

NZZ

## Comeback der Kernenergie: Leiten kleine modulare Reaktoren die Wende in Europa ein?

In den 1970er Jahren konnten Kernkraftwerke nicht gross genug sein. Neuerdings setzt man auf kleine flexible Einheiten. Um Sicherheit geht es dabei nur in zweiter Linie.

Christian Speicher 23.04.2026, 05.30 Uhr ⌚ 6 Leseminuten



War die Abkehr von der Kernenergie ein Fehler? Der Kühlturm des deutschen Kernkraftwerks Grafenrheinfeld wird 2024 gesprengt.

Wolfgang Maria Weber / Imago

Es ist ein Eingeständnis, wie man es von Politikern selten zu hören bekommt. Die Abkehr von der Kernenergie sei ein strategischer Fehler gewesen, sagte Ursula von der Leyen am 10. März am Weltgipfel für

Kernenergie in Paris. Unter dem Eindruck der sich verschärfenden Energiekrise kündigte die Präsidentin der Europäischen Kommission an, die Entwicklung neuer Kernreaktoren in Europa zu fördern. Als Anschubhilfe will die EU 200 Millionen Euro zur Verfügung stellen.

Als Wegbereiter für die angestrebte Renaissance der Kernenergie in Europa sollen kleine modulare Reaktoren dienen, die sich serienmässig in einer Fabrik herstellen lassen. Sie liefern 50 bis 300 Megawatt und damit deutlich weniger elektrische Leistung als heutige Kernkraftwerke, mit 1000 Megawatt oder mehr.

Die Stromkosten würden dadurch zwar nicht sinken, sagt die Kerntechnikerin Annalisa Manera von der ETH Zürich. Aber das Risiko von Kostensteigerungen durch Bauverzögerungen verringere sich. Zusammen mit den geringeren Investitionskosten mache das kleine modulare Reaktoren für private Investoren attraktiv.

### **Kleine und flexible Reaktoren ergänzen die Erneuerbaren**

Kleine modulare Reaktoren seien die Antwort auf die veränderte Energielandschaft, sagt der Kernphysiker Andreas Pautz vom Paul-Scherrer-Institut in Villigen. «In den 1980ern musste die Kernenergie mit grossen Kohle- und Gaskraftwerken konkurrieren. Wegen der Economy of Scale waren grosse Anlagen eher konkurrenzfähig als kleine.»

Heute sind Wind und Sonne die massgeblichen Konkurrenten. Doch die Produktion von erneuerbarem Strom schwankt mit dem Wetter. Gefragt sind deshalb Reaktoren, die sich schnell regeln und je nach Bedarf zu- oder abschalten lassen. «Wegen ihrer Flexibilität und Grösse lassen sich

die kleinen modularen Reaktoren einfacher in existierende Netzinfrastrukturen integrieren als grosse Kernkraftwerke», sagt Pautz.

Laut den Vorstellungen der EU sollen kleine modulare Reaktoren in Europa Anfang der 2030er Jahre zur Verfügung stehen. Das ist ein anspruchsvolles Ziel. Zwar haben in den letzten Jahren viele Firmen Pläne für den Bau solcher Reaktoren vorgelegt. Aber nur Russland und China haben bisher welche gebaut.

Am schnellsten dürften kleine Reaktoren zu realisieren sein, die wie die Kernkraftwerke der dritten Generation mit Wasser gekühlt werden. Das Wasser wird durch die bei der Kernspaltung freigesetzte Energie auf etwa 300 Grad erhitzt und treibt eine Dampfturbine an. Solche Anlagen kleiner auszulegen, sei kein Hexenwerk, sagt Pautz. Die Technologien und Materialien dafür stünden alle zur Verfügung.

