

RAHMENBEDINGUNGEN FÜR KLEINE MODULARE REAKTOREN IN DEN EURATOM- MITGLIEDSTAATEN

Deutsche Zusammenfassung

RAHMENBEDINGUNGEN FÜR KLEINE MODULARE REAKTOREN IN DEN EURATOM-MITGLIEDSTAATEN

Deutsche Zusammenfassung

Florian Kühnleubl
Klaus Gufler

Projektleitung Klaus Gufler

Autor:innen Florian Kühteubl
Klaus Gufler

Layout Felix Eisenmenger

Umschlagfoto © B. Gröger

Auftraggeber Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

Originalfassung Das Dokument ist die deutsche Zusammenfassung der englische Originalstudie Framework Conditions for Small Modular Reactors in Euratom Member States des Umweltbundesamt 2026 REP-1035.

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: umweltbundesamt.at

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich
Tel.: +43-(0)1-313 04
office@umweltbundesamt.at

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf umweltbundesamt.at.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2026

Alle Rechte vorbehalten



ZUSAMMENFASSUNG

Kleine modulare Reaktoren (SMR) sind Kernreaktoren mit einer elektrischen Leistung von bis zu 300 MWe, die als flexible und potenziell kosteneffiziente Ergänzung zu herkömmlichen Großreaktoren beworben werden. Die vorliegende Studie enthält eine kritische Analyse der Rahmenbedingungen für den Einsatz von SMR in den Euratom-Mitgliedstaaten, gliedert nach sechs Schlüsselthemen.

Das Umweltbundesamt führte diese Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft durch. Ziel war es, die aktuellen Diskussionen über den Einsatz von SMRs in Europa mit wissenschaftlich fundierten Fakten zu untermauern.

Die Studie startet mit Analysen des geschätzten Marktpotenzials in Europa und beleuchtet dabei das regulatorische Umfeld sowie den aktuellen Stand der Entwicklung. Anschließend werden die erforderlichen industriellen Kapazitäten und die Einschränkungen in der Lieferkette untersucht, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf dem Kernbrennstoffkreislauf liegt. Daraufhin wird das Interesse von Energieversorgern, energieintensiven Industrien und Unternehmen der Lieferkette beleuchtet. Die Studie untersucht die Notwendigkeit von Exporten für die Rentabilität von SMRs sowie den globalen Marktwettbewerb. Sie vergleicht die Wettbewerbsfähigkeit des SMR-Marktes mit anderen Energietechnologien. Abschließend werden Trends und Ursachen für Kostensteigerungen bei der SMR-Entwicklung erörtert.

Marktpotenzial

Studien zeigen, dass die prognostizierte SMR-Kapazität in der EU mit großen Unsicherheiten behaftet ist, da sie stark von der nationalen Politik und den industriepolitischen Prioritäten abhängt. Die meisten Prognosen deuten darauf hin, dass der Einsatz begrenzt bleiben würde und bis Mitte des Jahrhunderts möglicherweise nur einige Dutzend Einheiten umfassen könnte. Die Gründung der European SMR Industrial Alliance im Jahr 2024 verdeutlicht zwar das Interesse einzelner Mitgliedstaaten sowie von Teilen der Nuklearindustrie und zielt darauf ab, die Einführung erster europäischer SMR-Anlagen Anfang der 2030er Jahre zu unterstützen, jedoch weisen diese Initiativen in erster Linie auf den Aufbau eines entsprechenden industriellen Umfelds hin und weniger auf eine konkrete Umsetzung.

Es bleibt ungewiss, ob SMRs eine bedeutende Rolle im europäischen Energiemix spielen werden. Mitgliedstaaten mit einem großen Kernkraftwerksbestand, wie beispielsweise Frankreich, konzentrieren sich auf den Bau konventioneller großer Kernkraftwerke, während auch andere Länder SMRs lediglich als zweitrangige Option in Betracht ziehen. Polen plant als Neuling im Bereich der Kernenergienutzung den Bau von drei großen Reaktoren, wobei SMRs möglicherweise zu einem späteren Zeitpunkt eingeführt werden könnten. Die Tschechische Republik hat bereits Verträge für neue Großkraftwerke unterzeichnet, während die Slowakische Republik und Ungarn SMRs zwar in Betracht ziehen, aber Großreaktorprojekten Vorrang einräumen.

