



Zukunftsfähige Energiepolitik Copenhagen Atomics

Wer ist Copenhagen Atomics

Factory facility
9.000 m²

Office & lab space
2.000 m²

Customers
11

Team size
+70

Employees from
15 countries

Sub suppliers
+200

Accumulated component testing
+100 years



Thorium

- „Verbrennungsgrad“:

- Uran 235 nur 0,7% enthalten , wird in Gen 3 Reaktoren nur teilweise genutzt
- Thorium 232 wird bis zu 100% genutzt.

- Vorkommen:

- Thorium 232 kommt ca. 3-mal häufiger vor als Uran 238 , **500-mal häufiger als Uran 235**,
- Abfallprodukt bei der Gewinnung von seltenen Erden und daher leicht verfügbar ohne zusätzlichen Bergbau
- Größere Vorkommen in USA, Norwegen, Türkei, Australien, Brasilien , Indien

- Entsorgung:

- Salz chemisch sehr stabil, + 100 Jahre,
- Kein Endlager nötig da Spaltprodukte nur maximal 300 Jahre zu lagern

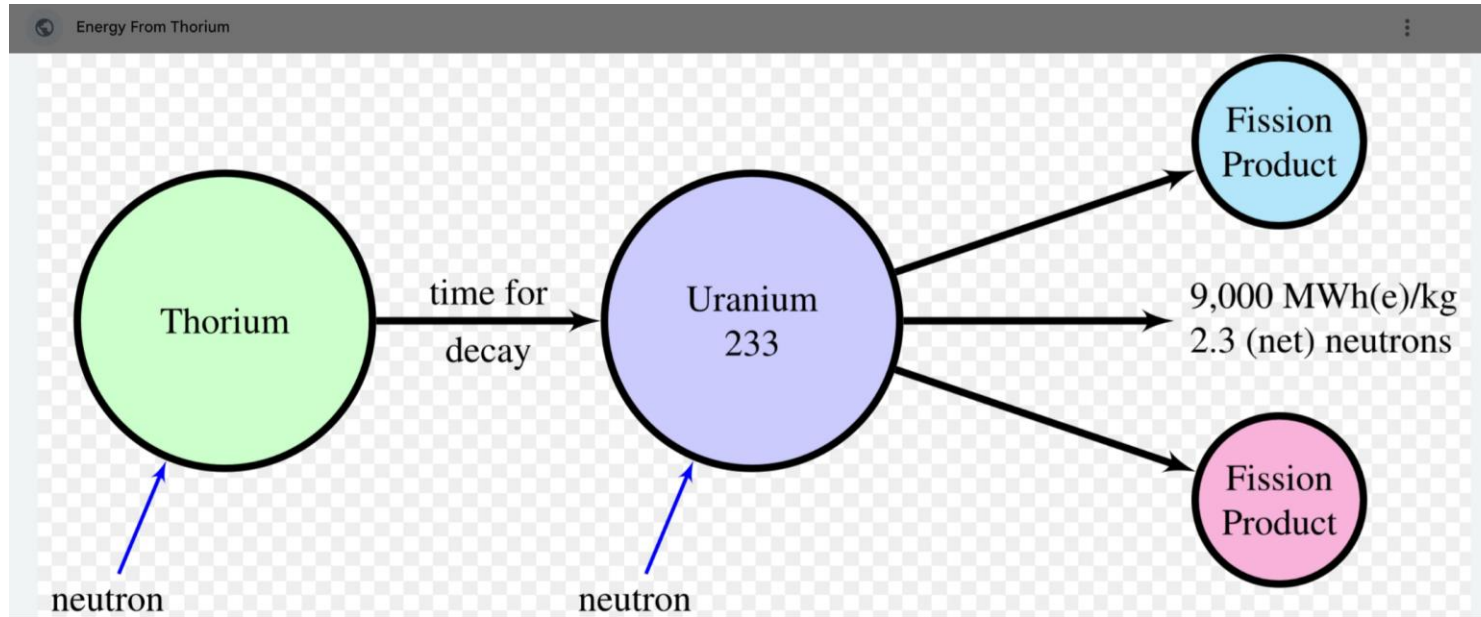


Uran



Thorium

Thorium Salzschnmelze Reaktor

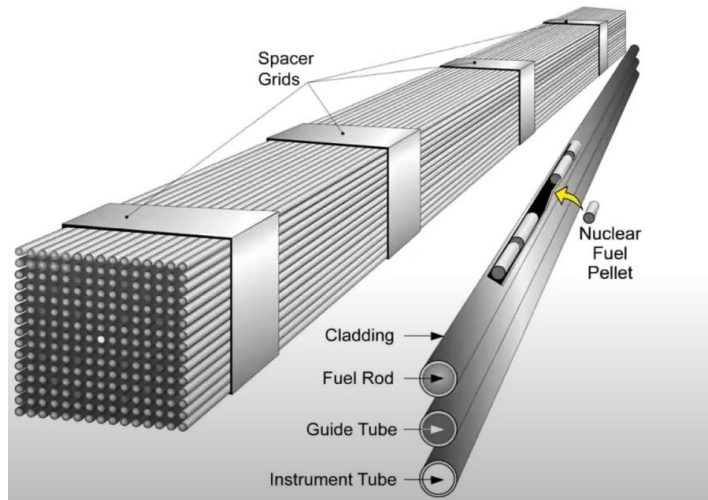


Thorium ist nicht spaltbar
Neutronen werden benötigt, um Thorium in Uran 233
umzuwandeln

Neutronenquelle kann sein :
der langlebige Atommüll
oder 5% angereichertes Uran 235

Geringe Kosten für Brennstoff

Solid fuel nuclear fission



- 80 Tonnen Brennstäbe alle 18 bis 24 Monate ausgetauscht
- pro GWh 2.8 KG und 3.125 \$ Brennstoffkosten



