

Episode 7 - "Kleine modulare Kernreaktoren"

Zuvor, bei Energy Transition Crisis: In den vorherigen Folgen wurde die Bedeutung der Energiewende erläutert. Ein Plan zum Ersatz fossiler Brennstoffe durch saubere Energie vorgestellt. Erklärt, warum eine globale Energiekrise Mitte der 2020er Jahre unvermeidlich ist. Die erneuerbaren Energien mittels der Geothermie erläutert und das Für und Wider der konventionellen Kernenergie betrachtet. Um Ihnen zu zeigen, wie kleine modulare Kernreaktoren zu dieser Geschichte passen, ist hier Erik Townsend.

Wie wir in den letzten beiden Folgen gesehen haben, klaffen die Wahrnehmung der Kernenergie und die Realität der Kernenergie weit auseinander. In der öffentlichen Wahrnehmung ist die Kernenergie nach wie vor unsicher, wie der Unfall in Fukushima gezeigt hat. Kritiker der Kernenergie führen Kernschmelzen, Wasserstoffexplosionen, das Risiko der Waffenverbreitung und die Entsorgung von Atommüll als ihre größten Einwände an.

In Wirklichkeit ist die Kernenergie bereits die sicherste Form der Grundlaststromerzeugung, die es gibt. Im Kohlebergbau sind 820-mal mehr Menschen ums Leben gekommen als in der Kernkraftindustrie.

Alle Probleme im Zusammenhang mit Kernschmelzen, Wasserstoffexplosionen und der Entsorgung von Atommüll wurden schon vor Jahrzehnten gelöst. Aber diese Lösungen wurden nie angewendet und kommerzialisiert, weil die Regierungsbürokratie dem Fortschritt im Wege stand.

Die Hauptprobleme, die die Öffentlichkeit in Bezug auf die Kernenergie wahrnimmt, sind also bereits gelöst. Das heißt aber nicht, dass die Kernenergie keine Probleme hat! Das wenig bekannte Problem der Kosten- und Terminüberschreitungen beim Bau von Kernkraftwerken ist sehr real. Es wäre töricht anzunehmen, dass wir bis 2050, 50-mal mehr neue Kernkraftwerke bauen können als je zuvor. Das auch noch annähernd pünktlich und innerhalb des Budgets. Das ist einfach nicht realistisch.

Die Lösung ist die Herstellung von Kernreaktoren am Fließband, in Fabriken, mit modernster Qualitätskontrolle. Dieser prägende Trend ist als kleine modulare Reaktoren (Small Modular Reactors, SMRs) bekannt.

Und es gibt sogar einen Hoffnungsschimmer an der Front der Regierungsbürokratie: Im Januar 2023 genehmigten die US-Aufsichtsbehörden das erste SMR-Konzept für den Betrieb in den Vereinigten Staaten, was darauf hindeutet, dass die US-Aufsichtsbehörden endlich ein Einsehen haben und der fortschrittlichen Nukleartechnologie gegenüber aufgeschlossen sind.

Ein modernes Auto würde mindestens eine Million Dollar kosten, wenn Sie es nach Ihren persönlichen Vorgaben entwerfen und bauen lassen würden. Die Herstellung von Einzelstücken ist sehr teuer. Dank der Vorteile der Fließbandfertigung kann unsere Automobilindustrie jedoch Millionen von Fahrzeugen zu erschwinglichen Preisen herstellen.

Wir müssen für den Kernreaktor dasselbe tun, was Henry Ford für das Automobil getan hat. Oder vielleicht wäre eine bessere Analogie zu sagen, dass wir die weltweite

Marktführerschaft, die sowohl Nordamerika als auch Europa im Flugzeugbau bewiesen haben, übernehmen und dieses Talent auf die Massenproduktion von zivilen Kernkraftreaktoren in Fabriken anwenden müssen. So wie wir heute Flugzeuge in Fabriken unter strengsten Sicherheitsstandards in Massenproduktion herstellen.

Die Erfolgsbilanz der Kernenergiebranche bei der frist- und budgetgerechten Umsetzung großer maßgeschneiderter Bauprojekte könnte nicht miserabler sein. Der Konkurs von Westinghouse im Jahr 2018 infolge von Kosten- und Terminüberschreitungen beim Vogtle- Projekt in Georgia beweist dies. Damit die Kernenergie die kommende Energiekrise lösen kann, müssen wir also einen völlig anderen Ansatz wählen.

Die SMR-Anlagen machen eine maßgeschneiderte Konstruktion vor Ort überflüssig und könnten der Kernkraftindustrie das gleiche Geschenk der Größenvorteile machen, das die Automobilindustrie durch Henry Fords Erfindung des Fließbands erhielt.

Ein weiterer Vorteil von SMR ist, dass sie so konstruiert werden können, dass der SMR selbst den gesamten nuklearen Abfall beinhaltet, d.h. wenn das Gebäude, in dem der SMR steht, eines Tages abgerissen wird, muss der Schutt nicht als schwach radioaktiver Abfall behandelt werden.

Allein dieser Unterschied wird die Kosten für die Stilllegung von Kernkraftwerken und damit auch die Kosten für nuklear erzeugten Strom drastisch senken. Außerdem hat dies den Nebeneffekt, dass das Recycling von Kernreaktoren in den Anlagen des Reaktorherstellers zentralisiert wird.

