

1

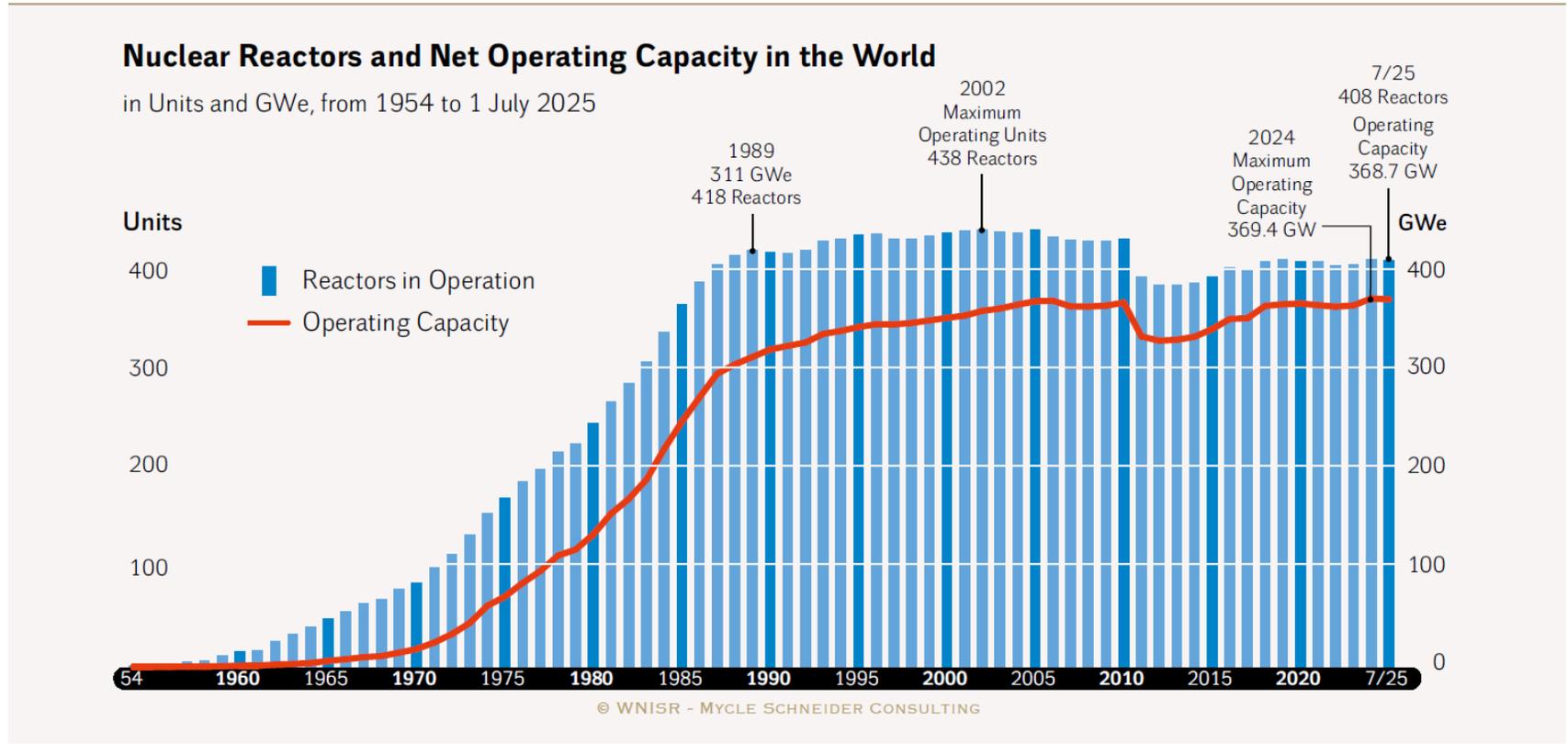
Kernenergie heute – ein paar Zahlen zum Einstieg

Kernkraftwerke 1954–2025

Globaler Anteil an der Energieversorgung (2023):

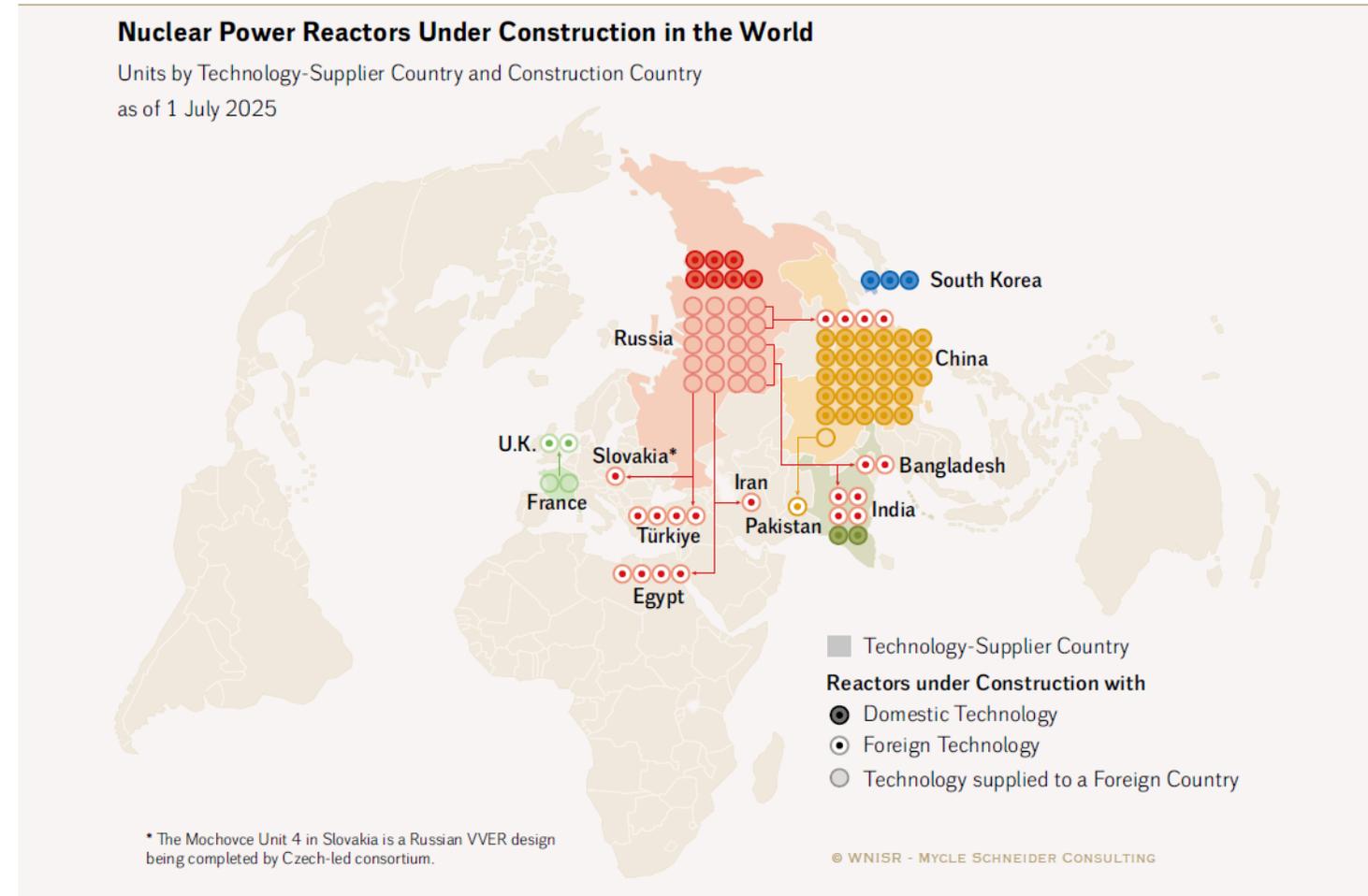
- Fossile Brennstoffe: 79,8 %
- Kernenergie: 4,7 % (ca. 9 % der weltweiten Stromerzeugung)

