

Neuartige Thoriumatomreaktoren und deren Risiken

03.08.2018 / Thomas Partmann

Mitglied im „Karlsruher Bündnis gegen neue Generationen von Atomkraftwerken“

Deutschland ist aus der Atomwirtschaft ausgestiegen, die Atomreaktoren der 2. Generation werden stillgelegt und rückgebaut. Reaktoren der 3. Generation werden unter wachsenden Schwierigkeiten in Frankreich und Finnland zurzeit gebaut und in Großbritannien geplant. Die sich im Entwicklungsstadium befindenden Atomreaktoren der 4. Generation Flüssigsalzreaktoren wie der **Molten Salt Reactor, MSR**, und dessen Weiterentwicklung, der **Molten Salt Fast Reactor, MSFR**, arbeiten bei hohen Temperaturen von 500 bis 800° Celsius mit Thorium als Brutmaterial.

Die Aussage der Protagonisten, dieser Reaktortyp sei aufgrund seiner Konstruktion besonders sicher, bezieht sich lediglich auf die technische Anlagensicherheit, die bisher unzureichend bewiesen ist.

Die Bedrohung durch äußere Einflüsse wie Naturkatastrophen, Terroranschläge, Cyberangriffe, Flugzeugabstürze, menschliches Versagen, Erdbeben, usw. bleibt. Atommüll entsteht auch hier.

Hinzu kommt ein nicht zu leugnendes Risiko der Weiterverbreitung (engl. Proliferation) von waffenfähigem Uran. Alle bisherigen Atomreaktoren machen die Entnahme von waffenfähigem Material nahezu unmöglich. **Beim Thorium-Flüssigsalzreaktor ist die Materialeinspeisung und Entnahme mittels einer eingebauten Aufarbeitungsanlage fester Bestandteil des Reaktors!**

Eine überzeugende technische Lösung, die eine Proliferation von Spaltmaterial zuverlässig verhindert, wird nicht verfolgt.

Die [Internationale Atomenergie-Organisation](#) IAEA [22] unterstützt Forschung und Entwicklung dieser Reaktoren, speziell auch von kleinen modularen Einheiten in Containergröße (engl. Small Modular Reactors, SMR's), deren Betrieb und Standort kaum zu kontrollieren ist. Sie leistet mit internationalen Inspektionen einen wichtigen Dienst, aber nach den Aussagen des Generalsekretärs Yukiya Amano **ist ihre Herzensangelegenheit die Förderung der Atomenergie, insbesondere in den Entwicklungsländern [26].** **Aus Sicht der Proliferation ist dies hoch gefährlich.** Nach den USA und Japan ist Deutschland drittgrößter Beitragszahler für den rund 350 Mio. Euro umfassenden Haushalt der IAEA.

Zahlreiche dem **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)** zugehörige Institute, sowie das **Joint Research Centre (JRC)** - Dir G - Nukleare Überwachung und Sicherheit (Karlsruhe), ehemals Institut für Transurane (ITU) [24], und die **AREVA Nuclear Professional School** [21] am KIT beteiligen sich im Auftrag von **EURATOM** durch Forschungsarbeiten und Kurse trotz Atomausstieg an deren Weiterentwicklung.[1+23] Dazu zählt unter anderem das **SAMOFAR-Projekt im Rahmen des Horizon 2020 EURATOM-Forschungsprogramms** [19,25], an dem wie die **Kleine Bundestags-Anfrage zu Thorium-Forschung am KIT und ITU [20]** gezeigt hat, **beide Institutionen beteiligt** sind. Dort wird unter dem Deckmantelchen „Sicherheitsforschung“ an der Entwicklung der 4. Generation Reaktoren, speziell was die Flüssigsalzschmelze anbelangt, intensiv geforscht. [32] Auch wenn im SAMOFAR-Projekt nur eine „kleine“ Aufarbeitungsanlage vorgesehen ist, so kann das im Rahmen des Projektes gewonnene Know-how später auch für größere Atomanlagen genutzt werden. Besonders negativ ist das Festhalten am Thorium-Brutkreislauf ohne die schon 1980 unter der Regierung Carter zur Minderung des Proliferationsrisikos vorgeschlagene Denaturierung des Brutsalzes durch U-238-Zugabe.

In den neuartigen Reaktoren wird Uran-233 erbrütet, das wie Uran-235 und Plutonium-239 für friedliche Zwecke zur Strom und Wärmeerzeugung, aber ebenso zum Bau von Atomwaffen genutzt werden kann. (Dual-Use-Problematik).