Kleine modulare Kernreaktoren, die auf Fließbändern in Fabriken gebaut werden, sind kein neuer Trend für die 2030er Jahre. Es handelt sich um einen 70 Jahre alten Trend, der sich bereits bewährt hat. Der erste kleine modulare Kernreaktor war das Antriebssystem für das Atom-U-Boot Nautilus, das 1955 in Dienst gestellt wurde.

Heute umfasst die Nuklearmarine der Vereinigten Staaten sowohl nuklear angetriebene U-Boote als auch Flugzeugträger, und auch die Kriegsmarinen mehrerer anderer Länder verfügen über nuklear angetriebene Schiffe. Das bedeutet, dass wir bereits über eine gut entwickelte Industrie für kleine modulare Kernreaktoren verfügen.

Man hört nur nie davon, weil alle Geschäfte zur Lieferung modularer Reaktoren an die Marine für den Einsatz in U-Booten als streng geheim eingestuft werden. Aber wir bauen und instandhalten schon seit Jahrzehnten kleine modulare Reaktoren für die Nuklearmarine, ohne dass es in der US-Flotte zu einem einzigen ernsthaften Sicherheitszwischenfall gekommen wäre.

Alle Kernkraftwerke dieser Militärschiffe sind Beispiele für kleine modulare Kernreaktoren, die schon seit Jahrzehnten in Fabriken am Fließband hergestellt werden. Alles, was wir tun müssen, ist, die Nukleartechnologie zu modernisieren und zu erweitern, um SMRs für den zivilen Energiemarkt zu produzieren. Genauso, wie eine neue Produktlinie zusätzlich zu den SMRs, die seit Jahrzehnten militärische U-Boote antreiben.

Die Chance, die sich uns bietet, besteht darin, den Aufbau einer völlig neuen Industrie zu beschleunigen, die alle kleinen modularen Kernreaktoren herstellt, die wir zur Bewältigung der kommenden Krise benötigen, und damit einen Weg zu viel größerem Wohlstand für die Menschen zu ebnen. Das bedeutet den Bau von Kernreaktoren am Fließband, in Fabriken.

Aber es reicht nicht aus, einfach nur mehr Druckwasserreaktoren auf diese Weise zu bauen! Wir sollten auch fortschrittliche Nukleartechnologien wie Flüssigsalze, flüssige Brennstoffe, Abfallverbrennung, Thorium Brennstoff und andere technologische Fortschritte nutzen. Die SMR-Industrie ist brandneu und sollte daher das Beste aus der konventionellen und der fortgeschrittenen Kerntechnik vereinen.

Ich behaupte, dass diese jetzt entstehende Industrie, die schließlich Hunderttausende von kleinen modularen Kernreaktoren mit der neuesten fortschrittlichen Nukleartechnologie in Massenproduktion herstellen wird, buchstäblich DIE wichtigste Industrie des 21. Jahrhunderts wird.

Es ist die Industrie, die uns aus der kommenden globalen Energiekrise retten und eine neue Ära des menschlichen Wohlstands ermöglichen wird. Die auf sauberer, reichlich vorhandener grüner Energie aus Thorium und dem Recycling aller gelagerten 250.000 Tonnen Atommüll beruht. Daher ist es für die nationale Sicherheit der USA von größter Bedeutung, diese Industrie zu kontrollieren und sicherzustellen, dass wir die ersten sind, die von der neuen Reihe sicherer, sauberer modularer Reaktoren profitieren, die mit Thorium und abgebrannten Kernbrennstoffen betrieben werden.

Tatsache ist jedoch, dass China derzeit die Führung innehat, und zwar mit großem Abstand. Um das klarzustellen: Ich versuche nicht, Angst zu schüren, dass wir alle eines Tages unsere Atomreaktoren in China kaufen müssen und dass China möglicherweise den Welthandel neu austariert, so dass es die Vereinigten Staaten als globale Wirtschaftssupermacht ablöst.

Ich möchte klar und deutlich sagen, dass ich über etwas viel Schlimmeres, als das besorgt bin! Ich mache mir Sorgen, dass wir uns bereits in einem neuen „Wettlauf ins All“ befinden. Bei dem es darum geht, dass die Nation, die eine kleine modulare Kernreaktorindustrie entwickelt und sie so weit zum Laufen bringt, dass sie jeden Tag Dutzende von SMRs baut. Die eine globale Energiekrise der späten 2020er Jahre für jeden lösen wird, mit dem sie ihre Technologie teilen will. Und das wird auch ihre Fähigkeit garantieren, ihre wirtschaftliche Vorherrschaft über jeden zu behaupten, mit dem sie diese Technologie nicht teilen will.

Wir sollten also nicht das Szenario fürchten, dass wir gezwungen sind, unsere Kernreaktoren in China zu kaufen. Wir sollten stattdessen das Szenario fürchten, in dem die Chinesen die weltweiten SMR-Herstellungskapazitäten beherrschen, aber nicht bereit sind, ihre Reaktoren, um jeden Preis an uns zu verkaufen. Da sie ihre gesamten Herstellungskapazitäten für sich selbst und ihre strategischen Partner wie Russland, Indien und den Iran reservieren, die sogar Zugang zu chinesischen SMRs zu subventionierten Discountpreisen haben. Das ist das Szenario, über das Sie sich Sorgen machen sollten.

