KernD
Für Kompetenz und Dialog

Positionspapier: SMR als Chance für Deutschland – Nutzen, Voraussetzungen, Realisierung

Der Bedarf an ständig verfügbarer, wettbewerbsfähiger elektrischer Energie steigt weltweit und auch in Deutschland erheblich, getrieben von der Elektrifizierung von Verkehr, Raumwärme und in der Industrie sowie durch das starke Wachstum von KI und Digitalisierung insgesamt. Gleichzeitig soll der CO_2-Ausstoß deutlich sinken. Für die Lösung dieses Zielkonflikts setzen viele Länder auf den Einsatz von Kernenergie. Insbesondere sollen hierbei SMR (Small Modular Reactors, manchmal auch Small and Medium Size Reactors) zum Einsatz kommen. Große Industrieländer der G7 und viele große, stark wachsende Schwellenländer sehen in ihnen die Chance, Schlüsselindustrien zuverlässig mit Strom und Prozesswärme zu wettbewerbsfähigen Kosten zu versorgen.

Was sind SMR?

SMR sind sowohl in Bezug auf die Leistung als auch auf die physische Größe kleiner als herkömmliche Kernreaktoren im Gigawatt-Maßstab. SMR sind Kernreaktoren mit einer Leistung von bis zu 500 Megawatt elektrisch (MWe). Sehr kleine Reaktoren im Leistungsbereich von 1 bis 10 MW werden oft als Mikro-modulare Reaktoren bezeichnet.

SMR stellen eine bedeutende Alternative und Weiterentwicklung der bisherigen großen Kernkraftwerke dar:

- Ein SMR besteht aus Modulen, die in zentralen Fabriken seriell gefertigt werden und an den Bestimmungsort ausgeliefert werden. Dadurch werden Fertigungs- und Errichtungskosten gesenkt, bei konstant hoher Qualität.
- Die Nutzung inhärenter Sicherheitseigenschaften erlaubt ein vereinfachtes Design bei gleichzeitig verbessertem Sicherheitsniveau.
- Fertige Module werden auf den Baustellen zusammengesetzt, anstatt sie klein-teilig vor Ort zu fertigen. Dadurch wird die Baustellenzeit verkürzt.
- Statt weniger großer Reaktoren werden viele kleine Reaktoren gebaut. Dadurch entsteht ein Serienfertigungseffekt, der die Kosten weiter senkt.
- Der Kapitaleinsatz pro SMR ist niedrig, wodurch die Finanzierung erleichtert wird.
- Standardisierte Lizenzierungsverfahren über Ländergrenzen hinweg reduzieren das Genehmigungsrisiko.

Aufgrund ihrer Größe können SMR bestehende fossile Kraftwerke ersetzen, wobei Großkraftwerke ggf. durch mehrere SMR ersetzt werden. Vor allem aber können SMR aber auch gezielt in der Nähe von bestehenden oder neuen Industriestandorten gebaut werden – zur Stromversorgung von modernen Großrechenzentren oder zur Bereitstel-lung von Prozesswärme sowie zur Wasserstofferzeugung.

SMR minimieren Abhängigkeiten bezüglich der ununterbrochenen Anlieferung von Rohstoffen, stattdessen werden neue strategische Technologiepartnerschaften inner-

halb der EU etabliert. SMR reduzieren die CO_2-Emission und liefern einen Beitrag zur kontinuierlichen Stabilisierung des Stromnetzes. Erneuerbare Energien werden so durch grundlastfähige und CO_2-freie Energieerzeugung ergänzt. SMR können auch Heiz- und Prozesswärme liefern, wodurch weitere Emissionsreduktionen erzielt werden.

Die meisten der heutigen SMR nutzen weltweit bewährte Reaktortechnologie der Generation III+. Zukünftige SMR der Generation IV werden das Potential der Technologie noch erweitern – mit verbesserter Brennstoffausnutzung, Vermeidung von Abfall, Prozesswärme höherer Temperaturen und Unterstützung von Wasserstofferzeugung.

Einführung von SMR in Deutschland – Grundsätzliche Betrachtungen:

Die momentane wirtschaftliche Lage in Deutschland erfordert ein **konsequentes** und **schnelles Umsteuern** in der Energiepolitik. Viele internationale Programme von nuklearen Neueinsteigern (bspw. UAE und Polen) verzögerten sich durch den Aufbau einer funktionierenden nuklearen Infrastruktur. Dazu zählen eine lokale Nuklearindustrie, Betreiberstrukturen, ausgebildetes Personal, aber auch Behörden, Gutachter, Zulieferindustrie und eine einschlägig versierte Versicherungswirtschaft. All das ist in Deutschland noch vorhanden. Um Kompetenz, Organisation und Mitarbeiter für den Einsatz von SMR bereit zu haben, wäre der beste Weg, gezielt die wiederstartfähigen existierenden Reaktoren zu nutzen, um die notwendigen Strukturen zu erhalten und zu stärken bevor zukünftige SMR in Bau gehen. Dieser Zwischenschritt ist optional, würde aber Zeit und Aufwand sparen, bevor SMR eingeführt werden können. Als Nebeneffekt würde die Wiederinbetriebnahme (WIB) das Stromnetz in wenigen Jahren stabilisieren. Auf- und Ausbau der Infrastrukturen für SMR folgt einem mehrjährigen Pfad, an dessen Anfang ein belastbarer regulatorischer Rahmen und an dessen Ende eine stabile und weitgehend CO_2-freie Energieinfrastruktur steht. Dieser Pfad bedarf einer politischen Entscheidung, die Schlüsseltechnologie der zivilen Kerntechnik wieder zu einem Markenzeichen Deutschlands zu machen.

