

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

Christopher Thieser

20.03.2025

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## ZIEL DER VERANSTALTUNG

- Grundlagenwissen zum Thema Kernkraft schaffen
- Diese sind nicht allen klar oder bekannt
- Es ist aber auch verständlich, zu dem Thema gibt leider es viele
  - Falschaussagen
  - Halbwahrheiten
  - Hörensagen
- Ob bewusst oder unbewusst verbreitet wird, ist da irrelevant
  - Das ist sicher nicht hilfreich
- Um mitreden zu können, sind konkrete Informationen wichtig, die helfen die Technik und damit die aktuelle Diskussion dazu einzuordnen zu können

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## AGENDA

- Zu meiner Person
- Wieso Atomkraft
- Was ist Atomkraft
- Wie funktionieren AKWs
- Rohstoff
- Exkurs
- SWOT-Analyse
- Ausblick Atomkraft
- Einschätzung

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## ZU MEINER PERSON

- Geboren und aufgewachsen zwischen Fichtelgebirge und Steinwald
- Verheiratet und drei Kinder
- Berufsausbildung (Werkzeugmechaniker, Fluggerätmechaniker)
- Auslandszeit (USA, PPP - praktisches Auslandssemester Japan)
- Verpflichtung zu Soldat auf Zeit (Luftwaffe, Triebwerkmechaniker, Koop MTU)
- Weiterbildungen (Industriemeister Luftfahrttechnik)
- Studium Energiewirtschaft und –technik, Umwelttechnologie (M.Eng.)
- Verschiedene Fortbildungen im Bereich EE, Heiztechnik, Effizienzsteigerung, ...
- Projektingenieur Elektroplanung
- Seit Ende 2020 als Klimaschutzmanager tätig

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## WIESO ATOMKRAFT

- Energiedichte
  - Ein Kilogramm  $^{235}\text{U}$  kann etwa 24 Millionen kWh<sub>th</sub> (Wärme) freisetzen
  - Das entspricht etwa 3.000.000 kg Steinkohle
- Vorkommen
  - Uran kommt auf der Erde überall vor
  - Damit ist eine hohe Verfügbarkeit plausibel
- Edward Teller
  - Ein bekannter Physiker und "Vater" der Wasserstoffbombe, der optimistisch in Bezug auf die Entwicklung der Kernenergie sprach, sagte in den 1950er Jahren:
    - **„Nuklearenergie wird so billig sein, dass wir den Preis (Menge) des Stroms nicht mehr zählen müssen.“**
- Aus diesem Wissen heraus war die Hoffnung auf günstige Energie, Nahrung und Gesundheit sowie Weltfriede verständlich
  - Aus „Walt Disney – Unser Freund das ATOM“ von Heinz Haber
  - Deutsche Ausgabe von 1958

<https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/panorama/archiv/1976/,-panorama12570.html>

[https://www.kernenergie.ch/de/rohstoff-uran-\\_content---1--1085.html#:~:text=Uran%20ist%20in%20der%20Natur,500%20Mal%20h%C3%A4ufiger%20als%20Gold.](https://www.kernenergie.ch/de/rohstoff-uran-_content---1--1085.html#:~:text=Uran%20ist%20in%20der%20Natur,500%20Mal%20h%C3%A4ufiger%20als%20Gold.)

<https://www.energie-lexikon.info/uran.html>

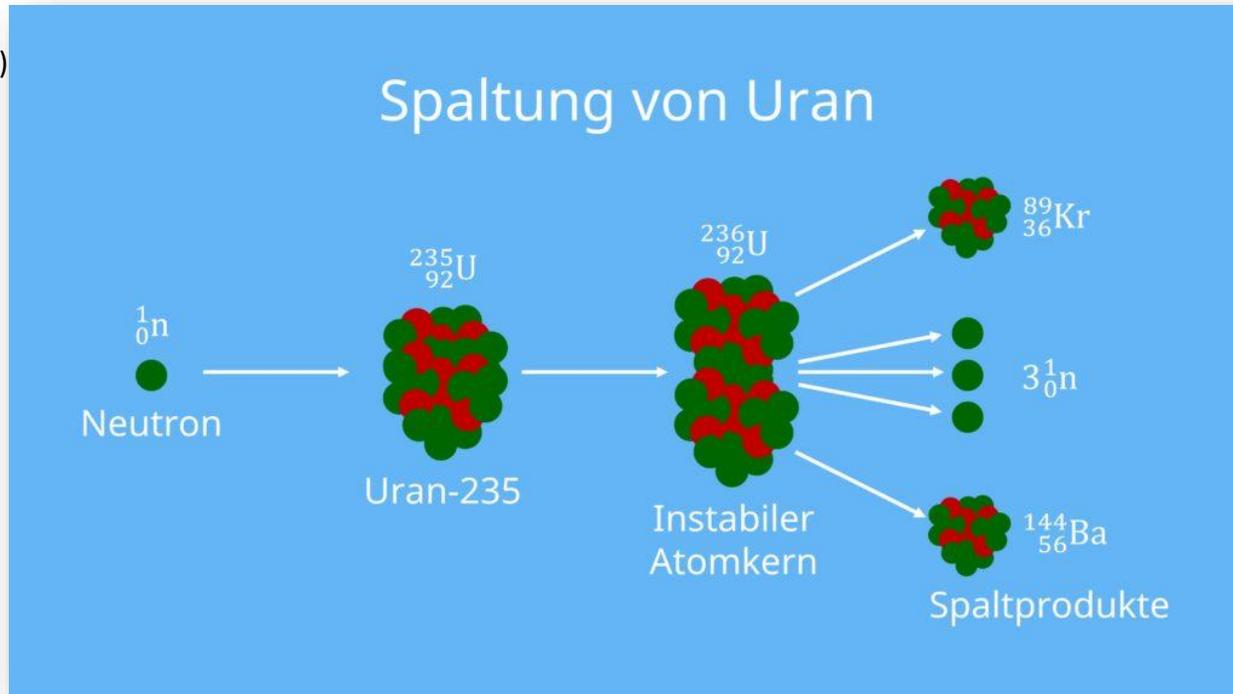
# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## WAS IST ATOMKRAFT

### Atomkraft simplified! - Oder wo kommt die Energie/Wärme her

Grundlage der Kernspaltung (Fission)

- Um aus ihnen Energie zu gewinnen, kann man sie spaltet
  - Ein Neutron wird auf das  $^{235}_{92}\text{U}$  geschossen
  - Es entsteht das  $^{236}_{92}\text{U}$  → **Zerfällt!**
  - Zu z.B. Barium ( $^{143}_{56}\text{Ba}$ ) und Krypton ( $^{89}_{36}\text{Kr}$ )
  - Zusammen ist das eine Masse von 235,87
  - Die Differenz beträgt: 0,18 (**Massendefekt**)
  - Es werden mehrere Neutronen freigesetzt
- Massendefekt + Neutronen
  - Setzen Energie in Form von Wärme frei
- Freie Neutronen erzeugen eine Kettenreaktion



<https://www.kernenergie.ch/de/element-uran.html#:~:text=Die%20Atomkerne%20der%20wichtigen%20in,%2B%20146%20Neutronen%20%3D%20238%20Kernteilchen>

<https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/kernspaltung-2001>

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-63416-5\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-63416-5_5)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Periodensystem>

<https://view.genially.com/6220bdad797ddc001944f03d/presentation-physik-prasentation>