Spaltprodukte werden laufend entfernt

Thorium wird laufend zugefügt

Pro GWh 0,0044 kg und 2,22\$ Brennstoffkosten

Brennstoffkosten Vergleich

Uranium solid fuel reactors vs CA thorium breeder reactor

Fuel cost, energy per kg & build time



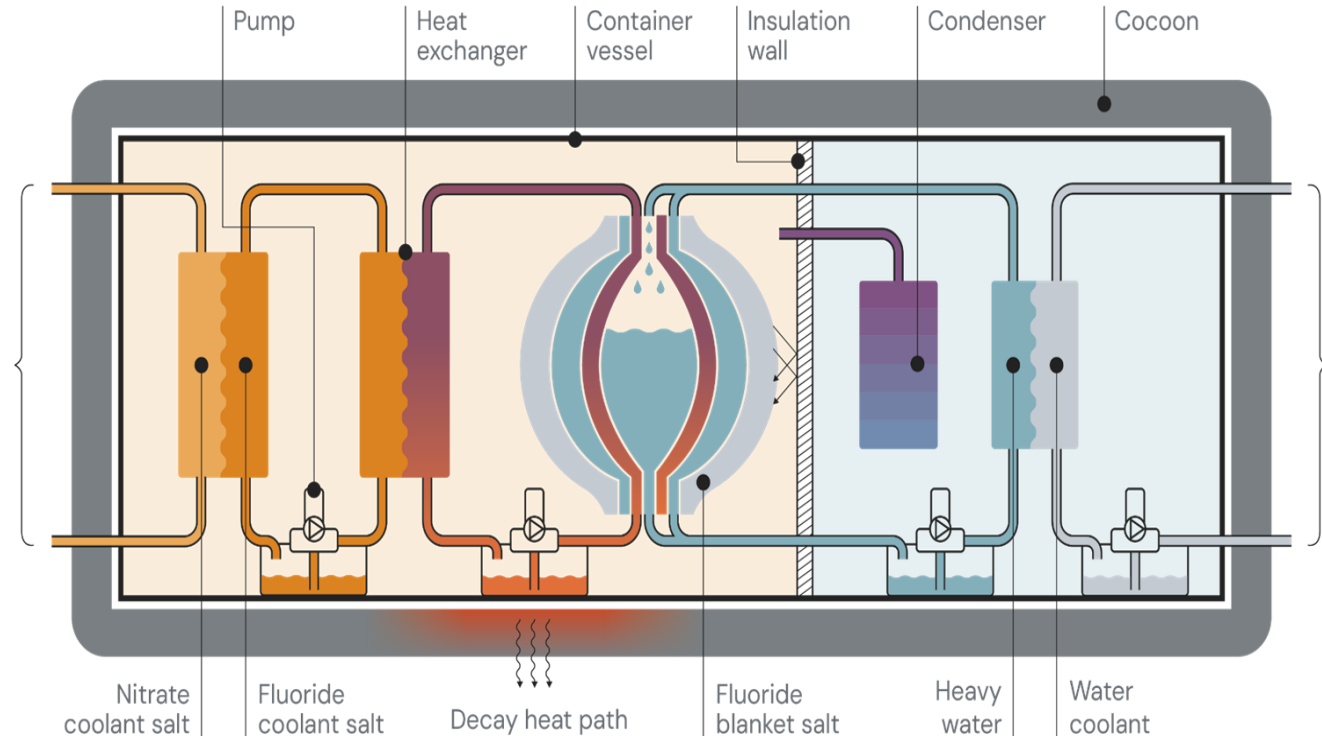
100 MW Reaktor Aufbau

In der Größe eines 40 Fuss
Containers (12 X 2,4 x 2,4
Meter)

100 MW th Leistung

Beinhaltet
Reaktor Kern
Pumpen
Wärmetauscher
Auffangbecken für Fuel Salz,
Schwerwasser

3 Sicherheit Barrieren
Reaktor selbst
40 Fuss Container
Cocoon Schutzmantel 2 Meter



Bilder aus der Fertigung

1. Copenhagen Atomics baut heute Anlagen

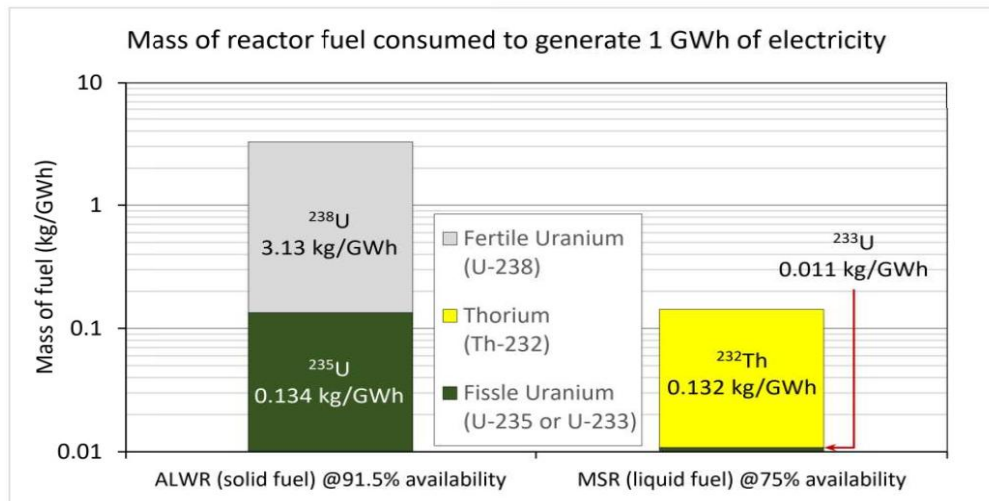


Ressourcenverbrauch Thorium MSR nach Prof. Michaux

Mass balance Th MSR to U ALWR to generate 1 GWh of electricity



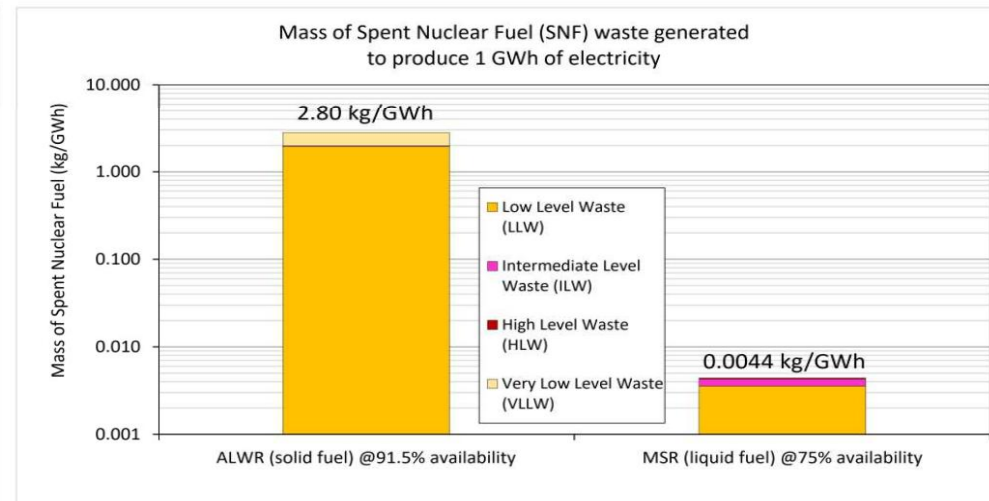
Reactor fuel consumed



U
3.27 kg/GWh

Th
0.143 kg/GWh

SNF waste produced



U
2.80 kg/GWh

Th
0.0044 kg/GWh

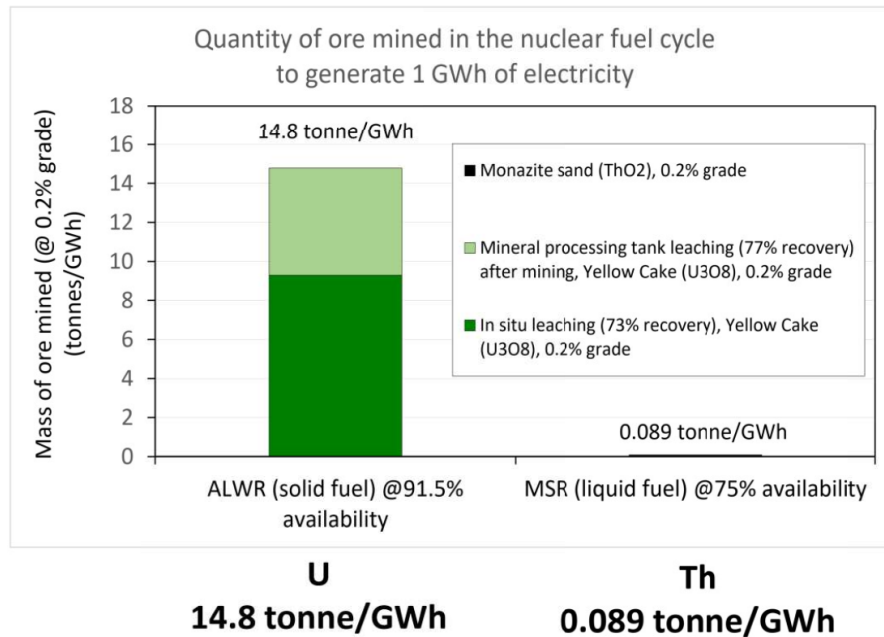
Thorium MSR 636-mal weniger Atommüll als jetzige LWR-Reaktoren

Ressourcenverbrauch Thorium MSR nach Prof. Michaux

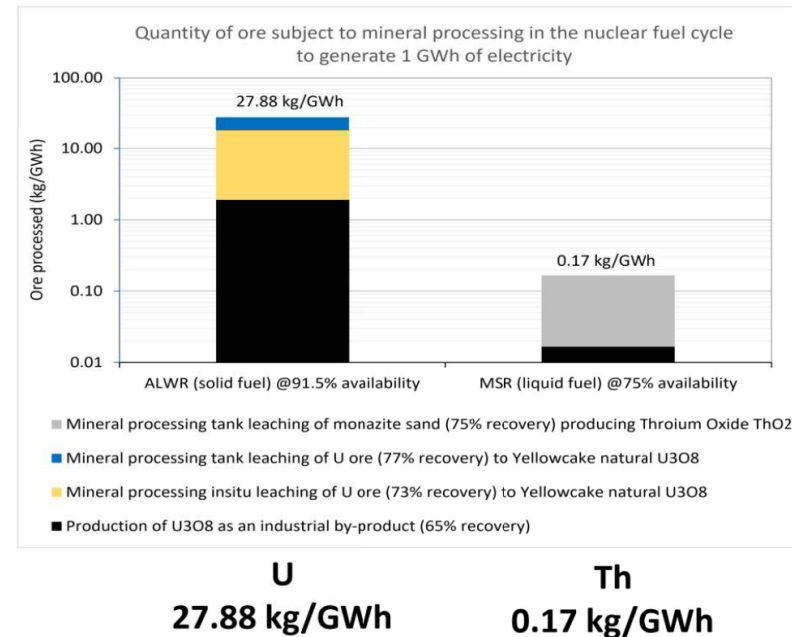
Mass balance Th MSR to U ALWR to generate 1 GWh of electricity