Die rechtlichen Regelungen für Kernenergie werden auf Ebene der einzelnen Mitgliedstaaten festgelegt. Zwar gibt es Rechtsrahmen auf EU-Ebene, doch sind detaillierte Vorschriften und Genehmigungsverfahren länderspezifisch unterschiedlich. Diese Unterschiede sind für SMR besonders relevant, da nationale Anforderungen Designanpassungen erforderlich machen können, was die Genehmigungsverfahren erschwert und das Potenzial für Standardisierung und Serienfertigung beeinträchtigt. Die Harmonisierung ist besonders auf der Ebene der technischen Normen eine Herausforderung, da sich diese im Laufe der Zeit im jeweiligen nationalen Kontext entwickelt haben.

SMRs sind zudem mit erheblichen Unsicherheiten hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Rentabilität verbunden. Obwohl sie für eine Reihe von Anwendungsbereichen vorgeschlagen werden, darunter Stromerzeugung, Fernwärme und industrielle Prozesswärme, hat bisher noch kein Konzept in der Praxis bewiesen, dass es die europäischen Sicherheitsanforderungen erfüllen, wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit erreichen oder in großem Maßstab eingesetzt werden kann.

Zeitliche Aspekte schränken ihren potenziellen Einsatz zusätzlich ein. Die typischen Bauzeiten für Leichtwasser-SMRs werden auf 3,4 bis 6 Jahre geschätzt, wobei First of a Kind (FOAK)-spezifische Verzögerungen noch nicht berücksichtigt sind. Erfahrungen aus jüngsten Projekten deuten darauf hin, dass sich die ursprünglichen Zeitpläne erheblich verlängern können, mit Verzögerungen von mehr als 7 Jahren. Auf den EU-Kontext übertragen bedeutet dies, dass die ersten kommerziellen SMR selbst unter optimistischen Annahmen wahrscheinlich nicht vor Anfang der 2040er Jahre in Betrieb gehen werden. Demonstrationsprojekte könnten zwar früher realisiert werden, der kommerzielle Einsatz würde jedoch erst später folgen.

Angesichts dieser Zeithorizonte erscheint es unwahrscheinlich, dass SMRs beim Übergang von fossilen Brennstoffen zu kohlenstoffarmen

Brennstoffen in Europa eine wesentliche Rolle spielen werden. Selbst in einem optimistischen Szenario für die Euratom-Mitgliedstaaten erscheint der Einsatz von SMR als „zu wenig und zu spät“ um ihre Klimaziele zu erreichen.

Obwohl in Europa eine relativ große Anzahl von SMR-Designs diskutiert wird, befinden sich alle noch in einem frühen Entwicklungsstadium, meist im Vorlizenzierungsstadium. Mehrere Länder führen gemeinsam mit verschiedenen Anbietern Aktivitäten zur Vorlizenzierung durch, doch sind die Fortschritte bei der Umsetzung bislang begrenzt. Bis dato hat in der EU noch kein SMR eine Baugenehmigung erhalten oder befindet sich im Bau, und nur ein in der EU entwickeltes Design hat das Genehmigungsverfahren erreicht.

Industriekapazitäten, Lieferkette und Brennstoffkreislauf

Bislang gibt es in Europa keine nachgewiesenen industriellen Kapazitäten zur Herstellung und Montage von SMR-Anlagen in dem oftmals angestrebten Umfang. Die bestehenden Fertigungskapazitäten im Nuklearbereich sind auf Komponenten für große Leichtwasserreaktoren wie Druckbehälter, Dampferzeuger, Turbinensysteme und Leittechnik sowie auf Projekte zur Lebensdauererweiterung ausgerichtet. Gleichzeitig hat die Fähigkeit zur Herstellung sicherheitsrelevanter nuklearer Komponenten seit den 1980er Jahren aufgrund der begrenzten Anzahl von Neubauprojekten erheblich abgenommen. Infolgedessen müssten die für SMRs erforderlichen modularen Serienfertigungslinien unter Bedingungen technologischer, regulatorischer und geopolitischer Unsicherheit weitgehend von Grund auf neu entwickelt werden.