Ich verwende starke Worte, weil ich glaube, dass es sich um eine gewaltig große Sache handelt. Wer seine SMR-Industrie zuerst zum Laufen bringt und Dutzende von SMRs pro Tag mit modernster Qualität baut – wer auch immer dies zuerst erreicht, gewinnt die wichtigste technologische Schlacht des Dritten Weltkriegs.

Denn derjenige, der die Energie zu den niedrigsten Kosten gewinnt, hat den größten wirtschaftlichen Vorteil und damit auch das meiste Geld übrig, um sein Militär auszubauen. Wenn Sie also China sind und eines Morgens aufwachen und feststellen, dass Ihre eigene mit Thorium betriebene SMR-Industrie dem Westen um Lichtjahre voraus ist, nutzen Sie das nicht nur zu Ihrem wirtschaftlichen Vorteil. Sie nutzen es zu Ihrem strategischen Vorteil.

Seitdem die Aufsichtsbehörden im August 2022 die Inbetriebnahme eines mit Thorium betriebenen Flüssigsalzreaktors genehmigt haben, ist es in China merkwürdigerweise sehr still um die Pläne im Bereich Thorium Energie geworden. Bitte fragen Sie sich, warum sie so still geworden sind.

SMR ermöglichen ein neues System des Risikomanagements im Bereich der Waffenverbreitung. Mit SMR ist es nicht mehr notwendig zu entscheiden, ob ein Land seine eigenen Urananreicherungsanlagen entwickeln "darf", um ein ziviles Kernkraftprogramm zu haben.

Stattdessen könnten wir ein internationales System einrichten, in dem praktisch jedes Land einen SMR kaufen oder leasen kann. Diesen dann unter einem Aufsichtssystem betreiben, das sicherstellt, dass der lizenzierte internationale Brennstofflieferant eine Lieferkette für seinen Brennstoff bis zur Beladung des Reaktors aufrechterhält. Diese Kette der Verantwortung würde sich auch auf Kernabfälle erstrecken, von deren Entfernung aus dem Reaktor bis zur Recyclinganlage.

Das würde sicherstellen, dass der Betreiber, den für den SMR bestimmten Brennstoff nicht zweckentfremden oder Kernabfälle für potenziell bösartige Zwecke behalten kann. Der SMR selbst kann so konstruiert werden, dass er in ständigem Datenaustausch mit seinem Hersteller steht und alle außerplanmäßigen Abschaltvorgänge oder andere Versuche, auf die kritischen Systeme des Reaktors zuzugreifen, in Echtzeit meldet, sobald sie auftreten.

Es ist unmöglich, einen völlig manipulationssicheren SMR zu bauen, aber mit der heutigen Technologie ist es durchaus möglich, einen Reaktor zu entwickeln, der sowohl fälschungs- und manipulationssicher ist und zusätzlich über eine Echtzeit-Netzwerküberwachung verfügt.

Das bedeutet, dass die Automatisierungssysteme der Reaktoren in ständigem Datenaustausch mit ihrem Hersteller stehen. Wenn jemand einen SMR aufbricht, um die darin enthaltenen Teile für die Plutoniumproduktion zu missbrauchen, dann weiß der SMR-Hersteller sofort, dass an seinem Produkt herumgepfuscht wurde. Er kann die internationalen Atomaufsichtsbehörden sofort benachrichtigen, wenn ein Problem auftritt.

Die Ausstattung aller SMR mit GPS-Trackern, die es den Behörden ermöglichen, ihren Aufenthaltsort zu überwachen, bietet eine weitere Möglichkeit, die Überwachung des

Standorts, den Zustand und die Sicherheit von jedem weltweit betriebenen SMR zu automatisieren.

Die Möglichkeiten, die ich soeben beschrieben habe, in Verbindung mit den Vorteilen des Thorium-Brennstoffs in Bezug auf die Waffenverbreitung ergeben zusammen eine Vision für das Risikomanagement bei der Waffenverbreitung. Die ein viel geringeres Gesamtrisiko für die Gesellschaft mit sich bringt als das derzeitige System.

Inzwischen gibt es weltweit mehr als 50 fortschrittliche Kernkraft-Startups. Einige bauen Prototypen von Flüssigsalzreaktoren, während andere in CAD-Systemen Pläne für revolutionäre neue fortschrittliche Reaktorkonzepte entwerfen. Etwa ein Dutzend plant die Verwendung von Thorium anstelle von Uran als Brennstoff.

Die meisten SMR-Unternehmen, die über Druckwasserkühlmittel hinausgehen, sind die Lieblingsprojekte von Milliardären, weil niemand sonst verrückt genug ist, in den Bau von Maschinen zu investieren, die nirgendwo auf der Welt legal betrieben werden können.

Diese Unternehmer sehen, was kommt, und sie setzen alles daran, eine Lösung für die kommende Energiekrise zu finden, bevor diese überhaupt eintritt. Das ist buchstäblich das Geschäft des Jahrhunderts. Aber institutionelles Kapital wird sich nicht an diese Unternehmen herantrauen. Da ihr Produkt etwas ist, das keine Regulierungsbehörde der Welt zu regulieren bereit ist.

Aber nicht nur Pioniere der fortgeschrittenen Kerntechnik gründen SMR-Unternehmen. Der entgegengesetzte Ansatz bei der Entwicklung von SMR besteht darin, es einfach zu halten und sich auf die Entwicklung von Reaktoren zu konzentrieren, die am Fließband gebaut werden können, ohne zu versuchen, irgendeine fortschrittliche neue Technologie einzuführen.