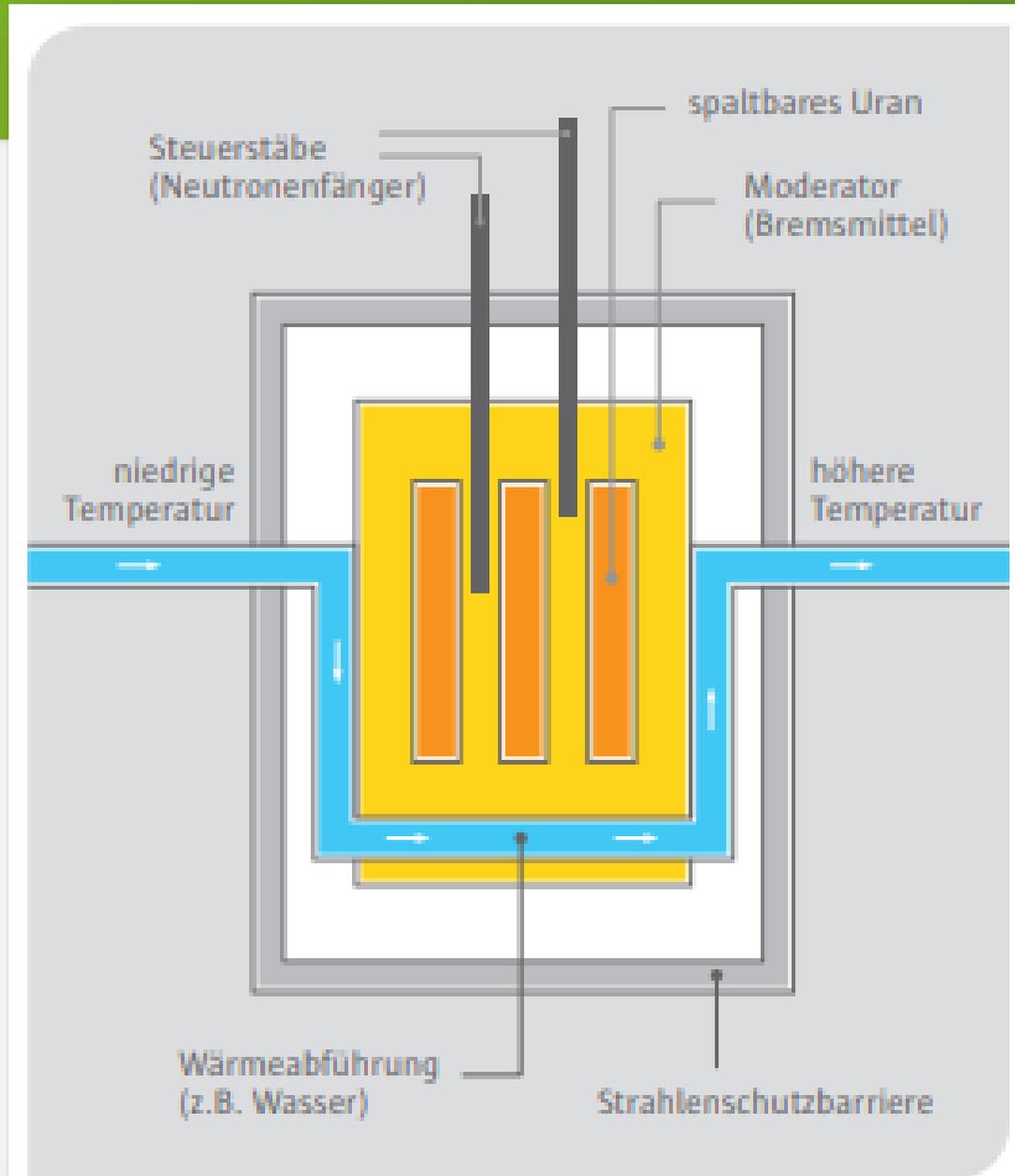
# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## WIE FUNKTIONIERE AKWS

### Funktion eines Reaktors

- Anlage um die Kettenreaktion kontrolliert ablaufen zu lassen
- Sie besteht aus grundlegend fünf Komponenten:
  - Spaltbares Material ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ )
  - Stoff zum Abbremsen der Neutronen (Moderator)
  - Vorrichtungen zum Einfangen der Neutronen (Steuer-, Regelstäbe)
  - Medium zur Wärmeabfuhr (meist Wasser)
  - Barriere für Strahlenschutz und die Rückhaltung radioaktiver Stoffe

<https://www.gefahenstoffe.uni-bayreuth.de/pool/dokumente/strahlenschutz/018basiswissen.pdf>  
<https://scilogs.spektrum.de/go-for-launch/moderator-steuerst-be-gau-und-weitere-begriffe/>



# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

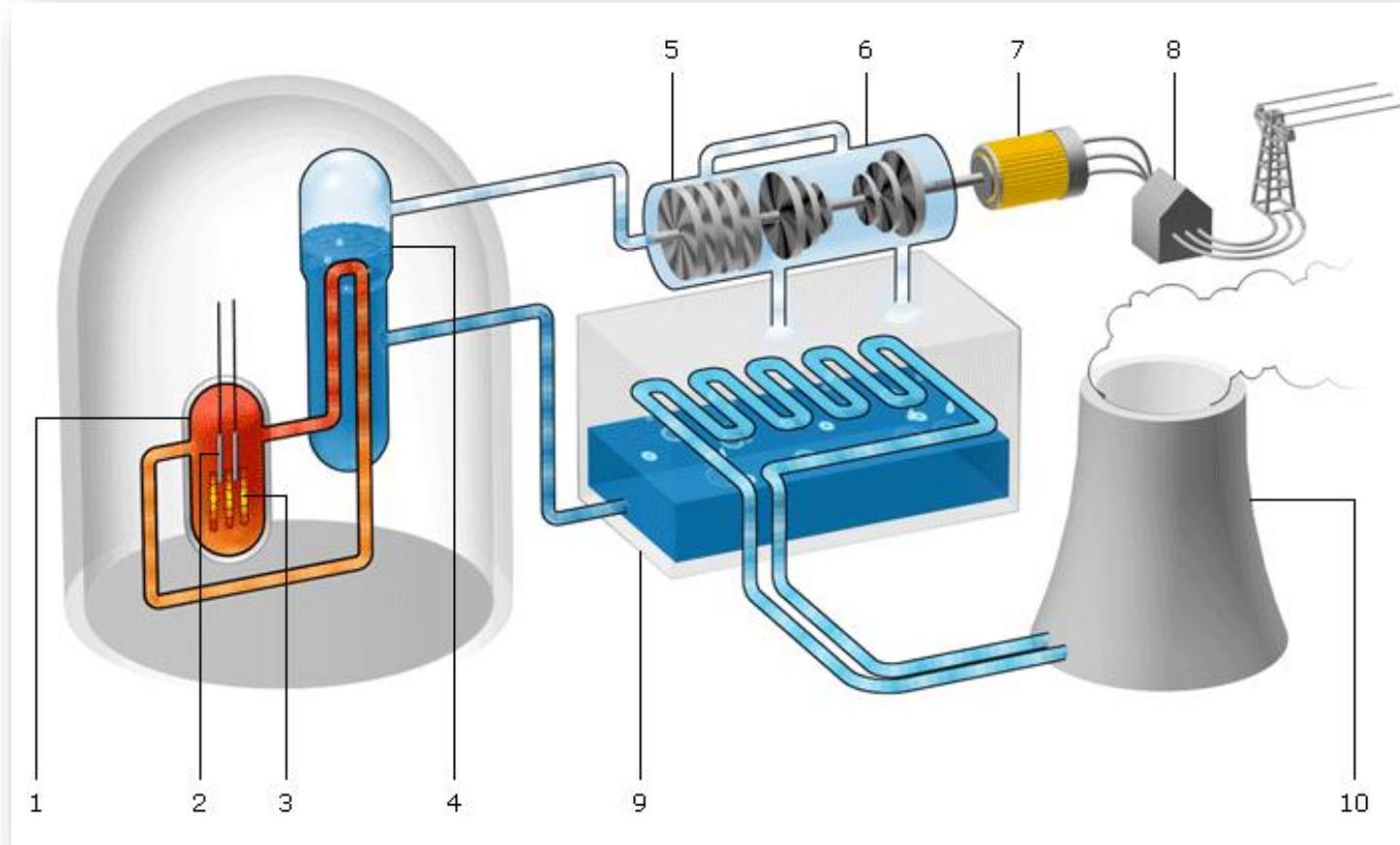
## WIE FUNKTIONIERE AKWS

### Funktionsprinzip eine AKW

- Durch den Spaltprozess wird Wasser erwärmt
- Das Wasser verdampft
- Der Dampf wird durch eine Turbine geleitet
- Die Turbine treibt einen Generator an
- Dieser erzeugt den Strom