31 Länder mit „in Betrieb befindlichen“ Kernkraftwerken



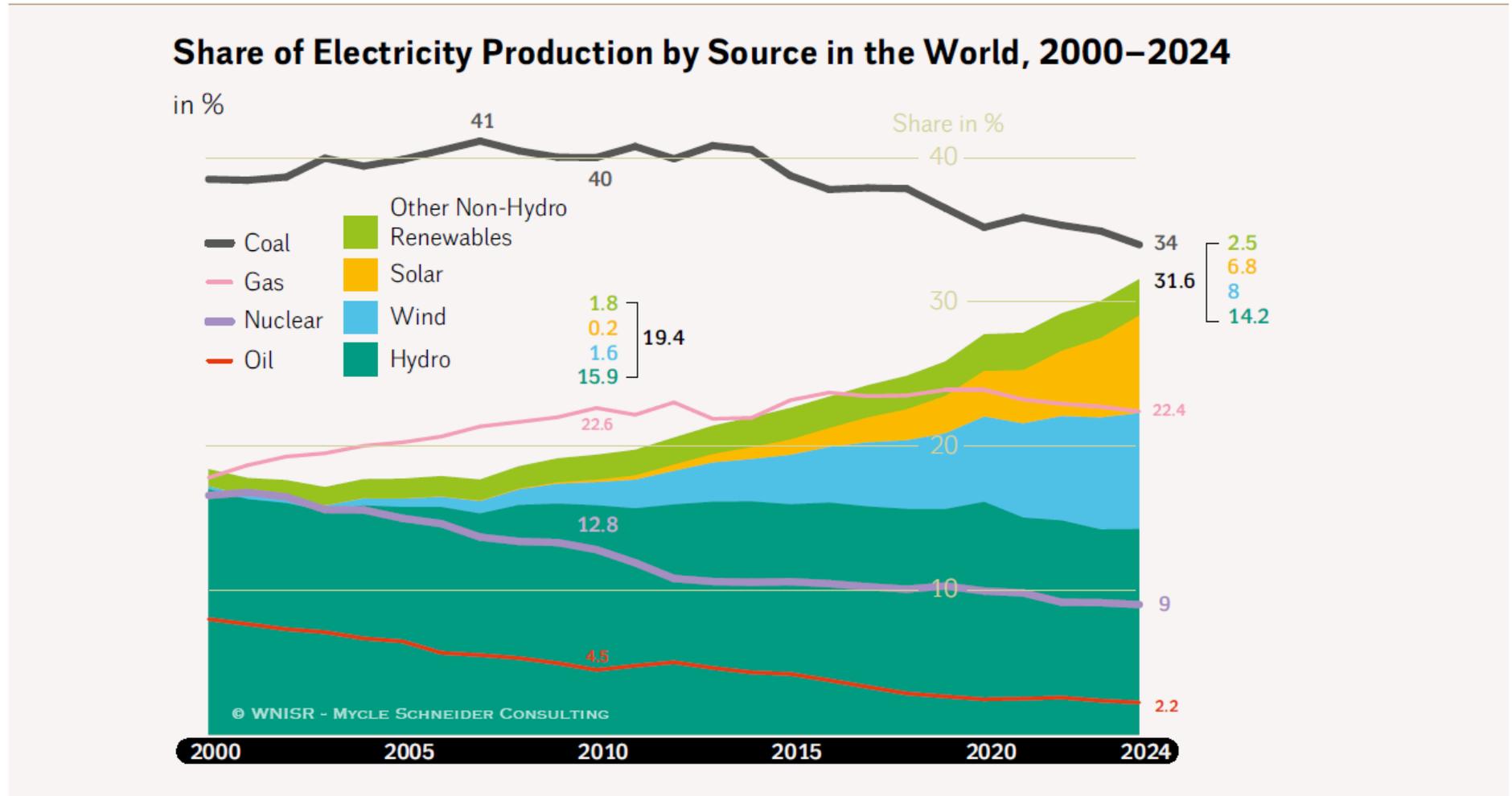
Im Bau befindliche Kernkraftwerke

- 62 Kernkraftwerke „im Bau“
- Vor allem China (32), Indien (6), Russland (7), Ägypten (4), Türkei (4)
- Die im Bau befindlichen Reaktoren sind fast ausschließlich Leichtwasserreaktoren (LWR) der Generationen II und III.
- wenige „Gen IV“ (4 FBR China, Indien, Russland, 1 VHTR China);
- 3 „SMR“ (Argentinien, China, Russland)
- -> Geopolitisches Problem ?

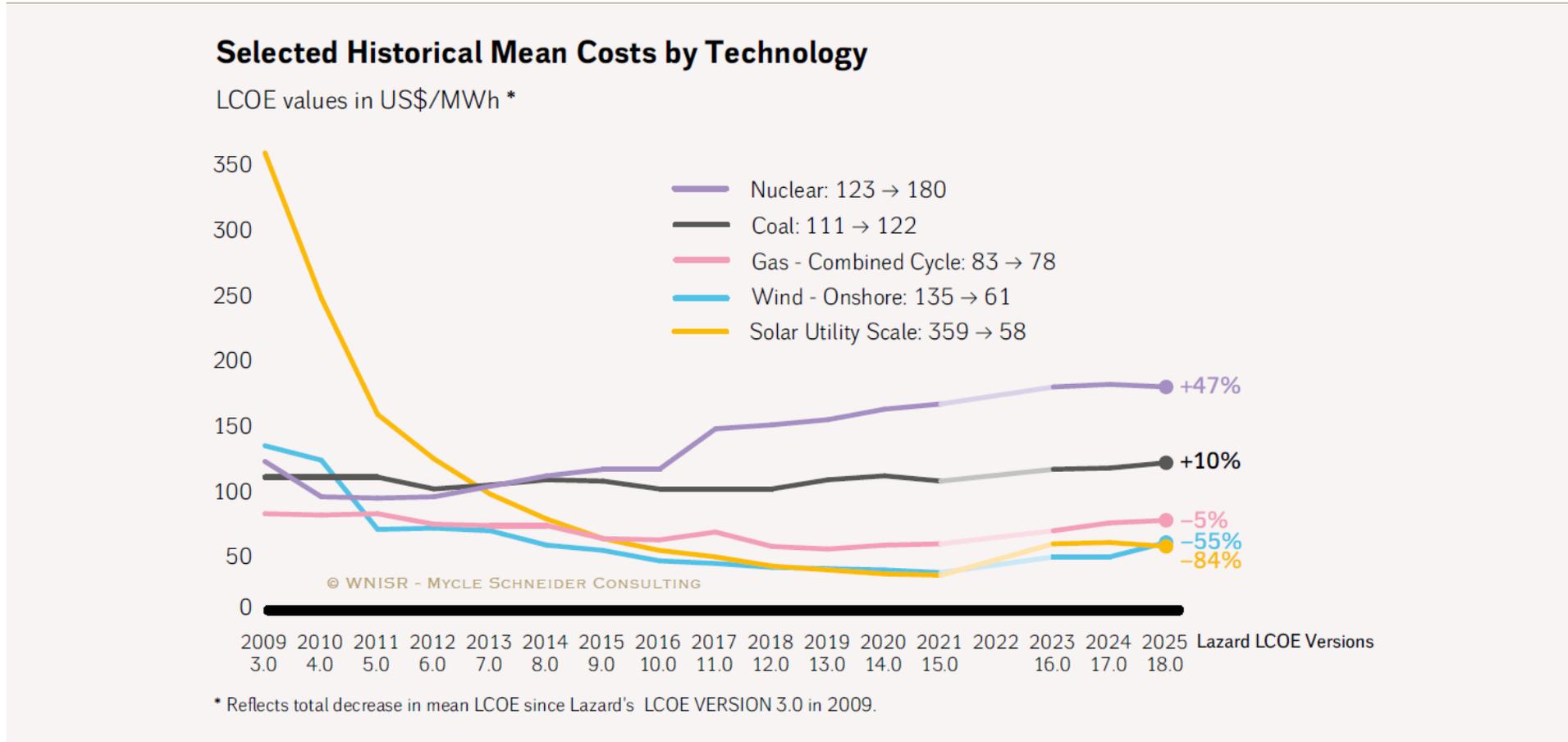


Vergleich Stromerzeugung Kernenergie, erneuerbaren Energien und fossilen Brennstoffen

