

Mikroreaktoren ante portas – Energiewender was nun?

geschrieben von Admin | 8. Februar 2023

Im US-Luftwaffenstützpunkt Eielson in Alaska soll bis 2027 der erste Mikroreaktor einsatzbereit sein. Er wird in das vorhandene Fernwärmenetz und die Stromversorgung des Stützpunkts integriert. Ein Vorbote für die zivile Nutzung – und eine industrielle Revolution ähnlich dem Übergang vom Rechenzentrum zum PC.

von Klaus-Dieter Humpich

Seit Jahrzehnten tauchen immer wieder Papiere auf, die sich mit der Energieversorgung des Militärs beschäftigen. Das US-Verteidigungsministerium (DoD) verbraucht ungefähr 30 Terawattstunden elektrische Energie jährlich und fast 38 Millionen Liter Kraftstoffe pro Tag. Das DoD ist der größte öffentliche Energieverbraucher der USA. Es gibt rund 3,5 Milliarden Dollar jährlich (Fiskaljahr 2020) hauptsächlich für Elektroenergie aus.

Der politische Druck zum Energiesparen und zur CO₂-Minderung nimmt immer mehr zu. Die angestrebten Reduzierungen werden seit über einem Jahrzehnt beständig verfehlt. Es handelt sich zugegebenermaßen um eine Herkulesaufgabe, die 423 Standorte (346 in continental US, 6 in Alaska, 7 auf Hawaii, 4 in den US-Territorien und 60 international) zu sanieren. Der Median in den USA hat eine mittlere Leistung von 5,6 MW und zahlt 93,6 \$/MWh – durchaus vergleichbar mit einem Industriebetrieb. Genau darin liegt die weit über das Militär hinausgehende Bedeutung.

Warum Kernenergie?

Der Kostendruck durch steigende Energiepreise nimmt weiter zu. Die Umweltauflagen bzw. Umweltkosten (z.B. CO₂-Steuer, Wasserabgaben usw.) verschärfen sich ständig. Hinzu tritt ein völlig neues Problem: Die zunehmenden Ausfallwahrscheinlichkeiten durch die Nutzung von Wind und Sonne in den öffentlichen Netzen. Drastisch formuliert: Der Krieg muss auch bei Dunkelflaute stattfinden können. Der Bedarf an Ersatzstrom wird deshalb ständig größer und geht über eine klassische Notstromversorgung hinaus. Hinzu kommen die Anforderungen an die Versorgungssicherheit im Krisenfall und der Nachschub für die Überseestandorte, der erhebliche militärische Einheiten binden kann.

Im Abschnitt 327 des „John S. McCain National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2019“ wird deshalb folgende Definition für Resilienz genannt: „Energieresilienz ist die Fähigkeit, erwartete und unerwartete Energiestörungen zu vermeiden, sich darauf vorzubereiten, (die Folgen) zu minimieren, sich anzupassen und sich von ihnen zu erholen, um die

Energieverfügbarkeit und -zuverlässigkeit zu gewährleisten, die ausreicht, um die Mission bzw. die Bereitschaft aufrecht zu erhalten.“

Und in Abschnitt 101(e)(7) wird Energiesicherheit definiert als „gesicherter Zugang zu zuverlässigen Energielieferungen und die Fähigkeit, genügend Energie zu schützen und zu liefern, um die wesentlichen Anforderungen der Mission zu erfüllen“. Zusammen sorgen Energieresilienz und Energiesicherheit für eine gesicherte Energieversorgung.

Das sind nicht nur die ausdrücklich geforderten Anforderungen an einen „Kernreaktor“ zur Versorgung eines Stützpunktes, sondern lassen sich auch unmittelbar auf den zivilen Bereich (Rechenzentrum, Bank, Chemie etc.) einer Industriegesellschaft übertragen. Wird die „Energiewende“ weiter betrieben, müssen sich faktisch alle Sektoren der Gesellschaft der gleichen Herausforderung stellen. Ein Vorstand, der den Ausfall seiner Produktion durch Energiemangel riskiert, wird sich dafür verantworten müssen. Wer in Ländern mit häufigem Stromausfall investiert, muss die Kosten tragen.

