



Visualisierung eines atomgetriebenen Superfrachters: Kommt der nukleare Antrieb nun in der kommerziellen Seefahrt?

Greentech-Serie

Fahren Handelsschiffe künftig mit Atomantrieb?

Bis spätestens 2050 soll die weltweite Seefahrt klimaneutral sein. Dies könnte zu einer Rückkehr des Atomtriebs führen. Die Technik steht bereit. Aber wichtige Fragen sind ungeklärt.

Christoph Schlautmann Düsseldorf

Sie galten jahrzehntelang als exotische Fußnote der Technikgeschichte: nuklearbetriebene Handelsschiffe. Die in den 1960er-Jahren vom Stapel gelaufrne US-amerikanische „Savannah“, der deutsche Erzfrachter „Otto Hahn“ und die japanische „Mutsu“ erwiesen sich zwar als faszinierend, aber letztlich zu teuer. Damals sollten sie beweisen, dass Atomtriebe im Handelsverkehr technisch beherrschbar sind. Das gelang – doch wirtschaftlich waren die Projekte ein Desaster.

Öffentlicher Druck zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes, schwankende Energiepreise und neue Generationen kompakter Reaktoren führen dazu, dass Experten die einst verworfene Option plötzlich wieder ernsthaft diskutieren. Vergangenen Donnerstag rief die US-Regierung eine formelle Initiative ins Leben, um kleine modulare Reaktoren (SMRs) für die Handelsschifffahrt zu entwickeln.

Präsident Donald Trump wies die Maritime Administration (MARAD) an, bei der Industrie und Forschern Erkundigungen einzuziehen, wie der Nuklearantrieb in großem Maßstab in den amerikanischen Flotten eingesetzt werden könnte.

Ein aktueller Fachbericht der Zertifizierungs- und Prüforganisation DNV zeigt, wie sich die Rahmenbedingungen verschoben haben – und weshalb eine maritime Renaissance der Kernkraft realistischer erscheint als je zuvor. „Die Kernenergie hat das Potenzial, eine Rolle bei der Energiewende im Seeverkehr

zu spielen“, sagt Knut Ørbeck-Nilssen, CEO für den maritimen Bereich bei DNV. Rolf Habben Jansen, Vorstandschef der Hamburger Reederei Hapag-Lloyd, plädierte auf der Hamburger Seefahrtsmesse SMM ebenfalls dafür, Atomkraft als Antriebstechnologie nicht vorschnell auszuschließen.

Mitte März gab der griechische Regierungschef Kyriakos Mitsotakis auf dem Atomenergiegipfel in Paris bekannt, dass Griechenland in der Diskussion um atomgetriebene Handelsschiffe eine führende Rolle einnehmen wolle. Die Reedereien des Landes stellen die größte Handelsflotte innerhalb der EU.

Die internationale Schifffahrt steht vor einem gewaltigen Umbruch. Rund 90 Prozent des globalen Warenverkehrs erfolgen über See. Dabei produziert die Branche fast drei Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen.

Entsprechend wächst der Druck auf die Reedereien. Spätestens bis 2050, so hat die UN-nahe Internationale Maritime Organization (IMO) beschlossen, soll die Seefahrt klimaneutral sein. Alternativen zum Schiffsdiesel werden dringend gesucht. Die bislang erprobten Energieträger Wasserstoff, Ammoniak oder synthetische grüne Kraftstoffe (E-Fuels) stoßen jedoch an Grenzen. Die Herstellung ist teuer, die Verfügbarkeit begrenzt. Damit kommt die Kernenergie ins Spiel.

Ihr Vorteil: Ein nuklearer Schiffsantrieb benötigt keine fossilen Brennstoffe, verursacht keine Treibhausgase und verspricht planbare, über Jahre stabile Energiepreise. Im Gespräch sind deshalb sogenannte Small Modular Reactors (SMRs), Mini-Atomkraftwerke,

wie sie derzeit auch EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen, Frankreichs Präsident Emmanuel Macron oder Bayerns Ministerpräsident Markus Söder als potenzielle neue Energiequellen propagieren.

Kein Vergleich zu früher

Mit zurückliegenden kommerziellen Projekten wie der „Otto Hahn“ sind sie kaum noch vergleichbar. Frachter wie diese wurden in den 60er-Jahren mit Druckwasserreaktoren (PWR) betrieben, die umfangreiche Überwachungs- und Sicherheitssysteme erforderten. Damit aber benötigten sie eine große, hochqualifizierte Besatzung, was die Betriebskosten erhöhte und Reedereien vor wirtschaftliche Herausforderungen stellte.