- z.B. Druckwasserreaktor

- 1 - Reaktor
- 2 - Steuerstäbe
- 3 - Radioaktive Brennelemente
- 4 - Dampferzeuger
- 5 - Hochdruckturbine
- 6 - Niederdruckturbinen
- 7 - Generator
- 8 - Transformator
- 9 - Kondensator
- 10 - Kühlturm



<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernreaktor>

<https://studyflix.de/erdkunde/kernkraftwerk-4485>

<https://view.genially.com/6220bdad797ddc001944f03d/presentation-physik-prasentation>

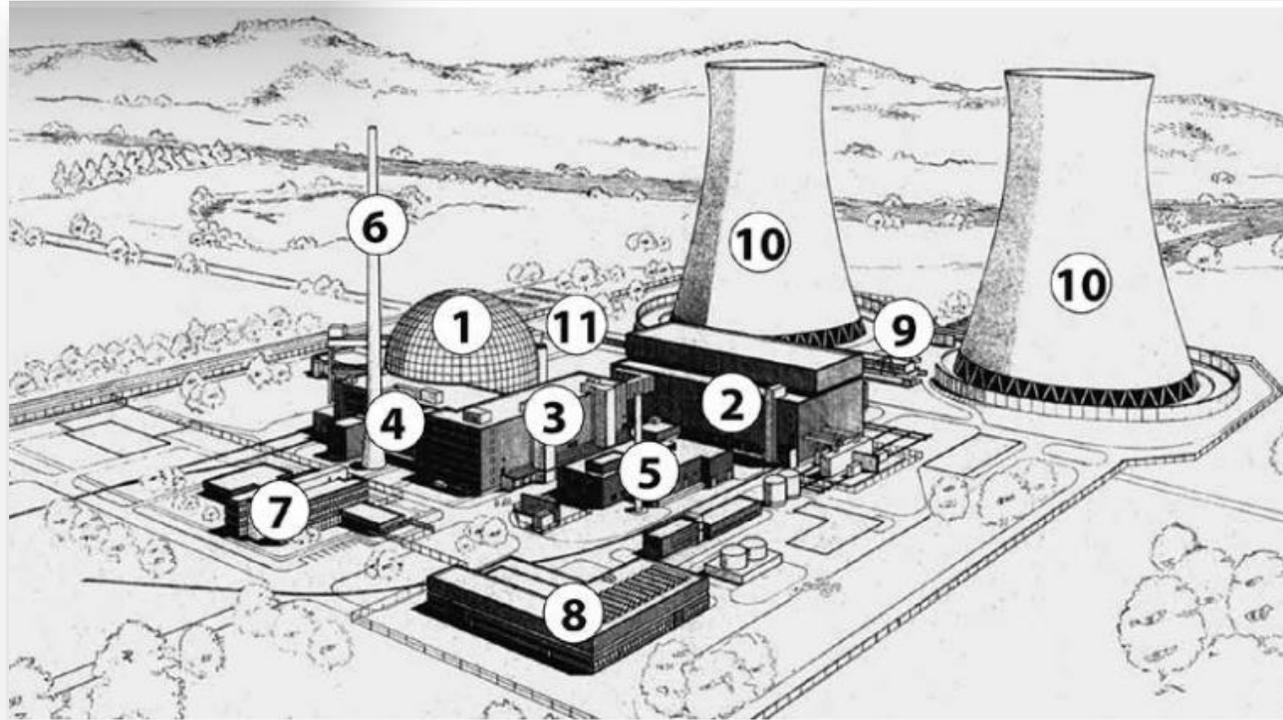
<https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/atomkraftwerk/>

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## WIE FUNKTIONIERE AKWS

### Aufbau eines AKW

- 1. Reaktorgebäude
  - Hier findet die Kernspaltung (Fission) statt
- 2. Maschinenhaus
  - Enthält Turbine, Generator und Kondensatoren
- 3. Hilfsanlagen/Schaltanlage
  - Überwachung des AKW
- 4. Reaktorhilfsanlagegebäude
  - Reaktor Kühlwasserspeisung und Aufbereitung
- 5. Notstromgebäude
  - Weiterbetrieb von Pumpen, ... im Notfall
- 6. Fortluftkamin
  - Sorgt für Unterdruck im Reaktor, um den Austritt von radioaktiven Gasen zu vermeiden
- 7. Verwaltungsgebäude
- 8. Werkstattgebäude
- 9. Haupt- und Nebenkühlwassersystem
- 10. Kühltürme
  - Kühlung des Kühlwassers
  - Wasserdampf tritt aus (bis zu 2% des Kühlwassers verdampft dabei)
- 11. Brennelement Zwischenlager



<https://view.genially.com/6220bdad797ddc001944f03d/presentation-physik-prasentation> <https://studyflix.de/erdkunde/kernkraftwerk-4485>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernreaktor>

<https://www.verivox.de/strom/themen/atomkraftwerk/>

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## WIE FUNKTIONIERE AKWS

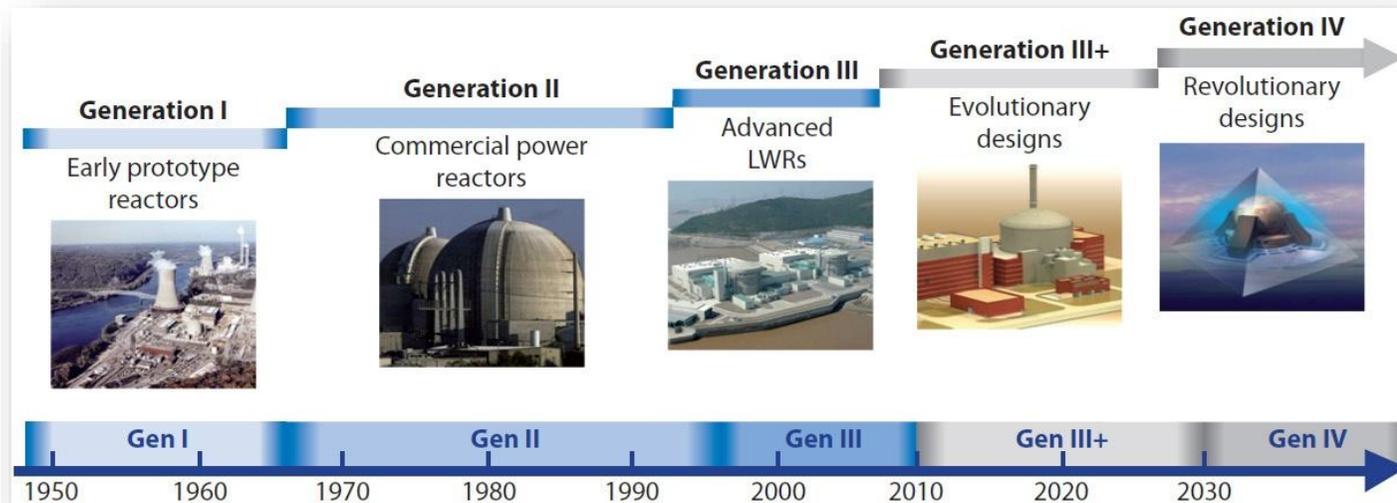
### Typen

- Leichtwasserreaktor
  - Moderator Wasser (1H<sub>2</sub>)
  - Der meistgenutzten Typen
  - Siede-, Druckwasserreaktoren
- Brutreaktor
  - Besonderer Reaktortyp
  - Er erzeugt aus eigentlich nicht spaltbare 238U Energie
- Sondertypen
  - Flüssigsalzreaktor
  - Schwerwasserreaktor
  - Graphit-Gas-Reaktortypen
  - Und weitere