### **Ein Pilotprojekt in Kanada macht Hoffnung in Europa**

Zu den vielversprechendsten Entwicklungen zählt der BWRX-300 der amerikanisch-japanischen Firma GE Vernova Hitachi. Der Reaktor hat eine elektrische Leistung von 300 Megawatt und wird passiv gekühlt. Das Kühlwasser zirkuliert also auch dann, wenn der Strom bei einem Notfall ausfällt. Solche passiven Sicherheitssysteme sind bei Kernkraftwerken der dritten Generation Stand der Technik.



Am Standort des Kernkraftwerks Darlington in der kanadischen Provinz Ontario sollen in den nächsten Jahren vier kleine modulare Reaktoren entstehen. Für einen Reaktor liegt bereits eine Baugenehmigung vor.

OPG

Ein erster Reaktor dieses Typs wird derzeit in Darlington in der kanadischen Provinz Ontario gebaut. Er soll 2030 in Betrieb gehen. Drei weitere Module sollen folgen. Sollte sich der BWRX-300 in Kanada bewähren, sei er sicherlich auch eine Option für Europa, sagt Pautz. Vor allem Polen und Schweden haben grosses Interesse an der Technologie.

Sehr konkret sind auch die Pläne von Rolls-Royce. Das britische Industrieunternehmen baut seit Jahrzehnten kompakte Kernreaktoren für U-Boote. Seit einigen Jahren entwickelt es einen Druckwasserreaktor mit einer Leistung von 470 Megawatt. Die Leistung ist zwar grösser als für kleine modulare Reaktoren typisch. Rolls-Royce setzt aber stark auf eine standardisierte Herstellung der Module.

Erst vor wenigen Tagen hat Rolls-Royce einen Vertrag mit Great British Energy – Nuclear abgeschlossen. Diese staatliche Organisation koordiniert die Entwicklung neuer Kernkraftwerke. Der Vertrag erlaubt es Rolls-Royce, mit dem Bau von drei Reaktoren in Wylfa in Nordwales zu beginnen. Die britische Regierung sichert das Risiko für potenzielle Investoren mit 2,6 Milliarden Pfund ab.

Die drei Reaktoren sollen ab Mitte der 2030er Jahre Strom ins britische Netz einspeisen. Tschechien ist ebenfalls an den Reaktoren von Rolls-Royce interessiert und ist eine Partnerschaft mit dem Unternehmen eingegangen. Das verschafft Rolls-Royce eine gute Ausgangslage im Rennen um kleine modulare Reaktoren in Europa.

Dass die Mini-Reaktoren flexibler und weniger kapitalintensiv sind als die grossen Meiler, ist unbestritten. Sonst halten sich ihre Vorteile aber in Grenzen. Sie lassen sich nach einem Störfall zwar leichter kühlen. «Die Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken der dritten Generation sind heute aber so ausgereift, dass dies kein Verkaufsargument für kleine modulare Reaktoren ist», sagt Manera.

Auch beim Atommüll bieten kleine modulare Reaktoren der dritten Generation keinen Vorteil. Fünf Reaktoren mit einer Leistung von 300 Megawatt produzieren eine vergleichbare Menge an radioaktivem Abfall wie ein grosser Reaktor mit 1500 Megawatt.

## **Reaktoren der vierten Generation brauchen keinen Druck**

Einen echten Mehrwert würden kleine modulare Reaktoren der vierten Generation liefern. Darunter subsumiert man innovative Konzepte, die sich noch in der Entwicklung befinden. Manche dieser Reaktoren

verwenden als Kühlmittel nicht Wasser, sondern Gas oder flüssige Metalle wie Natrium oder Blei. Bei anderen Reaktoren der vierten Generation wird der Brennstoff in geschmolzenem Salz aufgelöst.

«Reaktoren der vierten Generation haben den riesigen Vorteil, dass sie im Wesentlichen drucklos funktionieren», sagt Pautz. Man brauche keine hohen Drücke wie bei den wassergekühlten Reaktoren, um das Kühlmittel flüssig zu halten. Das mache alle Systeme deutlich schlanker. Zudem nutzten Reaktoren der vierten Generation den Brennstoff effizienter. Dadurch ergebe sich ein erhebliches Potenzial, die Anlagen günstiger zu machen. Auch in puncto Sicherheit und Abfallvermeidung sieht Pautz Vorteile gegenüber Reaktoren der dritten Generation.

