

Kernkraft alternativ

emissionfrei, bezahlbar, ohne die Gefahr einer Kernschmelze,
ohne Endlager und Stromtrassen



von Eduard Meßmer, Februar 2024

[vgl. Telegram-Nachricht: <https://t.me/solidarnosch/17566>]

Wenn in Deutschland über Kernenergie gesprochen wird, dann fast ausschließlich über die „alten“ Kernkraftwerke (Leichtwasserreaktoren) mit ihren Brennelementen, verbunden mit den exorbitanten Problemen mit hochradioaktiven Atommüll, Endlager und Katastrophenszenarien wie Tschernobyl oder Fukushima. Die politische Debatte ist fixiert auf den Gegensatz „alte Atomkraftwerke“ versus „Erneuerbare Energien“ (Wind, Sonne). Dabei bleiben die innovativen Reaktortypen der 4. Generation außen vor. Eine Technologie innerhalb der neuen Reaktortypen wird systematisch ausgeblendet – obwohl sie hierzulande vor 20 Jahren entwickelt wurde der **Kugelbettreaktor**, eine bahnbrechende Jülicher Entwicklung, die schon längst in China kommerziell läuft und in den USA, Südafrika und anderen Ländern massiv gefördert wird. Während Wind- und Solaranlagen gigantische Flächen beanspruchen, Kulturlandschaften zerstören und enorme Kosten verursachen, kann die Einführung von Reaktoren mit der Kugelbetttechnologie das weltweite Energieproblem in jeder Hinsicht lösen: bezahlbarer, umweltfreundlicher und sicherer Strom in Fülle.

Ein Reaktortyp der sechs Klassen von Kernreaktoren in der [Initiative der Generation IV](#) ist der Reaktortyp **TRISO-Hochtemperaturreaktor** (VHTR ¹) mit Tri-Isotrop Kernelementen ², ein sogenannter Kugelhaufenreaktor (PBR), seit Dezember 2023 in China kommerziell in Betrieb, und dort ein zweiter PBR-Reaktor im Bau. Hochtemperaturreaktor Dieser Reaktortyp kompensiert die Nachteile der bisher in Betrieb befindlichen Reaktortypen der dritten Generation kompensiert, denn es sind weder Störfälle wie in Tschernobyl oder Fukushima möglich, noch benötigt dieser Reaktortyp ein Endlager.

Der Kugelhaufenreaktor besteht aus dem Design eines graphitmoderierten, gasgekühlten Kernreaktors. Mit der Kugelhaufen/Kugelbett-Brennstofftechnologie werden winzige Uran- oder Thorium-Körnchen in widerstandsfähige Graphitkugeln eingebettet. Diese Brennelemente sind so konstruiert, dass selbst bei extremen Störfällen keine Kernschmelze möglich ist. Der Reaktor arbeitet gasgekühlt bei sehr hohen Temperaturen, was nicht nur Stromproduktion, sondern auch industrielle Wärmenutzung erlaubt.

¹ Evans D. Kitcher (26. August 2020). "Ein Whitepaper: Dispositionsoptionen für einen gasgekühlten Hochtemperaturreaktor" (PDF). Nationales Laboratorium von Idaho. Der gasgekühlte Hochtemperaturreaktor (HTGR) ist ein mit Uran befeuert, graphitmoderiertes, gasgekühltes Kernreaktor-Konzept, das in der Lage ist, sehr hohe Kernaustrittstemperaturen zu erzeugen: https://en.wikipedia.org/wiki/High-temperature_gas-cooled_reactor

² Zu Hochtemperatur Reaktortypen (HTR): <https://de.wikipedia.org/wiki/Hochtemperaturreaktor>
Nachrichten aus der Kerntechnik- Fakten verständlich erklärt: <https://nukeklaus.net/triso/>

Generation	Zeitraum / Status	Typische Technologien	Merkmale	Hauptprobleme / Grenzen
Gen I	ca. 1950–1970, heute stillgelegt	Erste Prototypen (z. B. Calder Hall, Shippingport)	<ul style="list-style-type: none"> • Uran als Brennstoff • Niedriger Wirkungsgrad • Geringe Sicherheitsstandards 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftlich und sicherheitstechnisch nicht konkurrenzfähig
Gen II	ab ca. 1970, viele noch in Betrieb	Druckwasserreaktor (PWR), Siedewasserreaktor (BWR), Schwerwasserreaktor (CANDU), RBMK	<ul style="list-style-type: none"> • Standardisierung für Stromproduktion • Erhöhte Sicherheit • Lebensdauer ca. 40 Jahre 	<ul style="list-style-type: none"> • Risiko bei schweren Unfällen (Tschernobyl, Fukushima) • Abfallproblematik bleibt
Gen III / III+	ab ca. 1990–2010, Neubauten in Betrieb	Weiterentwickelte PWR/BWR (EPR, AP1000, ABWR, VVER-1200)	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte Sicherheitssysteme (passiv) • Höhere Effizienz • Lebensdauer bis 60 Jahre • Lastfolgebetrieb möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr teuer im Bau • Abfallmengen bleiben • Politisch umstritten
Gen IV	<ul style="list-style-type: none"> • Kugelbett- bzw. Kugehaufenreaktoren (VHTR/PBR) im AVR in Jülich / Deutschland vor 20 Jahren entwickelt; in China seit 2023 kommerziell im Dauerbetrieb! • Die Mehrzahl der Reaktortypen der IV. Generation (Dual-Fluid-, Flüssigsalzreaktoren wie auch Kernfusion) befinden sich noch in Entwicklung; Erwartete Marktreife ab ca. 2035–2045 	6 Hauptlinien: GFR, SFR, LFR, SCWR, VHTR, MSR (+ Dual-Fluid)	<ul style="list-style-type: none"> • Emissionfrei • inhärente Sicherheit Störfallsicher; <ul style="list-style-type: none"> • modulare Bauweise (SMR-Reaktoren) Dezentral einsetzbar d.h. keine überregionalen Stromtrassen erforderlich <ul style="list-style-type: none"> • Bezahlbar; Betriebe bleiben wettbewerbsfähig • Brennstoff 50–100× effizienter nutzbar • Plutonium & Aktinide verwertbar • Industrielle Wärme & H₂-Produktion möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Mit Ausnahme Kugelbettreaktor: <ul style="list-style-type: none"> • Noch nicht kommerziell • Hoher Forschungsaufwand • Material- und Korrosionsprobleme