Diese SMR-Kategorie verwendet Druckwasserreaktoren und einmalige Brennstoffkreisläufe mit gering angereichertem Uran, bei denen 95 % des natürlichen Urans verschwendet werden und weitere nukleare Abfälle entstehen.

Die Geschäftsstrategie dieser zweiten Kategorie von SMR-Neugründungen besteht nicht darin, die neueste Technologie zu nutzen, um den bestmöglichen SMR zu bauen. Stattdessen konzentrieren sie sich auf das, was ihrer Meinung nach am Ehesten von Regulierungsbehörden genehmigt wird, und vermeiden es, das Boot zu schaukeln, indem sie von den Druckwasserdesigns abweichen, mit denen Regulierungsbehörden bereits Erfahrung haben. Ihr Ziel ist es, schneller auf den Markt zu kommen, indem sie neue, noch nicht von Regulierungsbehörden genehmigte Spitzentechnologie vermeiden.

Lassen Sie uns zwei Unternehmen an entgegengesetzten Enden dieses Spektrums betrachten. Im Sinne der vollständigen Offenlegung: Ich bin Aktionär bei beiden der Unternehmen, die ich gleich beschreiben werde.

Das erste ist NuScale, das vor kurzem an die Börse ging, nachdem es das Tickersymbol SMR an der New Yorker Börse erhalten hatte. NuScale ist die einzige reine SMR-Investition, die der Öffentlichkeit zum Zeitpunkt dieser Aufzeichnung zur

Verfügung steht. NuScale war das erste Unternehmen, das an die Börse ging, weil es den "Don't rock the boat"-Ansatz bei der Zertifizierung verfolgte, da es wusste, dass eine einfache Vorgehensweise ihm helfen würde, als erstes auf den Markt zu kommen. NuScale hat sich die Pionierrolle als erstes privates Unternehmen verdient, das von den US-Nuklearaufsichtsbehörden die Genehmigung für ein SMR-Design erhalten hat, was es wahrscheinlich macht, dass NuScale das erste Unternehmen sein wird, das ein SMR in den Vereinigten Staaten betreibt.

Soweit ich das beurteilen kann, war das Zukunftsweisendste und Innovativste, was NuScale als Unternehmen bisher getan hat, sich das Tickersymbol SMR an der New Yorker Börse zu sichern!

Die Reaktoren von Nuscale sind nicht besonders klein, so dass immer noch eine nicht-triviale Montage vor Ort erforderlich ist. Ihre Reaktoren sind auch nicht besonders modular. Das Reaktordesign ist konventionell mit Druckwasser, was bedeutet, dass 95 % des schwach angereicherten Uranbrennstoffs immer noch verschwendet wird und zu noch mehr Atommüll führt.

Aber das sind keine Kritikpunkte! NuScale tut genau das, was es tun soll: Es konzentriert sich darauf, als erstes Unternehmen eine kleine modulare Version der gleichen Art von Kernreaktor auf den Markt zu bringen, die die Regulierungsbehörden bereits zu regulieren wissen. Selbst wenn ihr erstes Modell nicht so klein oder modular ist, wird es wahrscheinlich das erste Produkt in einem Bereich sein, der sich zum wichtigsten neuen Trend in der Geschichte der gesamten Energiebranche entwickeln wird.

NuScale sollte sich also darauf konzentrieren, als erstes Unternehmen mit einem SMR-Design auf den Markt zu kommen, welches die Aufsichtsbehörden zulassen. Nuscale leistet hervorragende Arbeit, um es einfach zu halten. Die Genehmigung der US-Kernkraftwerksaufsichtsbehörde vom Januar 2023 war ein großer Erfolg, nicht nur für das Unternehmen, sondern auch für diese prägende und äußerst wichtige neue Branche.

Am anderen Ende des Spektrums steht Copenhagen Atomics, ein Unternehmen, das versucht, die besten fortschrittlichen Nukleartechnologien zusammen in einem einzigen Produkt zu vereinen. Die gute Nachricht ist, dass dies bedeutet, dass ihr Produkt einer der sichersten und fortschrittlichsten Kernreaktoren sein wird, die je entwickelt wurden. Die Kehrseite der Medaille ist jedoch, dass Copenhagen Atomics mehr Gegenwind von den Aufsichtsbehörden zu erwarten hat als seine Konkurrenten mit den geringeren Ambitionen.

Der „Waste Burner“ (Abfallverbrenner) von Copenhagen Atomics ist ein SMR, der in den Formfaktor eines standardmäßigen 12 Meter-Schiffscontainers passt, so dass der WasteBurner einfach und effizient an jeden Ort der Erde geliefert werden kann. Er wird mit einer Kombination aus Thorium und recycelten abgebrannten Brennelementen aus den altern Kernreaktoren betrieben. Die geringe Menge an Abfällen, die der mit Thorium betriebene „Abfallbrenner“ produziert, muss nur 300 Jahre lang gelagert werden. Im Vergleich zu den 100.000 Jahren für Abfälle aus mit Uran betriebenen Reaktoren.