### Generationen

- Gen. I bis IV
- Definiert den Entwicklungsstand und ca. Inbetriebnahmezeitraum der Reaktoren

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernreaktor>



# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## ROHSTOFFE

### • Verwendbare Elemente

- Uran (99%  $^{238}\text{U}$ , 0,7%  $^{235}\text{U}$ )
- Plutonium ( $^{239}\text{U}$ )
- Thorium ( $^{232}\text{Th}$ )
- Deuterium ( $^2\text{H}$ )

### • Reichweite

- Uran kommt sehr oft vor (z.B. viel häufiger als Silber und rund 500-mal häufiger als Gold)
- Abhängig von Abbaumethoden (Kosten zu Preis), jährlichen Verbrauch, Verwendung (Brutreaktoren)
- 70 - > 300 Jahre
- Meist aus Abbau (Minen 90 %)
- Der Rest stammte aus Lagerbeständen, aus der Abrüstung oder Wiederaufarbeitung
- Bei derzeitiger Technologie und Verbrauch sind die weltweiten Uranvorräte nur noch für einige Jahrzehnte ausreichen

### • Energiedichte

- Zur Erzeugung von 1 Mill.  $\text{MWh}_{\text{el}}$   
= 24 t U = 135 Tsd. T Erdgas = 400 Tsd. T Steinkohle

<https://www.klimareporter.de/strom/quaschnig-erklart-uran-ist-bald-alle>

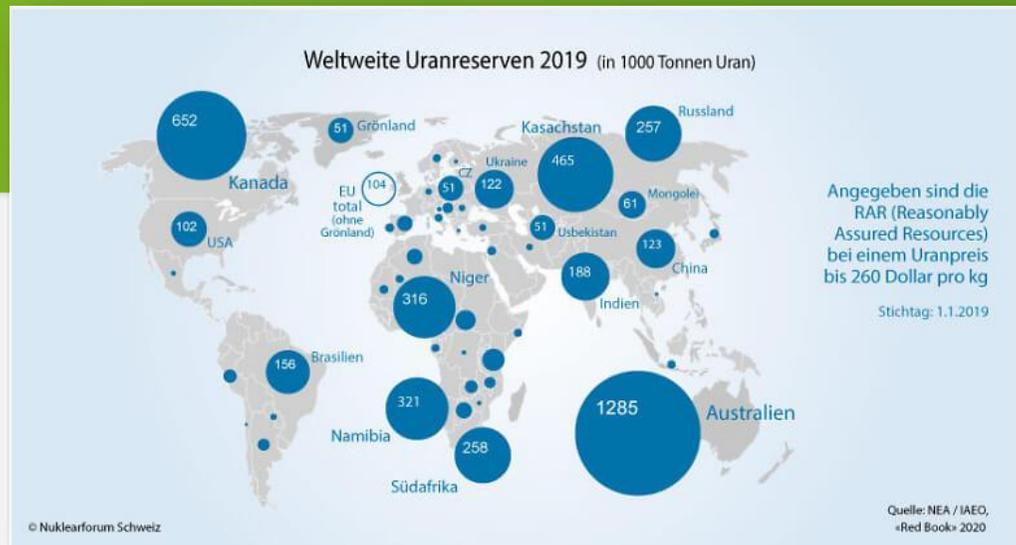
<https://de.wikipedia.org/wiki/Thorium>

<https://www.kernenergie.ch/de/rohstoff-uran-content---1--1085.html>

<https://www.nuklearforum.ch/de/kontext/kernenergie-weiteren-mythen-auf-der-spur/>

<https://www.weltderphysik.de/gebiet/technik/energie/kernenergie/uran-reserven/>

<https://www.energie-lexikon.info/brutreaktor.html>



## Energiedichte und -mengen im Vergleich

Zur Erzeugung von 1 Million Megawattstunden Strom (= 1 TWh) braucht es:



# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## ROHSTOFFE

### • Abbauländer

- Gibt es nicht überall in nötiger Menge und Qualität
- Vorwiegend in Kanada, Australien, Kasachstan, Russland, Niger, Namibia, Usbekistan und den USA

### • Gewinnung

- Tiefbau, Tagebau (90 %)
- Uran als Nebenprodukt (auch bei Seltenen Erden)
- Unkonventionelle Gewinnung (Meerwasser, Kohleasche, ...)

### • Urankonzentration Erzgestein

- Unter 1 % des abgebauten Gesteins (0,1-0,5 %)
- Es müssen daher große Mengen umgegraben werden
- Der Abraum enthält eine Reihe problematischer Stoffe (toxisch, radioaktiv)
- Bei 1 GW Leistung werden ca. 160-175 t U/a benötigt, bei 0,2 % Konzentration damit 80.000 t Gestein/Jahr

### • Natururan

- besteht aus ca. 99,3 U238 und nur zu ca. 0,7 aus U235

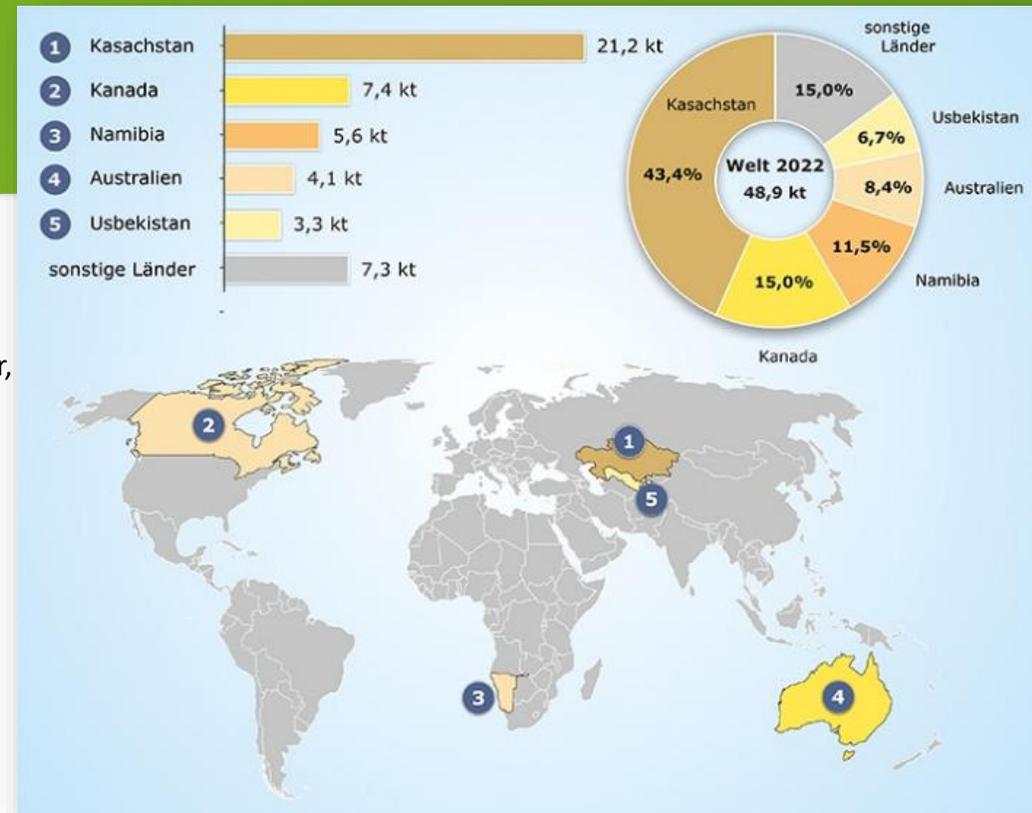
<https://www.energie-lexikon.info/uran.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Uranbergbau>