Hinzu kam, dass die Frachter nur wenige Häfen anlaufen durften. Gleichzeitig waren konventionelle Brennstoffe billig, CO₂-Emissionen kein Thema. Ein nuklearer Antrieb konnte da nicht mithalten. Nennenswerte zivile Anwendungen gab es am Ende nur noch in Russland. Die russische Eisbrecherflotte und das schwimmende Kernkraftwerk „Akademik Lomonosov“ nutzen bis heute druckwassergekühlte Reaktoren.

Ansonsten dominierte bei Nuklearantrieben weltweit die militärische Nutzung – in U-Booten und Flugzeugträgern. Deren Technik jedoch eignet sich kaum als Energiequelle für die kommerzielle Schifffahrt.

Im militärischen Sektor verwenden enorm kompakte Reaktoren radioaktives Uran mit einer extrem hohen Anreicherung von bis zu 90 Prozent –

atomwaffenfähiges Material. Für zivile Anwendungen, bei denen derzeit Anreicherungen von unter 20 Prozent erprobt werden, wäre eine solche Nutzung sicherheitspolitisch ausgeschlossen. Schließlich käme sie einer unerlaubten Verbreitung von Kriegswaffen gleich.

Doch die fehlende Übertragbarkeit der Technik hindert die zivile Seefahrt aktuell nicht daran, eigene Entwicklungen für den nuklearen Schiffsantrieb voranzutreiben. So arbeitet das norwegische Projekt Nuclear Propulsion in Shipping (NuProShip) nach Angaben des Anlagenbauers ABB an einem kommerziell tragfähigen Null-Emissions-Antrieb für Hochseeschiffe, dessen Schwerpunkt auf Reaktoren mit einer Leistung zwischen fünf und 15 Megawatt liegt.

Solche Minikraftwerke würden ausreichen, Tanker oder große Frachter auf See zu betreiben. Laut einer Studie des norwegischen Green Shipping Program könnte bereits 2035 das erste kommerzielle Schiff mit einem kleinen modularen Reaktor in Betrieb gehen.

Auch in Südkorea erhielt der Entwurf eines Containerschiffs mit 15.000 Standardcontainern (TEU) für die Reederei Hyundai die erste Zulassung („Approval in Principle“) für einen SMR-Antrieb vom American Bureau of Shipping (ABS). In Großbritannien werde an regulatorischen Rahmenbedingungen für einen Rolls-Royce-SMR gearbeitet, heißt es bei ABB, Italien diskutiere sogar über den Einsatz von Kompaktreaktoren auf Superjachten.

Gerade für große Schiffstypen wie Containerfrachter, Tanker oder Kreuz-

“
Die Kernenergie hat das Potenzial, eine Rolle bei der Energiewende im Seeverkehr zu spielen.

Knut Ørbeck-Nilssen
CEO für den maritimen Bereich bei DNV

Deutschlands erster
atomgetriebener Frachter:
Wirtschaftlich war das
Projekt ein Desaster.



fahrtsschiffe könnten nukleare Minireaktoren attraktiv sein. Für die kommerzielle Seefahrt ist Treibstoff einer der größten Kostenfaktoren – mit einem Anteil von 30 Prozent. Bei einem Reaktor entfielen er fast vollständig.

Ökonomisch ist das Potenzial groß: Der Studie „Advanced Nuclear in Maritime“ zufolge, veröffentlicht von den norwegischen Instituten OSM Thome und Evigo, könnten sich Schiffe mit Minireaktoren schon nach zehn bis 15 Jahren amortisieren. Nukleare Antriebe seien zwar kapitalintensiv, könnten jedoch langfristig stabile und niedrige Energiekosten bieten – ein Vorteil gegenüber fossilen und alternativen Kraftstoffen, deren Preise aktuell sogar noch steigen.

Dabei hängt alles davon ab, ob Reaktorsysteme in Serie billig genug gebaut werden können. Bislang erweist sich die Kostenspreizung bei großen SMR-Landreaktoren als gewaltig: Während Südkorea unter 3000 Dollar pro Kilowatt Leistung verlangt, liegen Frankreich, Großbritannien oder die USA teils bei über 14.000 Dollar.

Für die Schifffahrt ergibt sich laut DNV ein klares Bild:

Bei unter 18.000 Dollar pro Kilowatt wäre ein nuklearer Antrieb im Szenario strenger Klimapolitik konkurrenzfähig, unter 8000 Dollar bei weniger strengen Auflagen wirtschaftlich attraktiv. „Bei 2000 bis 3000 Dollar je Kilowatt – also auf südkoreanischem Niveau – würde die Technologie massentauglich“, heißt es in der DNV-Studie.