Vorteile gegenüber klassischen Atomkraftwerken^{3 4}

- Keine Gefahr einer Kernschmelze durch inhärente Sicherheit der Brennelemente.
- Kein Endlager nötig – Reststoffe klingen nach 300 Jahrhunderten auf ein umweltverträgliches Niveau ab.
- Dezentrale Nutzung möglich – ideal für Industriecluster, ohne Übertragungsleitungen/Stromtrassen quer durch das ganze Land.
- Hoher Wirkungsgrad (Effizienz) durch nutzbare Hochtemperaturwärme.

Bereits 2021 wurde in China das weltweit erste Kernkraftwerk auf der Basis von Tri-Isotopic (TRISO)-Kernbrennelementen gebaut und nun im Dez. 2023 auch kommerziell in Betrieb genommen⁵. Es handelt sich um einen mit Hochtemperatur gasgekühlten Reaktortyp (HTGR) im Kernkraftwerk "Huaneng Shidao Bay" in Rongcheng in der Provinz Shandong. Aus wirtschaftlicher Sicht ist der HTGR ein überlegener Kernreaktor, da es aufgrund seiner inhärenten Sicherheit zusätzliche Anlagen reduzieren und aufgrund der hohen Temperaturwärme einen hohen Wärmer Wirkungsgrad erzielen kann. Dieser Hochtemperatur-Reaktortyp ist in Jülich entwickelt worden, diese Technologie in USA und anderen Ländern im Aufbau^{6 7 8}. Das US-amerikanische Energieministerium wurde gesetzlich verpflichtet, einen modernen Forschungsreaktor zu errichten, den *Versatile Test Reactor* (VTR). Außerdem soll das DOE bis 2025 mindestens zwei fortschrittliche Reaktoren erproben und bis 2035 zwei bis fünf weitere. In Deutschland wurde bereits in den späten 1950er Jahren an sogenannten Kugelhaufenreaktoren gearbeitet. Der Konzern „Asea Brown Boveri (ABB) und Siemens Interatom⁹ entwickelten modulare Konzepte, etwa den HTR-Modul mit 200 MWth auf der Basis einer Entwicklung aus dem Versuchskernkraftwerk Jülich (AVR Jülich¹⁰). Diese Entwicklungen wurden nach dem Scheitern des Prototyps Thorium-Hochtemperaturreaktors (THTR¹¹) Ende der 1980er Jahre weitgehend beendet. Probleme und die Stilllegung des THTR-300 führten zum weitgehenden Ende der Kugelhaufenreaktorentwicklung in Deutschland¹².

³ Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Energieversorgung (BASE), https://www.base.bund.de/de/nukleare-sicherheit/kerntechnik/alternative-reaktorkonzepte/alternative-reaktorkonzepte_inhalt.html (Aufruf: 23.05.2024)

⁴ CH Regionalmedien AG, Reaktoren der 4. Generation, Kernfusion – das könnte die Zukunft der Atomenergie sein, <https://www.watson.ch/wissen/forschung/974564720-reaktoren-der-4-generation-kernfusion-die-zukunft-der-atomenergie> (Aufruf: 23.05.2024)

⁵ World Nuclear News (2023), China's demonstration HTR-PM enters commercial operation, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Chinese-HTR-PM-Demo-begins-commercial-operation>

⁶ World Nuclear News (2021), Nuclear Fuel and its Fabrication, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/fuel-fabrication>

⁷ Idaho National Laboratory (INL), Next generation nuclear -fuels withstands high-temperature accident conditions (Memento vom 14. Juli 2015 im [Internet Archive](https://web.archive.org/web/20150714152201/https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt?open=514&objID=1555&mode=2&featurestory=DA_612467), 25.09.2013), https://web.archive.org/web/20150714152201/https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt?open=514&objID=1555&mode=2&featurestory=DA_612467https://de.wikipedia.org/wiki/Idaho_National_Laboratory