Schritt 1: Rechtlichen Rahmen schaffen

Atomrechtliche Genehmigungsfähigkeit wiederherstellen

Der erste Schritt besteht darin, einen ausgewogenen gesetzlichen Umgang mit dieser innovativen Technologie zu finden, der höchste Sicherheit gewährleistet und das Gütesiegel der deutschen Ingenieurkunst trägt.

Konkret sind erforderlich:

- Streichen des Genehmigungsausschlusses (insb. § 7 Abs. 1 AtG) für Neuanlagen.
- Streichung der Begrenzung auf Laufzeiten und Reststrommengen.
- Zweckbestimmung des Atomgesetzes soll der Schutz der Bevölkerung vor möglichen Gefahren der Kernenergie sowie der geordnete und wirtschaftliche

Betrieb in Deutschland unter Einhaltung internationaler Verpflichtungen im Bereich der Kernenergie und der Klimaverträglichkeit des Energiesystems sein.
- ATG überarbeiten, so dass es den sicheren wirtschaftlichen Betrieb von Kernkraftwerken nach aktuellen Standards regelt. Hierbei sollten zeitgemäße Regelungen aus der IAEA anderen Ländern in Betracht gezogen werden („Best Practice“).
- Klare gesetzgeberische Abfolge ermöglichen: Aus Branchensicht bietet sich zunächst ein politischer Grundsatzbeschluss mit anschließender Anpassung des Atomgesetzes und weiterer rechtlicher Regelungen an. Darauf aufbauend könnten untergesetzliche Regelwerke, energiewirtschaftlicher Marktrahmen, Finanzierungs- und Investitionsschutzinstrumente sowie erforderliche europarechtliche Verfahren vorbereitet werden.

Eine einheitliche und leistungsfähige Aufsichtsstruktur prüfen: Für neue Reaktorprojekte sollte geprüft werden, Genehmigungs- und Aufsichtskompetenzen stärker auf Bundesebene zu bündeln und die heutige Bundesauftragsverwaltung weiterzuentwickeln. Eine zentrale Struktur könnte einheitliche Sicherheitsmaßstäbe, klare Verantwortlichkeiten und effizientere Verfahren gewährleisten. Die Einbindung der Länder bei Standort-, Umwelt- und Katastrophenschutzfragen sowie die Koordinierung mit Euratom und der Europäischen Kommission bleiben dabei sicherzustellen.

Ergänzende Regelungserfordernisse

Parallel sollten weitere Gesetzesänderungen vorgenommen werden, um den SMR-Pfad zu optimieren und zu beschleunigen:

- **Übertragung von Beschleunigungsmöglichkeiten bzgl. Planungs-/ Umweltrecht** (Raumordnung, UVP, Wasserrecht etc.) gemäß EU-Net-Zero-Industry-Act bzw. analog anderer Regelungen, Anerkennung von Kernenergie als im überragenden öffentlichen Interesse liegend, Kanalisierung aller Genehmigungen auf die atomrechtliche Aufsichtsbehörde, ggf. Deckungsvorsorge für SMR risikoadäquat anpassen.
- **Anpassen von Standort-, Sicherheits- und ggf. Haftungsanforderungen an die Spezifika der SMR-Technologie insbes. unter dem Gesichtspunkt der wirtschaftlichen Verhältnismäßigkeit** (hohes Sicherheitsniveau, passive Sicherheitssysteme, geringeres Inventar)
- Übernahme des Generic Design Assessment GDA in das deutsche Genehmigungsverfahren und Beteiligung an internationalen GDA-Prozessen; Möglichkeit zur Integration von Bewertungen/Genehmigungsentscheidungen erfahrener und kompetenter internationaler Atomaufsichtsbehörden in deutsche Genehmigungsprozesse schaffen
- Politische Konfliktlinien und langfristige Verlässlichkeit früh berücksichtigen: AtG-Änderung, Entsorgungsnachweis, Standortauswahl, Sicherheits-anforderungen, Finanzierung und staatliche Absicherung werden parlamentarisch und gesellschaftlich kontrovers diskutiert werden. Investitionen mit langen Entwicklungs- und Betriebszeiträumen benötigen zugleich einen über Legislatur-

perioden tragfähigen Rechts- und Marktrahmen, der nicht bei jedem Regierungswechsel grundlegend infrage gestellt wird. Aus Sicht der Branche können ein transparenter, ressortübergreifend abgestimmter Prozess sowie breit legitimierte und rechtlich belastbare Regelungen dazu beitragen, Konflikte sachlich zu strukturieren und Planungssicherheit zu schaffen.