Mining



Mineral Processing



Thorium MSR 116-mal weniger Bergbau als jetzige LWR-Reaktoren

Serienfertigung und Thorium neue Welt der Energie



- Flüssigsalzreaktoren (Copenhagen Atomics)
- Niedrige Kosten durch standardisiertes Design
- Serienfertigung 1 Reaktor pro Tag pro Fertigungslinie

We need the iPhone of Nuclear Reactors

- One economic design that can be **mass-produced** in very large qty.
 - i.e. 24x Nuclear, not 3x Nuclear
- The “**work horse** of Energy Transition”
- Should be suitable for both **electricity generation** and **process heat**.



d Assembly line in the 1920s



Kosten des 100 MW Reaktors von Copenhagen Atomics

Einmalige Investitionen

50 Mio. € pro Container mit 100MWth

2 Mio.€ pro Jahr laufend für Betrieb , Wartung, Brennstoff

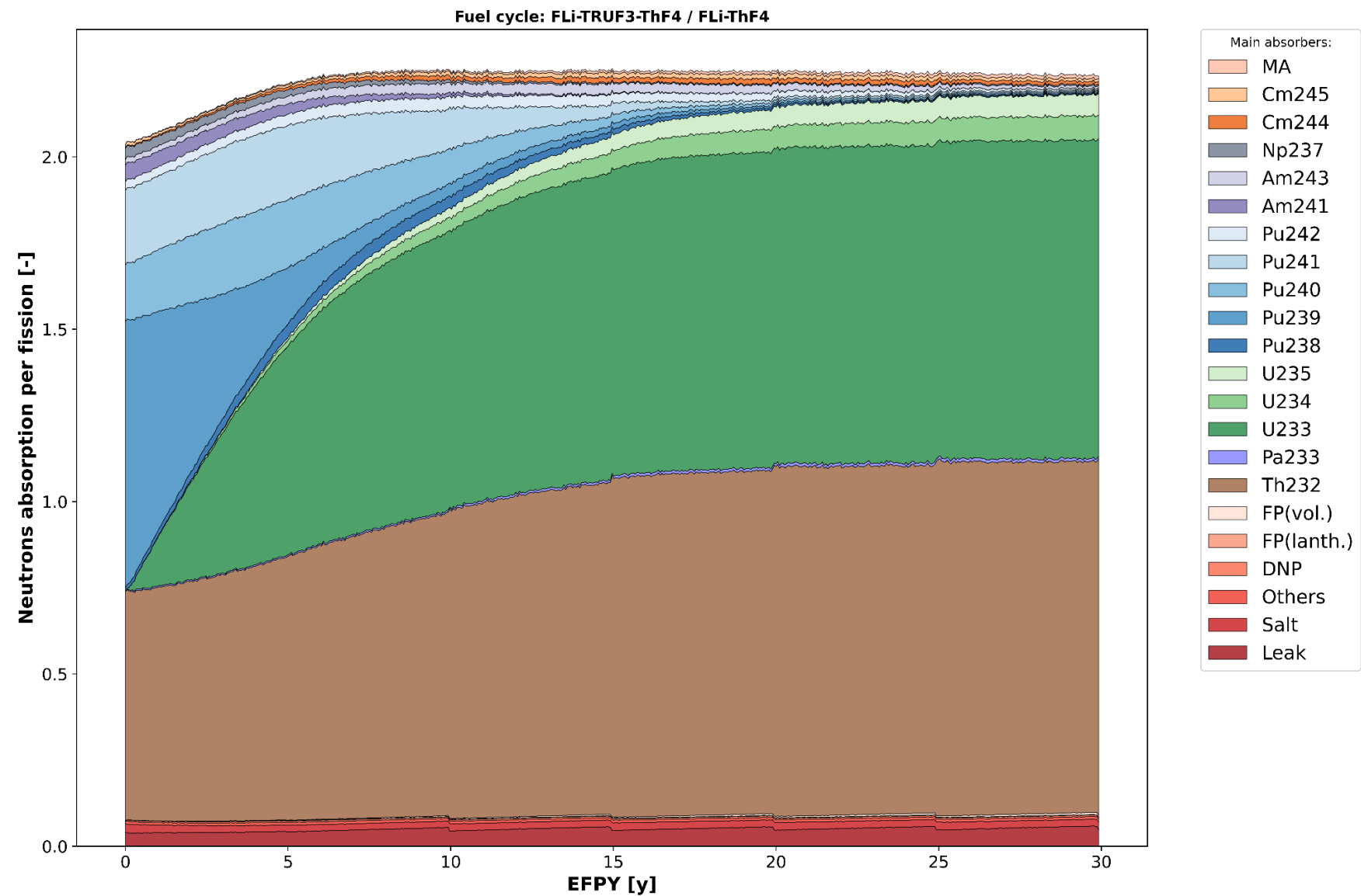
Mit 90% Auslastung 0,9 Cents pro KWh + Kosten für
Dampferzeuger, Turbine, Stromeinspeisung , Lizenzierung,
Baukosten

Gesamtkosten abhängig von Land , Politik, Lizenzierung

Im günstigen Fall 3 Mrd. € für 1 GW mit Lizenzierung ,
Baukosten , Stromerzeugung

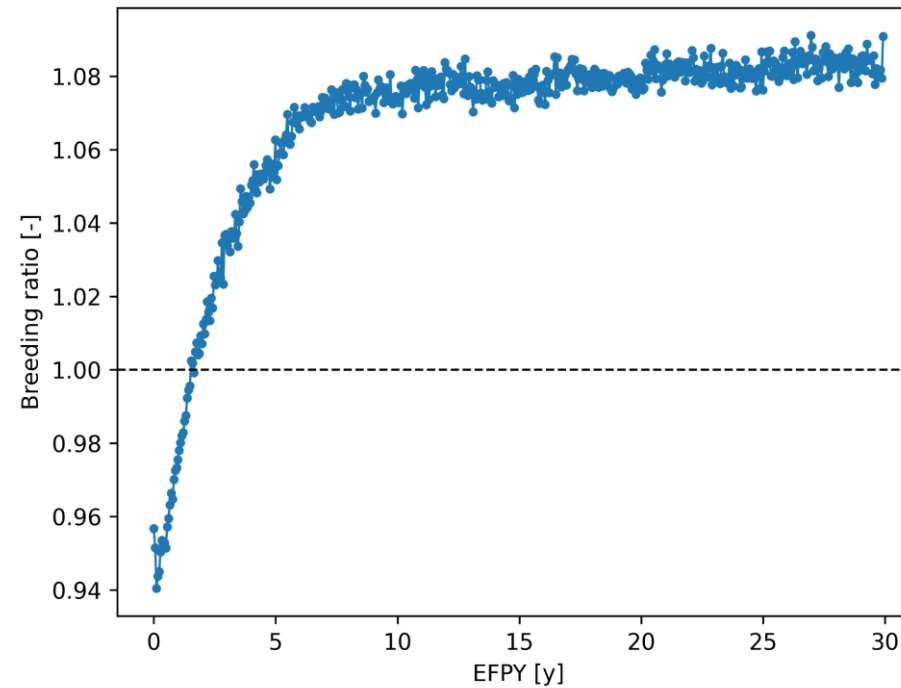
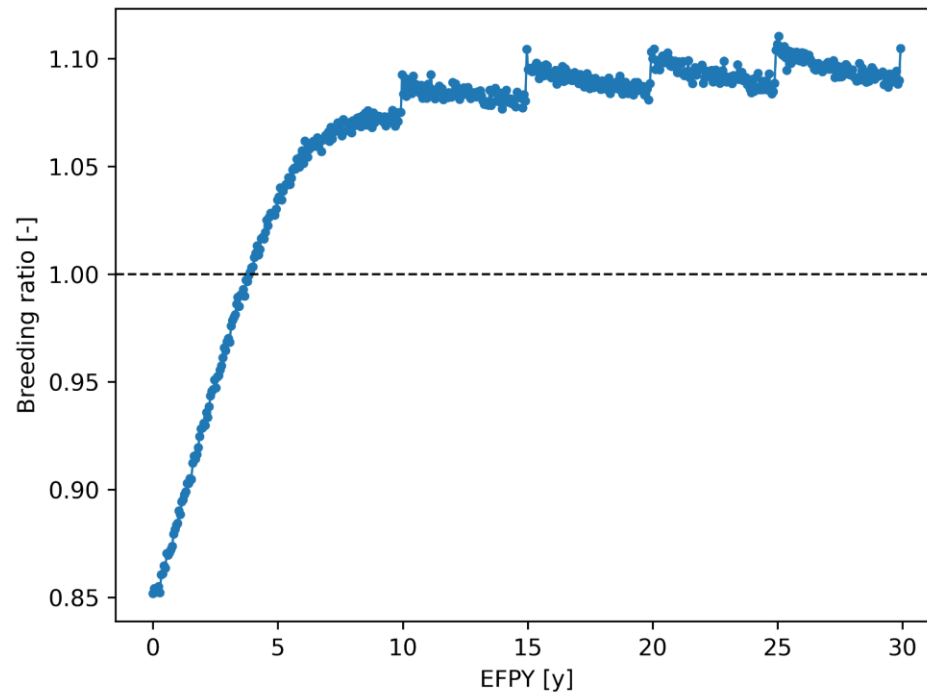