Der WasteBurner verwendet ein thermisches Thorium-Brüterkonzept, was eine ausgefallene technische Umschreibung dafür ist, dass es sich um ein relativ einfaches Konzept handelt, das von Bösewichten realistischlicherweise nicht zur Herstellung von waffenfähigem Plutonium verwendet werden kann.

Der Abfallbrenner wird mit geschmolzenem Salz gekühlt und mit Thorium als Brennstoff betrieben, so dass er alle wichtigen Sicherheitsvorkehrungen der Oak Ridge National Laboratories vollständig übernimmt.

Der Bau eines Gigawatt-Kraftwerks ist recht einfach, man braucht nur ein paar WasteBurner liefern und sie an eine Dampfturbine zur Stromerzeugung anschließen. Das Beste daran ist, dass das Gebäude weder aus Nuklearbeton gebaut werden, noch muss der Schutt bei dem späteren Rückbau als Atommüll behandelt werden.

Dies senkt die Gesamtkosten der Stromerzeugung deutlich und verkürzt auch den Zeithorizont zwischen der Genehmigung eines neuen Kraftwerks und dem Abschluss der Bauarbeiten erheblich.

Diese Vision von Multi-Gigawatt-Kraftwerken mit zahlreichen SMR, die zusammen genauso viel oder mehr Strom produzieren als die größten konventionellen Kernkraftwerke von heute, sollte unser Zukunft sein.

Die Kernreaktoren werden sich im Laufe der Zeit weiterentwickeln, und wenn einzelne Reaktoren in diesem Szenario das Ende ihrer Lebensdauer erreichen, werden die Ersatzanlagen wahrscheinlich einer neueren Generation angehören, die noch größere Vorteile bietet.

Die Vorteile der Modularität sind tiefgreifend. Allein dadurch, dass das Gebäude, in dem sich die Kernreaktoren befinden, nicht mehr nach den Normen für den Bau von Kernkraftwerken gebaut und später teuer abgerissen werden muss, werden enorme Kosteneinsparungen erzielt.

Ein weiterer großer Vorteil ist die Zeit bis zur Marktreife. Ein Gigawatt-Kraftwerk kann in einem Bruchteil der Zeit gebaut werden, die normalerweise für ein Kernkraftwerk alter Bauart benötigt wird. Denn es wird lediglich ein Gebäude benötigt, in den mehrere Kernreaktoren untergebracht sind, sowie eine Dampfturbine, die aus der von diesen Kernreaktoren gelieferten Wärmeenergie Strom erzeugt.

Die Wasteburner von Copenhagen Atomic sind für die Erzeugung von Wärme und nicht von Strom ausgelegt. Zur Stromerzeugung können Wasteburners problemlos an Dampfturbinen von Siemens und anderen Unternehmen angeschlossen werden. Aber sie können auch direkt zur Wärmeversorgung neuer, fortschrittlicher Verfahren zur Meerwasserentsalzung und zur Herstellung von flüssigem Ammoniakbrennstoff verwendet werden.

Diese Anwendungen der SMR-Technologie könnte für die Menschheit ebenso wichtig sein wie die offensichtlicheren Anwendungen zur Stromerzeugung. Der Ansatz, sowohl die Stromerzeugung als auch andere Anwendungen wie Entsalzung und die Produktion von flüssigem Ammoniak-Treibstoff zu unterstützen, ist ein wichtiges

Merkmal, das zum Industriestandard für die meisten kleinen modularen Reaktoren (SMRs) werden sollte.

Der WasteBurner von Copenhagen Atomics ist für eine Lebensdauer von 15 Jahren im Dauerbetrieb ausgelegt, was bedeutet, dass der Reaktor bis zu 15 Jahre lang ohne Unterbrechung laufen soll. Das Unternehmen beabsichtigt jedoch, seine ersten WasteBurner mit einer auf 5 Jahre reduzierten Betriebsdauer einzuführen, um auf konservative Weise Erfahrungen mit dem Betrieb einer Flotte von WasteBurnern zu sammeln.

Der Abfallbrenner ist vollautomatisch. Er ist so konzipiert, dass er keinerlei menschliches Bedienpersonal benötigt. Die gesamte WasteBurners-Flotte wird vom Unternehmen sicher aus der Ferne verwaltet, und jeder Wasteburner ist so konzipiert, dass er vollautomatisch jeden Notfall bewältigen kann, selbst wenn die Datenkommunikation mit dem Unternehmen aufgrund von Netzwerkausfällen ausfällt.

Copenhagen Atomics hat nicht die Absicht, auch nur einen einzigen Wasteburner-Reaktor zu verkaufen. Das Unternehmen beabsichtigt, Energie als Dienstleistung zu verkaufen, anstatt Kernreaktoren an seine Kunden zu verkaufen. Die gesamte Wasteburner-Flotte wird Eigentum von Copenhagen Atomics sein und von diesem betrieben werden, so dass das Unternehmen die Wartung und Pflege der Flotte streng kontrollieren kann.

Erinnern Sie sich an die wahren Ursachen der Fukushima-Katastrophe, die ich in Episode 5 beschrieben habe, wenn Sie besser verstehen wollen, warum das Management von Copenhagen Atomics es vielleicht vorziehen könnte, anderen nicht die ordnungsgemäße und verantwortungsvolle Bedienung seiner Abfallverbrenner anzuvertrauen, sondern diese Funktionen unter seiner eigenen direkten Leitung und Kontrolle zu behalten.

