die Ingenieur:innen aktuell vor unlösbare technische Probleme. Auch sind die vor- und nachgelagerten Schritte, z. B. die Aufbereitung des Kernbrennstoffs, zu aufwendig und zu komplex. Unter diesen Voraussetzungen ist es unvorstellbar, dass sich mit alternativen Reaktoren in den nächsten Jahrzehnten ein Kostenvorteil gegenüber LWR erreichen lässt.



TRANSMUTEX UND ROSATOM

Abgesehen von den zahlreichen technischen Herausforderungen gibt es weitere Aspekte, die in der bisherigen, auffällig unkritischen Berichterstattung kaum beachtet wurden. Zu Beginn der russischen Invasion in der Ukraine 2022 präsentierte sich Transmutex als Alternative¹⁶ zu konventionellen LWR, welche von russischem Uran abhängig seien. Der Haken an der Sache ist: Transmutex zählt beim Bau des Reaktors auf Rosatom und ihre Tochterfirma, das russische Unternehmen AKME Engineering. Die Firma soll den bleigekühlten Reaktor mit schnellen Neutronen namens SVBR-100 entwickeln. In verschiedenen öffentlichen Vorträgen haben Transmutex-Vertreter den russischen Reaktor als integralen Bestandteil ihres Konzepts vorgestellt.

Der Stand der Partnerschaft zwischen Transmutex und Rosatom konnte nicht eruiert werden. Offen ist, ob Transmutex seit Kriegsbeginn die Verbindungen zu AKME/Rosatom vollständig gekappt hat. Das Beispiel illustriert aber gut, wie das Marketing der Start-up-Firma Aspekte unterschlägt, welche die Machbarkeit und Akzeptanz eines solchen Reaktorkonzeptes erheblich schwächen würden.

Unrealistischer Zeitplan

Ein anderer Aspekt, den die Medien bisher kaum beachtet haben, betrifft den völlig unrealistischen Zeitplan des Projekts. Nimmt man rein hypothetisch an, alle offenen technischen Herausforderungen seien lösbar, sind die Zeitangaben der Transmutex-Promotor:innen trotzdem nicht einzuhalten.

In einem «Pitchdeck» von März 2022¹⁷ kündigt Transmutex seine Ambition an, innerhalb von acht Jahren einen kommerziellen Reaktor auf den Markt bringen zu wollen («A commercial plant by 2030 or earlier»). Die thermische Leistung des Reaktors soll 300 MW betragen. Als Vergleich

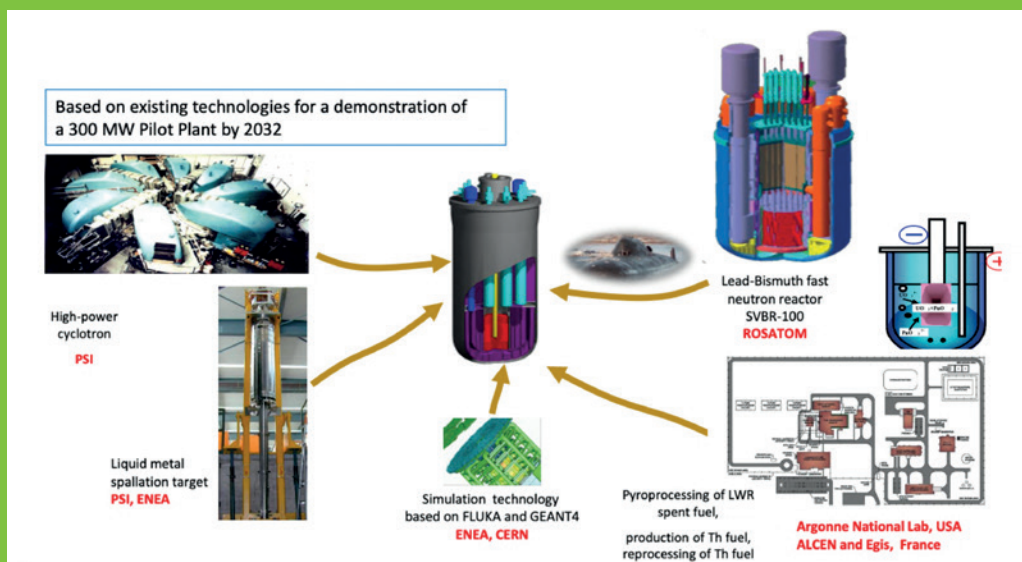
entspricht das einem Drittel der Leistung des AKW Mühleberg oder zehnmals der Leistung des gescheiterten Forschungsreaktors in Lucens. Wir sind also fernab von einer kleinen, überschaubaren technischen Einrichtung, zumal noch ein Teilchenbeschleuniger mitgezählt werden muss.