30 Jahre fuel cycle mit Atommüll Transuranics



Breeding Transuranic vs

5% enriched Uranium

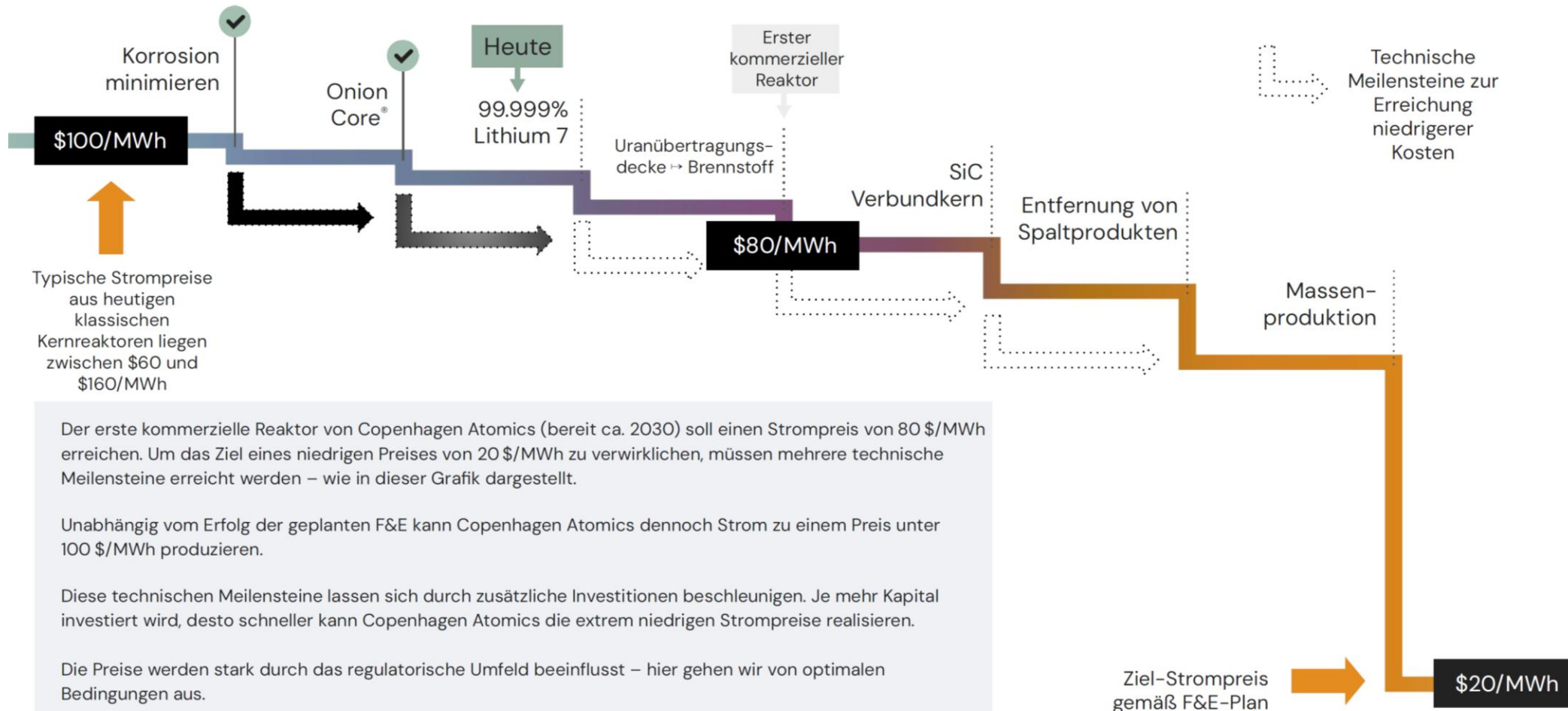


Essential steps towards \$20 / MWh

Niedrigste Energiekosten

Die Reaktoren von Copenhagen Atomics haben das Potenzial, zur günstigsten verfügbaren Energiequelle zu werden.