Schritt 2: Investitions- und Bestandssicherheit ermöglichen

Auch wenn SMR mit wesentlich geringeren Investitionen ans Netz gebracht werden können, so müssen diese Investitionen – privat ebenso wie öffentlich – ausreichend gesichert werden. Der SMR- Ausbaupfad erfordert Kontinuität, Entscheidungsfreiheit für die handelnden Akteure und Zurückhaltung in Bezug auf politische Eingriffe. Jedes Betreiber- und Finanzierungsmodell setzt glaubwürdige Stabilität voraus.

Konkret sind erforderlich:

- Ein **politischer Grundsatzbeschluss** (Bund), dass SMR als Bestandteil der deutschen Energiepolitik sind.
- Ein Bekenntnis, die kerntechnische Sicherheit in jedem Fall auf dem europäischen Niveau der Nachbarn zu verwirklichen.
- Ein **verlässlicher Marktrahmen**, der den Besonderheiten der SMR-Technologie gerecht wird (Standortversorgung, Kraft-Wärme-Kopplung)
- Die Ermöglichung **öffentlich-rechtlicher Verträge** mit privaten Investoren zur Gewährleistung von Planungssicherheit
- Frühzeitige beihilfe- und wettbewerbsrechtliche Klärung auf EU-Ebene anstreben, insbesondere bei staatlichen Garantien, Contracts for Difference, Kreditlinien, Minderheitsbeteiligungen oder anderen Risikoabsicherungsinstrumenten.
- Finanzierungsrisiken bis zur Final Investment Decision (FID) offen darstellen, einschließlich Entwicklungs-, Genehmigungs-, Klage-, Lieferketten- und Zinsrisiken. Gerade vor FID benötigen Investoren einen belastbaren Rahmen, der politische Volatilität reduziert, ohne unternehmerische Verantwortung zu ersetzen.
- Ein belastbarer Kostenpfad kann zwischen First-of-a-kind-Anlagen und späteren Serienanlagen unterscheiden. Erwartbare Lernkurven entstehen erst bei wiederholter Fertigung, stabiler Regulierung und standardisierten Projektstrukturen; sie sollten daher nicht vorab als gesicherte Kostensenkung unterstellt werden.

Schritt 3: Betreiber- und Projektstruktur neu aufsetzen

Die bisherigen Betreiber der abgeschalteten deutschen Kernkraftwerke haben sich entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen zu Rückbau-Organisationen transformiert und mangels Planungssicherheit und verlässlicher politischer Rahmenbedingungen aus der Nutzung der Kernenergie zurückgezogen. Wenn Kernenergie wieder ein politisch gewünschter Teil eines robusten, diversifizierten Energiemix für Deutschland werden soll, muss langfristige Planungssicherheit gewährleistet sein und neue Betreibermodelle geschaffen werden, gerade auch für einen SMR-Pfad.

Unserer Einschätzung nach sind drei Grundmodelle denkbar, jeweils mit Varianten:

1. **Staatlich dominierte Betreibergesellschaft**
   - Vorteile: starke politische Absicherung, niedrigere Kapitalkosten, Möglichkeit niedriger Stromkosten durch Flottenansatz, gut geeignet für Großkraftwerke.
   - Herausforderungen: Effizienz, Flexibilität, Regelung für Trennung Betreiberrolle-Aufsicht.

2. **Privatwirtschaftliche Betreiber mit staatlichen Garantien/Marktrahmen** (bisherige Struktur in Deutschland für erneuerbare Energien, Gaskraftwerksstrategie, Netze)
   - Vorteile: Projektkompetenz, Effizienz, schnelle Umsetzung, vielfältige Betreiber- und Beteiligungsmodelle.
   - Herausforderung: Investitionsrisiko bei politischer Volatilität, Flexibilität bei geänderten Rahmenbedingungen.

3. **Hybridmodell (staatliche Minderheitsbeteiligung und private Investoren/ Industrieabnehmer)**
   - Vorteile: erleichterte Finanzierung, Resilienz gegen politische Schwankungen, einfache Industriebeteiligung, gute Umsetzbarkeit mit System öffentlich-rechtlicher Verträge, erleichterte Einführung neuer Modelle wie dem genossenschaftlichen Mankala-Modell nach finnischem Beispiel oder der schwedischen Anreizförderung durch staatliche Kredite und CfDs mit der Möglichkeit vielfältiger Eigentümer- und Beteiligungsstrukturen in unterschiedlich angelegten Projekten
   - Herausforderungen: Investitionsabsicherung (auch wg. EU-Anforderungen), Gestaltung von unterstützten Finanzierungsmodellen insb. am „langen Ende“, Übernahme der Betreiberrolle (bisherige, ggf. auch internationale KKW-Betreiber, große Industrieunternehmen als Konsortialführer, genossenschaftliches Unternehmen oder GmbH im Eigentum von industriellen und kommunalen Stromkunden

Auf Basis der momentanen Situation empfiehlt KernD Variante 3. Ausbalancierte Hybridmodelle entsprechend der Verwendung (industrielle Kraft-/Wärme-Erzeugung, Netzstromversorgung, kommunale Daseinsvorsorge) ziehen in- und ausländische Investoren an, geben Investitionssicherheit und schaffen mit Staatsbeteiligung (Bund/Land) industriepolitische Gestaltungsspielräume im Sinne einer erfolgreichen

deutschen Wirtschaftspolitik. Das Hybridmodell ist ggf. auch gut auf große Reaktoren für die Netzstromversorgung adaptierbar (Mankala-Modell, Stadtwerkebeteiligung).