Grundsätzlich würde der serielle Einsatz von SMRs ein spezielles industrielles Umfeld erfordern, das mindestens eine Anlage zur Modulfertigung, ein Netzwerk spezialisierter Zulieferer sowie eine Transportinfrastruktur umfasst, die für den Transport übergroßer Komponenten in Nuklearqualität ausgelegt ist. Ein solches System wäre nur bei anhaltenden Produktionsmengen von mehreren Dutzend Einheiten pro Jahr über mehrere Jahrzehnte hinweg wirtschaftlich rentabel. Diese Mengen sind jedoch nach wie vor spekulativ, da sie nicht durch feste Aufträge oder konkrete Projektpipelines untermauert sind. Die europäischen Institutionen selbst räumen ein, dass eine wettbewerbsfähige SMR-Lieferkette erst noch aufgebaut werden muss und dass die derzeitigen Kapazitäten nach wie vor über nationale Industrien und regulatorische Rahmenbedingungen hinweg fragmentiert sind.

Erfahrungen aus traditionellen Kernkraftprojekten zeigen, dass die Entwicklung, Genehmigung und industrielle Umsetzung neuer

Reaktorkonzepte in Europa in der Regel weit über ein Jahrzehnt in Anspruch nehmen. Da viele SMR-Konzepte noch immer mit ungelösten technischen, regulatorischen und wirtschaftlichen Fragen konfrontiert sind, erscheint es unwahrscheinlich, dass die Einsatzziele für die frühen 2030er Jahre erreicht werden können. Darüber hinaus bringt die Vielfalt der SMR-Designs unterschiedliche Fertigungsanforderungen mit sich, was es schwierig macht, standardisierte Produktionsprozesse zu definieren oder Zeitpläne und den Kapazitätsbedarf zuverlässig abzuschätzen.

Die Umsetzung einer beschleunigten Einführung von SMRs wird zudem durch Engpässe bei Materialien, in der Produktionskette und auf institutioneller Ebene eingeschränkt. Eine groß angelegte Einführung würde erhebliche Mengen an für Kernkraftwerke geeigneten Materialien und Spezialkomponenten erfordern, deren Verfügbarkeit für bestehende Reaktorprojekte bereits ohnehin begrenzt ist. Darüber hinaus wären die langfristige Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte und eine kontinuierliche behördliche Aufsicht erforderlich, was das Tempo und den Umfang, in dem SMR in den Euratom-Mitgliedstaaten eingeführt werden könnten, weiter einschränken würde.

Die Einschränkungen im Kernbrennstoffkreislauf stellen eine zusätzliche strukturelle Herausforderung dar. Die Energieversorger sind fast vollständig auf Importe von Natururan angewiesen, da die EU so gut wie keine eigenen Uranvorkommen hat. Die Versorgung ist zudem stark konzentriert, da eine kleine Gruppe von Ländern den Großteil der Lieferungen abdeckt, was zu Abhängigkeiten von externen Lieferanten sowie zu einer Anfälligkeit gegenüber geopolitischen Risiken und globalen Lieferketten führt.

Aktuelle Brennstofffertigungsanlagen sind auf Standard-LWR-Brennelemente optimiert und nicht auf die vielfältigen Brennstofftypen, die für SMR erforderlich sind, wobei jede neue physikalisch-chemische Form und Architektur spezifische Fertigungsprozesse und Technologien erfordert. Zwar könnten Leichtwasser-SMRs, die konventionelles schwach angereichertes Uran verwenden, theoretisch bestehende Konversions- und AnreicherungsKapazitäten nutzen, doch erfordern sie nach wie vor neue Fertigungslinien und Genehmigungen für jedes einzelne Design. Rund 60 % der SMR-Designs basieren auf Brennstoffformen, welche noch nicht in kommerziellem Maßstab verfügbar sind. Daher sind erhebliche Investitionen und Zeitaufwand erforderlich, um die Fertigungsinfrastruktur und Qualifizierungsprozesse aufzubauen. Das müsste vor dem Hintergrund der Ungewissheit geschehen, ob zukünftige Abnahmemengen ausreichend sind, um die Investition zu rechtfertigen.