Aus der Geschichte lernen

Der Gedanke der Nutzung von Reaktoren beim Militär ist nicht neu. Es gibt über 100 Druckwasserreaktoren (U-Boote, Flugzeugträger, Kreuzer) bei der Marine. Aber auch die Army unterhielt 1954 bis 1978 das Army Nuclear Power Program (ANPP) mit acht Reaktoren. Die Reaktoren hatten eine Leistung von 0,2 bis 10 MWe und erreichten zusammen 61 Betriebsjahre. Alle Reaktoren erforderten waffengrädiges Uran (Anreicherung 93 Prozent), was heute nicht mehr zulässig wäre. Die Konzepte heutiger Kleinreaktoren dürfen maximal noch 19,75 Prozent Anreicherung (Proliferation) haben. Alle Reaktoren waren verschieden und damit kostspielige Einzelanfertigungen. Dieses Manko schleppten sie über ihre ganze Betriebszeit mit sich herum (Ersatzteile, Schulung etc.). Sie waren damit ausnahmslos unwirtschaftlich und wurden deshalb durch Dieselmotoren mit vergleichbar geringen Investitionen ersetzt – zumal die Kraftstoffpreise vor den Ölkrisen extrem günstig waren. Die Gesamtkosten für das ANPP beliefen sich auf über 720 Millionen US-Dollar (2021). Gleichwohl lieferte das Programm – auch für die zivile Entwicklung – wertvolle Erkenntnisse.

Was aber heute überhaupt nicht mehr geht, ist schlampiger Umgang mit der Sicherheit (3 Tote beim SL-1 im Dezember 1960, verursacht durch eine Dampfexplosion). Schäden beim Transport auf die Baustelle und mangelnde Auslegung gegen Erdbeben (SM-1A: Fort Greely, Alaska) oder Umweltverschmutzungen. So mussten 14.000 t Boden aus der Antarktis (PM-3A: McMurdo Station, Antarctica) wegen Kontamination zurück in die USA verschifft werden.

Auch der Standort will wohlüberlegt sein: So versorgte der MH-1A Reaktor mit 10 MWe Leistung zwar 10 Jahre lang den Panamakanal kostengünstig

mit Strom, wurde aber aus politischen Gründen (Übergabe des Kanals an Panama) wieder zurück in die USA geschleppt. Eine neue Verwendung fand sich für dieses schwimmende Kernkraftwerk nie mehr. Ein ähnliches Schicksal erlitt der PM-1 (731st Air Force Radar Squadron, Wyoming), weil die Sundance Radar Site vorzeitig geschlossen wurde. Das zugehörige Frühwarnsystem hatte sich durch Einführung der Interkontinentalraketen erübrigt.

Der erste Standort

Im Eielson Luftwaffenstützpunkt in Alaska soll nun bis 2027 der erste Mikroreaktor eingesetzt werden. Er wurde unter folgenden Gesichtspunkten ausgewählt:

- Abgelegener Standort in einer kargen Umgebung. Die Unabhängigkeit der Technologie soll dadurch demonstriert werden und die Fähigkeit unter extremen Umgebungsbedingungen zu arbeiten.
- Integration des „Kernkraftwerks“ in die vorhandene Infrastruktur eines Standorts.
- Es handelt sich um einen für die Verteidigung strategisch wichtigen Standort, der von der Energieresilienz profitieren könnte.
- Politische Unterstützung auf bundesstaatlicher und lokaler Ebene.

Der Luftwaffenstützpunkt Eielson liegt in einer Entfernung von etwa 50 km von Fairbanks. Die Tiefsttemperatur im Winter kann -62°C betragen. Im Sommer sind hingegen 26°C üblich. Wie lebenswichtig Wärme und Strom unter solchen Bedingungen sind, zeigen die in jedem Gebäude angebrachten Hinweisschilder: Bei Außentemperaturen unterhalb -40°C erfolgt eine Evakuierung innerhalb von 30 Minuten nach Ausfall der Heizung.

