



forum &
wissenschaft & umwelt



Thorium

die sichere Alternative zu Uran?

aktuelle Entwicklungen im nuklearen Bereich

DI Rupert Christian

11.03.2024

Thorium

Der „Hype“

- kann in allen herkömmlichen Reaktoren eingesetzt werden
- hohe Energieausbeute
- extreme Reichweite
- drastisch verringertes Abfallproblem
- Beitrag zum Klimaschutz

Historischer Exkurs

- 60er, 70er und 80er
- Flüssigsalzreaktoren (USA)
- Kugelhaufenreaktor (Deutschland)
- zahlreiche Probleme
- immer komplexere Reaktorkerne

⇒ Ausstieg aus Thorium

Thorium

Thorssion

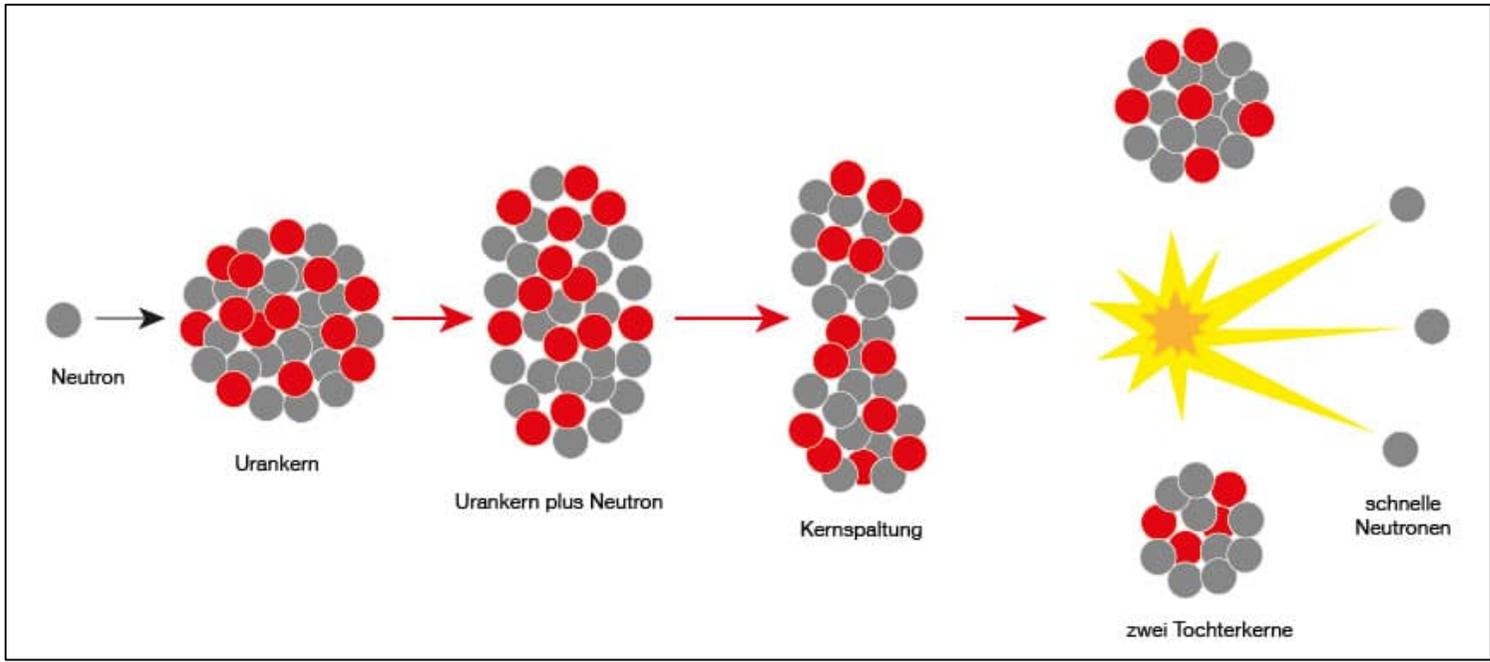
- Thorium in der Kernfission
- Studie im Jahr 2023
- gefördert von der Stadt Wien, WUA
- untersucht
 - geeignete Reaktortypen
 - Abfallproblem
 - Ressourcen & Reichweite