Kopenhagen Atomics steht also in jeder Hinsicht an der Spitze der technologischen Innovation und der Einführung der fortschrittlichsten Nukleartechnologien. Das bedeutet auch, dass das Unternehmen mit den größten regulatorischen Herausforderungen konfrontiert wird und daher vermutlich keine Chance hat, seine weniger ambitionierten Wettbewerber auf den Markt zu überholen.

Zwischen diesen beiden Extremen - NuScale und Copenhagen Atomics - gibt es mehr als 50 weitere Start-ups, die SMR-Konzepte mit unterschiedlichem technologischem Entwicklungsstand verfolgen.

Einige Start-ups beispielsweise, die mit Flüssigsaltz gekühlte Reaktoren entwickeln, verzichten bei ihren Produkten der ersten Generation absichtlich auf Thorium, weil sie wissen, dass die Genehmigung eines neuen Brennstoffs durch die Aufsichtsbehörden viel länger dauern wird.

Daher werden ihre Produkte der ersten Generation mit Uran betriebene Flüssigsalzreaktoren sein. Diese Unternehmen heben sich Thorium für das nächste Kapitel der Entwicklung auf. Diese Unternehmen schießen überall auf der Welt aus dem Boden, und einige von ihnen erhalten nun sogar VC-Finanzierungen (Venture

Capital Finanzierung). Wir sind Zeugen der Geburt der wichtigsten Industrie des 21. Jahrhunderts, und zwar live, genau jetzt im Jahr 2023!

Die Vision von Copenhagen Atomics für ihren Waste Burner SMR ist es, mindestens eine Einheit pro Tag auf mehreren Montagelinien weltweit zu produzieren. Das klingt nach einem sehr ehrgeizigen Ziel, aber bei genauerer Analyse ist es bei weitem nicht ausreichend! Um die Größenordnung des Problems, das wir zu lösen versuchen, zu verstehen: Es würden etwa 50.000 Copenhagen Atomics WasteBurner benötigt, um den gesamten Strom, den wir heute aus Kohle beziehen, vollständig zu ersetzen, die bei weitem der größte Treibhausgasemittent ist

Selbst wenn Copenhagen Atomics sein Ziel erreicht, einen Waste Burner pro Tag herzustellen, wäre diese eine Firma allein bei weitem nicht ausreichend. Was wir brauchen, ist, dass die SMR-Industrie insgesamt mindestens 14 Generation-IV-SMRs pro Tag herstellt, 7 Tage die Woche, 365 Tage im Jahr, für 10 Jahre am Stück, um nur genug Strom zu erzeugen, um den heutigen Kohlestrom zu ersetzen. Und bis 2050 werden wir doppelt so viele benötigen, um unsere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen vollständig zu beseitigen.

Das ist eine Menge an qualitätskritischer Fertigung, die in den nächsten 25 Jahren stattfinden muss. Ich sage voraus, dass die Nation, die als erste die Großserienfertigung von SMRs mit fortschrittlicher Nukleartechnologie auf die Beine stellt, einen enormen militärischen und geopolitischen Vorteil daraus ziehen wird, da sie diese Industrie dann unter ihrer Kontrolle haben.

Im Moment ist China führend bei Thorium-betriebenen Flüssigsalzreaktoren. Man muss kein Raketenwissenschaftler sein, um herauszufinden, dass sie ihre frühen Fortschritte bei Thorium leicht nutzen könnten, um den Westen mit einer großen Initiative zum Bau von Thorium-betriebenen SMRs in großem Maßstab zu überflügeln.

China hat die Möglichkeit, einen immensen geopolitischen Vorteil zu erlangen, wenn sie das SMR-Geschäft dominieren und kontrollieren können. Sie könnten viel schneller als alle anderen auf den Markt kommen und ich fürchte, dass ist das wahrscheinlichste Ergebnis.

Denken Sie daran, dass nicht nur das Risiko besteht, dass der Westen unsere Reaktoren von China kaufen muss. Sondern, dass China nicht bereit ist, seine Reaktoren zu irgendeinem Preis an jemand anderen als seine strategischen Partner zu verkaufen.

Damit wäre der Westen von einem wichtigen neuen Energiemarkt abgeschnitten, der das Gleichgewicht der Weltmacht von West nach Ost verschieben könnte, so dass China die Vereinigten Staaten, als globale wirtschaftliche und militärische Supermacht ablöst.

Tatsache ist, dass der einzige bewährte Weg, eine nukleare Supermacht zu stürzen, darin besteht, diese Nation wirtschaftlich zu besiegen. Der Zusammenbruch der Sowjetunion hat das bewiesen. Zurzeit ist China vollständig von Energieimporten abhängig und kann ohne seine Erdöl exportierenden Handelspartner buchstäblich nicht überleben.

China würde enorme militärische Vorteile erlangen, wenn es irgendwie eine Energieunabhängigkeit erreichen könnte. Allein der wirtschaftliche Vorteil niedrigerer Energiekosten, die dem verarbeitenden Gewerbe des Landes die Möglichkeit geben, die Kosten des Westens zu unterbieten, wäre ein großer Gewinn für China. Noch wichtiger ist jedoch, dass China, wenn es die monopolistische Kontrolle über den weltweiten SMR-Markt erlangt, das Gleichgewicht der Weltmacht mit Leichtigkeit zugunsten Chinas verschieben könnte.