In der Investitionslogik bietet es sich an, industrielle Ankerkunden, kommunale Beteiligungsmodelle und Standortgemeinden früh mitzudenken. Denkbar sind langfristige Abnahmeverträge für Strom, Wärme oder Prozessdampf, Beteiligungen von Industrieunternehmen und Stadtwerken sowie lokale Wertschöpfungs- und Infrastruktur-pakete.

Konkrete Umsetzungsschritte

- Errichtung von SMR als Teil von Energie- und Dekarbonisierungspartnerschaften unterstützen
- Verschiedene Optionen bereitstellen, wie Industriepartner eingebunden werden können (z. B. als Ankerabnehmer von Strom/Prozesswärme, als Anteilseigner oder als Betreiber).
- Klärung der Rolle von Kommunen/Ländern (Beteiligung, Standortentwicklung, Infrastruktur).
- Prüfung kommunaler Beteiligungs- und Nutzenmodelle, etwa über Standortfonds, Beteiligung von Stadtwerken, Wärmeversorgungskonzepte, Gewerbesteuereffekte, Ausbildungs-kooperationen oder lokale Infrastrukturbeiträge.

Schritt 4: Regulatorik, Normen, Genehmigung – „befähigen“, bevor man genehmigt

Deutschland hat im Vergleich zu so genannten Neueinsteigerländern einen großen Vorteil: Das System der kerntechnischen Regelsetzung besteht fort, und bei Behörden und Gutachtern gibt es weiterhin Fachkompetenz – sie muss aber durch neue Prioritäten mobilisiert, auf den Generationswechsel vorbereitet und international wieder vernetzt werden, um den Anschluss an neuere internationale Regelwerksentwicklungen zu ermöglichen. Die Versicherungs-wirtschaft befasst sich mit Blick auf ausländischen Anlagen bereits konkret mit Know-how Aufbau für SMR.

Behörden- und Gutachterfähigkeit sichern

- Prioritäten neu setzen in zuständigen Ministerien/Behörden; Kapazitäten aktiv für „Neuanlagenfähigkeit“ nutzen und aufbauen.
- Nachwuchs- und Kompetenzaufbau unter Beachtung der Altersstruktur; Ausbildung ist ohnehin auch für Rückbau/Entsorgung sowie allgemeine kerntechnische (Sicherheits)kompetenz nötig.
- Personalstrategie für Aufsichtsbehörden, Gutachterorganisationen und Ministerien anstoßen. Ohne ausreichende personelle Kapazitäten entstehen selbst bei politischer Grundsatzentscheidung erhebliche Genehmigungs- und Zeitrisiken.
- Rollenverständnis von Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden auf Prüfung von Regelkonformität und adäquater Risikovorsorge begrenzen; die Genehmigung-

und Aufsichtsfunktion umfasst kein Mandat zur Verhinderung oder Verzögerung von Projekten nach politischen Vorgaben.

- Klage- und Verfahrensrisiken begrenzen: Der Rechtsschutz muss wirksam bleiben, zugleich sollten missbräuchliche Verzögerungen und mehrfache Prüfungen vermieden werden. Zu prüfen sind insbesondere klare Präklusions- und Klagefristen, die Konzentration gerichtlicher Zuständigkeiten, beschleunigte Verfahren sowie eine Begrenzung der aufschiebenden Wirkung, soweit dies verfassungs- und europarechtlich zulässig ist. Genehmigungsunterlagen, Öffentlichkeitsbeteiligung, Umweltprüfung und Sicherheitsnachweise sind so auszugestalten, dass sie gerichtlicher Überprüfung standhalten.

Internationale Vorarbeit bei SMR-Lizenzierung nutzen

Eine Genehmigungsbeschleunigung für SMR ist realistisch, wenn Deutschland dort ansetzt, wo andere Länder bereits vorgearbeitet haben:

- Übernahme/Adaption von Designerlaubnissen, Bewertungen, Normenbausteinen aus etablierten Regimen (z. B. bei Leichtwasser-SMR) in Nordamerika und Europa.
- Systematische internationale Kooperation der Regulatoren, um Doppelarbeit zu vermeiden, Stand von Wissenschaft/Technik schnell abzubilden und schnelles „Ausrollen“ der Technik zu ermöglichen. Beteiligung der Bundesaufsicht am Joint Early Review Prozess europäischer Aufsichtsbehörden, der erstmals für den Nuward-SMR angewendet wird sowie an der Nuclear Harmonisation and Standardisation Initiative der IAEA wie sie in Europa für den Gen-IV-Reaktor EAGLES-300 zur Anwendung kommt.

Technologiefokus für einen Einstieg

Der Einstieg gelingt via SMR der Generation III+- regulatorisch am einfachsten und schnellsten. Die Grundtechnologie entspricht bekannten Anlagen, bedeutet somit regulatorisch kein unbekanntes Terrain. Es sind ausreichend viele verlässliche Anbieter für derartige Anlagen vorhanden, so dass Designs verglichen werden können und eine fundierte Technologie-entscheidung getroffen werden kann.

Schritt 5: Standortlogik und Einsatzfälle definieren (Wofür, wo, mit wem?)

