

Kleine modulare Reaktoren – Die Kraft des Versprechens

Sie sorgen für Aufsehen in den Medien. „Zwergreaktoren“ hat sie der Windriese Ørsted genannt.¹ Diese kommerziellen Reaktoren mit einer Leistung von weniger als 300 MWe gibt es zwar in der westlichen Welt nicht, aber es wird viel von ihnen gesprochen. Sollten sie es innerhalb der nächsten 15 oder 20 Jahre auf mehr als ein paar Prototypen bringen, wäre der Strom, den sie produzieren, extrem teuer. Zu spät, zu teuer fürs Klima.

Das Versprechen ist Jahrzehnte alt – nie realisiert, aber nicht totzukriegen: Die internationale Atomindustrie wirbt für kleine, modulare „Reaktoren der Zukunft“. Den Versprechungen zufolge sollen sie kostengünstig, ausfallsicher und daher überall einsetzbar sein, auch in Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte. Nur gibt es sie nicht wirklich. Aber wie die Illusion, die in den 1990er Jahren als Konzeptzeichnung an Wände projiziert wurde, werden die Träume von heute weltweit auf Computerbildschirmen und in Zoom-Räumen heraufbeschworen.

Kleine modulare Reaktoren, kurz SMR, sind wieder en vogue. Ein alter Hut mutiert zum neuen Hit.² In den 1950er und 1960er Jahren wurden ein paar von ihnen tatsächlich gebaut, namentlich in den USA.³ Das nahm nicht immer ein gutes Ende. So ging der kleine

¹ Volker Kühn, „Verstrahlte Träume“, *EnergieWinde*, 27. November 2020, siehe energiwinde.orsted.de/energiepolitik/atomenergie-niedergang-keine-rennaissance, aufgerufen am 20. Mai 2024.

² Siehe eine Zusammenfassung der Geschichte der SMRs von M.V. Ramana, „The Forgotten History of Small Nuclear Reactors“, *IEEE Spectrum*, 27. April 2015, siehe spectrum.ieee.org/tech-history/heroic-failures/theforgotten-history-of-small-nuclear-reactors, aufgerufen am 20. Mai 2024.

³ 14 Reaktoren mit einer Leistung unter 100 MW gingen ans Netz. Nur sechs Reaktoren mit einer Leistung zwischen 100 MWe und 500 MWe gingen in Betrieb. 115 der insgesamt 135 in den USA in Betrieb genommenen KKW haben damit über 500 MWe Leistung.

Elk River Reaktor nach fünf Jahren Bauzeit in Betrieb, um 1968, nur dreieinhalb Jahre später, für immer abgeschaltet zu werden. Und es sollte zehn Jahre dauern, bis Fermi-1, ein experimenteller Schneller Brüter am Ufer des Eriesees, 1966 die erste Kilowattstunde Strom lieferte. Zwei Monate später kam es zu einer Teilschmelze des Reaktorkerns. Das Buch „We Almost lost Detroit“ entwickelte sich zum Bestseller.⁴

Kleinreaktoren bringen keine Skaleneffekte

Seit den 1970er Jahren wurden immer größere Meiler gebaut, auch um die Kosten pro Kapazitätseinheit einzudämmen. In den letzten zehn Jahren stellte sich jedoch heraus, dass die großen Anlagen, egal welcher Baureihe, zu teuer, und zu groß und zu langsam sind, um mit der flinken Konkurrenz aus der Erneuerbaren-Branche Schritt halten zu können. Nun sollen es einmal mehr die SMR richten. Billig, einfach und schnell zu bauen seien sie, dazu komplett unproblematisch im Betrieb.

Dabei weiß jeder Weinliebhaber, dass ein Glas im Restaurant zwar weniger kostet als eine ganze Flasche, dass die einzelnen Gläser zusammengerechnet jedoch viel teurer sind als die gleiche Menge aus einer gekauften Flasche. Ein schlagkräftiges Argument für den Kauf der ganzen Flasche. In der Ökonomie nennt man das den Skaleneffekt.

Im Umkehrschluss heißt das: Baue ich ein Projekt um den Faktor 10 oder 20 kleiner, verliere ich die Einsparungen durch den Skaleneffekt. Jahrzehntlang galt der ursprünglich in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte Kugelhaufenreaktor (Pebble Bed Modular Reactor, PBMR) als SMR-Champion. In Deutschland scheiterte der Plan 1988 endgültig, nachdem zuvor Milliarden öffentlicher Gelder in zwei Prototypreaktoren gesteckt worden waren.⁵ Die Republik Südafrika ging zunächst mit dem Konzept einer 110-MWe-Anlage an den Start, deren Leistung später schrittweise auf 165 MWe angehoben wurde, um sie wirtschaftlich rentabel zu machen. Bis 2010 hatte dieses Abenteuer am Kap die Steuerzahler des Landes 800 Millionen Euro gekostet. Ein Prototyp wurde nie gebaut, und schließlich zog die Regierung in Pretoria den Stecker.⁶

⁴ John G. Fuller, „We Almost Lost Detroit“, Ballantine Books, 1976

⁵ Versuchsreaktoren AVR Jülich (15 Megawatt) und Thorium-Hochtemperaturreaktor THTR Hamm-Uentrop (300 Megawatt) in Hamm-Uentrop (300 Megawatt).

⁶ David Fig, „Nuclear energy rethink? – The rise and demise of South Africa’s Pebble Bed Modular Reactor“, Mai 2010.

