



# Small Modular Reactors (SMR)

SMR-Konzepte („Small Modular Reactors“) gehen auf Entwicklungen der 1950er Jahre zurück, insbesondere den Versuch, Atomkraft als Antriebstechnologie für Militär-U-Boote nutzbar zu machen. Die Idee „kleiner“ Reaktoren ist daher nicht neu, sie haben sich jedoch bisher nicht durchgesetzt. Weltweit existieren unterschiedlichste Konzepte und Entwicklungen für SMR. Die sehr überwiegende Mehrzahl davon befindet sich auf der Ebene von Konzeptstudien.

Das BASE hat ein wissenschaftliches [Gutachten](#) zu SMR erstellen lassen. Darin wurden 136 verschiedene historische sowie aktuelle Reaktoren bzw. SMR-Konzepte betrachtet, 31 davon besonders detailliert. Das Gutachten liefert eine wissenschaftliche Einschätzung zu möglichen Einsatzbereichen und den damit verbundenen Sicherheitsfragen und Risiken.

## Was ist ein SMR?

Eine Definition der IAEA (Internationale Atomenergiebehörde) beschreibt SMR als eine Gruppe kleiner Leistungsreaktoren mit geringerer Leistung als die heutiger Atomkraftwerke, von bis zu unter 10 Megawatt elektrisch/MWe (Mikroreaktoren) bis zu einer Leistung von typischerweise 300 MWe. Übliche konventionelle Reaktoren haben demgegenüber eine Leistung von über 1000 MWe. Durch eine modulare und standardisierte Bauweise versprechen sich Hersteller die Möglichkeit, diese Reaktoren in großer Stückzahl und vergleichsweise moderaten Kosten und Produktionsdauern bauen zu können.

Die Funktionsweise dieser Reaktorgruppe ist divers: Bei einer Reihe von Konzepten entspricht sie der Funktionsweise von Leichtwasserreaktoren, dem weltweit mit Abstand am meisten verbreiteten Reaktortyp. Diese Typen unterliegen somit geringeren Entwicklungsrisiken, da die Entwickler auf Betriebserfahrung zurückgreifen können.

Zum anderen liegen den SMR auch sog. neuartige Reaktorkonzepte (oftmals Generation IV Reaktorkonzepte genannt) mit wenig bzw. keiner industrieller Vorerfahrung zugrunde. Letztere sind den Hochtemperaturreaktoren, Reaktoren mit einem schnellen Neutronenspektrum oder den Salzschnmelzreaktoren zuzuordnen.

## Welche Länder entwickeln SMR und zu welchem Zweck?

Die aktuelle Entwicklung von SMRs ist derzeit größtenteils staatlich finanziert und findet in starkem Maß in den USA, Kanada und dem Vereinigten Königreich statt. Auch Frankreich hat Entwicklungen in diesem Bereich angekündigt, einige europäische Länder interessieren sich für den Bau entsprechender Anlagen.

Im Bereich der SMR spielen industrie- und geopolitische Motivlagen sowie militärische Interessen eine Rolle. Die Mehrheit der Länder, die SMR-Entwicklungsaktivitäten verfolgen, unterhalten Atomwaffenprogramme und bauen Atom-U-Boote und/oder verfügen bereits über ein großes „ziviles“ Atomprogramm.

Neben der regulären Stromversorgung werden insbesondere die dezentrale Stromversorgung für Industrie bzw. Haushalte sowie Wärme für Fernwärme, Meerwasserentsalzung und Industrieprozesse genannt; darüber hinaus werden auch militärische Nutzungen wie mobil einsetzbare Mikroreaktoren verfolgt.

## Klimawandel: Können SMR einen Beitrag leisten?

Aufgrund der geplanten elektrischen Leistung von 1,5 – 300 MWe wäre zur Bereitstellung derselben elektrischen Leistung eines Leistungsreaktor eine um den Faktor 3 – 1000 größere Anzahl an Anlagen erforderlich.