1



Timeline



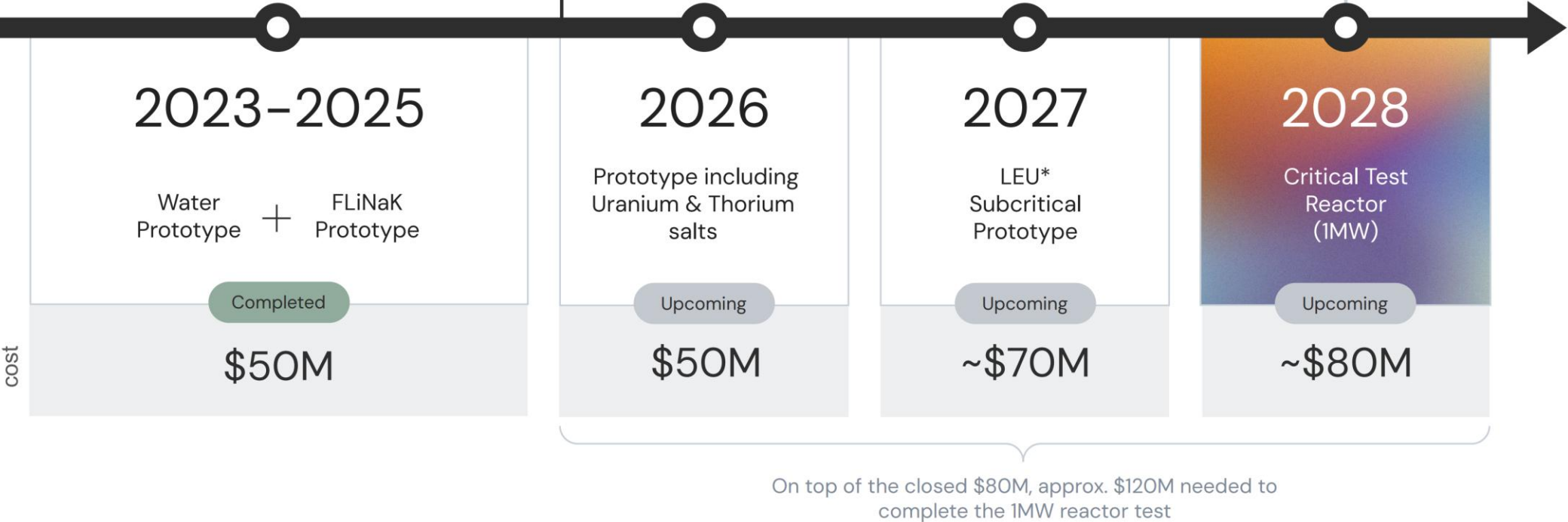
Milestones

Achieved and upcoming milestones

6

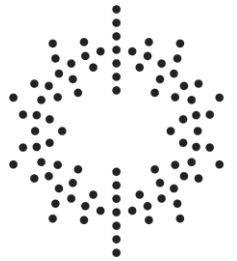
2026 First close
\$80M

Revenue of
\$50M





PSI Center for Nuclear Engineering
and Sciences



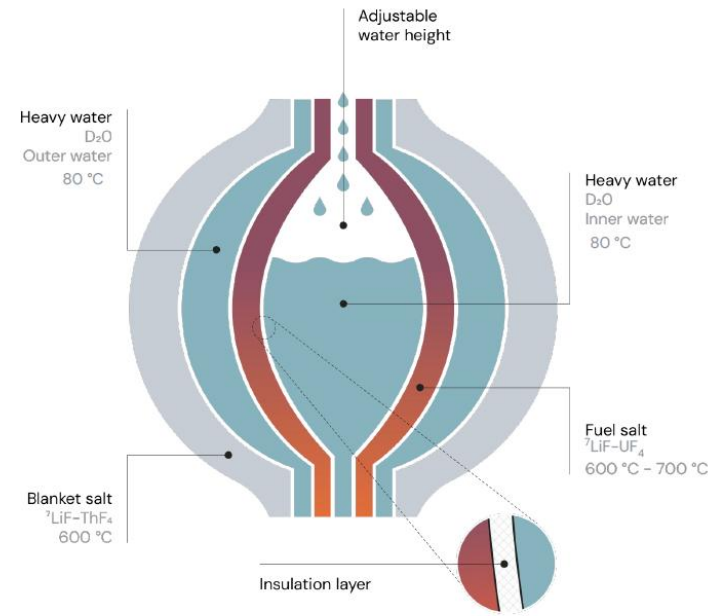
copenhagen
atomics

Technische Informationen zum **Molten Salt Experiment (MSE)**

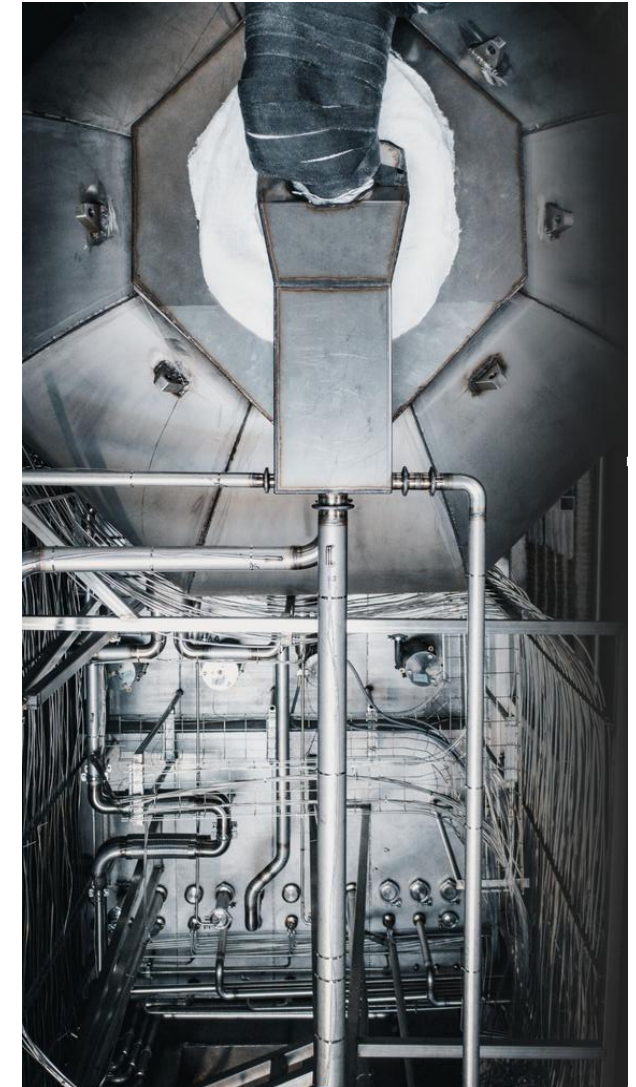


Molten Salt Experiment (Kernaufbau)

- Zwiebelförmiger, mehrschichtiger rotationsellipsoider Behälter mit vertikalen, konzentrischen, verschweissten Kanälen
 - Brennstoff- und Abschirmsalzkanäle aus Edelstahl 316
 - Schwerwasserkanäle (D_2O) Kanäle aus Zirkoniumlegierung
 - Grösse zwiebelförmiger Behälter L x B x H: 2,3m x 2,3m x 2,8m
- Reaktivitätsregelung erfolgt via D_2O -Innenkanal Niveau
- Flüssigkeitsfluss wird durch Pumpen und zugehöriges Regelungssystem gesteuert (Drehzahl D_2O -Innenkanal-Pumpe ist Hauptparameter zur Reaktivitätsregelung [T, dN/dt])



Cross section illustrative view of MSE core



Wir kennen die bewilligungsrechtlichen Möglichkeiten!



PSI AL HL



Erste Neuzulassung der Betriebsbewilligung nach KEG (2004)



Erste Versuchsanlagen nach KEG (2004)



Erste neue Kernanlage nach KEG (2004)

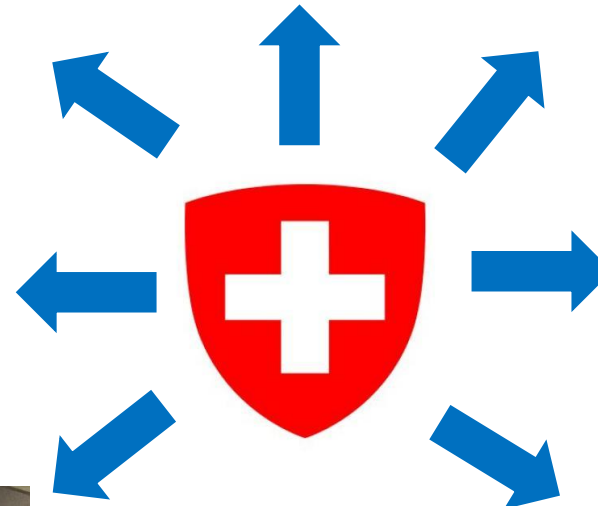


Kollaborationsvertrag am 01.03.2024 unterzeichnet



Erstes kritisches MS-Experiment in Europa
Nicht KI – Realität!

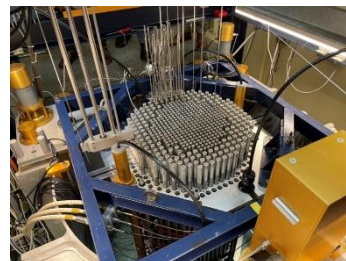
09.06.2026



Erstes Rahmenbewilligungsgesuch nach KEG (2004)



Erstes Neubauprojekt nach KEG (2004)