Der Mikroreaktor muss in das vorhandene Fernwärmenetz und die Stromversorgung des Stützpunkts integriert werden. Hauptsächlich wird der Stützpunkt durch ein eigenes Kohlekraftwerk (6 Kessel) versorgt, welches durchschnittlich 500 t Kohle pro Tag verfeuert. Im Winter steigt der Verbrauch auf bis zu 800 t täglich. Die Kohle wird durch die Eisenbahn angeliefert. Es wird ein Vorrat für 90 Tage auf dem Gelände vorgehalten.

Es ist ein Reaktor mit 1 bis 5 MWel ausgeschrieben, der mindestens zwei Jahre ohne Brennstoffwechsel läuft und über eine (geplante) Lebensdauer von 30 Jahren verfügt. Es wird eine Zulassung der Atomregulierungskommission (NRC) vor Inbetriebnahme gefordert, und es müssen alle Vorschriften und Regularien des Bundesstaats eingehalten werden. Dies ist bemerkenswert. Das DoD verzichtet ausdrücklich auf seine (möglichen) Sonderrechte und verlangt eine zivile Zulassung. Das könnte einerseits zu Kosten- und Terminüberschreitungen führen, andererseits wäre eine unmittelbare kommerzielle Nutzung möglich.

Genau dies ist ein wesentlicher Grund dieses Vorhabens. Es ist typische Industriepolitik der USA. Alle wissen, dass der Bau eines Prototyps

unter den geltenden staatlichen Rahmenbedingungen kaum von der Industrie allein getragen werden kann. Deswegen unterwirft sich der Staat in der Funktion des Verteidigungsministeriums den eigenen – von ihm selbst geschaffenen – Fesseln. Zahlen muss eh der Steuerzahler. Hat das „Rüstungsprojekt“ den erwarteten Erfolg, kann die sofortige (dann kalkulierbare) wirtschaftliche Verwertung zum beidseitigen Vorteil von Militär und Industrie beginnen. Ein in den USA vielfach erprobtes Verfahren: Man denke nur an die gesamte Elektronik, Luftfahrt und Satellitentechnik.

Erfordernisse des Standorts

Im Einklang mit dem nicht-kommerziellen Charakter des Projekts werden die Prüfung und der Betrieb dieses Reaktorprototyps mit Genehmigung des Energieministeriums (DOE) durchgeführt. Die Atomregulierungskommission (NRC) beteiligt sich als unabhängige Sicherheitsaufsichtsbehörde an diesem Projekt. Bezüglich des Standorts müssen folgende Nachweise erbracht werden:

- Geologie und Seismologie
- Extreme Wetterbedingungen und ihre Verteilung
- Ausschlussgebiete
- Einwände und Bedenken der Bevölkerung
- Notfallpläne
- Sicherheitsvorkehrungen
- Hydrologie
- Industrie-, Militäranlagen und Transporteinrichtungen
- Ökosystem und Biotope
- Landnutzung und Ästhetik
- Sozioökonomische Verhältnisse
- Lärmbelastung

Ausgewählte Reaktoren

Für dieses Projekt wurden nur Reaktoren der sog. 4. Generation (GEN IV) zugelassen. Für eine stationäre Version wurde X-energy (bis 75 MWe) und für eine mobile Version BWXT (bis 5 MWe) ausgewählt. Bei beiden Reaktoren handelt es sich um gasgekühlte Hochtemperaturreaktoren. Beide verwenden TRISO (TRi-structural ISOtropic) Brennelemente mit erhöhter Anreicherung (HALEU, High-Assay Low Enriched Uranium).

BWXT (Babcock & Wilcox X-Technologies) ist der einzige US-Hersteller von TRISO-Kügelchen auf der Basis von Uran Oxycarbid. Sie sind mit mehreren Schichten aus Kohlenstoff und Siliciumcarbid ummantelt. Siliciumcarbid wird z.B. als Schleifmittel für optische Gläser eingesetzt. Dieser Brennstoff wurde im Dauerbetrieb unter Strahlung in Forschungsreaktoren bei über 1.000°C getestet. Er bleibt bei Temperaturen bis zu 1.850°C nahezu unverändert, alle Spaltprodukte bleiben eingeschlossen. Nach 15 Jahren Entwicklung ist nun die erste Fabrik zur Massenproduktion in Betrieb. Es ist eine Weiterentwicklung der deutschen Kugelhaufen-

Elemente aus den 1980er Jahren. Die Weiterentwicklung und Anwendung wurde in Deutschland aus ideologischen Gründen eingestellt.