- Fossil 59%
- Nuklear 9%
- Erneuerbar 32%

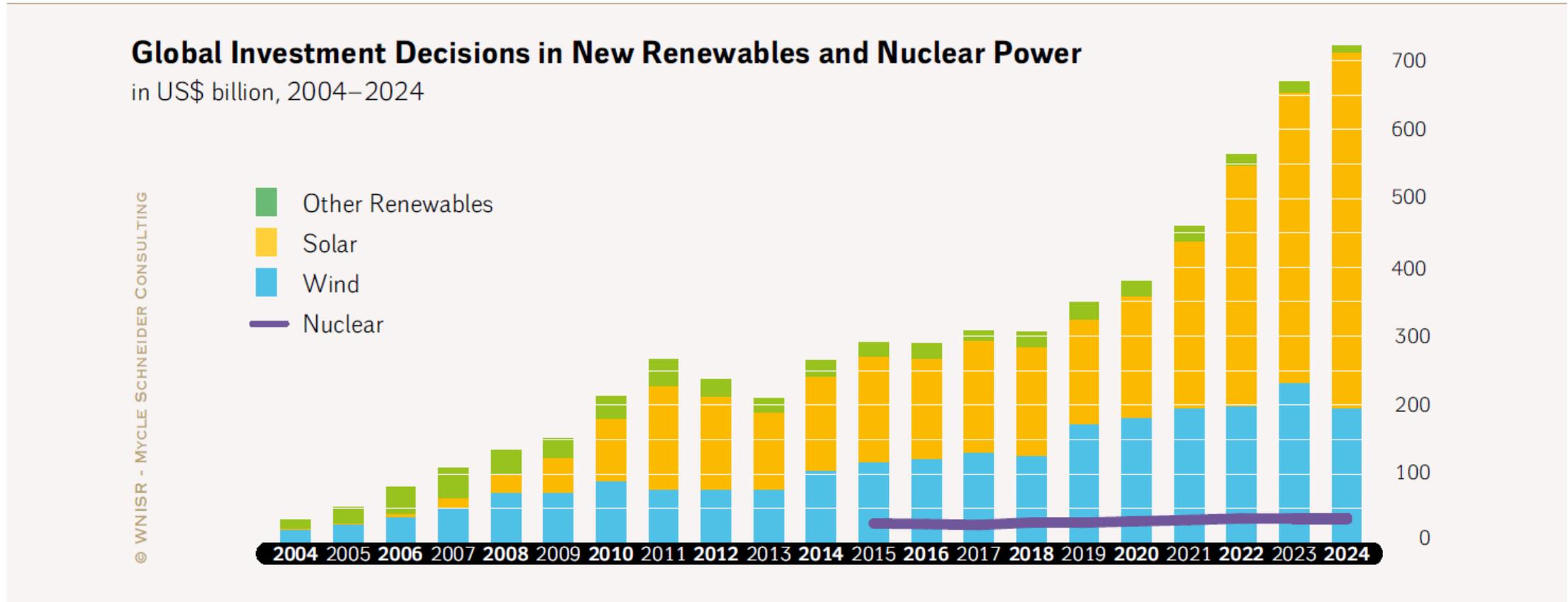


Kostenentwicklung von Energietechnologien 2025



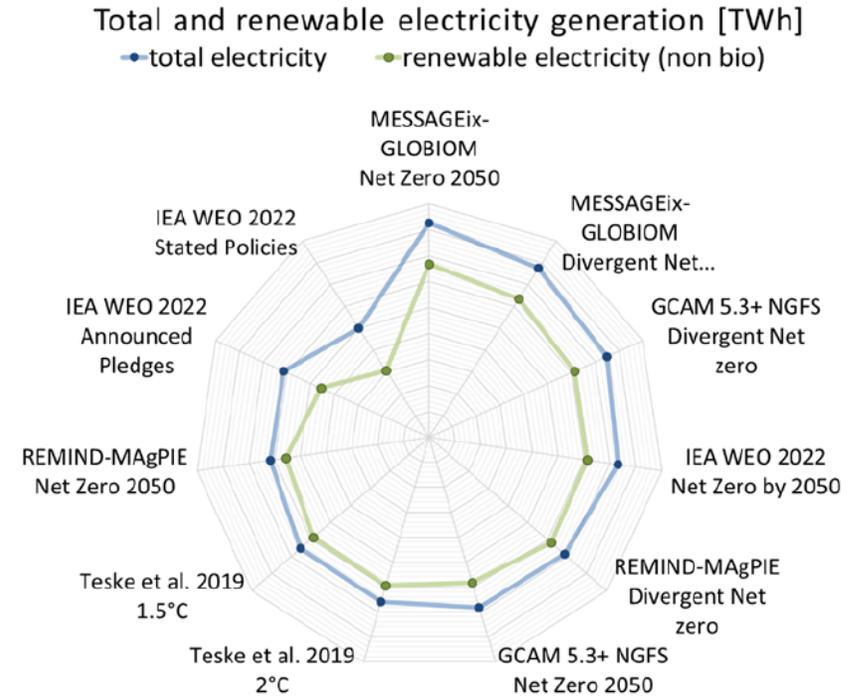
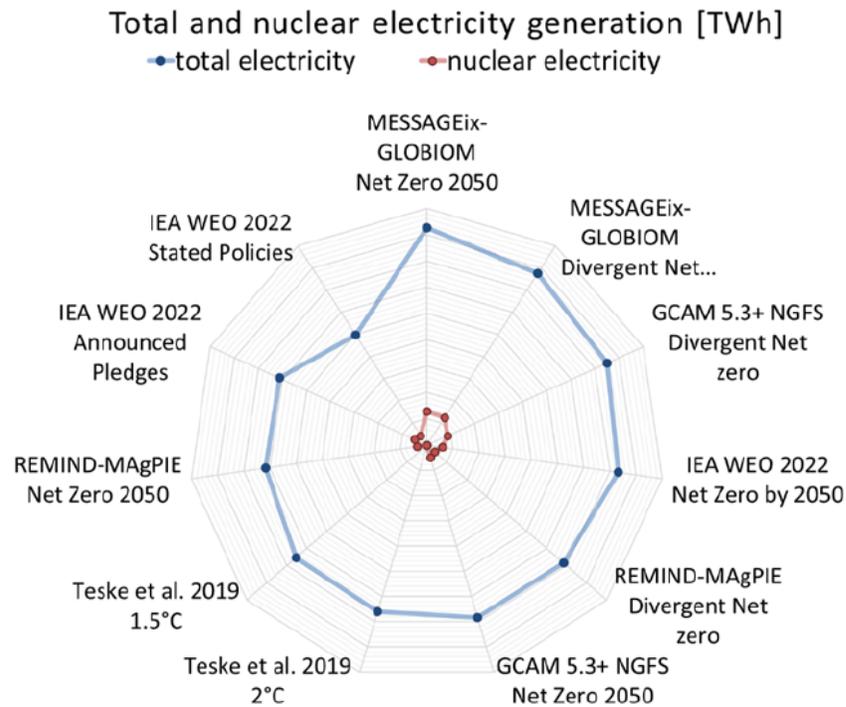
Source: Lazard Estimates, 2025

Investitionen Erneuerbare und Nuklear im Vergleich



Source: BloombergNEF, 2025

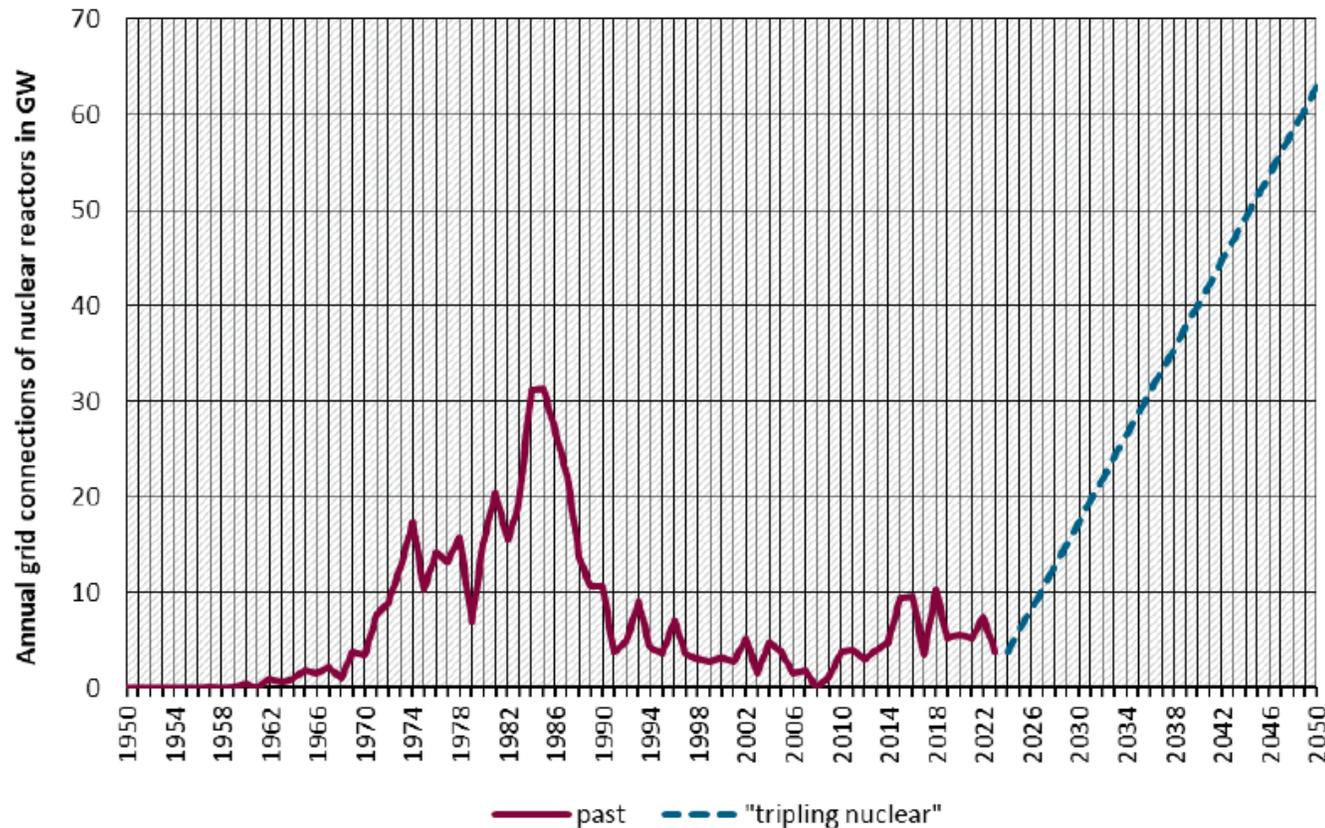
Zukünftige Bedeutung der Kernenergie? Szenarien für das Jahr 2050



Verdreifachung der Kernenergie und die Rolle von SMR?

- Triple Nuclear Energy Pledge
- 31 Staaten
- COP 28: Armenien, Bulgarien, Kanada, Kroatien, Tschechien, Finnland, Frankreich, Ghana, Ungarn, Japan, Republik Korea, Moldau, Marokko, Niederlande, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Schweden, Ukraine, Vereinigte Arabische Emirate, Vereinigtes Königreich und die Vereinigten Staaten
- COP 29 El Salvador, Kasachstan, Kenia, Kosovo, Nigeria und die Türkei.

Figure 10: Future annual grid connections of nuclear reactors worldwide necessary for “tripling nuclear” in comparison with past annual additions



Source: data: (International Atomic Energy Agency (IAEA) 2023), own calculation; own illustration, Öko-Institut e.V.

Zur Erinnerung - Kernenergie Nachteile

- Hochrisikotechnologie:
 - Unfall- und Konfliktrisiken mit weitreichenden Schäden für Mensch und Umwelt
 - Hochradioaktive Abfälle – Aufgabe für Generationen
 - Zivil-militärischer Zusammenhang – best. Nukleartechnologien können zum Bau von Kernwaffen genutzt werden
- Nachhaltigkeit
 - Ressourcenverbrauchend (Uran -> Thorium??).
 - Umweltschäden durch Uranabbau
 - Teuer. CO2-Vermeidungskosten dadurch hoch.
- Zukünftige Kompatibilität mit Energieinfrastruktur (Großkraftwerke, Lastfolge, Netzinfrastruktur)
- Abhängigkeiten von Lieferländern und Herstellerländern (geopolit. Abhängigkeit)

Was sind die großen Treiber für Kernenergie

- Vorhandene Großindustrie und Trägheit von Organisationen und technischen Systemen - Grundlastargumentation
- Relativ CO₂ arm im Vergleich zu Fossil (Vermeidungskosten trotzdem hoch)
- Geopolitische Interessen – geopolitische Abhängigkeiten schaffen
- Besitzer von nuklearen Technologien sind Virtuelle Kernwaffenstaaten (Latente Proliferation)
- Nationales Prestige (Nuklear gilt ähnlich wie Raumfahrt als fortschrittlich)
- Energiesouveränität (vermeintliche Unabhängigkeit, Negierung von Kosten)
- Subventionen durch Steuerzahler (LWR eigentlich ja ausgereifte Technologie)

2

SMRs – Small Modular Reactors

Definitionsproblem SMR – Small Modular Reactor

Problem einer Definition

- Small
 - Leistung: heutige große Kernkraftwerke Gigawattklasse (>1000 MWe). SMR oft 10-300 MWe
 - Systemen, die oft als SMR bezeichnet werden
 - < 10 MWe: Mikroreaktoren z. B. Aurora Powerhouse, U-Battery
 - > 300 MWe: Eigentlich keine „kleinen“ Kraftwerke mehr z. B. Rolls-Royce, TWR-P, U.K. SMR
- Modular
 - Es lässt sich kein standardisiertes Konzept von „Modularität“ für verschiedene Systeme festlegen, viele Systeme sind nicht klassisch „modular“
 - Anwendungsbereiche: Nur wenige Systeme haben explizit eingeschränkte Anwendungsbereiche, geringes „Differenzierungspotenzial“
 - M=Mobile - Gesamtgröße der Komponenten durch Transportfähigkeit begrenzt.