Auf der Abfallentsorgungsseite würde der Einsatz von SMRs entweder die bestehenden Bestände an abgebrannten Brennstoffen aus Leichtwasserreaktoren vergrößern oder neue Arten von radioaktivem Abfall mit anderen Eigenschaften mit sich bringen, welche endgelagert werden müssen. Die Vielfalt der Brennstoffarten würde Transport, Lagerung und Aufbereitung weiter erschweren und sowohl die technische Komplexität als auch die Kosten erhöhen.

Da die Infrastruktur des Brennstoffkreislaufs in der Regel an bestimmte Reaktortypen gebunden ist, würde eine frühzeitige Einführung bestimmter SMR-Technologien die Länder an langfristige Lieferketten und Abhängigkeiten binden. Dies schränkt die Flexibilität ein, insbesondere wenn sich ausgewählte Reaktortypen später als unwirtschaftlich erweisen sollten. Im Gegensatz zum vergleichsweise standardisierten globalen Brennstoffmarkt für Großreaktoren, könnten SMRs zu einer fragmentierten Landschaft spezialisierter Brennstoffkreisläufe führen, die jeweils mit spezifischen technischen Herausforderungen und geopolitischen Risiken verbunden sind, während die Abhängigkeit von importiertem Uran bestehen bleibt.

Interesse seitens Energieversorgern, der Industrie und Unternehmen der Lieferkette

Verschiedene Beispiele deuten darauf hin, dass das Interesse traditioneller Kernkraftwerksbetreiber an SMRs nach wie vor begrenzt ist und mehrere Betreiber weiterhin den Schwerpunkt auf herkömmliche große Kernkraftwerke setzen. Viele Betreiber verfolgen einen vorsichtigen Ansatz, da wesentliche Unsicherheiten hinsichtlich Kosten, Genehmigungen und Projektumsetzung nach wie vor bestehen.

Gleichzeitig wächst das Interesse energieintensiver Branchen wie der Stahl-, Chemie- und Raffinerieindustrie, der Schwerindustrie sowie in jüngerer Zeit auch von Rechenzentren, die SMRs als potenzielle Quelle für CO₂-arme Wärme und Strom betrachten. Leichtwasser-SMR-Konstruktionen dürften jedoch kaum die hohen Temperaturen liefern, die für zentrale industrielle Prozesse in Sektoren wie Zement, Stahl, Chemie, Aluminium und Raffinerie erforderlich sind. Diese Sektoren gehören zu den größten Verursachern von Treibhausgasemissionen in der EU, was diese Einschränkung besonders relevant macht. Zwar könnten Hochtemperatur-SMR-Konzepte theoretisch einige dieser Temperaturanforderungen erfüllen, doch ist ihre Verfügbarkeit ungewiss, und sie würden nach wie vor nicht alle industriellen Temperaturniveaus abdecken. Infolgedessen würden SMRs in industriellen Anwendungen wahrscheinlich auf die Stromversorgung beschränkt bleiben, wodurch sie in

direkten Wettbewerb mit anderen Erzeugungstechnologien treten würden.

Der steigende Strombedarf von Rechenzentren, der zum Teil auf die zunehmende Verbreitung von KI-Anwendungen zurückzuführen ist, hat diesen Sektor in jüngster Zeit als potenziellen Markt für SMRs in den Fokus gerückt. Dies hat zu einer Reihe von ersten Partnerschaften zwischen SMR-Entwicklern und Betreibern von Rechenzentren in Europa geführt. Diese Initiativen befinden sich jedoch noch im explorativen Stadium und stützen sich auf Reaktorkonzepte, die bislang weder erprobt noch zugelassen wurden.