Sofern in den vorhergehenden Schritten der Rahmen für eine erfolgreiche SMR-Einführung geschaffen wurde, können nun wirtschaftliche Anwendungskonzepte gewählt werden, um konkrete SMR-Projekte zu starten. Drei Referenzkonzepte würden verschiedene Bedürfnisse der deutschen Energiewirtschaft adressieren:

Standortlogik ist zugleich Akzeptanzlogik. Geeignete Standorte werden nicht allein durch Netz-, Kühlwasser- oder Industrieparameter bestimmt, sondern auch durch lokale Erfahrung mit Energieinfrastruktur, kommunale Entwicklungsperspektiven, nachvollziehbare Sicherheits-konzepte und frühzeitige Beteiligung.

1. **Electricity-only** (Netzstützung/Grundlastbeitrag)
2. **Industrieversorgung** (Strom + Prozesswärme, eventuell integriert in einen Industriestandort)
3. **Kombinierte Konzepte** (Wasserstoff, Fernwärme in definierten Fällen)

Konkrete Schritte:

- Entwicklung eines Standortkriterienkatalogs (Netz, Wasser, Kühlung, Industriecluster, Genehmigungsumfeld, Akzeptanz, Flächen).
- Sicherung bestehender Standorte mit nuklearer Genehmigung.
- Identifikation von weiteren Pilotstandorten (z. B. Industrieareale, bestehende Energie- oder Kraftwerksstandorte, geeignete Infrastrukturknoten).
- Aufbau eines „Lead Customer"-Ansatzes: Industrieabnehmer als Ankerkunden (Abnahmeverträge) oder Betreiber in einem Industriekonsortium, um Finanzierbarkeit und Realisierungschance zu erhöhen.
- Frühe Bürger- und Standortkommunikation etablieren: Bereits vor formellen Genehmigungsverfahren können Sicherheitskonzept, Einsatzfall, Nutzen für Standort und Region, Entsorgungsfragen, Notfallschutz und Beteiligungsmöglichkeiten verständlich erklärt werden.
- Transparenz- und Beteiligungsinstrumente prüfen: lokale Informationsbüros, unabhängige Fachdialoge, kommunale Begleitgremien, Bürgerforen, regelmäßige Veröffentlichung zentraler Projektinformationen und klar definierte Ansprechpartner auf Betreiber- und Behördenseite.

Schritt 6: Entsorgungssystem und Finanzarchitektur kompatibel machen

Der Entsorgungsnachweis für Neuanlagen ist ein politisch-administrativ sensibles, gleichwohl lösbares Thema. Das heutige System ist auf eine „abgeschlossene Abfallmenge" ausgelegt; bei neuen Anlagen müsste der Rechtsrahmen angepasst werden. Für die gesellschaftliche Akzeptanz ist entscheidend, dass Entsorgungsfragen nicht nachgelagert oder defensiv behandelt werden, sondern von Beginn an transparent, verursachergerecht und nachvollziehbar in den SMR-Pfad integriert werden.

Konkrete Schritte:

- Klärung, welche Anpassungen an StandAG und den Rechtsgrundlagen rund um KENFO erforderlich wären.
- Entwicklung eines konsistenten Modells, wie Einzahlungen/Beiträge neuer Betreiber organisiert werden (Fairness, Transparenz, Verursacherprinzip).
- Transparente Kommunikation zu Abfallmengen, Zwischenlagerung, Endlagerbeiträgen und langfristiger Verantwortung. Neue Betreiber sollten erkennbar in ein verursachergerechtes Finanzierungs- und Nachweissystem eingebunden werden.
- Identifikation positiver systemischer Effekte (z. B. Skaleneffekte beim Endlager) einer Öffnung der heutigen Entsorgungssystematik.
- Offene Diskussion über mögliche bessere Entsorgung in Zukunft (z. B. Berücksichtigung Transmutation im Rahmen von Generation IV SMR) parallel zum aktuellen Entsorgungspfad.

- Umsetzung eines Pilotprojekts zu alternativen Entsorgungskonzepten unter Berücksichtigung bestehender Technologieansätze (z.B. Transmutation)

Schritt 7: Kompetenz, Forschung, Lieferkette – „durchgehend“ planen

Kompetenzaufbau ist Voraussetzung für nachhaltige Nutzung eines SMR-Pfades:

Dieser Kompetenzaufbau ist zugleich ein Beitrag zur wirtschaftlichen Souveränität Deutschlands und Europas. Nukleare Sicherheitsbewertung, qualifizierte Komponentenfertigung, Werkstoffkompetenz, Anlagenbau und regulatorische Expertise sind strategische Fähigkeiten, die auch für Fusion, Strahlenschutz, Entsorgung und internationale Sicherheitsfragen benötigt werden.

- Stärkung kerntechnischer Lehrstühle und Förderfähigkeit von Forschung auch für neue Reaktortypen, Fertigungs- und Finanzierungsmodelle.
- Schließen von Kompetenzlücken, die durch Abbau/Generationswechsel entstanden sind.
- Aufbau einer Lieferketten- und Qualitätsstrategie (insb. für nukleare Komponenten/Qualifizierung) unter Berücksichtigung von Standardisierung und europäischer Souveränität. Komponenten für SMR sind oft kleiner und einfacher zu fertigen, was den Wiederaufbau industrieller Kompetenz in Bereichen, in denen diese inzwischen fehlt, erleichtert.
- Verzahnung mit europäischer Industriepolitik: Aufbau und Qualifizierung von Lieferketten können, soweit möglich, europäisch gedacht werden, um Abhängigkeiten zu reduzieren, Wertschöpfung in Europa zu halten und Standardisierung sowie Serienfähigkeit zu erleichtern.