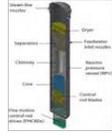
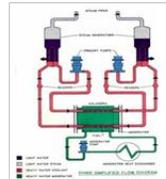
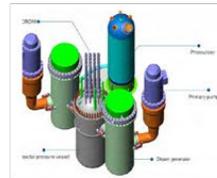
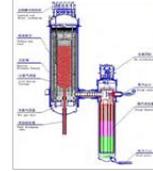
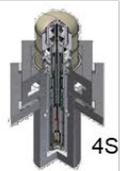
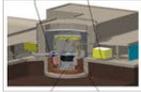
Erklärte Ziele der SMR-Entwicklungen

- Breitere Anwendungsbereiche – passgenaue Anwendung
 - Netzunabhängige Anwendungen (einschließlich militärischer Anwendungen), Fernwärme, Prozesswärme, Wasserstoff, Meerwasserentsalzung, Klimawandel ...
- Bessere Wirtschaftlichkeit
 - Große Mengen an Reaktoren bei quasi-Serienproduktion sollen günstigen Strom ermöglichen
- Höhere Sicherheit
 - Insbesondere durch Vereinfachung, passive Systeme, geringere radioaktive Inventare, weniger Proliferation

Technologielinien

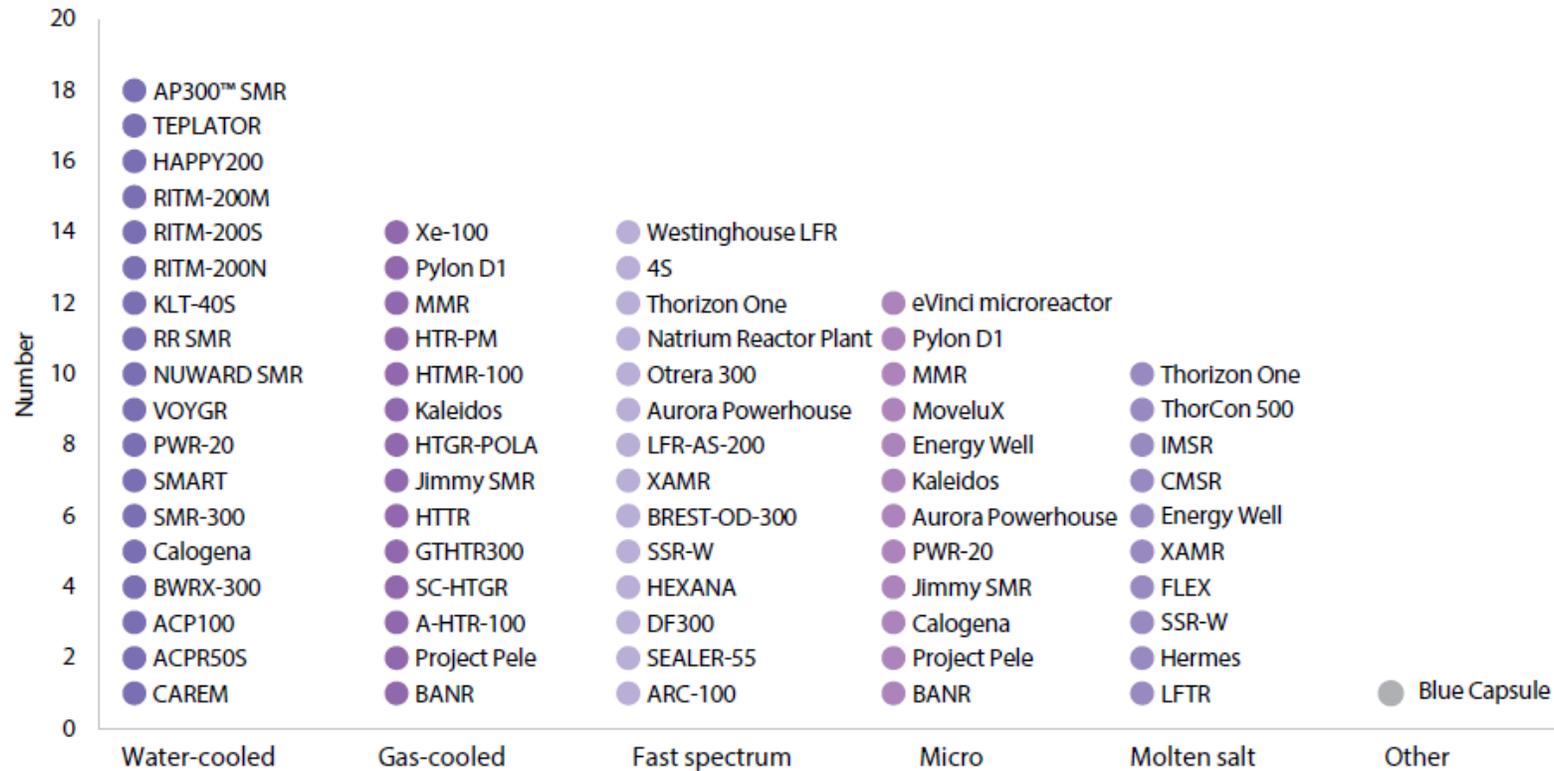
Technology line	Distinguishing criteria			
	Criticality	Coolant	Moderation	Further features
ADS - Accelerator Driven System	No			
LWR – Light Water Ractor	Yes	Water	Yes	
SCWR - Supercritical Water Reactor		Water	Yes	
SFR – Sodium cooled Fast Reactor		Sodium	No	With Rep. Without Rep.
LFR – Lead cooled Fast Reactor		Lead		
GFR – Gas cooled Fast Reactor			No	
VHTR – (Very) High Temperatrue Reactor		Gas	Yes	Spherical FE Prismatic FE
MSR – Molten Salte Reactor		Salt	No	
			Yes	

SMR-Konzepte

 Westinghouse SMR	 BWRX-300	 CAREM	 Peach Bottom	 PRISM	 CEFR	 U-Battery					
 SMR-160	 SMART	 ELK River	 S2W	 PBMR-400	 ARC-100						
 mPower	 UK-SMR	 RITM-200M	 THTR-300	 BREST-OD-300	 MSRE	 MMR					
 NuScale	 PHWR-220	 KLT40S	 Xe-100	 EM2	 IMSR	 d/eVinci					
 ACPR50S	 HTR-PM	 4S	 SSR-W300	 AURORA							
Land-based, Water - cooled		Marine-based, Water - cooled		High temperature, gas - cooled		Fast neutron spectrum reactors		Molten salt reactors		Microreactors	

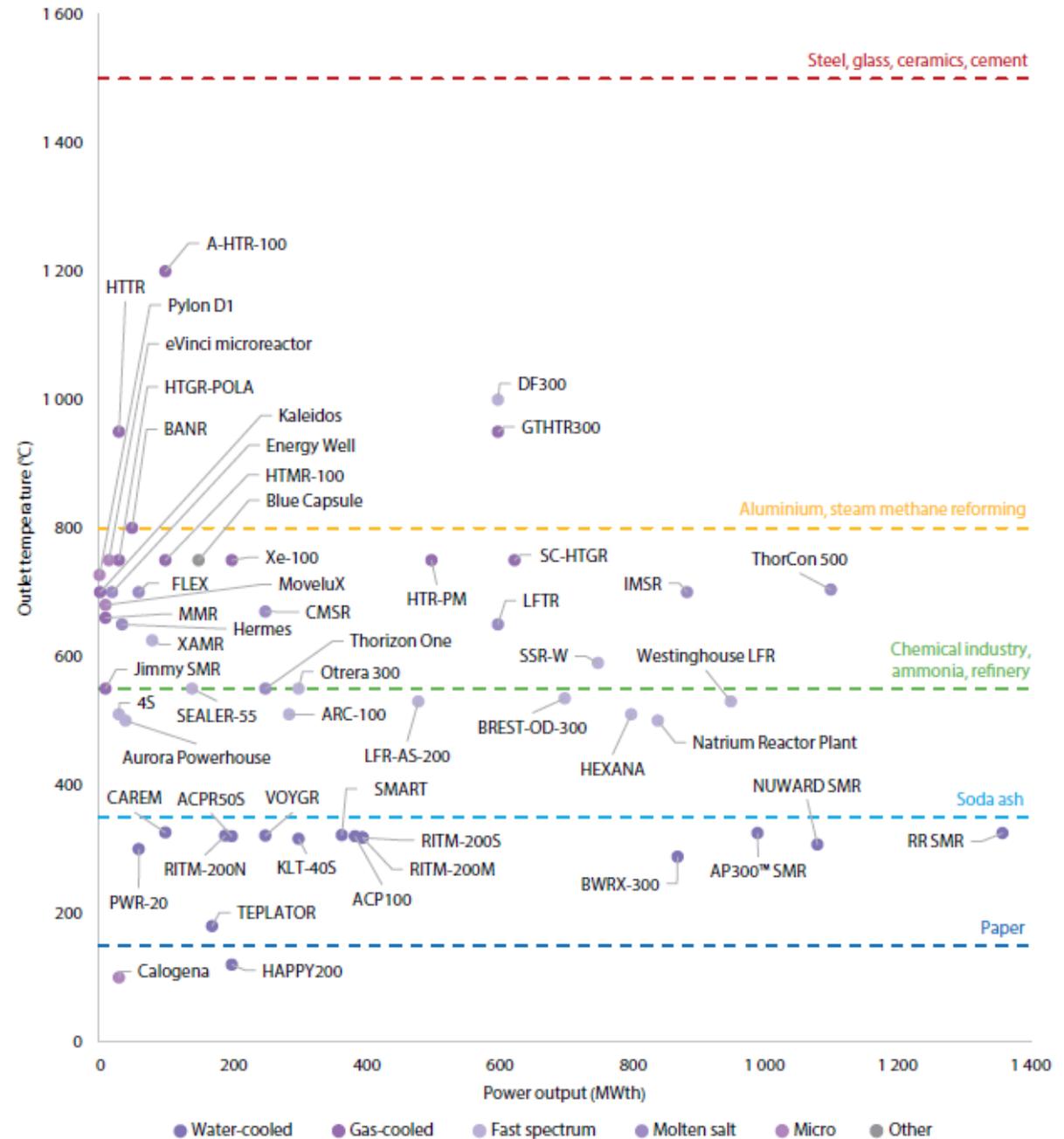
SMR-Technologielinien – Die meisten sind LWR