Transmutex-Mitbegründer Carminati geht allerdings davon aus, dass alleine die Konzeption des Reaktors 15 Jahre dauern würde¹⁸ («Pre-licensing activities»). Diese Angaben sind zwar nicht eindeutig zu verstehen, es ist aber davon auszugehen, dass das Lizenzierungsverfahren frühestens um das Jahr 2032 beginnen könnte und mehrere Jahre dauern würde. Erst danach könnte der aufwendige und komplexe Bau des Reaktors starten, was die Inbetriebnahme einer ersten Pilotanlage frühestens 2040 möglich machen würde. Eine Pilotanlage ist aber noch nicht marktreif. Nach mehreren Jahren Probetrieb, Modifikationen sowie Bewilligungs- und Bauzeit würde eine erste kommerzielle Anlage realistischsterweise frühestens in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts in Betrieb gehen.

Nicht wirtschaftlich

Gemäss demselben Pitchdeck sollen die Kosten der ersten Anlage 1,5 Milliarden Franken betragen. Diese Investitionskosten können nicht überprüft werden, sind aber höchst unrealistisch: Das Design der Anlage ist komplexer als bei LWR, wie sie derzeit auf dem Markt angeboten werden. Dazu kommen enorme zusätzliche technische Herausforderungen, die für eine Pilotanlage gelöst werden müssen. Zudem ist noch nicht berücksichtigt, dass neben dem Reaktor noch ein Teilchenbeschleuniger gebaut oder zumindest mitfinanziert werden müsste. Entsprechend unrealistisch sind also die von Transmutex geschätzten Gestehungskosten (LCOE) von 70 Euro pro MWh.

Eine Folie aus einer Präsentation von Transmutex aus dem Jahr 2021 führt das Rosatom-Konzept (oben rechts) als integralen Bestandteil des Transmutex-Reaktors auf.





GESAMTFAZIT

Unser AKW-freies Nachbarland Österreich mit geografisch ähnlichen Bedingungen wie die Schweiz macht es vor: Im Jahr 2023 konnten bereits 87 Prozent des Strombedarfs mit erneuerbaren Energien gedeckt werden.¹⁹ Und die Schweiz verzeichnete 2023 einen Stromüberschuss von 6,4 TWh, mehr als die Gesamtproduktion der beiden altersschwachen Beznau-Reaktoren zusammen.

Diverse Berechnungsmodelle belegen, dass eine vollständige erneuerbare Energieversorgung bis 2050 möglich und machbar ist – auch mit mehr Elektromobilität, Wärmepumpen und Elektrifizierung von industriellen Prozessen. Dafür nötig sind aber nicht nur ein weiterer Ausbau der Erneuerbaren, sondern auch eine rasche Anpassung des übergeordneten Stromnetzes an Solar-Produktionsspitzen sowie die Schaffung intelligenter lokaler Stromnetze (Smart Grids). Viele dieser Anpassungen können im Rahmen der ohnehin notwendigen Modernisierung der Strom-Infrastruktur kostenneutral vorgenommen werden.

Ein Wiederaufflammen der Atomdebatte führt zu unnötigen Verzögerungen, lenkt vom eigentlichen Ziel ab und gaukelt der Bevölkerung eine Lösung vor, die es so nicht gibt: Weder können AKW in nützlicher Frist gebaut werden und ihren Beitrag zur Versorgungssicherheit und zur Senkung der Klimaemissionen leisten, noch können sie die Strompreise reduzieren. Stattdessen schafft ein allfälliger AKW-Neubau neue Abhängigkeiten vom Ausland und birgt enorme wirtschaftliche und technische Risiken. Es gilt darum, die Schweizer Bevölkerung mit allen Mitteln vor einer solchen Fehlentwicklung zu bewahren und die Diskussion rund um einen AKW-Neubau in der Schweiz ein für alle Mal zu beenden.