[https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Bilder/Energiestudie2023/ene\\_uranfoerderlaender\\_2022\\_g.html;jsessionid=97734E334931131526C729BFDE8B6AEC.internet\\_971?nn=1542284](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Bilder/Energiestudie2023/ene_uranfoerderlaender_2022_g.html;jsessionid=97734E334931131526C729BFDE8B6AEC.internet_971?nn=1542284)

<https://www.bund.net/themen/atomkraft/gefahren/uranabbau/#:~:text=Das%20weltweite%20Uranvorkommen%20reicht%20bei,wie%20auch%20Tagebau%20abgebaut%20werden>

<https://umweltinstitut.org/radioaktivitaet/atommuell/>



# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## ROHSTOFFE

### • Anreicherung

- Anteil  $^{235}\text{U}$  wird von 0,7 auf bis zu 5 Prozent erhöht (2-5 %)
- Mehrere, allesamt aufwendige Verfahren
- Meist sehr hohen Energieaufwand nötig (viel graue Energie enthalten, CO<sub>2</sub>-Rucksack)
- Weitem größten Anreicherungs Kapazitäten in den USA, in Russland und Frankreich

### • Wiederaufarbeitung

- Kernbrennstoff enthält Gemisch aus verschiedenen Substanzen (Abbauprodukten)
- Mittels einer Reihe von chemisch/physikalischen Verfahren werden diese getrennt
- Freisetzung radioaktiver Stoffe ist bei Wiederaufarbeitung meist wesentlich höher
- Ein "Brennstoffkreislauf", kann damit aber im Moment nicht erzeugt werden (Brüter nötig)
- Wird betrieben in Anlagen Frankreich, GB, USA, Russland, Japan, Indien

### • Endlagerung

- Bei 1 GW ca. 20 t/a (unterschiedlicher Qualität)
- Anfangs hohe Wärmeentwicklung (aktive Kühlung nötig, Abklingbecken)
- Problem sind vor allem Stoffe mit langer Halbwertszeit ( $^{239}\text{Pu}$  über 24.000 Jahre)
- Eine sichere Lagerung über einen so langen Zeitraum ist spannend
- Dazu fallen bei verschiedenen Verfahren auch radioaktive Stoffe an (Bergbau, Medizin), die auch Entsorgt werden müssen

<https://www.energie-lexikon.info/urananreicherung.html>

<https://www.energie-lexikon.info/uran.html>

<https://www.energie-lexikon.info/wiederaufarbeitung.html>

[https://www.energie-lexikon.info/radioaktiver\\_abfall.html](https://www.energie-lexikon.info/radioaktiver_abfall.html)

<https://www.kernenergie.ch/de/rohstoff-uran-content---1--1085.html>

<https://www.nuklearforum.ch/de/kontext/kernenergie-weiteren-mythen-auf-der-spur/>

## EXKURS SMR

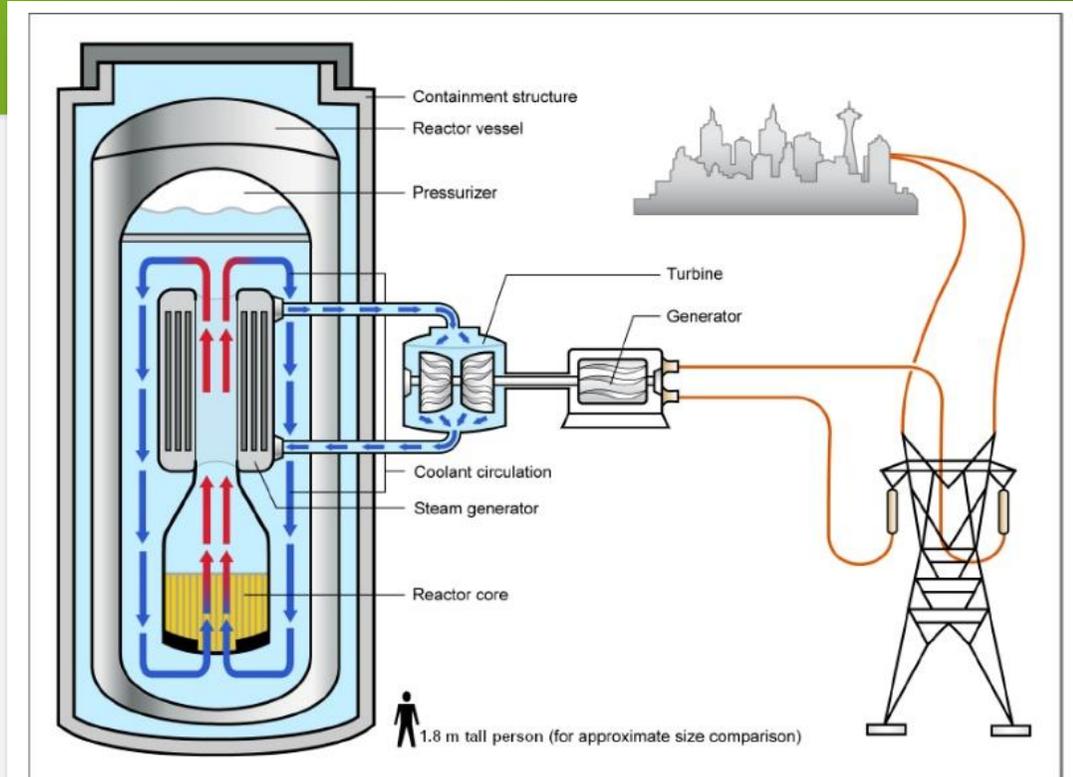
- Idee
  - Small Modular Reactor
  - Kleine AKW in Modularbauweise (dadurch Kosteneinsparung)
  - Ähnlich denen von U-Booten und Flugzeugträgern
  - Leistung bis zu 300 MW
- Funktion
  - Meist wie LWR
  - Bestimmt gibt es noch andere Ansätze
- Vorteile
  - Selbstregulierende Technik ("inhärente Sicherheit,,)
  - Einige Sicherheitsmaßnahmen können entfallen (keine aktive Kühlung, ...) dies senkt Kosten
  - Fertigung kann zentral stattfinden (Skalierung kann Preis senken, Fertighausprinzip)
  - Weniger Brennstofftausch
- Probleme
  - Brennstoffausnutzung sinkt
  - Belastung fürs Konstruktionsmaterial
  - Viele kleine Reaktoren gleicher Bauweise über das Land verstreut
  - Viele Kernbrennstofftransporte
  - Kosten sind unklar (NuScale war 9 Mrd. \$ für 462 MW = 19.500 \$/kW)
  - **Es gibt kein marktreifes Konzept**