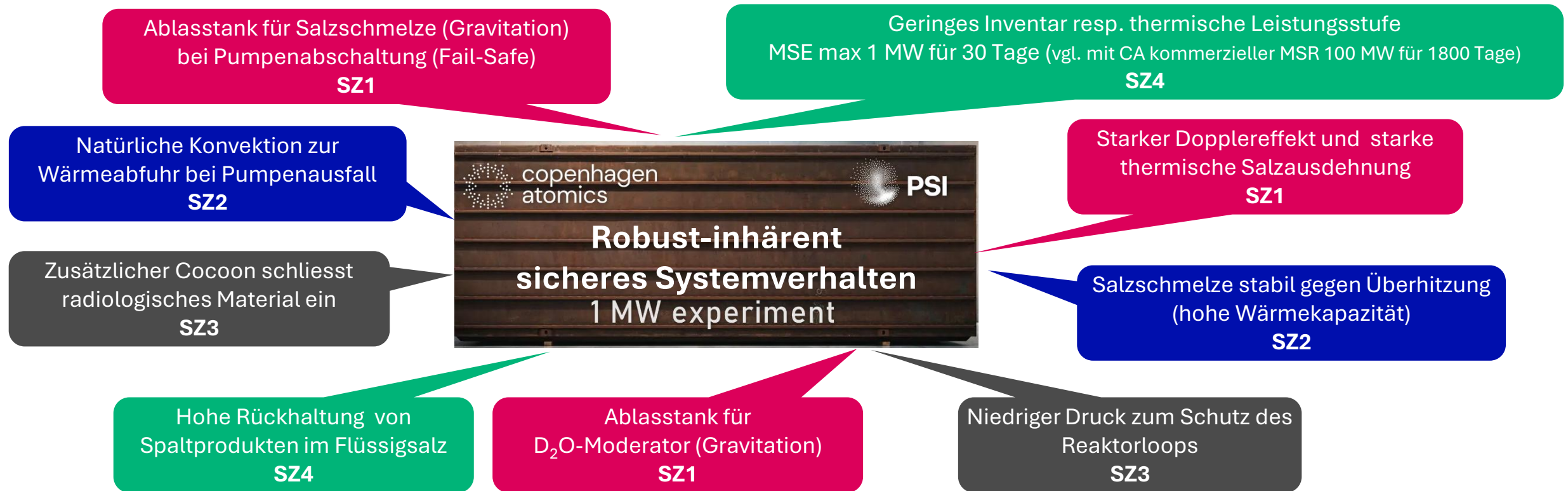


Crocus Reaktor – "Schweizer Eigenbau"



PSI PL BALDER

Hervorragende Sicherheitseigenschaften des MSE



Schutzziele (SZ)

- SZ1:** **Schneller stabiler Kritikalitätsabbruch** (Reaktor abschalten)
SZ2: Unterbruchslos und langfristig: **Kühlen des Reaktorkreislaufs**
SZ3: Sicheres **Einschliessen** der Radioaktivität
Totales SZ4: **Keine unzulässige Bestrahlung von Menschen und Umgebung**

Aufgrund des experimentellen Charakters:
zusätzliche Sicherheit durch konservativ, ausgelegte
Nukleare Testeinrichtung (NT)

KEG

– **Art. 12 Bewilligungspflicht**

¹ Wer eine Kernanlage bauen oder betreiben will, braucht eine Rahmenbewilligung des Bundesrates. Vorbehalten bleibt Artikel 12a.⁹

² Auf die Erteilung einer Rahmenbewilligung besteht kein Rechtsanspruch.

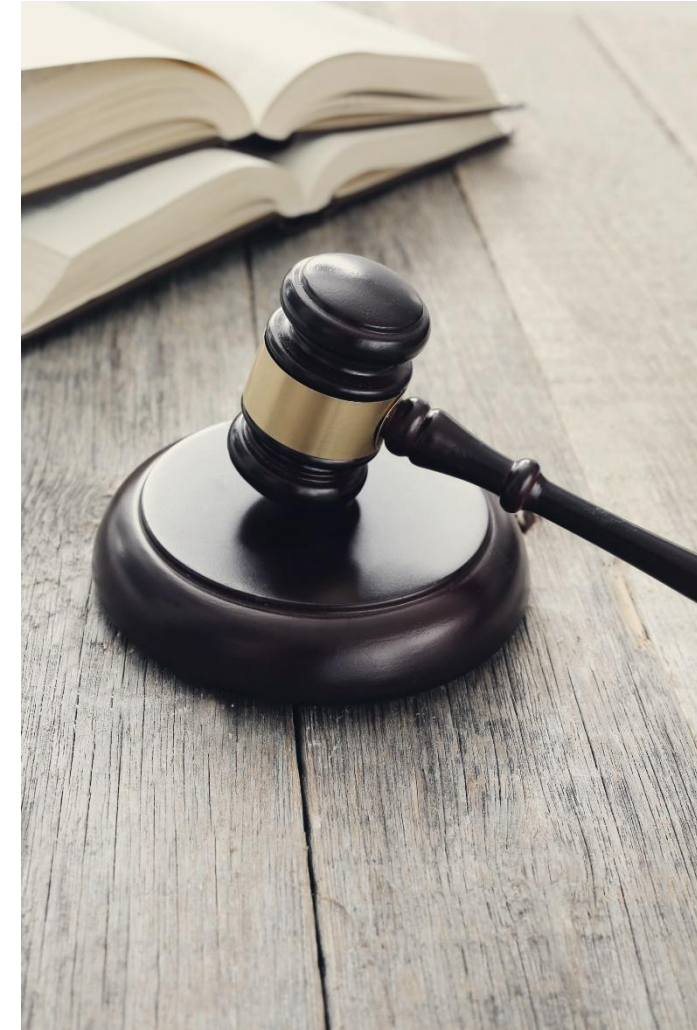
³ Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotenzial bedürfen keiner Rahmenbewilligung. Der Bundesrat bezeichnet diese Anlagen.

KEV

– **Art. 22 Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotential**

¹ Kernanlagen bedürfen keiner Rahmenbewilligung, wenn die Häufigkeit aller Störfälle nach Artikel 8 Absätze 2 und 3 mit einer resultierenden Dosis von über 1 mSv für Personen aus der Bevölkerung höchstens 10^{-6} pro Jahr beträgt; bei Zwischenlagern und geologischen Tiefenlagern darf zudem die Summe der Aktivitäten aller einzulagernden Nuklide 10^{16} g LL nach Anhang 3 Spalte 9 StSV²⁶ nicht überschreiten.²⁷

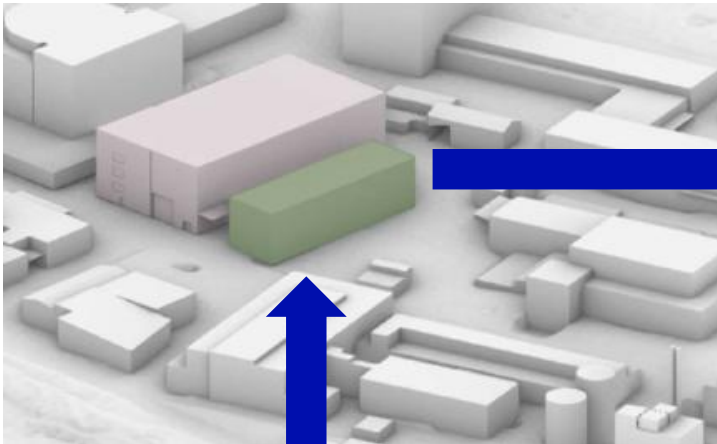
² Das ENSI wird beauftragt, die Methodik und die Randbedingungen für die nach Absatz 1 erforderliche Störfallanalyse in Richtlinien zu regeln.²⁸



Geplante Lage der «Nuklearen Testeinrichtung» – in der Nähe des Hotlabors



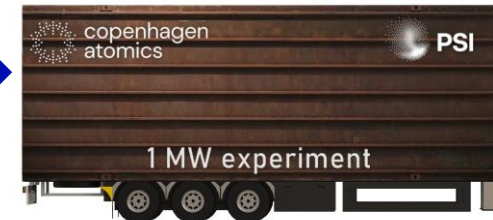
NT wird ausgelegt als Kernanlage mit «Geringem Gefährdungspotenzial» (nach Art. 12 Abs. 3 KEG)
($>1\text{mSv/a}$ Folgedosis für alle Ereignisse bis zu einer Eintritts-Wahrscheinlichkeit $10^{-6}/\text{a}$)



MS-Experiment mit robust-inhärent sicherem Systemverhalten

Geplante Tests:

- Inaktivtests
 - Kalttests (ohne Brennstoff und Moderator)
 - Warmtests (mit Brennstoff und Moderator)
- Aktivtests
 - Kritikalität bei Nullleistung
 - Schrittweise Erhöhung der Leistung bis 1MW
- Rückbau des Experiments