Das Element Thorium

- benannt nach Thor, Elementsymbol Th
- Ordnungszahl 90
- Isotope Th-227 bis Th-234 bekannt
- praktisch nur Th-232 in der Natur
- $t_{1/2} \sim 10^{10}$ a, α -Strahler
- Th-233 \Rightarrow β -Strahler

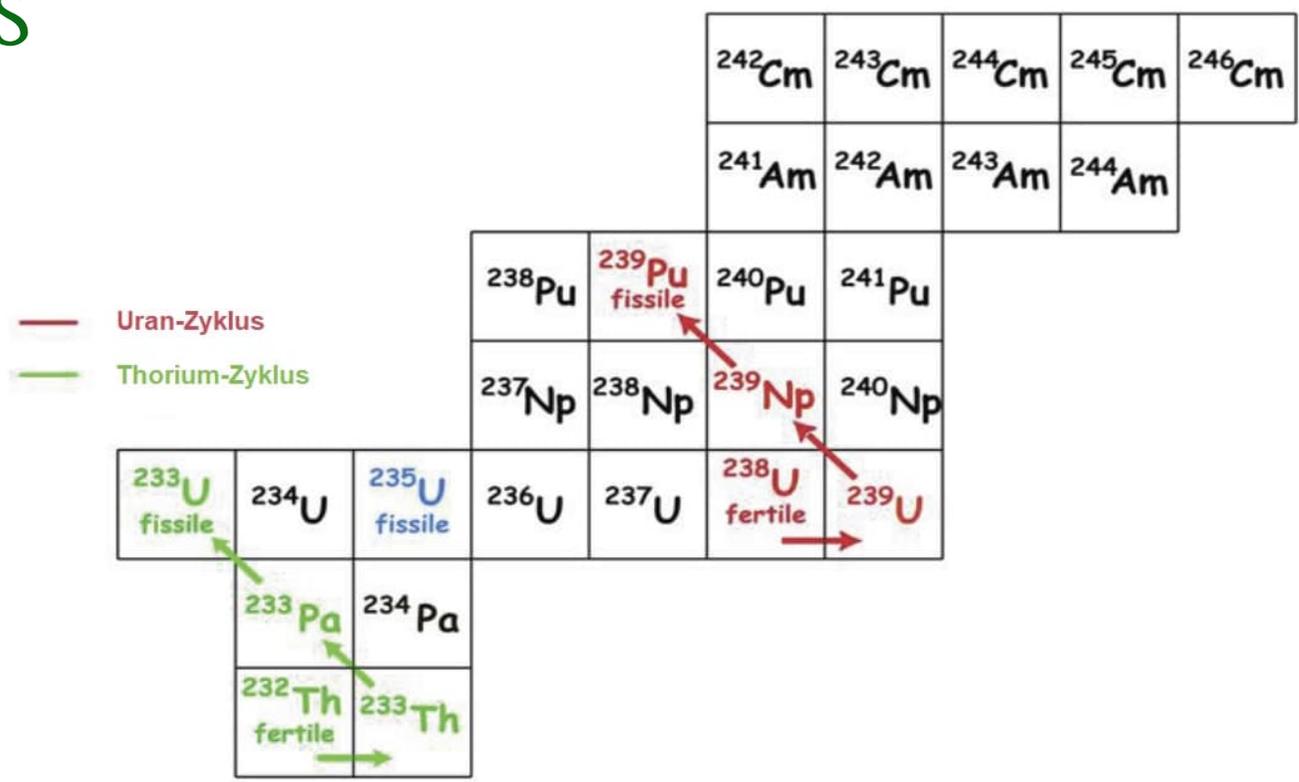
Thorsson

Spaltreaktion



Thorssion

Brutzyklus



11.03.2024

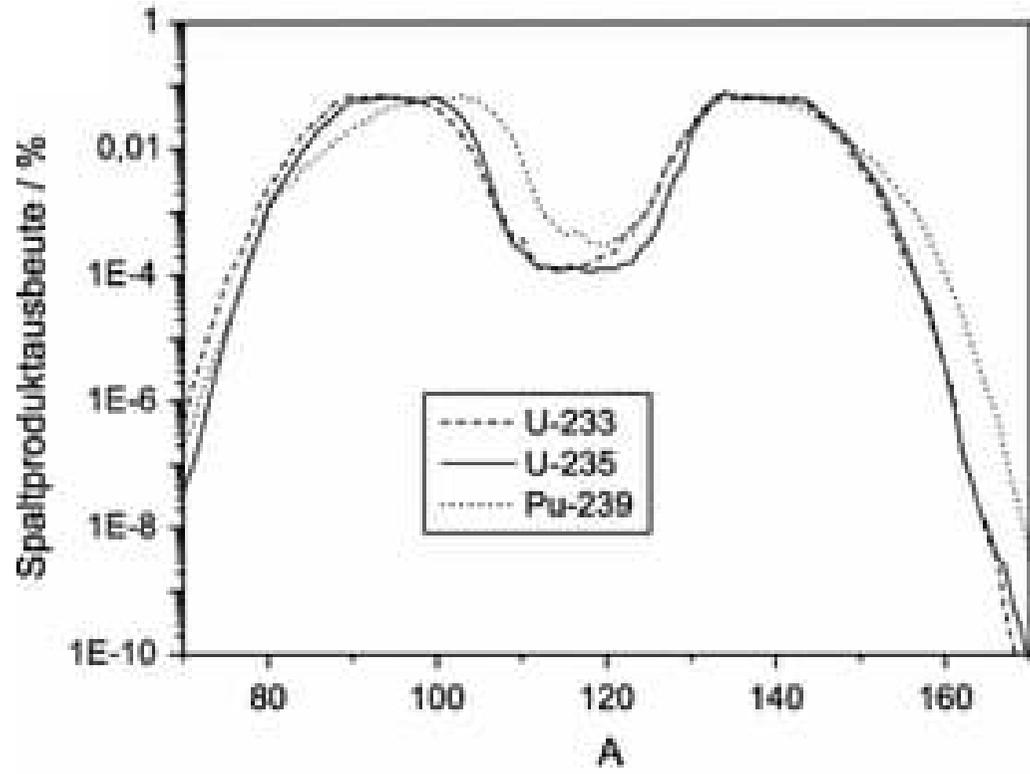
aktuelle Entwicklungen im nuklearen Bereich

Quelle: https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_43130/use-of-thorium-in-the-nuclear-fuel-cycle



Thorssion