[https://de.wikipedia.org/wiki/Small\\_Modular\\_Reactor](https://de.wikipedia.org/wiki/Small_Modular_Reactor)

[https://www.energie-lexikon.info/rp-energie-blog\\_2019\\_12\\_30.html](https://www.energie-lexikon.info/rp-energie-blog_2019_12_30.html)

[https://www.base.bund.de/shareddocs/downloads/de/berichte/kt/gutachten-small-modular-reactors.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.base.bund.de/shareddocs/downloads/de/berichte/kt/gutachten-small-modular-reactors.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

<https://taz.de/Energieunternehmen-steigen-aus/!5973390/>



Source: GAO, based on Department of Energy documentation. | GAO-15-652

## EXKURS THORIUM IN FLÜSSIGSALZREAKTOR

### • Idee

- Nutzen von Thorium ( $^{232}\text{Th}$ ) als Kernbrennstoff
- Nutzung von Flüssigsalz im Reaktor (höhere Sicherheit)

### • Funktion

- Wie ein LWR, nur das flüssiges Salz das Wasser ersetzt
- Es gibt verschiedene Ansätze
- $^{232}\text{Th}$  wird in einem Reaktor zu  $^{233}\text{U}$  umgewandelt (durch Beschuss mit Neutronen)

### • Vorteile

- Kernbrennstoff kommt sehr oft vor (Sehr häufig vorkommendes radioaktives Element in der Erdkruste)
- Selbstregulierende Technik ("inhärente Sicherheit,,)
- Bessere Ausnutzung von Kernbrennstoffen/Abfällen (Transmutation)
- Höherer Wirkungsgrad von ca. 60 %

### • Probleme

- Geschmolzenes Salz ist gerade bei hohen Temperaturen chemisch ziemlich aggressiv
- Die Betriebstemperatur soll in der Gegend von 1.000 °C liegen
- Die Intensität der Strahlung belastet die Konstruktionsmaterialien stark
- Kosten sind unklar
- **Es gibt kein marktreifes Konzept**

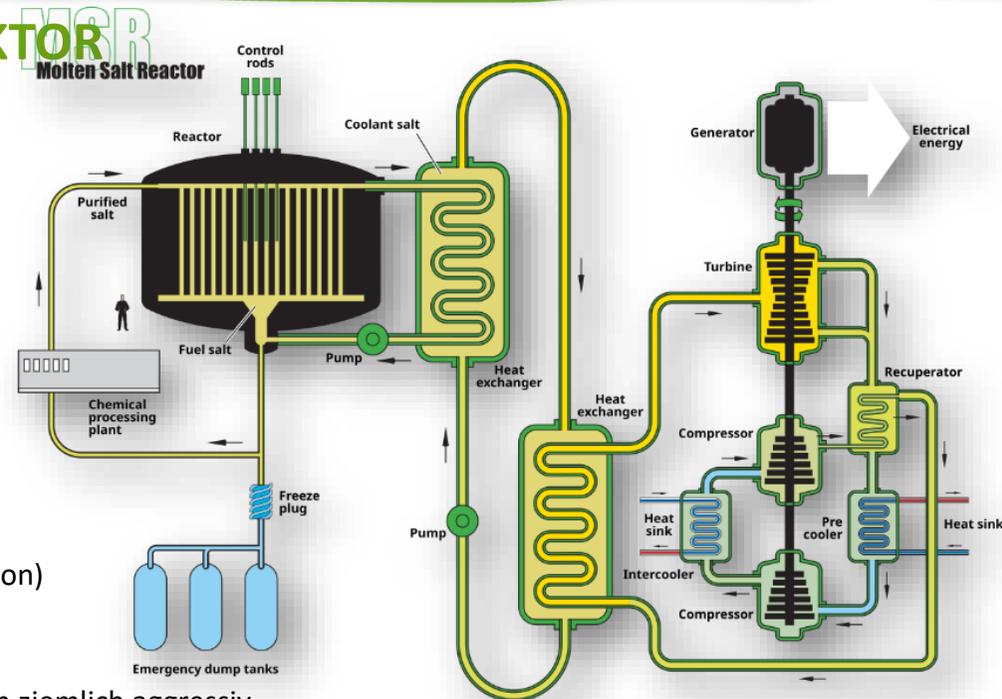
[https://www.energie-lexikon.info/rp-energie-blog\\_2020\\_05\\_04.html](https://www.energie-lexikon.info/rp-energie-blog_2020_05_04.html)

<https://www.studysmarter.de/schule/physik/kernphysik/thorium-reaktor/#:~:text=In%20einem%20Thorium%20Reaktor%20wird,zu%20bilden%2C%20ein%20spaltbares%20Isotop>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Thorium>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Flüssigsalzreaktor>

<https://www.spektrum.de/video/energiende-thorium-brennstoff-fuer-atomkraftwerke-der-zukunft/1677526#:~:text=Thorium%20soll%20in%20einer%20neuen,bis%20zirka%20330%20Grad%20Celsius.>



## EXKURS FUSIONSKRAFTWERKE

### • Idee

- Die Sonne nachahmen und Wasserstoffatome zu Heliumatome „fusionieren“
- Wasserstoffisotope Deuterium ( $2\text{H}$ ) und Tritium ( $3\text{H}$ ) als Brennstoffe
- Sie verschmelzen zu einem Neutron und einem Heliumkern ( $4\text{He}$ )
- Dabei werden hohe Energiemengen frei (1 kg H = 11.000.000 kg Kohle)
- Etwa 20 g Tritium und 13 g Deuterium pro Stunde für 1.000 MW-Kraftwerksleistung

### • Funktion

- Es muss ein Plasma erzeugt werden (heißes Gas)
- Darin lösen sich die Atomverbände
- Auf der Erde müssen dafür 100 Mill. °C erzeugt werden (Sonne 15 Mill. °C wegen höherem Druck)
- Darin kann der Prozess zu einer Kettenreaktion werden

### • Vorteile

- Rohstoffe ausreichend vorhanden (Deuterium aus den Ozeanen, Tritium durch Lithiumisotop  $6\text{Li}$  herstellbar)
- Gefahr eines GAU gering, da bei einer Abschaltung das Plasma sofort abkühlt (Kettenreaktion bricht ab)
- Radioaktiver Abfall besitzt eine wesentlich geringere Halbwertszeit

### • Probleme

- Es gibt kein Material, das diese Temperaturen aushalten kann
- Daher braucht es ein Magnetfeld um das Plasma „einzuschließen“
- Den Prozess technisch zu starten und damit einen kontinuierlichen selbsterhaltenden Prozess zu erhalten
- Kosten sind unklar
- **Es gibt kein marktreifes Konzept**