MS-Experiment verlässt die Schweiz

NT-Gebäude Design Parameter

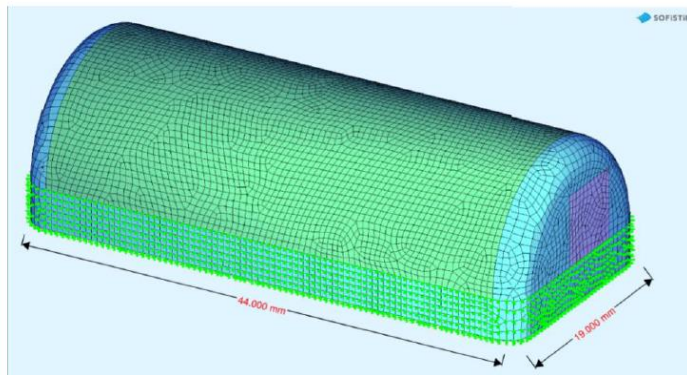
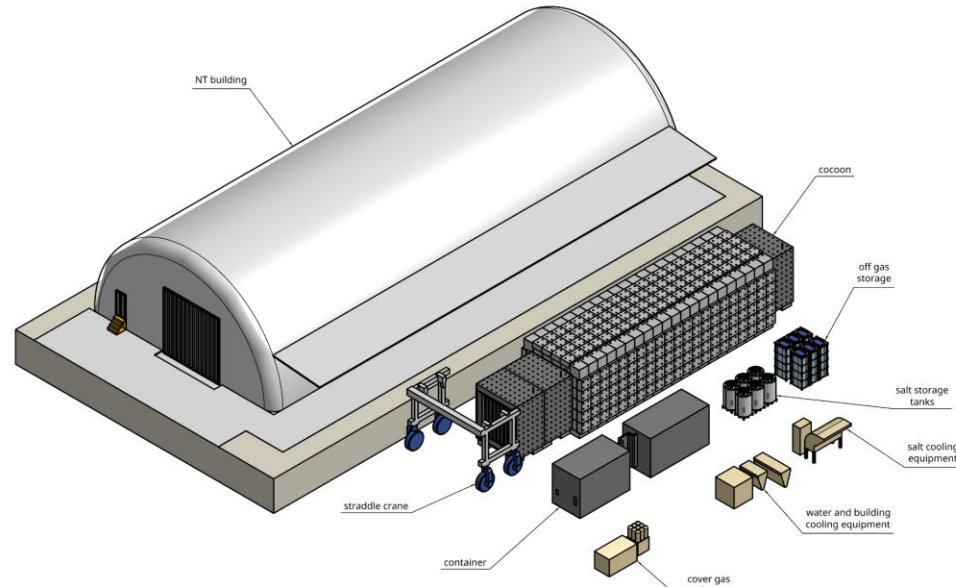


Figure 2 FEM model – outer shell and soil springs view (measures from midplanes)

- Aussenmasse des Gebäudes: **18 x 45 x 9 [m]**
- Externe Ereignisse gemäss Schweizer Vorschriften
- Interne Ereignisse (WCA):
 - Max. Temperatur: **200 °C für 0.5 h**
 - Relative Luftfeuchtigkeit **≥90%**
 - Max. öffentliche Dosis: **1 mSv (10⁻⁶)**
 - Leckdichtes Gebäude
- **Option 1: Keine Entlüftung und Überdruck:**
 - Cocoon NICHT sicherheitstechnisch klassifiziert
→ **γ-Abschirmung**
 - Max. relativer Überdruck: **2 bar**
- Option 2: *Nur passive Filter:*
 - Cocoon sicherheitstechnisch klassifiziert
 - Max. relativer Überdruck: 50 mbar
- Option 3: *Entlüftung des Sicherheitsbehälters und Filtern:*
 - Cocoon NICHT sicherheitstechnisch klassifiziert
→ **γ-Abschirmung**
 - Max. relativer Überdruck: **50 mbar**

Die entscheidenden Herausforderungen für BALDER

Zentrale Herausforderungen für BALDER

Die grössten Herausforderungen sind nicht technischer, sondern regulatorischer Natur.

Wichtigste Hürden

- Rechtliche Einordnung von BALDER
- Vereinbarkeit mit dem Schweizer Kernenergiegesetz
- Nuklearrechtlicher Bewilligungsrahmen / ENSI-Abstimmung
- Verantwortung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle
- Institutionelle Finanzierung
- Politische Akzeptanz

Weitere wichtige Aspekte

- Standort- und Umweltbewilligungen
- Projektstruktur und Finanzierung

Fazit:

→ **Regulatorische Fragen** sind derzeit die **grösste Unsicherheit** und bestimmen Machbarkeit und Zeitplan



KEG

– **Art. 12 Bewilligungspflicht**

¹ Wer eine Kernanlage bauen oder betreiben will, braucht eine Rahmenbewilligung des Bundesrates. Vorbehalten bleibt Artikel 12a.⁹

² Auf die Erteilung einer Rahmenbewilligung besteht kein Rechtsanspruch.

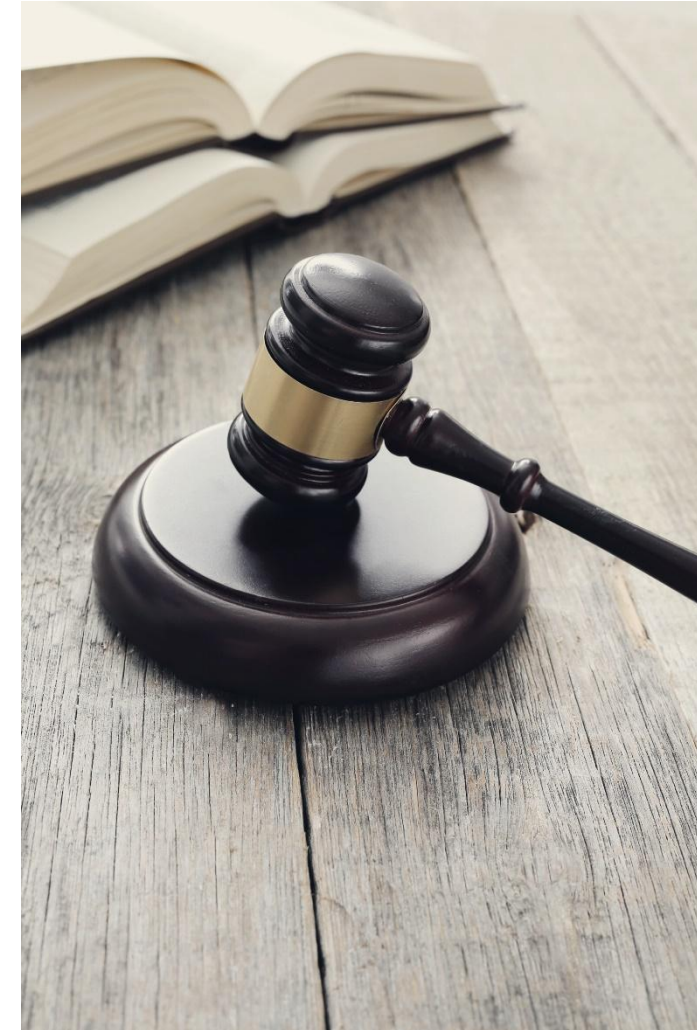
³ Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotenzial bedürfen keiner Rahmenbewilligung. Der Bundesrat bezeichnet diese Anlagen.

KEV

– **Art. 22 Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotential**

¹ Kernanlagen bedürfen keiner Rahmenbewilligung, wenn die Häufigkeit aller Störfälle nach Artikel 8 Absätze 2 und 3 mit einer resultierenden Dosis von über 1 mSv für Personen aus der Bevölkerung höchstens 10^{-6} pro Jahr beträgt; bei Zwischenlagern und geologischen Tiefenlagern darf zudem die Summe der Aktivitäten aller einzulagernden Nuklide 10^{16} g LL nach Anhang 3 Spalte 9 StSV²⁶ nicht überschreiten.²⁷

² Das ENSI wird beauftragt, die Methodik und die Randbedingungen für die nach Absatz 1 erforderliche Störfallanalyse in Richtlinien zu regeln.²⁸



Copenhagen Atomics sichert industrielle Zukunft



Table 2. Overview of annual cost for one stage based on two (2) thorium power units and a hydrogen production of 25,000 ton H_2 /yr. This was used for scaling up, everything is written off over 30 years.