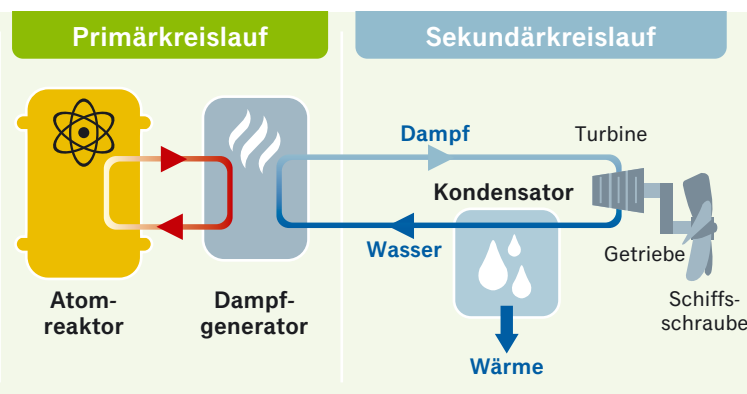
Verharrt der Preis bei 8000 Dollar, schätzt der Schiffsklassifizierer DNV, könnten nukleare Antriebe 2050 zehn bis 20 Prozent des Energiebedarfs der Weltflotte decken. Schließlich besitzen Nuklearantriebe einen weiteren Vorteil: Sie ermöglichen höhere Reisegeschwindigkeiten, ohne dass die Betriebskosten dann wie beim Schiffsdiesel enorm steigen. In Zeiten knapper Lieferketten und hoher Frachtraten könnte dies zu einem bedeutenden Wettbewerbsvorteil werden.

Dass die Diskussion heute abseits von Science-Fiction-Fantasien geführt wird, liegt auch an technologischen Fortschritten. Unternehmen wie Corepower, BWXT, Newcleo, Seaborg, Kai-

Nuklearer Schiffsantrieb

Schema eines
mit Kernenergie
angetriebenen
Schiffes

HANDELSBLATT
Quelle: DNV 2025



ros, Westinghouse oder Jiangnan Shipyard arbeiten an Reaktoren, die wesentlich besser zu den Anforderungen der Schifffahrt passen als Druckwasserreaktoren.

Kontrollierte Kernspaltung

Grundsätzlich erzeugen die Minireaktoren an Bord Wärme durch kontrollierte Kernspaltung, die über einen geschlossenen Kreislauf in elektrische Energie umgewandelt wird. Die Wärme treibt eine Turbine oder einen thermoelektrischen Generator an, der Strom erzeugt.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Reaktoren benötigen die SMR laut ABB jedoch keine ständige Brennstoffzufuhr und erzeugen weniger Abfall. Moderne Reaktortypen wie Hochtemperatur-, Flüssigmetall- oder Salzschnmelzreaktoren arbeiteten zudem mit passiven Sicherheitssystemen. Im Fall einer Panne sei kein menschliches Eingreifen nötig, um sie stabil zu halten. So nutzen Minireaktoren passive Kühlsysteme, die ohne externe Stromversorgung funktionieren. Statt Pumpen und Ventile übernehmen Schwerkraft und Wärmeleitung den Kühlkreislauf. Bei steigender Temperatur beginnt das Kühlmittel von selbst zu zirkulieren, gibt Wärme an Wärmetauscher ab und sorgt so für eine selbstregulierende Kühlung.

„Dadurch bleibt der Reaktor auch bei Stromausfall stabil“, beschreibt ABB den Unterschied zu früheren Reaktorvarianten. „Eine Kernschmelze wie in klassischen Anlagen ist physikalisch nahezu ausgeschlossen.“ Hinzu komme die kompakte Größe, die im Ernstfall

nur zu einem Bruchteil an Radioaktivität führen würde, wie sie bei havarierten Reaktoren in Tschernobyl oder Fukushima austrat.

Diese modularen Mini-Reaktoren lassen sich ab Werk vorgefertigt in Schiffe integrieren. Gleichzeitig ermöglichen lange Brennstoffzyklen, dass sie erst nach fünf bis zehn Jahren neu befüllt werden müssen – idealerweise dann, wenn die Frachter ohnehin zur Überholung ins Dock müssen.

Allerdings stellt die lange Nutzungsdauer der Reaktoren, die oft so viel kosten wie bislang ein gesamtes Schiff, auch ein Problem dar. Während Seeschiffe kaum länger als 25 Jahre in Betrieb sind, halten Kernreaktoren fast doppelt so lange. Hinzu kommt, dass auf Charterreedereien weitaus höhere Investitionskosten zukämen, die Ersparnis jedoch bei den Schiffsbetreibern eingefahren würde.