Bislang hat sich der Privatsektor nur in begrenztem Umfang an der Kommerzialisierung von SMRs beteiligt. Ein Grund dafür ist das Fehlen ausgereifter, marktreifer SMR-Designs, die mit vorhersehbaren Kosten und Zeitplänen beschafft und in Betrieb genommen werden könnten. Darüber hinaus unterscheiden sich Kernkraftwerke erheblich von konventionellen industriellen Energiesystemen wie Gaskraftwerken, insbesondere in Bezug auf Sicherheit, Gefahrenabwehr, behördliche Aufsicht, Haftung, Nichtverbreitungsaufgaben und Abfallentsorgung. Diese Faktoren führen zu zusätzlicher Komplexität und zusätzlichen Risiken, die ausgeräumt werden müssten, bevor private Industrieakteure sich möglicherweise engagieren.

Unternehmen der Zulieferkette scheinen derzeit die größten Befürworter von SMRs zu sein, was zum Teil auf die begrenzten Geschäftsmöglichkeiten auf dem bestehenden Nuklearmarkt zurückzuführen ist. Doch selbst innerhalb dieser Gruppe herrscht die klare Erwartung, dass erhebliche öffentliche Unterstützung erforderlich wäre, um finanzielle Risiken abzufedern, bevor nennenswerte Investitionen in Produktionskapazitäten für SMRs getätigt werden.

Exportabhängigkeit für die Rentabilität von SMRs

Die Exportabhängigkeit als Voraussetzung für die Rentabilität ist ein zentrales Merkmal der aktuellen SMR-Geschäftsmodelle in den Euratom-Mitgliedstaaten. SMR-Konzepte zielen darauf ab, die traditionellen Skaleneffekte großer Reaktoren durch sogenannte „Massenfertigung“ zu ersetzen, wobei Kostensenkungen durch serielle Fabrikfertigung und „Learning-by-doing“ angestrebt werden. Technische und politische Bewertungen zeigen jedoch, dass die Stückkosten erst dann wettbewerbsfähig werden, wenn eine große Anzahl identischer Einheiten in Betrieb genommen wurde.

Wirtschaftsstudien zeigen, dass selbst bei optimistischen Lernkurven viele Dutzende bis Hunderte von Einheiten erforderlich sind, um stabile „x-te-Einheit“-Kosten zu erreichen. Die realistische Nachfrage in Europa kann solche Stückzahlen für ein einzelnes standardisiertes Design nicht tragen, selbst wenn diese gebündelt werden, um große Kraftwerke zu ersetzen. Infolgedessen stützen viele Anbieter ihre Geschäftsmodelle auf umfangreiche Exportmärkte, was mit zusätzlichen wirtschaftlichen und regulatorischen Risiken sowie einer höheren Abhängigkeit von geopolitischen Gegebenheiten verbunden ist.

Diese Abhängigkeit vom Export setzt die Akteure in der EU erheblichen Nachfragerisiken aus. Sollten sich die ausländischen Märkte nicht materialisieren, sind frühe Projekte mit hohen Kapitalkosten konfrontiert. Die zentralisierte Serienfertigung verlagert die Wertschöpfungskette: Im Gegensatz zu herkömmlichen Kernkraftwerksbauten, die vor Ort zahlreiche Arbeitsplätze im Baugewerbe schaffen, könnten werkseitig gefertigte SMRs die Zahl der Arbeitsplätze vor Ort und den regionalen wirtschaftlichen Nutzen verringern.

Im Gegensatz zu russischen und chinesischen Modellen ist bislang noch kein in Europa entwickelter SMR in Betrieb. Selbst wenn der angestrebte Zeitplan für die Inbetriebnahme der ersten europäischen SMRs Anfang der 2030er Jahre eingehalten werden könnte, werden russische und chinesische Anlagen bereits über jahrelange Betriebserfahrung verfügen, was ihnen einen Vorteil verschafft, da viele Länder, die neu in diesen Bereich einsteigen, Technologien mit Referenzkraftwerken bevorzugen, um das wahrgenommene Risiko zu minimieren.