HALEU hat eine Anreicherung von U235 auf bis zu 19,75 Prozent. Zur Zeit wird es noch durch Verschneiden von waffengrädigem Uran gewonnen. Auf Grund der veränderten politischen Situation durch den Überfall der Ukraine – bisher verkaufte Russland billig solch höher angereichertes Uran – wird mit Hochdruck eine neue Zentrifugen-Kaskade speziell für HALEU gebaut.

Pele und BANR

BWXT hat den Entwicklungsauftrag (formal cost-sharing contracting) vom Energieministerium DOE für einen transportablen Kleinreaktor mit einer Leistung bis 50 MWth erhalten. Der BANR (BWXT Advanced Nuclear Reactor) dürfte mit seiner Leistung von etwa 17 MWel für das Militär schon zu groß sein. Für den BANR sind TRISO-Kügelchen mit einem Kern aus Urannitrid vorgesehen. Die erste Ladung für Tests im National Laboratory's (INL) Advanced Test Reactor ist für 2024 eingeplant.

Das Verteidigungsministerium (DoD), vertreten durch sein Strategic Capabilities Office (SCO) und das Energieministerium (DOE), beauftragten den Bau eines mobilen Mikroreaktors mit einer Leistung von bis zu 5 MWel für die Eielson Luftwaffenbasis. Dieses „Kernkraftwerk“ soll in einen handelsüblichen 20-Fuß Container eingebaut werden. Parallel läuft die Begutachtung des Standorts durch die US Nuclear Regulatory Commission (NRC). Bei Lichte betrachtet, geht es hier um eine Übung für den Bau eines Kernkraftwerks mit einem völlig neuen Reaktortyp auf der Überholspur. Kernforderung ist wirklich die Mobilität (20-Fuß-Container).

Dies muss man im Zusammenhang mit der Elektrifizierung des Kriegs sehen: Die Entwicklung der Laser zur „munitionslosen“ Raketen- und Drohnenabwehr macht unerwartete Fortschritte. Hybridfahrzeuge (kleine Infrarotsignatur, nahezu geräuschlos) sind weltweit im Gespräch. Was aber bisher fehlt, ist eine adäquate Stromversorgung. Deshalb liest sich auch das Konsortium für Pele wie das *Who is Who* der amerikanischen Rüstungsindustrie: Hauptauftragnehmer ist BWXT (baut unter anderem alle Reaktoren für die Navy). Die führenden Unter-Auftragnehmer sind Northrop Grumman Aerojet, Rocketdyne, Rolls-Royce LibertyWorks und Torch Technologies, Inc.

Nachbetrachtung

Unter dem Radar – zumindest unserer woken Medien – vollzieht sich hier eine kleine industrielle Revolution. Sie erinnert fatal an den Übergang vom Rechenzentrum zum PC oder vom „Handy“ zum Smartphone. Gerade die geringe Leistung ergibt völlig neue Märkte: dezentrale Strom- und Wärmeproduktion für Industrie und (kleine) Städte. Der alte Gedanke vom

Blockheizkraftwerk erlebt eine Renaissance, aber diesmal mit preisgünstigem Brennstoff und ohne Abgase und Lärm. Durch die Mobilität ergibt sich eine völlig neue Geschäftsidee: das Kernkraftwerk zum Mieten. Es ist kein Kapitaleinsatz für eine notwendige Wärmeerzeugung mehr nötig.

Der Gedanke der Dienstleistung könnte Einzug in die Energiewirtschaft halten. Das E-Auto und der E-LKW könnten Realität werden, wenn es erst die Autobahntankstelle mit Mikroreaktor gibt (Ladezeiten). Und Vorsicht, wir reden hier nicht über Science Fiction, der erste Reaktor soll bis 2027 – also in nur vier Jahren – in Eielson laufen. Schauen wir mal, wie viele Windmühlen unser Robert bis dahin gebaut hat.

Dieser Beitrag erschien zuerst auf nukeKlaus.net