Spaltprodukte



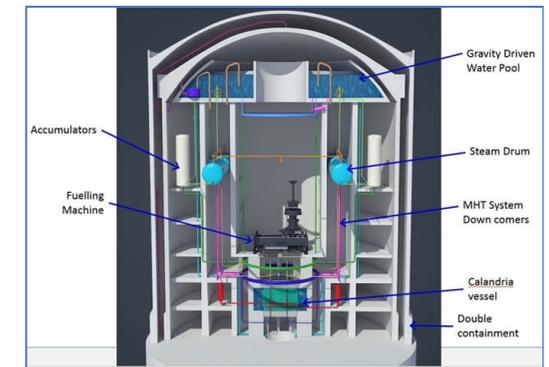
Reaktortypen

- fortschrittliche Schwerwasserreaktoren
- CANDU-Reaktoren
- Flüssigsalzreaktoren
- superkritische wassergekühlte Reaktoren
- Hochtemperaturreaktoren
- Leichtwasserreaktoren
- Small Modular Reactors

Thorssion

Advanced Heavy Water Reactor – AHWR

Brennstoff	Th-U/Pu-MOX
Kühlmittel	leichtes Wasser
Moderator	schweres Wasser
Leistung	300 MW _{el}
Baubeginn	2017
Hersteller	BARC



11.03.2024

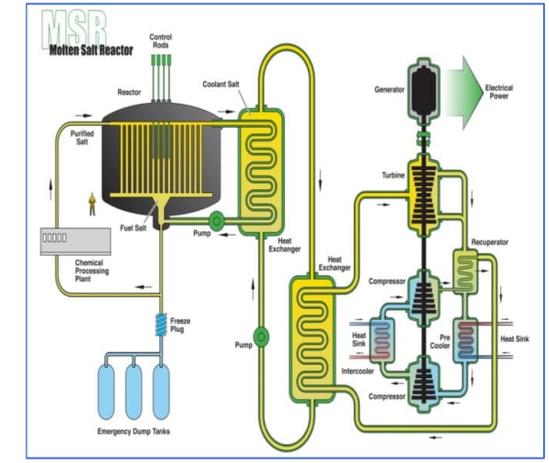
aktuelle Entwicklungen im nuklearen Bereich