Figure 19. Reactor concepts

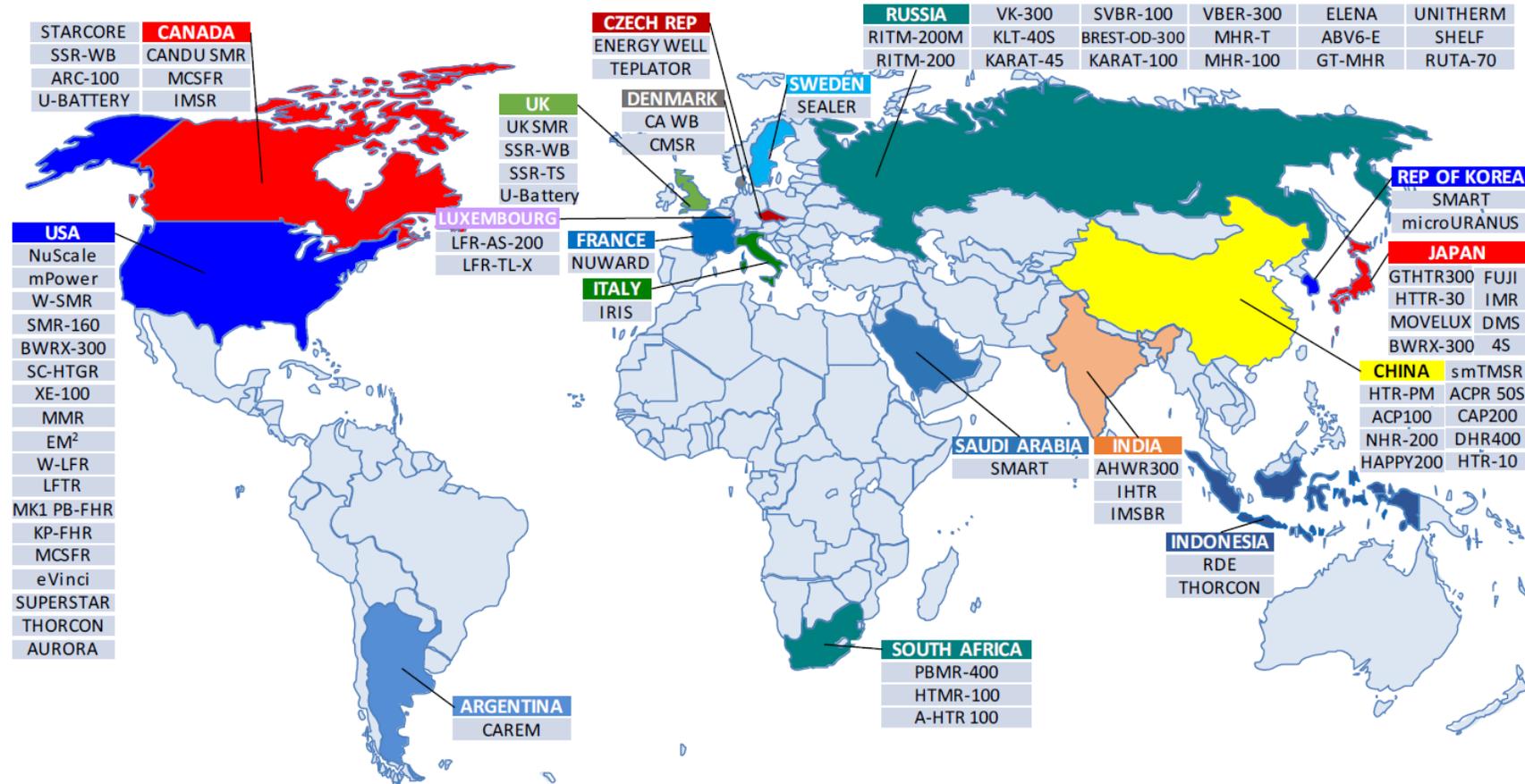


SMR-Leistung und Temperaturen

Figure 21. SMRs: Range of sizes and temperatures for heat applications



Wer nimmt teil?



SMR, ab wann werden sie real

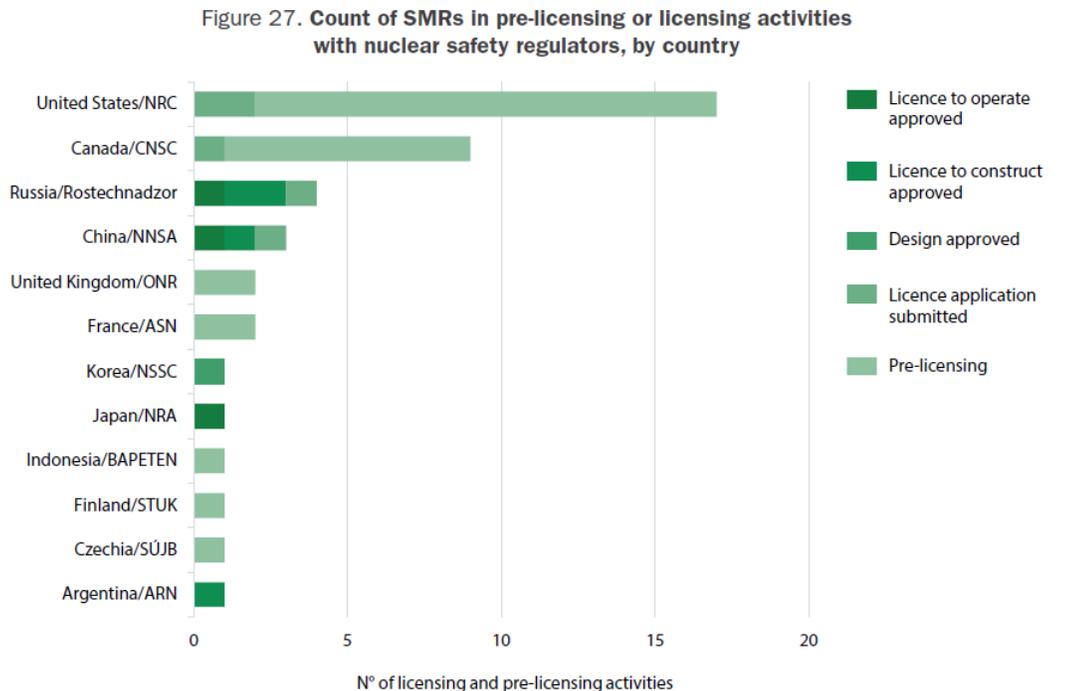
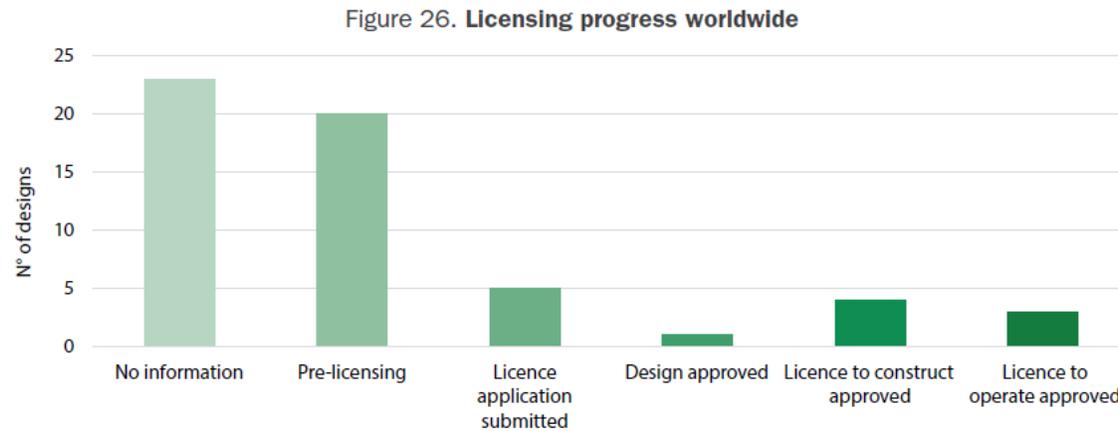
- Papierreaktor
 - Erste Ideen zu Grundprinzipien
 - Erste größere Designstudien
 - Erste nichtnukleare Experimente (z.B. Pumpen + Kühlmittel)
- Schwelle Genehmigung (Experiment, Prototyp, Demonstrator, erster Bau (FOAK))
 - Vorgenehmigung in Phasen, oft drei, mit zunehmend anspruchsvollerer technischer Dokumentation
 - Genehmigungsantrag: Standortgenehmigung, Baugenehmigung, Betriebsgenehmigung
 - Firmen wollen möglichst hohe Sicherheit (Kosten und Zeitplan)
 - Regulator kann oft erst bei hohem Detailgrad Genehmigung erteilen

Lizenzierungsstatus 2024

Betrieb: Bis heute sind drei SMR im Einsatz und in Betrieb: HTR-PM (China, 2023), KLT-40S (Russland, 2020) und HTTR (Japan, 1998, eher Testreaktor). Viele Forschungsreaktoren.

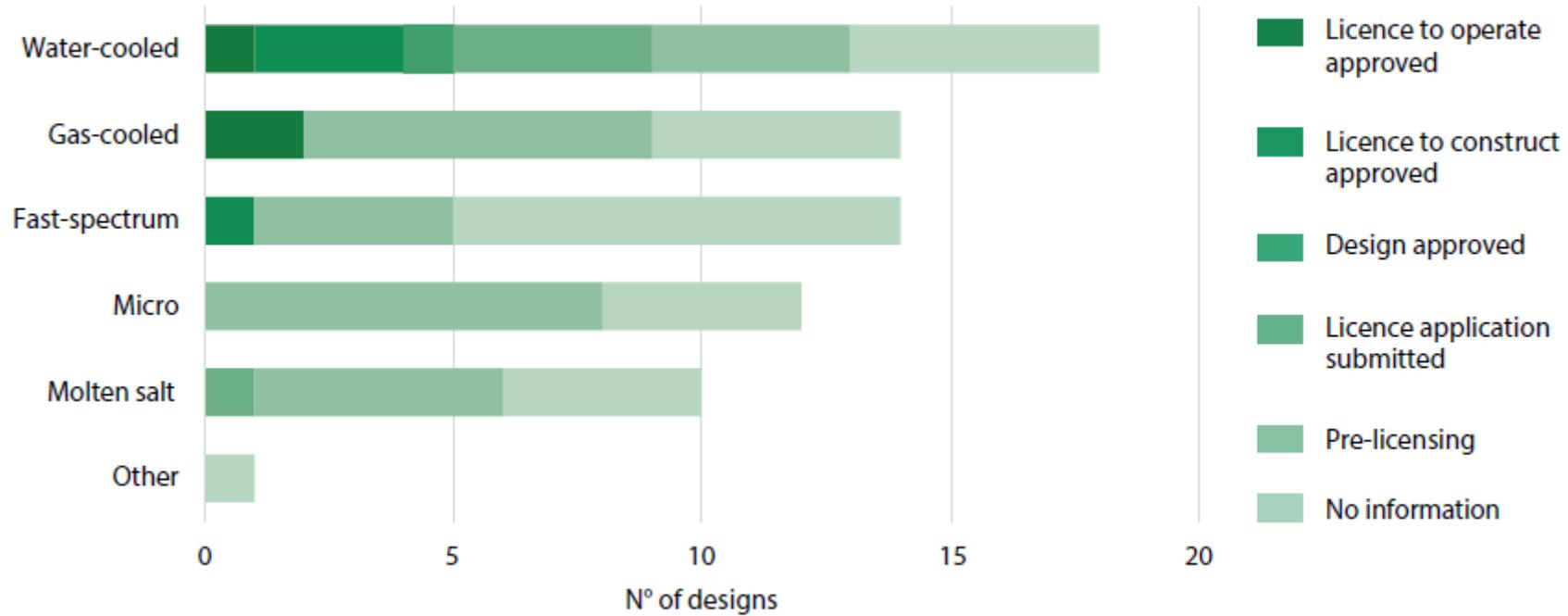
Im Bau: CAREM (Argentinien), ACP100 (China), RITM-200N und BREST-OD-300 (Russland).