Sicht auf das Atomkraftwerk Fukushima Daiichi vom Hafen Ukedo, Japan.

QUELLENVERZEICHNIS:

Alle Links letztmals besucht am 24.07.2024

- 1 <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energieperspektiven-2050-plus.html>
- 2 <https://www.euronews.com/business/2024/01/25/uks-flagship-nuclear-plant-costs-billions-more-and-sees-more-delays>
- 3 https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2024/05/09/les-derapages-de-l-epr-de-flamanville-en-graphiques-le-cout-multiplie-par-six-la-duree-du-chantier-par-quatre_5480745_4355771.html
- 4 <https://www.euronews.com/green/2023/04/17/finlands-new-nuclear-reactor-what-does-it-mean-for-climate-goals-and-energy-security>
- 5 <https://www.reuters.com/business/energy/slovaks-fuel-up-new-nuclear-plant-europe-grapples-with-energy-crisis-2022-09-13/>
- 6 <https://www.neimagazine.com/new-build-life-extension/slovenia-estimates-cost-of-jek2-nuclear-new-build-project/>
- 7 <https://www.ans.org/news/article-3949/vogtle-project-update-cost-likely-to-top-30-billion/>
- 8 https://www.lazard.com/media/xemfey0k/lazards-lcoepus-june-2024-_vf.pdf
- 9 <https://www.saumanamibia.org/post/open-letter-namibia>
- 10 <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/dossiers/konkrete-klimazukunft-der-schweiz.html>
- 11 <https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/kta-deutschland/neuartige-reaktorkonzepte/alternative-reaktorkonzepte-gutachten.html>
- 12 <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/kt/gutachten-small-modular-reactors.html>
- 13 <https://www.reuters.com/business/energy/cancelled-nuscale-contract-weighs-heavy-new-nuclear-2024-01-10/>
- 14 <https://www.reuters.com/business/energy/frances-edf-drops-plans-develop-its-own-small-nuclear-reactor-technology-2024-07-01/>
- 15 <https://www.nuklearforum.ch/de/news/schweizer-startup-transmutex-entwickelt-neuen-reaktortyp-auf-thorium-basis/>
- 16 https://www.linkedin.com/posts/transmutex_the-nuclear-reactors-of-the-future-have-a-activity-6925189138803474432-w0mj?utm_source=linkedin_share&utm_medium=member_desktop_web
- 17 <https://www.businessinsider.de/gruenderszene/business/atomkraft-startup-transmutex-pitchdeck-b/>
- 18 <https://indico.cern.ch/event/1288990/attachments/2676994/4658001/CERN-130723-Transmutex.pdf>
- 19 <https://www.apg.at/news-presse/apg-bilanz-rekordwerte-im-stromjahr-2023-belegen-herausfordernde-gesamtlage/>



Impressionen von den Aufräumarbeiten nach dem Atomunfall in Fukushima, Japan.

GREENPEACE

Impressum
Atomkraft hat keine Zukunft
Greenpeace Schweiz, August 2024

Autor: Nathan Solothurnmann

Korrekturat: Marco Morgenthaler

Layout: Franziska Neugebauer

Fotos: © Matthias Balk / Greenpeace (Coverfoto, S. 2), © Jiri Rezac / Greenpeace (S. 7),
Unsplash (S. 8), © Wikipedia (S. 10), © Denis Sinyakov / Greenpeace (S. 11),
© Ryohei Kataoka / Greenpeace (S. 15), © Christian Åslund / Greenpeace (S. 16)

Greenpeace Schweiz, Badenerstrasse 171, Postfach, CH-8036 Zürich
schweiz@greenpeace.org

Greenpeace finanziert ihre Umweltarbeit ausschliesslich durch Spenden von
Privatpersonen und Stiftungen. greenpeace.ch/de/handeln/spenden
Spendenkonto: IBAN CH07 0900 0000 8000 6222 8