Allerdings haben Reaktoren der vierten Generation auch Nachteile. Geschmolzenes Salz ist zum Beispiel sehr korrosiv und greift die Leitungen an, durch die es fließt. Und flüssiges Natrium ist zwar ein ideales Kühlmittel, weil es die Wärme des Reaktorkerns besonders gut abtransportiert. Sobald es aber mit Luft oder Wasser in Berührung kommt, entzündet es sich.

Für diese Probleme gibt es technische Lösungen. In Russland, China und Indien sind mehrere natriumgekühlte Reaktoren in Betrieb. Auch Frankreich hat in den 1970er und 1980er Jahren Erfahrungen mit dieser Technologie gesammelt. Aber weder der Phénix noch sein Nachfolger, der Superphénix, waren ein durchschlagender Erfolg. Es gab immer wieder technische Störungen und längere Ausfälle, die schliesslich zu einer Abschaltung der beiden Anlagen führten.

## **Bill Gates setzt auf natriumgekühlte Reaktoren**

Die von Bill Gates gegründete Firma Terra Power nimmt nun einen neuen Anlauf, dieser Technologie zum Durchbruch zu verhelfen. Die Behörde für Nuklear-Aufsicht der USA hat Terra Power Anfang März die Genehmigung erteilt, in Kemmerer im Gliedstaat Wyoming einen natriumgekühlten Reaktor mit einer elektrischen Leistung von 345 Megawatt zu bauen. Es ist die erste Genehmigung für einen kommerziellen Reaktor in den USA seit zehn Jahren. Wenn alles optimal läuft, soll der Reaktor Anfang der 2030er Jahre erstmals Strom ins Netz einspeisen.

Flankierend will Terra Power einen Energiespeicher bauen, in dem sich die Wärme zwischenspeichern lässt. Bei einer erhöhten Nachfrage nach Strom lässt sich die Leistung für mehrere Stunden auf 500 Megawatt hochfahren.

In Europa wird die Entwicklung von kleinen modularen Reaktoren von einer im Jahr 2024 gegründeten Industrie-Allianz koordiniert. In einem ersten Schritt wurden neun Projekte ausgewählt, die in den kommenden Jahren weiterverfolgt werden sollen. Dazu gehören neben dem Reaktor von Rolls-Royce und einem europäischen BWRX-300 auch Reaktoren der vierten Generation. Je nach Typ hätten diese allerdings einen Entwicklungsrückstand von 5 bis 15 Jahren, sagt Andreas Pautz. Die kleinen wassergekühlten Reaktoren seien hingegen marktreif. Nun gelte es, sie in grösseren Stückzahlen zu produzieren.

Die wachsende Akzeptanz für neue Kernkraftwerke führt Manera auf die Energiekrise zurück. Immer mehr grosse Unternehmen wollten unabhängig vom Stromnetz sein. Deshalb gebe es eine wachsende Nachfrage nach dezentralen Stromquellen. «Genau hier sind kleine modulare Reaktoren sehr sinnvoll.»

Manera bezweifelt allerdings, dass kleine modulare Reaktoren eine universelle Lösung für den wachsenden Energiebedarf sind. Für kleine Länder wie Estland oder Litauen seien solche Reaktoren sinnvoll. Ein Land wie Frankreich werde jedoch weiterhin auf grosse Kernkraftwerke setzen.

Manera macht deshalb die folgende Prognose: «Die kleinen modularen Reaktoren werden zwar ihren Platz finden, aber der ist nicht besonders gross. Den Grossteil des zukünftigen Kernkraftwerkparcs werden neue grosse Kernkraftwerke ausmachen.»