Die starke weltweite Konkurrenz durch staatlich geförderte Mitbewerber in Verbindung mit der begrenzten Binnennachfrage, hohen Mengenschwellen für die Kostenwettbewerbsfähigkeit sowie inhärenten regulatorischen und geopolitischen Risiken zeigt, dass die Euratom-Mitgliedstaaten für die Förderung des Einsatzes von SMRs besonders ungeeignet sind.

Entwicklungen und Ursachen der Kostensteigerung bei der Entwicklung von SMRs

Kernkraftprojekte (sowohl große als auch kleine) sind seit jeher für Kostenüberschreitungen und Terminverzögerungen bekannt, und SMRs bilden trotz der Versprechen einer einfacheren Bauweise keine Ausnahme. Eine umfassende Studie zu 180 Kernkraftprojekten weltweit ergab, dass über 92 % das Budget überschritten haben, wobei die durchschnittlichen Kostenüberschreitungen bei 117 % (etwa 1,3 Milliarden USD) und die Terminüberschreitungen bei 64 % bzw. 36 Monaten lagen.

Jüngste Erfahrungen mit SMRs bestätigen dieses Muster. Beim NuScale Carbon Free Power Project in den USA stiegen die Baukosten von 3 Milliarden US-Dollar für ein 600-MW-Kraftwerk mit 12 Modulen im Jahr 2015 auf 9,3 Milliarden US-Dollar für eine verkleinerte 462-MW-Version mit sechs Modulen bis zum Jahr 2023. Auch bei den in Betrieb befindlichen SMRs in China (Shidao Bay) und Russland (Akademik Lomonosov) haben sich die ursprünglichen Kostenprognosen verdreifacht, was die Behauptungen über niedrigere Strompreise untergräbt, insbesondere bei FOAK-Anlagen, die mit hohen Vorlaufkosten belastet sind.

Mehrere miteinander verknüpfte Faktoren tragen dazu bei, dass sich diese Probleme verschärfen, während Projekte vom Entwurfsstadium zur Umsetzung gelangen. Frühe Schätzungen stützen sich auf unfertige Designs, wodurch technische Details und gesetzliche Anforderungen ungeklärt bleiben. Schwache Lieferketten und Produktionsengpässe verschärfen das Problem zusätzlich.

Der zunehmende Druck auf die Regulierungsbehörden erhöht die Komplexität zusätzlich. Während Befürworter vereinfachte Genehmigungsverfahren fordern, um den Einsatz von SMRs zu beschleunigen, bleiben hohe Sicherheitsstandards unerlässlich, insbesondere bei Anlagen in der Nähe von Wohn- oder Industriegebieten. Nicht-LWR-Konzepte erfordern oftmals intensivere Prüfungen, da ihre begrenzte Betriebserfahrung – in Kombination mit der vergleichsweise geringen Erfahrung vieler neuer Marktakteure und Start-ups – häufig zu mehrfachen Prüfzyklen, wiederholten Informationsanforderungen und sich wandelnden regulatorischen Vorgaben führt. Dies verursacht erhebliche Kosten und verzögert den Fortschritt.

FOAK-Projekte sind mit beträchtlichen Anfangsinvestitionen verbunden, insbesondere für die detaillierte Auslegung, den Bau von Prototypen und den Aufbau neuer Fertigungskapazitäten. Zur Absicherung der damit verbundenen Risiken greifen private Unternehmen häufig auf staatliche Förderungen oder garantierte Abnahmeverträge zurück. Empirische Analysen von Großprojekten zeigen zudem, dass frühe Kosten- und Zeitprognosen oft übermäßig optimistisch, etwa in Bezug auf Lernkurveneffekte, Zeitpläne und Finanzierungsbedingungen.

Die hohen Anfangsinvestitionen und langen Bauzeiten im Kernenergiesektor erhöhen die Sensitivität gegenüber Zinssätzen, Inflation und Arbeitskosten. SMR-Konzepte zielen darauf ab, Herausforderungen durch kürzere Bauzeiten und modulare Fertigung zu reduzieren. In der Praxis relativieren Verzögerungen jedoch diesen Vorteil, sodass grundlegende strukturelle Leistungsprobleme des Sektors weiterhin bestehen.