NuScale in den USA, Vom Vorzeigekind zum Problemfall – Argentinien, China, Russland in Schwierigkeiten

Seit 2000 finanziert das US-Energieministerium die SMR-Forschung erneut mit erheblichen Mitteln. Das SMR-Konzept mit dem Namen NuScale war im Sommer 2020 weltweit das erste seiner Art, das in den USA eine bedingte allgemeine Bauartgenehmigung erhielt. Kurz darauf rechnete die Finanzabteilung des Unternehmens nach. Das Standarddesign sah Anlagen mit immerhin 12 Modulen vor, um über den Skaleneffekt in die Nähe einer – rechnerischen – Wirtschaftlichkeit zu kommen. Allerdings schnellten die geschätzten Kosten von Nuscale trotz „Mengenrabatt“ auf Größenordnungen hoch, die die wirtschaftlich katastrophalen europäischen Großmeiler der jüngsten Generation (Europäischer Druckwasserreaktor, EPR) mit Projekten in Finnland, Frankreich und Großbritannien in den Schatten stellten. Die Projektmanager beschlossen daher, die Kapazität jedes NuScale-Moduls um mehr als die Hälfte von 50 MWe auf 77 MWe zu erhöhen. In einem zweiten Schritt wurde die geplante Anzahl der Module pro Standort von zwölf auf sechs reduziert. Aber auch das brachte keine Abhilfe. Anfang 2023 gab NuScale seine neuen Kostenschätzungen für das 462-MWe-Projekt mit sechs Modulen in Höhe von 9,3 Milliarden USD (8,7 Milliarden EUR) pro MWe-Kapazität bekannt, was die Kostenschätzungen für den EPR bei Weitem überstieg. Außerdem verlangte die Atomaufsichtsbehörde (NRC) nach den Designänderungen eine Wiederaufnahme des Genehmigungsverfahrens.⁷ Das neue Genehmigungsverfahren wird voraussichtlich zwei Jahre länger dauern als geplant, mindestens bis zum 31. Juli 2025. Im November 2023 gaben die Partner von NuScale im einzigen kommerziellen SMR-Projekt in der westlichen Welt, dem Carbon Free Power Project (CFPP), das Aus bekannt. NuScale entließ etwa ein Drittel seiner Belegschaft.

In Argentinien wird seit 2014 an einem 25-MWe-Reaktor gebaut, der frühestens 2027 in Betrieb gehen soll. In China gingen im Dezember 2021 zwei 100-MWe-Module ans Netz, wenn auch mit einer Bauzeit von zehn anstatt der geplanten fünf Jahre. In Russland wurden 2019 zwei „schwimmende Reaktoren“ mit je 30 MWe Leistung in Betrieb genommen. Die Bauzeit hatte fast 13 Jahre betragen, fast viermal so lange wie geplant.

⁷ Die wiederholte Behauptung von NuScale, Inhaber des ersten und einzigen von der NRC zertifizierten SMR-Designs zu sein, wurde vom Analysten Iceberg in seinem Artikel „NuScale (\$SMR) Has Deceived Investors about the Certification of its Reactor“ vom 16. Mai 2024 überzeugend widerlegt, siehe iceberg-research.com/2024/05/16/nuscale-smr-has-deceived-investors-about-the-certification-of-its-reactor/.

In Frankreich arbeitet die EDF-Tochter Nuward, der wichtigste Entwickler von Mini-Atomkraftwerken des Landes, seit einigen Jahren an einem Zwei-Modul-Konzept mit insgesamt 340 MWe. Das Design wurde den nationalen Sicherheitsbehörden zur Vorabprüfung vorgelegt. Baustart sollte ursprünglich 2030 sein. Doch Ende Juni 2024 gab EDF das Aus bekannt und verwies Nuward zurück auf das Startfeld. Anstelle innovativer Designs sollen nun nur „bewährte technologische Bausteine“ verwendet werden. Kommentar der Wirtschaftszeitung Les Echos:

„Nuward, der Gewinner des Förderprogramms ‚France 2030‘, erhielt von der französischen Regierung eine viel höhere Förderung als seine Konkurrenten, die ebenfalls Mini-Reaktoren auf den Markt bringen wollen. Das Projekt von EDF dürfte mit 300 Millionen Euro unterstützt werden, verglichen mit 25 Millionen für Naarea und Newcleo.“

Neben den eingefleischten SMR-Verfechtern gibt es noch jene, die von einer Generation IV der Reaktortechnik träumen (Siehe Factsheet „Generation-IV-Reaktoren“). So verspricht TerraPower Innovationen im Bereich der Atomtechnik mit dem Ziel, „das Leben der Menschen überall zu verbessern und die saubere Energie von morgen zu bauen – heute“.⁸ Die Firma wurde von Microsoft-Gründer Bill Gates 2006 ins Leben gerufen. Der Gates-Reaktor, für den noch keine Bauartgenehmigung vorliegt, existiert auch 18 Jahre später nur auf dem Papier. Dennoch hat das Unternehmen im März 2024 in den USA einen neuen Bauartgenehmigungsantrag für seinen natriumgekühlten schnellen Reaktor Natrium 345-MWe gestellt, dessen Netzanschluss für 2030 geplant ist. Bisher liegt noch keine Bauartgenehmigung vor und das Unternehmen ist sich noch nicht darüber im Klaren, woher der Brennstoff kommen soll.

Es ist zwar unwahrscheinlich, aber nicht völlig ausgeschlossen, dass bis 2030 eine Handvoll SMR-Prototypen in Bau oder sogar in Betrieb gehen werden. Bis zum Nachweis der industriellen Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit ist der Weg jedenfalls noch sehr weit. Zu weit für einen substantiellen Beitrag zur Bewältigung des Klimanotstandes.

Erstellt: 2024

⁸ TerraPower, „About us“, siehe terrapower.com/about/, aufgerufen am 25. November 2020.