⁸ Nuklearforum Schweiz (2022), USA: erster Spatenstich für die Triso-X Fuel Fabrication Facility, <https://www.nuklearforum.ch/de/news/usa-erster-spatenstich-fuer-die-triso-x-fuel-fabrication-facility/>

⁹ Die Siemens AG ist an der Interatom GmbH einem Unternehmen des Kernreaktorbaus mit Sitz im heutigen TechnologiePark Bergisch Gladbach zu 60 Prozent beteiligt: <https://de.wikipedia.org/wiki/Interatom>

¹⁰ Zum AVR Jülich: [https://de.wikipedia.org/wiki/AVR_\(J%C3%BClich\)](https://de.wikipedia.org/wiki/AVR_(J%C3%BClich))

¹¹ Zu dem Kernkraftwerk-Prototyp „THTR-300“: https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk_THTR-300

¹² Zu Gründen und Auswirkungen der vorzeitigen Stilllegung auf die HTR-Entwicklung in Deutschland: https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk_THTR-300#Auswirkungen_der_vorzeitigen_Stilllegung_auf_die_HTR-Entwicklung

Fossile Atommeiler in Deutschland haben rund 250 TWh Strom geliefert¹³. Dip. Ing. *Jochen K. Michels* aus Neuss (Unternehmensberatung) schlägt vor, an existierenden Kraftwerkstandorten mit fossilen Energieträgern in Deutschland sukzessive modulare, Minireaktoren¹⁴ (Small Modular Reactors - SMR) mit TRISO-Technologie zu errichten, insgesamt 950 Module, u.a. in Gruppen bis zu 10 seriengefertigten Modulen, á 100 MW Leistung. Die fossilen Kraftwerke könnten bei 7.000 Stunden rund 490 TWh liefern, sind also gerade zur Hälfte ausgelastet, weil die Öko-Energien Vorrang haben. Dazu kommen noch 267 TWh aus „Erneuerbaren“, zusammen also 517 TWh.

Die Investitionskosten lägen bei ca. 285 Mio. Euro pro Minireaktor. Der Strompreis wird so ab Kraftwerk auf ca. 6 Cent/kWh kalkuliert¹⁵. Erheblich mehr betragen die Kosten für Windindustrie- und PV-Anlagen, Tendenz steigend. Die Kosten für die deutsche Energiewende werden u.a. in einer Höhe von 1,9 Billionen Euro eingeschätzt.

Insgesamt könnten so 80 000 MW Leistung bei 8.000 Laufstunden im Jahr 640 Mio. MWh erzeugt werden. Das sind 640 TWh und entspricht unserem heutigen Stromverbrauch plus einem gewissen

Wachstum. Das Einzige was fehlt, ist eine Ideologie- und Denkwende der derzeitigen innovationsfeindlichen und umweltschädlichen Energiepolitik.

Berechnungen zeigen: Mit modularen Kugelbettreaktoren ließe sich der deutsche Strombedarf nicht nur decken, sondern sogar Wachstumsspielraum schaffen – zu Stromgestehungskosten von rund 6 Cent pro Kilowattstunde, deutlich unter den Kosten heutiger „Erneuerbarer“.

Jochen K. Michels, Dipl.-Ing., Wi.-Ing., hat sich als freier Autor mit allen Aspekten dieser speziellen Technik zur Nutzung der Kernenergie vertraut gemacht.

Auf der HT24 in Peking konnte er die Wirtschaftlichkeit darlegen.

Auf www.gaufrei.de verfolgt er die Fortschritte beim Umsetzen dieser Lösung.

Quelle: <https://www.imhof-verlag.de/energiewende-nun-aber-richtig>



¹³ FAZ, 19.12.23.

¹⁴ Nuklearia (2021), Mikroreaktoren – Stromversorgung für kleine Netze, <https://nuklearia.de/2021/04/25/mikroreaktoren-stromversorgung-fuer-kleine-netze/>

¹⁵ Quelle Berechnung, <https://www.gaufrei.de/> → siehe Excel-Tabelle: gelbe Kachel rechts / Tec-Wirtschaft

FAZIT

Mit verschiedenen Reaktortypen der 4. Generation **16** (GEN IV) ist alternativ eine Energiewende ohne fossile Energieträger und ohne gesundheits- und landschafts-zerstörende Windindustrieanlagen denkbar. Flüssigsalz- und Dual-Fluid-Reaktoren gehen in absehbarer Zeit in den Probebetrieb, sind jedoch auf absehbare Zeit noch nicht einsetzbar.

Was in China läuft und funktioniert, bald auch in USA und Südafrika, sollte auch bei uns möglich sein, zumal die sichere, emissionsfreie und bezahlbare Energie (Strom) aus der neuen Hochtemperatur-Reaktoren in Deutschland entwickelt wurde. Bei der Stromerzeugung mit Energieträgern wie Wind und Sonne handelt es sich um Technologien von vorgestern. Die Zerstörung von Kulturlandschaften und Landschaftsverbrauch mit Windindustrie- und Photovoltaikanlagen ist überflüssig.