Prof Harald Sverdrup

Item	Cost million \$ / yr	Sum million \$ / yr
Two Thorium unit costs 2x50 million \$,	3.4	5.4
Thorium unit service contract including all fuel and operation	2.0	
Turbine group and generators 30 million \$	1.0	1.6
Rankin Engine set	0.2	
Battery bank for electricity back-up	0.1	
Daily operations and management (3)	0.3	
Hydrogen production unit, 25 million \$	0.8	1.1
Daily operations and management (1)	0.3	
Site preparation, housing and everything else, 20 million \$	0.7	0.9
Daily operations and management (2)	0.2	
Annual cost for whole powerplant and hydrogen factory		9.0

Wer ist Harald Ulrik Sverdrup?

Position: Professor für **System Dynamics**

Institution: Inland Norway University of Applied Sciences (Game School, Hamar, Norwegen)

Fachbereich: Game Development & Interactive Simulations

Fachgebiete & Arbeit

Seine Forschung ist sehr interdisziplinär und umfasst:

System Dynamics (Systemdynamik) – Modellierung komplexer Systeme

Nachhaltigkeit & Ressourcenmanagement

Globale Rohstoffmodelle (z. B. Versorgung, Recycling, Preise)

Ökologie & Biogeochemie

Simulationen und Spieleentwicklung (Serious Games)

 Besonders bekannt ist er für **Computermodelle**, die globale Entwicklungen simulieren, z. B.:

Ressourcenverfügbarkeit (Metalle, Energie)

Umweltbelastungen

Wirtschaftliche Auswirkungen

Copenhagen Atomics



3. Produktionskosten Grüner Stahl (H₂-DRI):

👉 ca. **~650 €/t Herstellungskosten**

Klassischer Stahl:

👉 ca. **550–580 €/t**

Kosten Schätzung mit CA

Strom 1 – 2 Cents per kwh

Wasserstoff 0,3 bis 0,4 €/kg

Stahl 250 €/to

Marktpreise jetzt Rotterdam

5 bis 10 Cents per kwh

Wind 12,75 €/KG

LNG 3,83 €/KG

680 €/to

Stahl , Aluminium und Chemische Industrie haben wieder eine Marktchance in Europa

Copenhagen Atomics Aluminium



Herstellungskosten Aluminium: Europa vs. China

EU Europa

•Gesamtkosten:

👉 2.200 – 3.000 €/t Aluminium

•Kostenstruktur:

- Strom: **800 – 1.500 €/t** (sehr hoch)
- Rohstoffe (Aluminiumoxid): **600 – 900 €/t**
- CO₂-Kosten (EU Emissions Trading System): **100 – 300 €/t**
- Betrieb & Wartung: **300 – 500 €/t**

👉 **Problem:** hohe Strompreise machen Europa oft **nicht wettbewerbsfähig**

CN China

•Gesamtkosten:

👉 1.600 – 2.200 €/t Aluminium

•Kostenstruktur:

- Strom: **400 – 800 €/t** (deutlich günstiger)
- Rohstoffe: **600 – 900 €/t**
- Betrieb & Wartung: **300 – 400 €/t**
- CO₂-Kosten: **deutlich geringer als in Europa**

👉 **Vorteil:** staatlich regulierte Energiepreise + Kohle-basierte Energie

⚡ Hauptunterschied

👉 **Europa ist ~30-50 % teurer als China**

Grund:

- Strompreise (entscheidend!)
- CO₂-Kosten in Europa
- Umweltauflagen

🌱 Grünes Aluminium Europa (mit erneuerbaren Energien):

👉 2.500 – 3.500 €/t

•China (teilweise „grün“):

👉 1.800 – 2.500 €/t

Your contact

Wilfried Hahn

Wilfried.Hahn@wiha.com

0172/7271887



Thank you Takk
Danke
Merci
Dank u wel Tack
Dziękuję!
Grazie 谢谢
cảm ơn
Gracias
Tak Kiitos

Timeline Testreaktor PSI in der Schweiz 2026/2028

CURRENT STATUS
END OF 2023



Politische Handlungsoptionen



- Beenden der Subventionen für Wind und Solar , in den Markt entlassen
- Keine dauerlastfähigen Kraftwerke abschalten
- Wiederinbetriebnahme der alten Kernreaktoren wo machbar
 - Investitionen in Forschung und Entwicklung moderner Reaktoren
 - Neue Zulassungsverfahren zentral und Europaweit
 - Aufklärung der Bevölkerung über die tatsächlichen Chancen und Risiken
 - Abbau von Bürokratie in Deutschland und Europa

Kosteneinsparung Lizenzierung



Die **Lizenzierung neuer Kernkraftwerke** ist in westlichen Ländern seit Jahrzehnten ein entscheidender Kosten- und Zeitfaktor.

•**Vergangenheit:** Nach Tschernobyl und Fukushima wurden Genehmigungswege immer länger. Jedes Projekt wird wie ein **Prototyp** behandelt, oft mit **10–15 Jahren Vorlauf** für Studien, Gutachten und Verhandlungen. Die Bauzeit selbst ist kürzer als die Bürokratie davor. Unterschiedliche nationale Regeln erschweren zudem internationale Serienfertigung. Ergebnis: Milliardenkosten, hohe Finanzierungslasten, Investorenrisiko.

•**Folgen:** Viele Projekte scheiterten nicht an der Technik, sondern an den **Regeln** – NuScale in den USA ist ein aktuelles Beispiel \$17.300 /KW

•Lösungsansätze heute:

- **Design-Zulassung statt Einzelgenehmigung** – ein Reaktortyp wird einmal umfassend geprüft, Serienbau dann standardisiert.
- **Internationale Anerkennung von Lizenzen** (z. B. EU-weit oder OECD-weit), analog zur Luftfahrt.
- **One-Stop-Shop-Behörden** mit klaren Fristen.
- **Realistische Strahlenschutzgrenzen** (100 mSv statt 1 mSv pro Jahr) zur Vermeidung überzogener Bau- und Entsorgungskosten.

👉 Mit solchen Reformen könnten die Kosten von Kernkraftwerken in den Westen **halbiert** und ihre Bauzeit **drittelt** werden – ohne Abstriche bei der Sicherheit.

Kostenvergleich Fazit



- In Deutschland werden oft die Kosten von Hinkley Point als abschreckende Zahl genommen.
- Das Fraunhofer ISE hat Kosten für Kernkraft zwischen 13,9 und 49 Cents pro KWh veröffentlicht mit folgenden Annahmen
- Nutzung von nur 30%, da Wind und Sonne Vorrang haben
- Die Finanzierungskosten sind bei 8% gegenüber 5% bei Wind und Solar
- Investitionskosten zwischen €6.000 bis € 16.000 pro KW
- Konkurrierende Technik wird schlecht gerechnet, eigene Technik wird gut gerechnet. Wind und Sonne stellen keine Rechnung

Endlager



- Neue Reaktoren benutzen und vernichten den langlebigen Atommüll, welcher aus Plutonium und Transuranen besteht. Diese haben eine lange Halbwertszeit, sind zwar schwach radioaktiv aber müssen für 100.000 Jahre sicher gelagert werden.
- Der langlebige Atommüll ist wertvoll und kann Energie für Jahrhunderte liefern
- Copenhagen Atomics und andere entwickeln solche Reaktoren
- Es bleiben Spaltprodukte übrig, die hoch radioaktiv sind, aber zu 82% nur 10 Jahre und der Rest von 18% bis zu 300 Jahre sicher gelagert werden müssen.
- Die resultierenden Mengen sind sehr klein und können oberirdisch oder unterirdisch ohne Probleme sicher gelagert werden
- Hochgiftiger chemischer Müll mit Arsen, Cyan, Quecksilber... ist in Sondermülldeponien in Deutschland in großen Mengen gelagert. Etwa 24,3 Millionen Tonnen gefährliche Abfälle werden jährlich erzeugt. Der komplette hochradioaktive Atommüll in Deutschland beträgt dagegen 10.000 Tonnen
- Atommüll strahlt, die Radioaktivität nimmt dadurch konstant ab im Gegensatz zu hochgiftigem Sondermüll