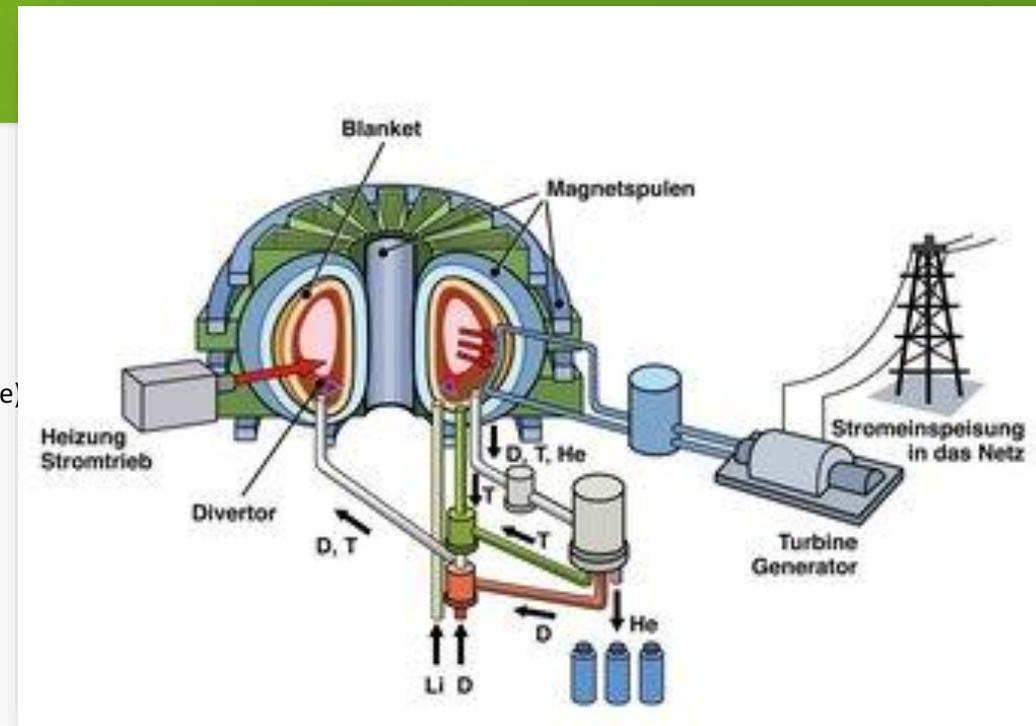
<https://www.ipp.mpg.de/12215/aufbau>

<https://www.klimareporter.de/strom/quaschnig-erklart-fusionskraftwerke>

<https://www.verivox.de/strom/themen/fusionskraftwerk/#:~:text=In%20einem%20Fusionskraftwerk%20dienen%20die,h%C3%B6her%20als%20die%20des%20Ausgangsmaterials>

<https://www.energie-lexikon.info/kernfusion.html?s=ak>

<https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/kernfusion-2002>



# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## SWOT-ANALYSE

- Strengths
  - Weaknesses
  - Opportunities
  - Threats
- Stärken  
Schwächen  
Möglichkeiten  
Risiken/Gefahren
- Die Möglichkeit eines gezielten „Zerlegens“ eines Problems, einer Fragestellung, ... in verschiedene Aspekte
  - Dadurch ein bewusstmachen und darüber Nachdenken
  - Erkennen und/oder offenlegen der aktuellen Situationen, von Sachzwängen, Aufgaben, Möglichkeiten, Risiken, ...

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## SWOT-ANALYSE

### Strengths/Stärken

- Grundlastkraftwerk
  - fast Durchgehend (8.000 Std/a)
  - Abschaltzeiten planbar (Revision, ...)
- Zentrale Versorgung (Netzinfrastuktur)
- Netzstabilisierung (Frequenz)
- Standort einigermaßen frei wählbar (Netzanschluss, Kühlmittel)
- Hohe Leistungen
  - zwischen 400 – 1.500 MW
- Lange Laufzeiten
  - 40-50 Jahre (geplant/nötig)
- Wärmeauskuppung (Abwärme) möglich
- Kaum CO<sub>2</sub>-Ausstoß
  - Vor- und Nachketten (Bau, Abbau Kernbrennstoff, ...)
- Etablierte Technik
- Rohstoff theoretisch überall vorhanden und sehr häufig

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## SWOT-ANALYSE

### Weaknesses/Schwächen

- Rohstoff/Brennstoff muss importiert werden → Abhängigkeiten von Versorger/Rohstoffquellen (z.B. Niger)
- Kühlung nötig (hoher Wasserbedarf, 2022 zu 2019 2,56Mrd. m<sup>3</sup> weniger Verbrauch in Dtl)
- Wirkungsgrad „gering“ (Carnot-Wirkungsgrad)
  - AKW 325 °C 150 Bar 38 %
  - Kohle 600 °C 300 Bar 45 %
  - GuD > 800 °C 130 Bar > 55 %
- Aufwendige Sicherheitsmaßnahmen (Safety and Security)
- Bau langwierig und teuer da kompliziert bis komplex
  - Kosten PVF: ca. 480-520 €/kWp (2023) Kosten AKW: um die 10.000 €/kWp (14.000€/kWp Flamanville)
- Hoher Inspektions- und Wartungsaufwand
- Nicht alle Kosten einpreisbar, da unbekannt (z.B. Endlagerung, ...)
- Nicht versicherbar
  - Schätzungsweise mehrere Mrd. €/Jahr
- Grundlast bedarf/nötig (schlecht Regelbar, Xenonvergiftung)
- Aufwendige, Umweltbelastende Rohstoffgewinnung (Abbau, Aufbereitung, ...)

$$\eta_C = 1 - \frac{T_u}{T_o}$$

<https://www.energie-lexikon.info/uran.html>

<https://www.sonnenseite.com/de/wirtschaft/riesiger-wasserfussabdruck-von-atomenergie/#:~:text=Diese%20Mengen%20sind%20beachtlich%3A%20Pro,dem%20Wasserverbrauch%20aller%20Haushalte%20Deutschlands>;

<https://www.vdi-nachrichten.com/technik/umwelt/wasserverbrauch-in-deutschland-sank-deutlich-durch-akw-abschaltung/>

Carnot-Wirkungsgrad, Carnot-Faktor, Wärmekraftmaschine, Carnot-Zyklus, Carnot-Prozess (energie-lexikon.info); Kühlwasser – warum benötigen Wärmekraftwerke das? |

Energie-Fakten (wordpress.com)

[https://www.sens-energy.com/de/news/8-fakten-ueber-freiflaechen-photovoltaik/#:~:text=Mit%20SENS%20können%20Sie%20Ihren,Kilowatt-Peak%20\(kWp\)](https://www.sens-energy.com/de/news/8-fakten-ueber-freiflaechen-photovoltaik/#:~:text=Mit%20SENS%20können%20Sie%20Ihren,Kilowatt-Peak%20(kWp))

<https://www.fr.de/wirtschaft/warum-die-atomkraft-ein-irrtum-ist-10-000-euro-pro-kilowattstunde-strom-zr-93601428.html>

Kernkraft ist nachhaltig – nachhaltig unversicherbar - DER SPIEGEL Risiko Atomkraft: Die teuerste Haftpflichtpolice der Welt - manager magazin (manager-magazin.de)

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## SWOT-ANALYSE

### Opportunities/Möglichkeiten

- CO2 arm/los daher Unterstützung bei Dekarbonisierung
- Technik noch weiter entwickelbar
  - Thorium-Reaktor
  - Fusionsreaktor
  - SMR
  - ...
- Damit Nutzung anderer Rohstoffe
  - Thorium
  - Deuterium
  - ...
- Verarbeiten von Atommüll und  $^{238}\text{U}$  technisch möglich
  - Transmutation, schnelle Brüter
  - Verlängerung der Reichweite

# ATOMKRAFT, WIE BITTE?

## SWOT-ANALYSE

### Threads/Risiken/Probleme

- Kühlwassermangel (Dürre, hohe Umgebungstemp., ...)
- Probleme mit Versorger (Politisch, ...)
- Abhängigkeit von einem System (Ausfall von großen Lasten)
- Alterung (Altersdurchschnitt der AKW bei 32 Jahren)
- Unfälle (Verkettung von widrigen Umständen)
  - Kosten von ca. 100 – 430 Mrd. €
  - Fukushima Schätzung von 178 - 600 Mrd. € („Nachbereitung“ noch weitere 30 Jahre (bis 2050))
- Die meisten Technologien sind noch lange nicht marktreif
  - Damit sind die genauen Kosten nicht klar (Bau, Stromgestehungskosten, ...)
- Endlagerung bis jetzt nicht geklärt
  - Für X Tausend Jahre
  - Standortwahl kritisch
- Verschmutzung
  - Abraum bei Abbau
  - Strahlung (Kernbrennstoff, Austritt von Gasen, ...)