Wenn SMR einen signifikanten Beitrag zur Stromerzeugung leisten würden (als Lösung im Kontext der Bekämpfung der Gefahren des Klimawandels und der damit verbundenen Reduzierung der Treibhausgasemissionen) müssten also viele tausend bis zehntausend SMR-Anlagen gebaut werden. Der Betrieb jeder dieser Anlagen wäre mit Nukleartransporten zur Ver- und Entsorgung verbunden.

### **Sind SMR wirtschaftlicher als bestehende Atomkraftwerke?**

Durch die geringe elektrische Leistung sind die spezifischen Baukosten durch den Verlust der Skaleneffekte höher als bei großen AKW. In dem vom BASE in Auftrag gegebenen Gutachten wird eine Produktionskostenrechnung unter Berücksichtigung von Skalen-, Massen- und Lerneffekten aus der Nuklearindustrie aufgemacht: Demnach müssen im Mittel dreitausend SMR produziert werden, bevor sich der Einstieg in die SMR-Produktion lohnen würde. Es ist somit nicht zu erwarten, dass der strukturelle Kostennachteil von Reaktoren mit kleiner Leistung durch Lern- bzw. Masseneffekte kompensiert werden kann.

### **Wie hoch ist das Sicherheitsrisiko bei SMR?**

Spezielle Einsatzszenarien wie die Modularität, neue Herstellungsverfahren, Materialien und technologische Lösungen für die Sicherheitsfunktionen erfordern vielfach neue regulatorische Ansätze. Bei einer geplanten, weltweiten Verbreitung von SMR ergeben sich damit vollkommen neue Fragestellungen für die zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden.

So liegen bislang keine SMR-spezifischen nationalen oder internationalen Sicherheitsstandards vor. Da viele SMR-Entwickler einen weltweiten Einsatz anstreben, würde dies eine internationale Standardisierung der Anforderungen erforderlich machen. Insgesamt könnten SMR potenziell einzelne sicherheitstechnische Vorteile gegenüber AKW mit großer Leistung erzielen, da sie ein geringeres radioaktives Inventar pro Reaktorkern aufweisen und durch gezielte Vereinfachungen und einen verstärkten Einsatz der Nutzung passiver Systeme ein höheres Sicherheitsniveau anstreben.

Aber auch mit diesen Maßnahmen wären SMR nicht gegen kriegerische Angriffe geschützt. Durch die hohe Anzahl an Reaktoren zur Bereitstellung signifikanter Mengen elektrischer Leistung und ihre geplante weltweite Nutzung würden Risiken sogar um ein Vielfaches erhöht sein. Die Tatsache, dass viele Reaktorkonzepte bisher nur „auf dem Papier“ existieren, macht im Übrigen zahlreiche Sicherheitsversprechen der Hersteller noch gar nicht seriös bewertbar.

### **Atomwaffenfähiges Material: Vergrößert SMR das Risiko?**

Verschiedene nicht-wassergekühlte SMR-Konzepte sehen den Einsatz von höheren Urananreicherungen oder die Nutzung von Plutoniumbrennstoffen sowie von Wiederaufarbeitungstechnologie vor. Dies wirkt sich nachteilig auf die Proliferationsresistenz – also die Erfordernis, den Zugang zu oder die Technologie zur Herstellung von atomwaffenfähigen Material zu verhindern – aus.

Als ein weiterer wesentlicher Unterschied von SMR-Konzepten zu heutigen Leistungsreaktoren wird häufig die Nutzung von Systemen genannt, die eine lange Laufzeit aufweisen und als geschlossenes System geliefert würden. Dies könnte durch Versiegelung die Überwachung vereinfachen und Transporte minimieren. Nachteilig wirkt sich aber die hohe erforderliche Menge an Spaltmaterial zu Beginn des Reaktorbetriebs aus. Ein zusätzlicher Aspekt betrifft die Möglichkeiten der Spaltmaterialüberwachung durch die Internationale Atomenergieorganisation. Viele der Standardmethoden zur Spaltmaterialüberwachung passen nicht direkt auf die Besonderheiten von SMR-Konzepten, es stellen sich damit neue Herausforderungen.