Zulassung des Entwurfs: Die koreanische Kommission für nukleare Sicherheit und Sicherung hat den Entwurf des SMART-SMR genehmigt.



Lizenzierung hauptsächlich für LWR und HTR 2024

Figure 28. Licensing progress by SMR concept



Note: Some SMRs correspond to multiple reactor concepts (e.g. an SMR can be both a fast-spectrum and molten salt reactor).

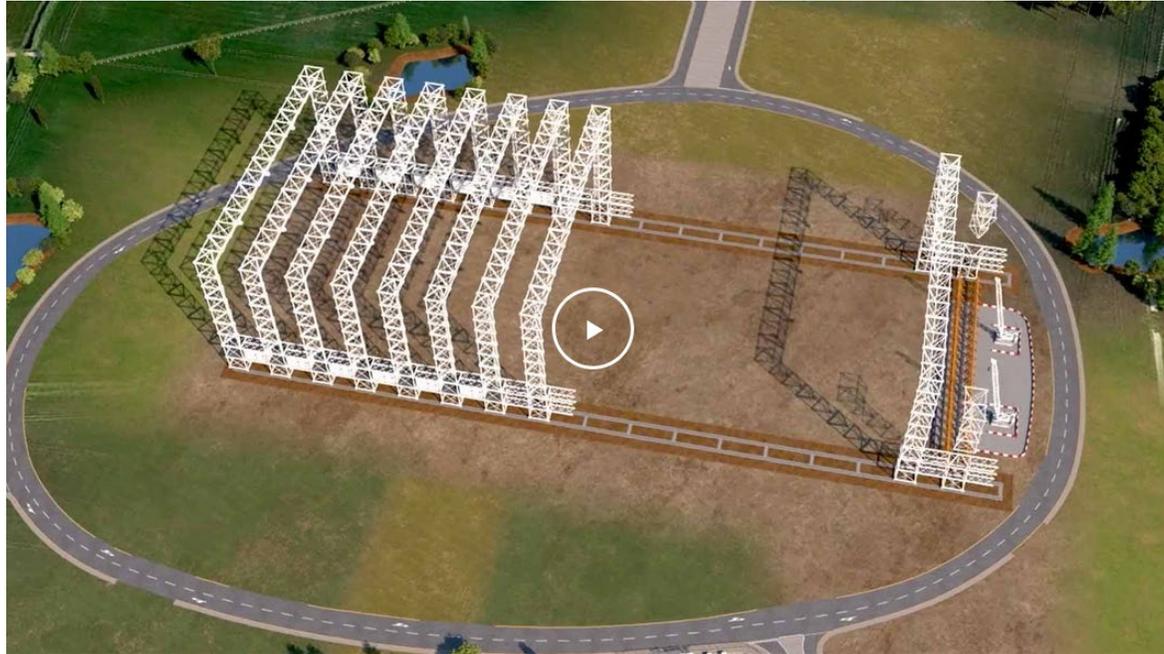
4

Beispielhafte Diskussion LWR Systeme

LWR

- Derzeitiger Industriestandard.
- Die meisten Vorschriften gelten für LWR (außer in Kanada, wo HWR zum Einsatz kommen).
- Historisch gesehen fiel die Wahl aus wirtschaftlichen Gründen auf größere Reaktoren.
- Vorteile LWR gegen alternative Reaktorkonzepte
 - Bekannte Technologie, seit 75 Jahren entwickelt.
 - Wasser-Stahl-, Dampf-Stahl-Schnittstelle, hoher Druck, aber niedrige Temperaturen, seit über 200 Jahren entwickelt (Dampfmaschine).
 - Sehr stabile keramische Brennstoffmatrix (Sicherheit, Zuverlässigkeit, Abfall)
- Nachteile: keine inhärenten Sicherheit, Kernschmelzunfälle, keine Prozesswärme, Sicherheitsbehälter, Hochdrucksysteme, aktive Sicherheitssysteme, oberirdisch, Anreicherung.

SMR Beispiel - Rolls Royce Reaktor



- Rolls-Royce - Royal Navy
Schiffsreaktoren seit über 60 Jahren
UK Regierung
- Konsortium
 - Assystem, BAM Nuttall, Laing O'Rourke, National Nuclear Laboratory (NNL), Rolls-Royce, Atkins, Wood, The Welding Institute (TWI) und Nuclear AMRC
- Mögliche Kooperationen mit Schweden, Niederlande und Ungarn

Timeline UK

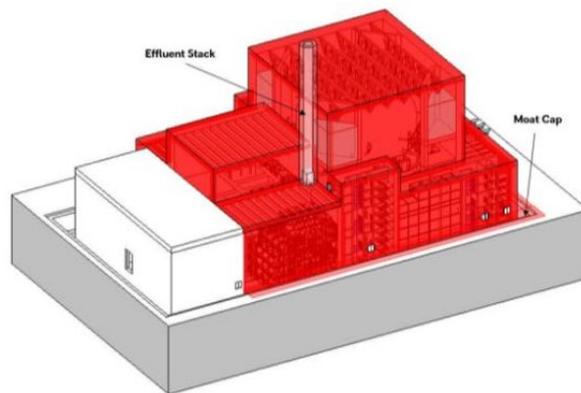
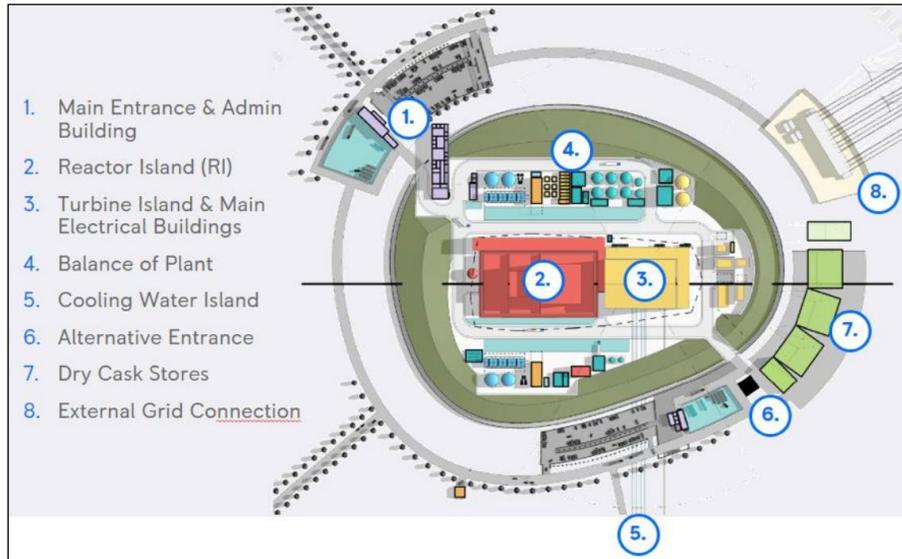
July 2024 Step 3 commenced

April 2023 – July 2024 – Step 2 (fundamental assessment)

April 2022 – April 2023 – Step 1 (initiation)

UK Standorte: ehemalige KKW Standorte: Sellafield, Wylfa (Wales), Trawsfynydd (Wales), Oldbury (Bristol)

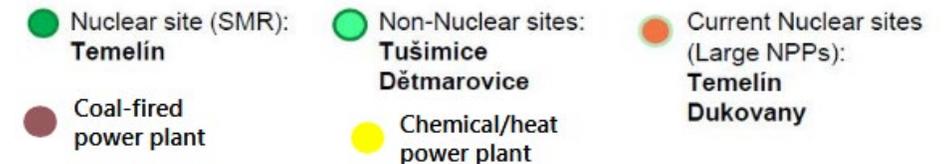
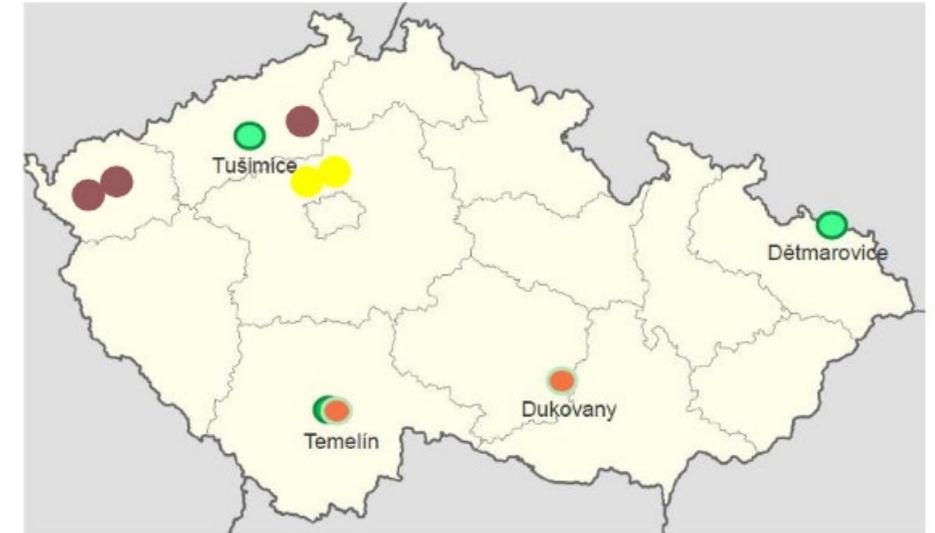
Rolls Royce



- Kleiner LWR, 470MWe, SMR?
- 2 Milliarden Euro pro Reaktoreinheit
- Anreicherung ca. 5%
- Typisches LWR, Brennelement (121, 17x17), RDB 8 x 4,2 m
- Containment
- Brennelement-Becken
- Flugzeugabsturz (Hazard-Shield, Stahlbeton), Erdbeben (Basemat, Hazard-Shield seismisch isoliert)

Rolls Royce Pläne - Tschechische Republik

- Standorte
 - Erster Standort Temelin
 - Möglich: Tušimice (Kohlekraftwerk) und Dětmarovice als weitere Standorte
- Zeitplan:
 - 2024. Vertrag Rolls-Royce mit ČEZ.
 - 2024/25 UVP Verfahren für Standort Temelin
 - 2029 Baubeginn
 - 2032 - Mitte 2030er Jahre Inbetriebnahme
- Finanzierung 20%
 - Beteiligung České energetické závody (Tschechische energetische Werke). ČEZ halbstaatlich, Staat Hauptaktionär.