[https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_von\\_Unfällen\\_in\\_kerntechnischen\\_Anlagen](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Unfällen_in_kerntechnischen_Anlagen)

<https://www.worldnuclearreport.org>

<https://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/versicherer/bei-super-gau-atomkraftwerke-unzureichend-versichert/19714494.html?ticket=ST-6385298-LW0C7mriAp0DwBSLaGvO-cas01.example.org>

"Fünf bis sechs Jahrzehnte": Neue Atomkraftreaktoren noch lange nicht marktreif - n-tv.de; <https://www.energie-lexikon.info/halbwertszeit.html>

<https://www.zdf.de/nachrichten/politik/deutschland/atommuell-asse-zwischenlager-endlager-100.html>

<https://www.wu-wien.at/atomschutz/positionen-und-stellungnahmen/2443-12-jahre-nach->

[fukushima-text-laut%20der%20japanischen%20Regierung%20werden%20Euro%20dangenommen](https://www.wu-wien.at/atomschutz/positionen-und-stellungnahmen/2443-12-jahre-nach-fukushima-text-laut%20der%20japanischen%20Regierung%20werden%20Euro%20dangenommen)

## AUSBLICK ATOMKRAFT

### • Zubau

- 2024 → 6 neue AKW → 4 Stillgelegt → Netto +2 (2023 +/- 0)
- 2024 Zubau Leistung damit 3,9 GW
- Sehr geringe Zahl von Unternehmen (meist Staatsunternehmen z.B. EDF) die AKW bauen

### • Investition/Kosten

- Baukosten der letzten AKWs bei weitem überschritten (GB 21 auf 38 Mrd.€, USA 15 auf 30 Mrd.\$, F 3 auf 19 Mrd. €)
- Bauzeiten 10-15 Jahre (hier gab es bei fast allen westliche Bauprojekten Verzögerungen)
- Stromgestehungskosten: Hinkley Point C 15ct/kWh, Flamanville-3 ca. 13,8ct/kWh

### • Konkurrenz

#### • Photovoltaik

- Zubau PV lag 2024 weltweit bei ca. 592 GW (allein in Feb. 2025 1.500 MW in Dtl)
- Gestehungskosten: ca. 4-14ct/kWh
- Bei fallenden Preisen (ca. 1.200€/kWp Dachanlagen Dtl)
- Bauzeit 0,5 – 3 Jahre

#### • Speichertechnologien

- Batterien (auch BEV), Heizungspufferspeicher, PtX, H<sub>2</sub>, ...
- Fallende Preise

#### • Energiemanagement

- Flexible Strompreise + Smarte Stromzähler (iMSys) + Speichertechnologien (Batterien, BEV, ...)

<https://globalenergymonitor.org/de/report/china-is-building-half-of-the-worlds-new-nuclear-power-despite-inland-plants-pause/>

<https://www.iwr.de/news/atomkraftwerke-weltmarkt-verharrt-auch-2024-in-der-talsole-atomstrom-fuer-ki-anwendungen-zu-teuer-news39007>

<https://www.fr.de/wirtschaft/atomkraft-ja-bitte-oder-besser-nicht-das-steckt-hinter-der-atom-renaissance-93342996.html>

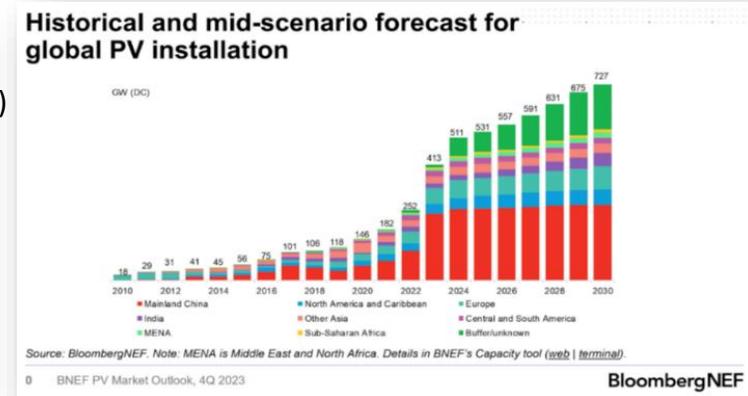
[https://www.focus.de/earth/energie/neuer-atom-boom-in-vollem-gange-frankreichs-milliarden-akw-fiasko-zeigt-wie-falsch-merz-und-weidel-liegen\\_id\\_260644887.html](https://www.focus.de/earth/energie/neuer-atom-boom-in-vollem-gange-frankreichs-milliarden-akw-fiasko-zeigt-wie-falsch-merz-und-weidel-liegen_id_260644887.html)

<https://www.volker-quaschnig.de/datserv/pv-welt/index.php>

<https://gruenes.haus/photovoltaik-preisentwicklung/>

<https://www.pv-magazine.de/2024/10/07/photovoltaik-stromgestehungskosten-liegen-in-deutschland-zwischen-41-und-144-cent-pro-kilowattstunde/>

[www.bund-naturschutz.de/aktuelle-energie-berichte/energie-bericht-2024-des-fraunhofer-ise-zur-energieerzeugung-in-deutschland-2023-2024](https://www.bund-naturschutz.de/aktuelle-energie-berichte/energie-bericht-2024-des-fraunhofer-ise-zur-energieerzeugung-in-deutschland-2023-2024)



## EINSCHÄTZUNG

- Keiner kann sagen, wie der Energiemarkt in 10-15 Jahren aussehen wird (BEV, iMSys, KI, ...)
- Atomkraft geht ins Rennen mit
  - extrem hohe Finanzierungsrisiken und Kosten
  - lange Bauzeiten
  - damit wahrscheinlich hohe Gestehungskosten
  - Relative unflexibel (erzeugt durchgehend)
  - und einige Probleme sind bis jetzt technisch nicht lösbar (Marktreife)
- Die Konkurrenz hat
  - sinkende Preise
  - kurze Bauzeiten
  - technischen Fortschritt (besser werdende Wirkungsgrade)
  - Höhere Flexibilität (stellt bereit wenn es nötig ist)
  - technisch lösbare Probleme (Speicher, ...)
- Sicher sollte weiter geforscht werden, aber die Marktbedingungen werden rau

**DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT**

# Wir schützen Bayerns

# NATUR

*Mit Ihnen!*



JE MEHR MENSCHEN MITGLIED IM BN SIND, DESTO WIRKUNGSVOLLER  
KÖNNEN WIR UNS FÜR NATUR UND UMWELT EINSETZEN.

Gemeinsam stellen wir uns schützend vor die Kleinode und Schätze unserer  
Tier- und Pflanzenwelt, vor bedrohte Lebensräume und Landschaften  
**bayernweit und direkt bei Ihnen vor Ort.** Wir finanzieren unseren Einsatz  
nur mit Hilfe von Mitgliedern und Förderern.  
Auch Sie können helfen. Werden Sie Mitglied.

 [www.bund-naturschutz.de/mitglied](http://www.bund-naturschutz.de/mitglied)



**In Bayern aktiv**  
*für Mensch und Natur*

**BUND Naturschutz in Bayern e.V.**  
Dr.-Johann-Maier-Str. 4  
93049 Regensburg  
Tel. 0941/29720-0  
Fax 0941/29720-30  
info@bund-naturschutz.de  
www.bund-naturschutz.de