Wettbewerbsfähigkeit von SMRs im Vergleich zu anderen Energietechnologien

SMRs sind derzeit gegenüber den kostengünstigsten Energiequellen wie Wind- und Solarenergie nicht wettbewerbsfähig und haben sogar Schwierigkeiten, mit großen Kernkraft-, Gas- oder Kohlekraftwerken mithalten, wenn realistische Projektrisiken berücksichtigt werden. Sie übertragen die traditionellen Herausforderungen bei Kosten und Zeitplan im Kernkraftbereich weitgehend auf kleinere Einheiten und stützen sich dabei auf sehr optimistische Lernkurven, erhebliche öffentliche Unterstützung und Exportmengen, die möglicherweise nie realisiert werden.

Vergleichsstudien für Europa zeigen, dass SMRs deutlich höhere Stückkosten und Stromgestehungskosten (LCOE) aufweisen als Großreaktoren. Jüngsten Analysen zufolge liegen die durchschnittlichen Investitionskosten pro kW bei SMRs um rund 41 % höher, bei einem LCOE von etwa 85 €/MWh. Im Vergleich dazu profitieren Großkraftwerke von Skaleneffekten, da sich die Fixkosten auf eine weitaus größere Leistung verteilen als bei einem 300-MWe-SMR-Block.

Befürworter argumentieren, dass SMRs durch werkseitige Fertigung und Standardisierung von Kostensenkungen in der Serienproduktion profitieren könnten. Voraussetzung dafür wäre jedoch ein großer und stabiler Auftragsbestand, der bislang in keinem Markt erkennbar ist. Zwar werden SMRs häufig als Ersatz für fossile Energieträger dargestellt, doch selbst bei hohen CO₂-Preisen wären zusätzliche politische Maßnahmen notwendig, um ihre Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Die Europäische Kommission stuft sowohl Erdgas als auch Kernenergie als Übergangstechnologien ein und positioniert SMRs damit in zentralen Anwendungsfeldern in direkter Konkurrenz zu Erdgas.

Für erneuerbare Energien wird ein deutlicher Rückgang der Stromgestehungskosten erwartet (z. B. –55 % für Solar-PV und –12 % für Onshore-Wind bis 2050), während die Kostenentwicklungen neuer Kernkraftwerke weitgehend stagnieren. Befürworter von SMRs verweisen zwar auf zusätzliche Netzintegrationskosten erneuerbarer Energien (10–25 €/MWh), doch liegen diese weiterhin unter den Systemkosten der Kernenergie (20–50 €/MWh), insbesondere unter Berücksichtigung von FOAK-Zuschlägen und hohen Finanzierungskosten bei SMRs.

Abgesehen von den Stromgestehungskosten (LCOE) sind SMRs mit hohen Anlagerisiken verbunden, die staatliche Garantien, vergünstigte Finanzierungen und langfristige Verträge erfordern. Im Gegensatz dazu kommen Wind- und Solarenergie aufgrund ihrer geringeren

Technologie- und Baurisiken mit einer Standard-Projektfinanzierung ohne umfassende staatliche Absicherung aus.

Wenn eine Technologie ein außergewöhnlich hohes Maß an Risikomin- derung erfordert, ohne zugleich Kosten zu erreichen, die mit kohlen- stoffarmen Alternativen vergleichbar sind, kann sie unter normalen Marktbedingungen kaum als wettbewerbsfähig gelten.

Die erörterten Einschränkungen und Schwierigkeiten zeigen, dass die Rahmenbedingungen für SMRs in den Euratom-Mitgliedstaaten alles an- dere als optimal sind, wodurch die Voraussetzungen für die Förderung ihres Einsatzes besonders ungünstig sind. Eine Priorisierung dieser Technologie birgt daher das Risiko, äußerst ineffizient und kostspielig zu sein.



umweltbundesamt.at