Thorssion

Flüssigsalzreaktoren – MSR

Brennstoff	$\text{LiF}-(\text{U}/\text{Pu})\text{F}_3-\text{ThF}_4$
Kühlmittel	$\text{LiF}-(\text{U}/\text{Pu})\text{F}_3-\text{ThF}_4$
Moderator	$\text{LiF}-(\text{U}/\text{Pu})\text{F}_3-\text{ThF}_4$
Leistung	bis über 1.000 MW _e
Beispiele	MSBR (Konzept, 1960er) TMSR-LF1



Small Modular Reactors – SMR Regulators´Forum

- *typically $<300 \text{ MW}_{el}$ or $<1000 \text{ MW}_{th}$ per reactor;*
- *Designed for commercial use (as opposed to research and test reactors);*
- *Designed to allow addition of multiple reactors in close proximity to the same infrastructure (modular reactors);*
- *May be light or non-light water cooled;*
- *Use novel designs that have not been widely analysed or licensed by regulators.*

Thorssion

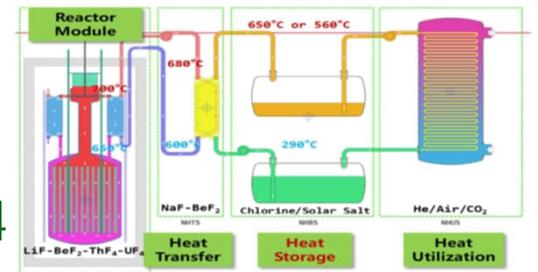
SMR-Typen

- HTMR100
- HTR-PM
- smTMSR-400
- CA Waste Burner
- FUJI
- THORIZON
- Lithium Fluoride Thorium Reactor (LFTR)

Thorssion

smTMSR-400

Brennstoff	$\text{LiF-BeF}_2\text{-ZrF}_4\text{-ThF}_4\text{-UF}_4$
Kühlmittel	$\text{LiF-BeF}_2\text{-ZrF}_4\text{-ThF}_4\text{-UF}_4$
Moderator	Graphit
Leistung	168 MW _{el} (400 MW _{th})
Baubeginn	2028
Hersteller	SINAP



11.03.2024

aktuelle Entwicklungen im nuklearen Bereich

Quelle: IAEA (2022): Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, Wien



Schlussfolgerungen

- gesteigerte Aufmerksamkeit
- Optimismus bei Herstellern
- Interessenvertreter zurückhaltend
- „zentrale Rolle“ der SMR
- Verzögerungen bei Projekten

⇒ Fissionskonstante

Abfälle

- Spaltprodukte wie bei Uran
- weniger Transurane
- mehr Uran-232, mehr Uran-234 bis Uran-236
- schlecht für Proliferation
- (vermutlich) geringere Radiotoxizität
- ähnlich lange Lagerdauern erforderlich

Partitioning und Transmutation – P&T

- Trennung umzuwandelnde Kerne – Rest (P)
- Neutronenbeschuss der radioaktiven Kerne (T)
- chemisch nicht möglich (P)
- komplexe physikalische Methoden
- extrem ineffizient

⇒ erhebliche Lücken (IAEA)

Thorssion

Ressourcen und Reichweiten

- 6 bis 10 g/t
- Ressourcen eher unklar
- It. BGR, IAEA, NEA rund 6 bis 7 Mt
- Reserven ~ 1 Mt (IAEA)
- jährlicher Bedarf ~ 4 kt
- 246 Jahre statische Reichweite

Fazit

- Einsatz in Gen.-III-Reaktoren möglich
- Erfahrungen mit Brennstoffzyklus fehlen
- großtechnischer Einsatz nicht vor 2050
- Abfallproblem nicht gelöst
- Reserven unbekannt

⇒ kein Beitrag zum Klimaschutz

Raus aus Atom!