Wiederinbetriebnahme (WIB) als strategische Kompetenzoption

Die WIB ist dabei nicht zwingende Voraussetzung eines SMR-Pfades, kann aber als Brückenoption für Kompetenz, Personal und Sicherheitskultur betrachtet werden. Aus Sicht der Branche bietet es sich an, sie als Prüfoption und nicht als Vorbedingung zu verstehen, um den SMR-Pfad anschlussfähig zu halten.

Unserer Einschätzung nach sollte im Rahmen der Gesamtstrategie auch die Wiederinbetriebnahme stillgelegter Anlagen als Prüfoption für die effiziente Umsetzung eines SMR-Pfades betrachtet werden mit folgenden Vorteilen:

- Erhalt von Betriebskompetenz
- Sicherung praktischer Erfahrung im Leistungsbetrieb
- Erhaltung bewährter deutscher Sicherheitskultur
- Stabilisierung der nuklearen Lieferkette
- Ausbildung von Betriebspersonal unter Realbedingungen
- Vermeidung von Kompetenzverlusten bis zur SMR-Realisierung

- Stärkung strategischer Resilienz durch den Erhalt bzw. Aufbau eigener nuklearer Wertschöpfungsketten, z. B. von Tritium als relevantem Ausgangsstoff für künftige Fusionsanwendungen.

Verzahnung mit der deutschen Fusionsstrategie

SMR und Fusion können strategisch zusammen gedacht werden: SMR sichern die praktische industrielle und regulatorische Kompetenzbasis, Fusion eröffnet langfristig eine weitere nukleare Energieoption. Beide Pfade benötigen qualifizierte Fachkräfte, Werkstoff- und Sicherheitsforschung, Strahlenschutz, Tritium- und Brennstoffkompetenz, regulatorische Bewertung sowie Hochtechnologie-Lieferketten.

Ein deutscher SMR-Pfad kann damit als Brücke verstanden werden: Er erhält Fähigkeiten im realen Anlagen-, Sicherheits- und Genehmigungsbetrieb, während Fusionskonzepte technologisch weiterentwickelt werden. Ohne diese Brücke besteht das Risiko, dass Deutschland zwar Forschung betreibt, aber die spätere Industrialisierung und regulatorische Bewertung nicht mehr eigenständig leisten kann.

Vorschlag für eine Roadmap-Logik

Ein deutscher SMR-Pfad lässt sich aus Branchensicht in zeitlich nachvollziehbare Stufen gliedern. Die folgende Jahreslogik ist keine Vorgabe an die Politik und keine Prognose, sondern eine planerische Arbeitshypothese. Sie zeigt, welche Entscheidungen und Abhängigkeiten in welcher Reihenfolge bearbeitet werden könnten, wenn erste Anlagen in einem realistischen Zeitraum von rund zehn Jahren nach Programmstart erreicht werden sollen.

2026/Anfang 2027 – Mögliche politische Ermöglichung und Mandatierung

- Möglicher politischer Grundsatzbeschluss des Bundes, SMR als Option für Versorgungssicherheit, Klimaschutz, industrielle Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität zu prüfen und zu ermöglichen.
- Ressortübergreifende Koordinierung und klare Zuständigkeiten zwischen den relevanten Bundesressorts, Umwelt-/Atomaufsicht, Forschungsressort und Ländern vorbereiten.
- Start eines Gesetzgebungsprozesses zur Änderung des Atomgesetzes, einschließlich Prüfung einer Aufhebung des Genehmigungsausschlusses für Neuanlagen zur Stromerzeugung und einer Anpassung des Gesetzeszwecks an Sicherheit, Klimaverträglichkeit und geordneten wirtschaftlichen Betrieb.
- Beginn einer Behörden- und Gutachterstrategie: Personalbedarf, Ausbildungsbedarf, internationale Kooperation, KTA-Arbeitsprogramm und regulatorische Zuständigkeiten.
- Start eines gesellschaftlichen Dialogs mit Industrie, Ländern, Kommunen, Wissenschaft, Behörden und Zivilgesellschaft; Entwicklung eines Kommunikations- und Akzeptanzrahmens.