China könnte den Platz als der globale Platzhirsch in wirtschaftlicher als auch in militärischer Hinsicht an sich reißen. Den Platz den die Vereinigten Staaten seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs innehatten. Denn Chinas Führungsrolle im Bereich der Kernenergie ist dabei, die amerikanische Hegeemonie in den Schatten zu stellen, so wie es die USA ein Jahrhundert zuvor mit dem britischen Empire gemacht haben.

Welches Land oder welche Länder die globale SMR-Industrie kontrollieren, wird den Lauf der Weltgeschichte entscheidend beeinflussen, daher müssen wir die Bemühungen Chinas und anderer Länder in dieser Branche sehr genau beobachten.

Hier im Westen besteht die Herausforderung indessen nicht in der Innovation, sondern in der Kapitalanlage. Die meisten SMR-Unternehmen, die mit fortschrittlichen Nukleartechnologien arbeiten, sind die Lieblingsprojekte von Milliardären, die sich dafür entscheiden, eine - wie sie wissen - zweifelhafte finanzielle Investition in ein Unternehmen zu tätigen, das eine Maschine baut, die in keinem Land der Erde legal betrieben werden kann, ohne eine behördliche Genehmigung, für die es nicht einmal einen Präzedenzfall gibt!

Wenn wir die Energiewende bis 2050 wirklich schaffen wollen, muss die sich jetzt formierende SMR-Industrie das nächste große Ding werden, in das die Wall Street wie in den späten 90er- Jahren mit Besessenheit investiert.

Die sich entwickelnde, aber lebenswichtige SMR- Industrie floriert noch nicht, weil die Investoren noch nicht begriffen haben, dass SMR letztlich eine viel wichtigere Rolle bei der Energiewende spielen werden als Wind- und Solarkraftwerke zusammen.

Irgendwann wird der Markt begreifen, dass SMR noch heißer sein werden als KI-Aktien Ende 2022 Die Kapitalschleusen werden sich öffnen, und viel Geld wird nicht ausreichend guten SMR-Unternehmen hinterherlaufen. Doch im Moment gibt es für die meisten SMR-Start-ups praktisch kein institutionelles Kapital.

Die ESG-Gemeinde denkt immer noch, dass Atomkraft schlecht ist. Nur wenige Portfoliomanager wagen es, einen hochkarätigen Investor zu verärgern, der eine irrationale Anti-Atom-Besessenheit hat. Ironischerweise ist der Grund, warum wir nicht in Flüssigsalzreaktoren investieren, die Technologie, die das Risiko einer Kernschmelze vollständig ausschließt, folgender:

Viele Menschen sind so davon besessen, dass das Risiko einer Kernschmelze etwas schrecklich Schlimmes ist, dass Investoren nichts mit Unternehmen zu tun haben wollen, die irgendetwas bauen, das in irgendeiner Weise mit der Kernenergie zu tun hat.

EINSCHLIESSLICH etwas, von dem bereits bewiesen ist, dass es Kernschmelzen vollständig verhindert? Die vollständige Behebung von Kernschmelzen ist also für Investitionen tabu, weil Kernkraft schlecht ist, wegen der Kernschmelzen? Die Logik geht nicht auf, aber menschliche Emotionen sind nun einmal so.

Der Fortschritt in diesem wichtigen Bereich ist also per definition auf Eis gelegt, bis das Kapital wieder freier fließen kann. Das bedeutet, dass die Lösung der Energiewende auf Eis gelegt ist, bis wir das Problem gelöst haben.

Das ist ein echtes Problem, denn eine neue SMR durch das Genehmigungsverfahren zu bringen, bis zu dem Punkt, an dem sie für den Betrieb eines kommerziellen Reaktors mit einer echten nuklearen Kettenreaktion zugelassen ist, kostet mindestens 250 Millionen Dollar.

All diese kleinen Unternehmen, die Prototypen bauen, stecken also noch in den Kinderschuhen und erproben ihre Konzepte in der Hoffnung, dass eines Tages Investitionskapital zur Verfügung steht, um diese neuen Entwürfe durch das schmerzhaft teure Genehmigungsverfahren zu bringen.

Erst dann können sie mit dem Bau der Fließbänder beginnen, an denen schließlich alle Kernreaktoren gebaut werden, die wir zur Lösung der kommenden Krise benötigen.

Um von hier nach dort zu gelangen, ist eine ganze Menge mehr Investitionskapital erforderlich. Die meisten institutionellen Anleger lassen die Finger von allem, was mit Atomkraft zu tun hat, weil eine Investition in Atomkraft für ihre Investor-Relations-Abteilung ein Problem darstellen würde.

Solange kein institutionelles Kapital zur Verfügung steht, mit dem diese kleinen Unternehmen jeweils eine Viertelmilliarde investieren können, um ihre Visionen für unsere Energiezukunft in zugelassene Produktlinien umzusetzen, können wir nicht einmal damit beginnen, SMR- Fertigungsstraßen in großem Maßstab zu bauen.

Die Kosten für die Erfüllung der regulatorischen Anforderungen sind gewaltig. Deshalb wird der Übergang zu erneuerbaren Energien nicht ohne bedeutende Investitionen erfolgen. Aktuell besteht insbesondere bei NuScale ein großes Interesse seitens institutioneller Akteure.