Rolls Royce Besonderheiten

- Neue Konzepte:
 - Borfreier Betrieb – soll Komplexität vermeiden (?), günstiger, weniger Korrosion
 - Brennelementlagerbecken als zentraler Wasservorrat
- Teilweise neue Sicherheitssysteme

Einschätzung u.a.

- Unterschiede im Regelwerksansätzen UK und derzeitige Praxis bzw. IAEA (z.B. Sicherheitsebenenanzuordnung)
- Teilweise gemeinsame Nutzung von Komponenten im Sicherheitssystem
- Versprechen der passiven Wärmeabfuhr benötigt aktive Komponenten
- Im Fall der Kernschmelze bedarf das In-Vessel Retention System manuelles Eingreifen

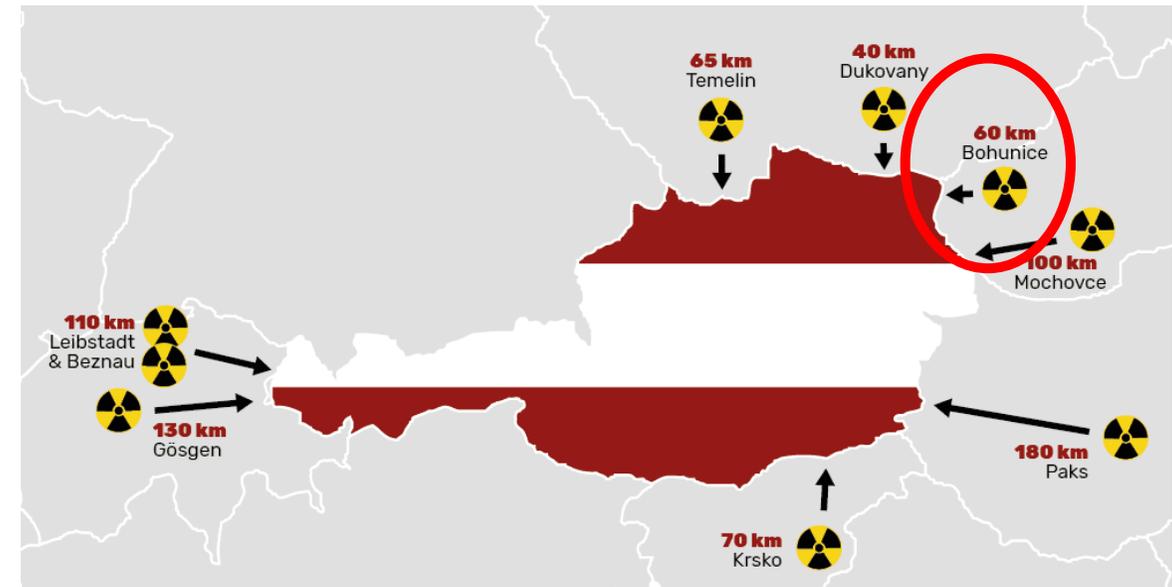
Fazit Rolls Royce

- Bekannte LWR-Technologie, aber neues Design mit einigen Änderungen
- Industrielle Lieferkette vorhanden
- Hersteller mit Erfahrung, aber keine Erfahrung mit Reaktor-Bauprojekten dieser Größe und landbasierten Reaktoren
- Standortwahl vermeidet komplexe Untersuchungen zum Standort, aber mögliche Wechselwirkungen mit bestehendem KKW Temelin (2 WWER-1000)
- Zeitplan erscheint mehr als optimistisch für einen „First-of-a-kind“ Reaktor
- Kostenpunkt von 1.8 Milliarden Pfund erscheint kaum haltbar

Weiteres Beispiel

AP300 in Bohunice - Slowakische Republik

- Geplant ist eine einheitliche neue Reaktoreinheit mit etwa 1 200 MW bis 1 250 MW Leistung am Standort Bohunice.
- Im Jahr 2023 wurden zwischen Westinghouse und JAVYS Rahmenverträge für eine mögliche Lieferung von Reaktoren des Typs AP1000 bzw. 4 x AP300 SMR-Module unterzeichnet
- Der geschätzte Investitionsbedarf soll 10 Mrd. € betragen.
- Jadrová energetická spoločnosť Slovenska (JESS) (51 % staatliche Abfall- bzw. Nukleargesellschaft JAVYS, 49 % über den tschechischen Energiekonzern ČEZ



Fazit – LWR SMR

- LWR-SMR – Umfangreiche Betriebserfahrungen
 - Geringste Entwicklungsrisiken
 - Keine grundlegenden Unterschiede bei Komponenten, Versorgung und Entsorgung zu Standard-LWR
 - Neue Herausforderungen aufgrund großer Stückzahlen und geplanter hoher globaler Verbreitung
- Seit vielen Jahren als Lösung versprochen (Frankreich Nuward, USA NuScale etc.). Bisher gescheitert. Mehr Erfolg bei anderen Projekten zumindest fraglich.
- Was hat sich in den letzten Jahren geändert (auszugsweise)
 - Finanzierung – nicht mehr staatliche Entwicklung und Großkonzerne sondern Startups
 - Regulierung – Graded Approach, bestehende Standorte nutzen
 - Technologie – Wenig techn. Neuerungen – wenn dann eher auf Systemebene

4

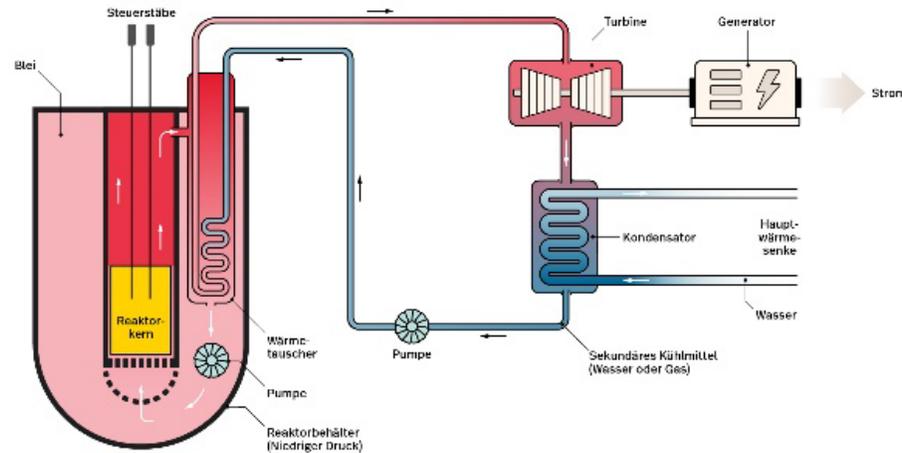
Beispielhafte Diskussion Kurzausflug – alternative bzw. „neue“ Systeme

SMR und alternative Reaktorkonzepte

- Nicht wassergekühlte Konzepte versprechen grundlegende „Innovationen“
 - Höhere Betriebstemperaturen sollen beispielsweise höhere Wirkungsgrade und möglicherweise andere Anwendungsbereiche (insbesondere Prozesswärme) eröffnen
- Aber:
 - hohe technologische Risiken (Brennstoffentwicklung, Wiederaufbereitungstechnologien)
 - andere Arten von Sicherheits- und Proliferationsrisiken
 - Deutlich weniger Betriebserfahrung (praktisch nur aus Prototyp- und Demonstrationsreaktoren) und neue Ansätze (Flüssige Metall, Salzschnmelzen, Materialien usw. ohne lange Industrieerfahrung -> Deutlich längere Entwicklungszeiten und höhere technologische Risiken
 - Es ist u.E. nicht zu erwarten, dass solche Systeme vor 2050 einen wesentlichen Beitrag zur Stromversorgung leisten werden. D.h. aber nicht, dass nicht der ein oder andere gebaut wird.

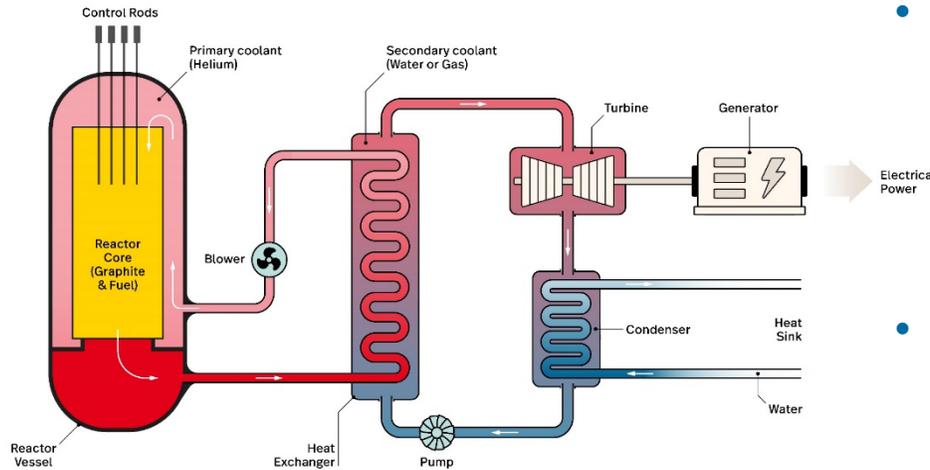
Bleigekühlte Schnelle Reaktoren, LFR

Bleigekühlter Schneller Reaktor



- Status: 50 Jahre Entwicklung, vor allem in russischen U-Boot Reaktoren. Neuer Versuch in Russland BREST-OD-300, Italien/Rumänien ALFRED. Startup NewCleo (weitere in Schweden, USA). Deutliche Verbesserung von Nitridbrennstoff in den 2010er Jahren in Russland.
- Newcleo: französisch/italienisches Startup 1,2 Milliarden EUR. Baupläne für 200 MWe und 30 MWe SMR. Frankreich (Chinon, 30 MWe) und Bohunice (4x200 MWe)
- Sicherheit: z.B. Hohe Masse des Kühlmittels (Erdbebenauslegung), Korrosionsproblematik, Schneller Reaktor ist schlechter Regulierbar. Oft mit geschlossenem Brennstoffkreislauf, Wiederaufarbeitung und Plutoniumwirtschaft verbunden. Thermisch träge.
- Technisch: Erstarren des Kühlmittels Blei, neuer Brennstoff notwendig, z.B. Nitrid-Brennstoff. Kein Demonstrator, U-Boot Prototypen.
- Wirtschaftlichkeit: Bisher keine Erfahrungen. Höhere Temperaturen als LWR, 400 – 620°C -> Prozesswärme. Sehr kompakte Bauweise.