2027 – Mögliche rechtliche Konkretisierung, EU-Klärung und Vorstrukturierung

- Abschluss bzw. parlamentarische Beratung zentraler AtG-Änderungen und ergänzender Regelungen zu Genehmigungsbeschleunigung, Typbewertung, Marktrahmen, Investitionsschutz und Entsorgungsbeiträgen.
- Frühzeitige Vorabklärung mit der Europäischen Kommission zu Beihilfe-, Wettbewerbs- und Binnenmarktfragen, insbesondere bei staatlichen Garantien, CfDs, Kreditlinien, Minderheitsbeteiligungen oder anderen Risikoabsicherungen.
- Einführung oder Vorbereitung eines deutschen Design-/Typbewertungsverfahrens, das internationale Generic Design Assessments und Bewertungen erfahrener Aufsichtsbehörden systematisch nutzbar machen könnte.
- Erarbeitung eines Standortkriterienkatalogs und möglicher Start eines freiwilligen Interessenbekundungsverfahrens für Standortgemeinden, Industriecluster, bestehende Energie- und Kraftwerksstandorte sowie geeignete Infrastrukturknoten.
- Definition möglicher Betreiber- und Eigentümermodelle, einschließlich Hybridmodellen mit privaten Investoren, industriellen Ankerkunden, kommunalen Beteiligungen und ggf. staatlicher Minderheitsbeteiligung.

2029 – Mögliche Design-, Standort- und Investitionsvorbereitung

- Auswahl erster geeigneter Referenztechnologien durch potenzielle Betreiber/Nutzer; für einen Einstieg erscheinen Leichtwasser-SMR der Generation III+ aufgrund bestehender Betriebserfahrung und internationaler Lizenzierungsvorarbeiten besonders plausibel.
- Beginn bzw. Abschluss erster generischer Designbewertungen für ausgewählte SMR-Konzepte; parallele Regelwerksadaption, insbesondere KTA, Sicherheitsanforderungen, Notfallschutz und Schnittstellen zu Umwelt- und Planungsrecht.
- Auswahl erster Pilotcluster auf Grundlage von Standortkriterien, industriellen Abnahmebedarfen, Netz- und Wärmeinfrastruktur, Länderzuständigkeit und lokaler Akzeptanzperspektive.
- Vertiefung von Finanzierungsmodellen und Projektstrukturen einschließlich Abnahmeverträgen, Beihilfestruktur, Risikoteilung, Entsorgungsbeiträgen und Vor-FID-Risikomanagement.
- Öffentliche Standortkommunikation mit Bürgerdialog, Sicherheitsnarrativ, Entsorgungstransparenz und kommunalen Nutzenmodellen.

2032 – Mögliche Genehmigungsanträge, EU-Verfahren und Final-Investment-Readiness

- Einreichung erster standortbezogener Genehmigungsanträge durch Betreiber bzw. Projektgesellschaften einschließlich Umweltverträglichkeitsprüfung, Strategischer Umweltprüfung soweit erforderlich, Notfallschutzkonzept, Entsorgungsnachweis und Euratom-Notifizierung.
- Durchführung bzw. Abschluss wesentlicher EU-Beihilfe- und Wettbewerbsverfahren für staatliche Absicherungsinstrumente und Marktmechanismen.

- Vorbereitung endgültiger Investitionsentscheidungen vorbehaltlich Genehmigungserteilung, gesicherter Lieferketten, qualifizierter Betreiber-organisationen und belastbarer Abnahmeverträge.
- Qualifizierung zentraler Lieferketten und Komponenten, Aufbau von Qualitätssicherung und nuklearer Fertigungskompetenz sowie Beginn der Ausbildung von Betriebspersonal und Behördennachwuchs.
- Risikomanagement für Klagen, Genehmigungsverzögerungen, Komponentenengpässe, Zins- und Finanzierungskosten sowie First-of-a-kind-Aufwendungen.

2037 – Möglicher Bau, Inbetriebnahme und Lernkurve

- Bei erfolgreicher Genehmigung, gesicherter Finanzierung und belastbarer Lieferkette: Beginn bzw. Abschluss wesentlicher Bau- und Montagephasen erster Pilotanlagen, abhängig vom konkreten Design und Standort.
- Inbetriebsetzung erster Anlagen bzw. Vorbereitung des kommerziellen Leistungsbetriebs. Der genaue Zeitpunkt hängt wesentlich von Genehmigungsdauer, gerichtlicher Bestandskraft, Lieferketten, FOAK-Risiken und Betreiberreife ab.
- Systematische Auswertung der ersten Projekte zur Kostensenkung, Standardisierung, Regelwerksoptimierung, Ausbildung und Übertragbarkeit auf weitere Standorte.
- Aufbau einer europäischen Lernkurve durch standardisierte Designs, wiederholte Projektstrukturen, gemeinsame Lieferketten und regulatorische Kooperation.

Entwicklung von Reaktoren der Generation IV und deren Regulierung

- Beteiligung an einem der beiden europäischen Projekte schneller, bleigekühlter Reaktoren, EAGLES-300 oder newcleo LFR-AS-200.
- Anpassung der Sicherheitsanforderungen an die besonderen sicherheitstechnischen Eigenschaften der unterschiedlichen Gen-IV-Reaktoren und Mitwirkung an europäischer und internationaler Regelsetzung und Standardisierung.
- Auswahlverfahren für ein nationales Gen-IV-Projekt, z. B. Salzschmelzereaktor als Waste Burner, schneller bleigekühlter Reaktor oder Hochtemperaturreaktor, als gemeinsames Projekt von Industrie und Forschungseinrichtungen einschließlich Pilotprojekt und Prototypanlage in Deutschland.
- Erweiterung von Forschungsinfrastruktur und Einrichtung kerntechnischer Lehrstühle, die auf Entwicklung und Errichtung von Gen-IV-Reaktoren zugeschnitten sind, z. B. Materialwissenschaft, Neutronik und Radiochemie.
- Aufhebung des Verbots der Genehmigung von Wiederaufarbeitungsanlagen bzw. der Abgabe von Abfällen aus der gewerblichen Erzeugung von Elektrizität an Anlagen zur Wiederaufarbeitung.
- Entwicklung fortgeschrittener Verfahren der Wiederaufarbeitung und Brennstoff-herstellung für schnelle Reaktoren (Waste Burner).