Pauline Leroi von der Denkfabrik Future Cleantech Architects (FCA) plädiert daher für ein Leasingmodell. „Ein Drittanbieter würde den Reaktor besitzen und betreiben, während der Reeder geringere Vorabkosten und eine jährliche Gebühr für Betrieb, Brennstoff und Entsorgung zahlt“, schlägt sie vor. Die Stilllegung von Kernreaktoren und die anschließende Entsorgung radioaktiver Materialien sollten ihrer Ansicht nach in der Verantwortung des Reaktorbetreibers und nicht des Reeders liegen. Zudem müsse der Antrieb in ein anderes Schiff eingebaut werden können, um die Nutzungsdauer zu maximieren.

Allerdings ist es mit der Antriebstechnik nicht getan. Entscheidend sei der Brennstoffkreislauf vom Uranabbau

und der Anreicherung bis zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, macht DNV in seinem Bericht deutlich. Die maritime Nuklearwirtschaft könne nur funktionieren, wenn sie eigene Logistikketten aufbaue.

Hier aber verweist das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) auf riskante Lücken. „Bei SMR gibt es eine ganze Reihe an ungeklärten Sicherheitsfragen“, sagt Behördenchef Christian Kühn. So erzeugten die Anlagen hochradioaktive Abfälle, die Endlager benötigen.

Experten der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) empfehlen erdbebensichere Lagerstätten ab 300 Metern unter der Erde – ausgestattet mit speziellen Gesteinsschichten. „Viele SMR produzieren neuartige radioaktive Abfälle, für die es heute keine Entsorgungslösung gibt“, gibt Kühn außerdem zu bedenken.

Als geopolitische Hürde nennt DNV zudem, dass aktuell russische Unternehmen wesentliche Teile der globalen Anreicherungs- und Brennstoffproduktion dominieren. Den Aufbau alternativer Kapazitäten – insbesondere für höherangereichertes Uran unterhalb der 20-Prozent-Schwelle – wertet die Gesellschaft als enorme Herausforderung. Zudem müssten Häfen, Werften und Zwischenlager für den Umgang mit dem atomaren Treibstoff zugelassen werden.

Unterschiedliche Rechtsregime

Technologisch scheint vieles lösbar – regulatorisch hingegen sieht es noch anders aus. Ein nuklearer Motor an Bord eines fahrenden Schiffes fällt unter zwei völlig unterschiedliche Rechtsregime: Einerseits gibt es das internationale Seerecht, das die UN-nahen Organisationen IMO, Solas und Marpol überwachen, andererseits das Nuklearrecht mit der Internationalen Atombehörde IAEA und den Atombehörden der Seefahrtsländer.

Bisher aber fehlt ein harmonisiertes Regelwerk, das beide Welten verbindet. Die wenigen Normen – etwa der „Code of Safety for Nuclear Merchant Ships“ von 1981 – sind veraltet und auf klassische Druckwasserreaktoren zugeschnitten.

So bleibt bislang unklar, wer Lizenzinhaber eines Reaktors werden soll – der Reeder, der Hersteller oder ein externer Betreiber? Wie werden Sicherheit, Überwachung und Notfallvorsorge international koordiniert? Welche Häfen akzeptieren nukleare Handelsschiffe – und zu welchen Bedingungen? Wie lässt sich sicherstellen, dass kein Material Kriegswaffen-Kontrollgesetzen unterliegt? Schon jetzt warnt die Prüforganisation DNV, dass ein vollständiger Zulassungsprozess zehn bis 20 Jahre dauern könnte.

„Robuste regulatorische Rahmenbedingungen und verlässliche Lieferketten sind für das Vertrauen der Investoren und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit unerlässlich“, sagt Ole Christen Reistad, leitender Wissenschaftler bei DNV. Der Seefahrtsexperte weiß: Atomkraft polarisiert – insbesondere, wenn sie mobil ist.

Serie „Diese grünen Ideen könnten die Welt verändern“: Von Wellenkraftwerken, CO₂-freiem Zement und Solaranlagen im Weltraum bis zu energiespendenden Algenarten – überall gibt es Ideen mit dem Potenzial, die Welt zu verändern. Nur wenige schaffen den Durchbruch. Wir stellen einige der interessantesten Innovationen vor. Wissenschaftlich begleitet wird die Serie von dem unabhängigen Thinktank Future Cleantech Architects.



Greentech

Serie
„Diese grünen
Ideen könnten die
Welt verändern“
Von Wellenkraftwerken, CO₂-freiem Zement und Solaranlagen im Weltraum bis zu energiespendenden Algenarten: Wir stellen einige der interessantesten Innovationen vor. Wissenschaftlich begleitet wird die Serie von dem unabhängigen Thinktank Future Cleantech Architects.