Am anderen Ende des Spektrums jedoch, bei Copenhagen Atomics, wo letztendlich die strategisch wichtigsten technologischen Fortschritte erzielt werden dürften, gibt es bisher keine Anzeichen dafür, dass institutionelles Kapital Interesse an geschmolzenem Salz, Thoriumbrennstoffen, Abfallverbrennung oder anderen Spitzentechnologien zeigt.

Es kann keinen bedeutenden Fortschritt im Bereich der Spitzentechnologie geben, solange keine Finanzierung für die Unternehmen verfügbar ist, die diese Spitzentechnologie definieren.

Die fortschrittliche Kernkraftwerksindustrie zum Laufen zu bringen, ist wohl das Wichtigste, was wir zur Unterstützung der Energiewende und - im Falle der USA - auch zur Förderung der nationalen Sicherheit tun können.

Wind- und Solarenergie allein werden nie ausreichen, um das Problem vollständig zu lösen, auch nicht mit Batterien zur Energiespeicherung. Die Tiefengeothermie ist noch nicht ganz reif für die Primetime.

Die neue Generation der Kernkraftwerke ist bei weitem unsere beste Hoffnung. Die alten Kernkraftwerke, bei welchen der Bau eines Kernkraftwerks ein ganzes Jahrzehnt und mehrere Insolvenzen erfordert, werden unsere Probleme bis 2050 nicht lösen.

Der einzige gangbare Weg, den ich für die Menschheit sehe, um die kommende Energiekrise zu überleben, ist die rasche Entwicklung einer Industrie für kleine modulare Kernreaktoren. Die in der Lage ist weltweit mindestens 15 SMR der vierten Generation pro Tag zu produzieren, wobei zumindest einige dieser SMR als Abfallverbrennungsanlagen konzipiert sind.

Wir sollten nichts weniger als einen überzeugenden Plan fordern, um alle 250.000 Tonnen hochradioaktiven Atommülls, der derzeit gelagert wird, in kürzerer Zeit zu beseitigen, als es gedauert hat, ihn anzusammeln.

2060 wäre ein realistisches Ziel, bis zu dem wir jedes Gramm des derzeit gelagerten hochradioaktiven Atommülls beseitigen könnten. Dies würde erreicht, indem alle 250.000 Tonnen dieses Abfalls recycelt werden, wodurch 237.000 Tonnen recyceltes Uran entstehen, das zur Betankung neuer Reaktoren verwendet werden kann. Die verbleibenden 13 000 Tonnen Transurane und Spaltungsnebenprodukte würden als Brennstoff in den Wasteburnern von Copenhagen Atomics oder in den abfallverbrennenden Brüterreaktoren anderer Hersteller verbraucht.

Wir brauchen nicht alle SMRs mit Abfallverbrennungsanlagen auszustatten. Wir brauchen nur genug Abfallverbrennungsanlagen, um alle 250.000 Tonnen gelagerten Abfälle loszuwerden. Und zusätzlich müssen neue Abfälle entsorgt werden, die durch die wachsende globale Flotte von SMRs entstehen, von denen viele mit Uran betrieben werden und dazu neigen, 95 % des schwach angereicherten Uranbrennstoffs, den sie verbrauchen, zu verschwenden.

Die übrigen SMRs müssen keine Abfallverbrenner sein und könnten entweder Thorium-Brüter oder Uranreaktoren mit thermischem Spektrum sein. Auf dem SMR-Markt ist Platz für eine Vielzahl von Konstruktionen mit unterschiedlichen Merkmalen, um den verschiedenen Bedürfnissen der unterschiedlichen Nutzer gerecht zu werden.

Leider wird bei der ersten Welle von SMRs Druckwasser als Kühlmittel verwendet werden. Hoffentlich werden die Pionierunternehmen, die bereits an SMRs mit flüssigem Salz arbeiten, bald die Kühlung mit geschmolzenem Salz als den Goldstandard etablieren, den jeder von einem glaubwürdigen SMR erwartet. Die Industrie sollte schließlich ganz auf Druckwasserreaktoren verzichten, aber es ist viel zu früh, um dies in absehbarer Zeit zu erwarten.

Der erfolgreiche Start der von mir beschriebenen SMR-Industrie wird der Gesellschaft ein Heer vollautomatischer SMR's liefern. Diese werden die gesamte Energie bereitstellen, die wir brauchen, um die kommende globale Energiekrise zu lösen und die Ziele der Energiewende bis 2050 zu erreichen. Der Wettbewerb auf diesem wichtigen Markt wird dafür sorgen, dass die Strompreise so niedrig wie möglich sinken, so dass die Gesellschaft gedeihen kann. Da niedrigere Energiekosten das Tempo des menschlichen Fortschritts beschleunigen.

Um den Übergang zu erneuerbaren Energien zu meistern, reichen kleine modulare Reaktoren (SMRs) allein nicht aus. Was wir brauchen, ist ein ganzheitlicher, integrierter Ansatz. Dieser sollte nicht nur die bemerkenswerten Fortschritte in den Bereichen Wind- und Solarenergie würdigen, sondern auch der Tiefengeothermie-Forschung und -Entwicklung mehr Bedeutung beimessen.

Zudem sollten sowohl traditionelle als auch moderne Kernenergie als Lösung für die Grundlast der Stromversorgung anerkannt werden.

Die Details dieses umfassenden Plans werde ich in der nächsten und letzten Episode von „Energy Transition Crisis“ ausführlich vorstellen.