KernD-Beitrag

KernD kann als Verband der kerntechnischen Wirtschaft und Forschung sowie als Kompetenznetzwerk insbesondere leisten:

- Strukturierung des Diskurses in realistische Schritte und Abhängigkeiten
- Bereitstellung von Fach- und Industrieperspektive zu SMR-Pfad
- Unterstützung bei internationaler Reintegration (Regulatorik, Standards, Best Practices)
- Organisation eines Stakeholder-Dialogs mit Industrieabnehmern, Zulieferern, Forschung, Behörden (in geeigneten Formaten)
- Entwicklung eines politisch anschlussfähigen Akzeptanz- und Kommunikationsrahmens, der Sicherheit, Entsorgung, Standortnutzen, kommunale Beteiligung und industriepolitische Bedeutung verständlich zusammenführt.
- Einordnung des SMR-Pfades in eine technologiepolitische Gesamtstrategie aus SMR, Fusion, europäischer Industriepolitik und Sicherung nuklearer Kompetenz.

Zusammenfassung

Ein für Deutschland aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit, Versorgungssicherheit, Klimaverträglichkeit, wirtschaftlichen Souveränität und Energieunabhängigkeit zweckmäßiges SMR-Programm setzt aus Branchensicht die Öffnung des Rechtsrahmens und die Schaffung von Investitionssicherheit voraus. Parallel wären Regulatorik, Normen und Behördenfähigkeiten aktiv weiterzuentwickeln und internationale Vorarbeiten konsequent nutzbar zu machen. Erst dann lassen sich Standorte, Designs und Finanzierungen belastbar konkretisieren und mit einem tragfähigen Entsorgungs-, Akzeptanz- und Kompetenzpfad verbinden.

Die Kernspaltung bildet technologisch, industriell und regulatorisch eine wichtige Grundlage für die Kernfusion. Fusion ist eine vielversprechende Technologie, befindet sich aber weltweit auf dem Weg in die Demonstrationsphase. Es wird voraussichtlich noch mehrere Jahrzehnte von heutigen Forschungsanlagen zur kommerziellen Anwendung dauern. Ohne eine fortbestehende kerntechnische Kompetenzbasis in Betrieb, Sicherheitstechnik, Werkstoffkunde, regulatorischer Praxis, Strahlenschutz, Entsorgung und nuklearer Lieferkette verliert Deutschland den systemischen Anschluss auch für eine spätere Fusionsnutzung. Ein SMR-Programm kann damit auch die technologische Anschlussfähigkeit an die Energieoption Fusion unterstützen.

Bei Nutzung aller Beschleunigungsmöglichkeiten und einer konstruktiven Kooperation zwischen künftigen Eignern/Betreibern, Herstellern, Bundes- und Landesbehörden erscheint es angesichts von Genehmigungs- und Projektständen in anderen Staaten als Arbeitshypothese realistisch, dass erste SMR-Anlagen in Deutschland rund zehn Jahre nach Anstoß eines SMR-Programms in Betrieb gehen könnten. Voraussetzung wäre jedoch, dass zentrale politische, rechtliche, europarechtliche, finanzielle und gesellschaftliche Themen früh bearbeitet werden und ein nachhaltig zuverlässiger Investitionsrahmen geschaffen wird. Ohne klare Rollen, ausreichende Behördenkapa-

zitäten, belastbare Finanzierung, beihilferechtliche Klärung und lokale Akzeptanz können sich Zeit- und Kostenpfade erheblich verlängern.
Die Realisierung dieses Programms im Rahmen von Energiewende, Dekarbonisierung und europäischer Industriepolitik kann zweckmäßig über Pilotstandorte eingeleitet werden, bei denen industrielle Interessenten, kommunale Gebietskörperschaften, Länderbehörden und Betreiber an einem Strang ziehen und eine mehrheitliche Akzeptanz in der Bevölkerung vor Ort besteht. Ein solcher Ansatz verbindet Versorgungssicherheit, Klimaschutz, industrielle Wertschöpfung, Fachkräftesicherung und technologische Souveränität zu einem politisch anschlussfähigen Zukunftsprogramm.

KernD ist das führende Kompetenznetzwerk und die Interessenvertretung der deutschen Kerntechnik. Der Verband vereint Industrie, Forschung und Wissenschaft entlang der gesamten kerntechnischen Wertschöpfungskette. Er bündelt Expertise, vernetzt Akteure und bringt die Interessen seiner Mitglieder in den politischen und gesellschaftlichen Dialog ein. KernD setzt sich für den Erhalt und Ausbau kerntechnischer Kompetenzen, innovationsfreundliche Rahmenbedingungen und die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland ein. Zugleich gestaltet der Verband die Industrie der Zukunft mit – durch neue Technologien, europäische Lieferketten und internationale Zusammenarbeit.