(V)HTR – Einige Schlussfolgerungen



- Status: 60 Jahre Entwicklung, mehrere ehrgeizige Forschungs- und Entwicklungsprogramme (USA, Deutschland, Südafrika) sind gescheitert. Neuer Versuch in China. Deutliche Verbesserung des TRISO-Brennstoffs dank US-amerikanischer Bemühungen (2010–2020, rund 1 Milliarde).
- Sicherheit: Möglicherweise spezifische Vorteile in Bezug auf Kühlmittelverlustereignisse (passive Wärmeabfuhr), aber andere Unfallszenarien müssen im Detail berücksichtigt werden (Luft- und Wassereintritt, Graphitbrände ...).
- Abfall: vergleichbares Abfallproblem, jedoch unterschiedliche Abfalleigenschaften (Graphit) zu berücksichtigen.
- Wirtschaftlichkeit: Begrenzung auf geringe Gesamtleistung, um passive Kühleigenschaften aufrechtzuerhalten. Temperatur $< 750\text{ °C}$ und Wasser-Dampf-Sekundärkreislauf, um Entwicklungszeit und Risiken zu minimieren. Ehrgeizige Ziele, dann Erkenntnis der technischen Unmöglichkeit (USA, Frankreich, Deutschland, Südafrika).

Fazit – Alternative Systeme

- Seit vielen Jahrzehnten als Lösung versprochen (z. B. VHTR: Deutschland, Südafrika, China). Bisher gescheitert.
- Warum?
 - Finanzierung? – Viele Milliarden Steuergelder (z.B. VHTR, SFR)
 - Regulierung? – VHTR, SFR viele Male in Betrieb genommen. MSR, LFR sehr anders.
 - Technologie? – m.E. das Hauptproblem sind/waren ungelöste Probleme der Designs.
- Was hat sich in den letzten 10 Jahren geändert (auszugsweise)
 - Finanzierung – nicht mehr staatliche Entwicklung und Großkonzerne sondern Startups
 - Regulierung – Graded Approach, bestehende Standorte nutzen
 - Technologie – VHTR: TRISO weiterentwickelt, LFR: Nitridbrennstoffe weiterentwickelt.
- Sicherheitsrisiko - Technologie mit geringer empirischer Reife
- Frage: Wie wägen sich die Risiken der Entwicklung einer weiteren Reaktorlinie (LWR seit 1950, Milestones 1979, 1986, 2011 u.a.) gegen Vorteile ab?

5

SMR Kernaussagen

SMR und alternative Reaktorkonzepte - Status

- Viele Systeme befinden sich derzeit „in der Entwicklung“, aber
 - einige davon befinden sich bereits seit Jahrzehnten in der Entwicklung
 - Systeme „kommen und gehen“,
 - teilweise (noch) in Listen aufgeführt, obwohl die Entwicklung tatsächlich eingestellt wurde (z. B. Flexblue, PBMR-400 ...),
 - Einige Systeme befinden sich im Bau, aber ein „Nachfolgekonzept“ wurde bereits angekündigt (CAREM, KLT-40S).
- Bislang keine breite Einführung

SMR und alternative Reaktorkonzepte - Sicherheitsaspekte

- SMRs sollten mindestens das integrale Sicherheitsniveau der heutigen neuen Kernkraftwerke oder der im Bau befindlichen Kernkraftwerke erfüllen.
- Allerdings ist ein konstruktionsspezifischer Nachweis erforderlich
- Wichtige zu berücksichtigende Aspekte:
 - Erfüllung der Sicherheitsfunktionen Eindämmung radioaktiver Stoffe, Reaktivitätskontrolle, Kühlung der Brennelemente
 - Relevantes Ereignisspektrum
 - Verteidigung in der Tiefe (insbesondere interner und externer Notfallschutz)
 - Proliferationsaspekte

SMR und alternative Reaktorkonzepte - Regulatorisch

- Bis heute gibt es keine SMR-spezifischen nationalen oder internationalen Sicherheitsstandards.
 - Viele der heutigen regulatorischen Anforderungen lassen sich grundsätzlich auf SMR-Konzepte übertragen.
 - SMR sollten mindestens das integrale Sicherheitsniveau der heutigen neuen Kernkraftwerke oder der im Bau befindlichen Kernkraftwerke erfüllen
- Die heutigen Vorschriften basieren häufig auf wassergekühlten Reaktorkonzepten
- Unterschiede zwischen SMR und heutigen Kernkraftwerken führen zu einer Diskussion über „abgestufte Sicherheitsansätze“ (Graded Approach)
- Offene Frage: Wie wird das gewünschte/erforderliche/machbare Sicherheitsniveau national/international definiert?

KKWs am selben Standort – Mögliche Wechselwirkungen

- Mehrfachanlagenrisiken sind bekannt.
- Gesamtinventar höher (evtl. andere Störfall- und Notfallschutzplanung, Evakuierungszonen)
- Not- und Hilfesysteme (Zugang)
- Notfall- und Störfallmanagement (gleichzeitige Störfälle, Ressourcen Engpässe)
- Betrieblich.-organisatorische Schnittstellen
- Gemeinsam genutzte Systeme / Gebäude: ultimative Wärmesenke ??????
- Wechselseitige Gefährdung
- Bauphasen Interaktion
- Aber auch Vorteile: Standort bekannt und industriell erschlossen. Personal.

SMR und alternative Reaktorkonzepte - Wirtschaftlichkeit

- SMRs sind bislang deutlich teurer als herkömmliche „große“ Kernkraftwerke
 - SMRs weisen viele Kosten- und Strukturmerkmale größerer Systeme auf (einschließlich systematischer Kostenüberschreitungen).
 - Serienproduktion unklar
 - Wirtschaftlich nur bei extrem hohen Stückzahlen (viele Hundert bis mehrere Tausend) mit heutigen „großen“ Kernkraftwerken vergleichbar

Klimaschutzanwendungen

- Für einen Beitrag zum Klimaschutz wäre der Bau von Tausenden von SMR-Anlagen nötig, nur um die derzeit etwa 400 GWe in Betrieb befindlichen Reaktoren zu ersetzen
- Die International Energy Agency (IEA) geht davon aus, dass bis 2050
 - Bei gleichen Rahmenbedingungn maximal 40 GW SMR gebaut werden.
 - Mit maßgeschneiderte politischer Unterstützung, vereinfachten Vorschriften und robuster Umsetzung neuer Projekte und Konstruktionen 120 GW
 - Wenn die Baukosten für SMRs in 15 Jahren auf das Niveau von großtechnischen Reaktoren gesenkt werden, die im Rahmen des Budgets gebaut werden, könnte 190 GW erreicht werden

6

Nukleare Sicherheit in einer sich schnell verändernden Welt

Aggressive Kapitalisierungsstrategien

- Frühe Kapitalmarktbewertung ohne lizenzierte Designs:
 - Oklo (Aurora Fast Reactor) → 20 Mrd USD Börsenwert ohne NRC-Genehmigung
 - Newcleo u.a. – hohe Kapitalzuflüsse (Newcleo 2 Milliarden EUR), geringe technologische Reife.
- Finanzierung über Venture Capital:
 - Fokus auf Erzählbarkeit statt technischer Validierung („minimum viable reactor“)
 - Kernenergie als „deep tech climate investment“ – ersetzt Nachweis durch Zukunftsversprechen.
 - Versprechen: schnell, billig, sicher – empirisch bisher nirgends eingelöst.

Folge: Finanzierung verdrängt Sicherheitskultur; reale Entwicklungszeiten bleiben unberücksichtigt.

Angriff auf die Regulierung

- Narrativ der Überregulierung: Verzögerungen werden den Behörden zugeschrieben, obwohl meist technische oder wirtschaftliche Ursachen vorliegen.
- Regulatory Entrepreneurship: Silicon Valley Idee der Kapitalisierung von Deregulierung. SMR-Start-ups und Investoren versuchen z. B. Zuständigkeiten von der NRC auf Bundesstaaten zu verlagern, um Auflagen zu umgehen.
 - Kapitalisierung von Hochrisikotechnologie ähnlich wie bei anderen Tech-Bereichen (KI)
- Trump Presidential Orders: Mit vier Executive Orders vom Mai 2025 verfolgt die US-Regierung eine umfassende Deregulierungspolitik: Reorganisation des Regulators (NRC), beschleunigt Testverfahren, geschwächte Umweltprüfungen und Verknüpfung mit militärischen Einsatz.
- Folge: Erosion der Sicherheitskultur. Folgt Europa?

Nochmal kurz und knapp

Schlussfolgerungen

- Es gibt (erneut) eine Renaissance der Ankündigungen, aber keine Renaissance der Kernenergie
- „Neue“ Reaktorkonzepte sind alt
- Ein kommerziell wettbewerbsfähiges System ist nicht in Sicht
 - SMRs sind keine kosteneffiziente Option zur Bekämpfung des Klimawandels
- Schrittweise Verbesserungen sind möglich, aber ein radikaler Durchbruch ist nicht in Sicht
 - SMRs sind keine schnelle Option zur Bekämpfung des Klimawandels
- SMRs bergen im Vergleich zu erneuerbaren Energien spezifische Risiken (Unfälle, hochradioaktiver Abfall, Proliferation), die mit einem massiven Ausbau zunehmen
- Alternative erneuerbare Energietechnologien stehen für fast alle Anwendungen zur Verfügung.

Und wenn noch eine Minute Zeit bleibt

Ein akademischer Reaktor oder eine Reaktoranlage weist fast immer die folgenden grundlegenden Merkmale auf:

1. Er ist einfach.
2. Er ist klein.
3. Er ist kostengünstig.
4. Er ist leicht.
5. Er kann sehr schnell gebaut werden.
6. Es ist sehr flexibel in seiner Verwendung („Omnibus-Reaktor“).
7. Es sind nur sehr wenige Entwicklungsarbeiten erforderlich. Es werden überwiegend „handelsübliche“ Komponenten verwendet.
8. Der Reaktor befindet sich in der Konzeptphase. Er wird derzeit nicht gebaut.

Ein praktischer Reaktor kann hingegen durch folgende Merkmale unterschieden werden:

1. Er wird derzeit gebaut.
2. Er liegt hinter dem Zeitplan zurück.
3. Er erfordert einen immensen Entwicklungsaufwand für scheinbar triviale Dinge. Insbesondere Korrosion ist ein Problem.
4. Er ist sehr teuer.
5. Der Bau dauert aufgrund der technischen Entwicklungsprobleme sehr lange.
6. Er ist groß.
7. Er ist schwer.
8. Er ist kompliziert.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Reports des Öko-Instituts zu SMR und Generation IV Reactoren