Aufgrund dieses Gefahrenpotentials, gilt es die weltweite Ächtung von Atomwaffen, letztendlich auch durch unsere Bundesregierung, umzusetzen, wie sie eine „Humanitäre Initiative“ von 159 Unterstützerstaaten vor der UN beantragt und erreicht hat. [2]

Ein derartiges Verbot lässt sich nicht durchsetzen und genügt nicht, sobald sich jeder Staat das für eine Atombombe erforderliche Nuklearmaterial bequem selbst erbrüten kann, zumal eine effiziente Proliferationskontrolle aufgrund der möglichen kleinen, modularen und mobilen Bauart der Flüssigsalzreaktoren in Containergröße nicht gegeben ist. Es läuft auch ins Leere wenn die „Atomstaaten“ auf ihrem Privileg beharren, Atomwaffen zu besitzen und diese auch einzusetzen.

Um eine massive Weiterverbreitung von Atomwaffen zu verhindern und auch nichtstaatlichen Akteuren, wie Kriminellen und Terrorgruppen, den Zugang zu Nuklearmaterial zu versperren, ist es erforderlich, dass Forschung, Entwicklung und Betrieb von Einrichtungen, die die Erzeugung von waffenfähigem Nuklearmaterial ermöglichen, eingestellt, geächtet und nicht weiterentwickelt und gefördert werden!

Gelder, die hier eingespart werden, sollten nachhaltigen Entwicklungen zum Klimaschutz und zur weltweiten Verbreitung von alternativen Energien zur Stromerzeugung und zu deren Verteilung und Speicherung zu Gute kommen. Dafür spricht neben dem Gebot der Wirtschaftlichkeit – alternative Energien sind heute schon günstiger als Atomstrom – auch die friedensfördernde Funktion dieser in die Zukunft gerichteten Investition.

Wie kann man einerseits den Kampf gegen den Terror propagieren und andererseits für die weltweite Verbreitung von waffenfähigem atomarem Material sorgen?

Und wie passt dies zur Haltung der Bundesregierung, ICAN (International Campaign to Abolish Nuclear weapons) zur Verleihung des Friedensnobelpreises 2017 zu gratulieren, und sich beim Antrag auf Ächtung von Atomwaffen vor der UN vornehm zu enthalten? [17], [27]

Deutschland muss nach dem Atomausstieg 2011 auch die nächsten konsequenten Schritte tun und **die Förderung zukünftiger Reaktorgenerationen einstellen und aus dem EURATOM-Vertrag austreten**. „EURATOM steht für die atomkraftgläubige Energiepolitik des vorigen Jahrhunderts“ mahnt Greenpeace [3], und auch der 15. Bundestag mit einer rot-grünen Koalition unter Gerhard Schröder hat in einem Beschluss am 12. März 2003 erfolglos gefordert, den EURATOM-Vertrag auslaufen zu lassen. Doch auch deutsche Forscher erhalten weiterhin Fördergelder aus Brüssel um die Reaktor-Entwicklung voranzutreiben [4]. Es ist an der Zeit, dieses Thema in der politischen Diskussion neu aufzunehmen und die laufende österreichischen Initiative zur Auflösung des EURATOM-Vertrages, getragen durch die Vereinigung atomstopp.at und die Plattform gegen Atomgefahren plage.at, zu unterstützen. Siehe dazu die Resolution an den Europäischen Rat zur Auflösung des EURATOM-Vertrages vom April 2017 im Wortlaut [29]. Auch die Abgeordnete der Bundestagsfraktion der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN haben Anfang Juni 2018 beantragt, den EURATOM-Vertrag zu reformieren und die Privilegien der Atomkraft, die Investitionen, Forschungsförderung und Genehmigungen gegenüber anderen Energieträgern begünstigen, abzuschaffen [33].

Ebenso müssen die Atomfabriken Lingen und Gronau unverzüglich stillgelegt werden. Eine entsprechende gesetzliche Regelung stellt laut Gutachten des Kieler Verfassungsrechters Wolfgang Ewer keine Enteignung dar. Pikanterweise gehört die Brennelementfertigungsanlage

Lingen zum französischen AREVA-Konzern, der über eine unbefristete Betriebserlaubnis verfügt [30].

Dass das Proliferationsrisiko auch in der Wissenschaft gesehen und behandelt wird zeigt das laufende Projekt „**Proliferationsresistente Gestaltung von Fusionsreaktoren**“, das über einen Zeitraum von 3 Jahren vom Forum interdisziplinäre Forschung (FiF) der TU Darmstadt [gefördert](#) wird [28].

Kernkraft ohne Risiko?

Die Atomlobby, auch bei uns, versucht mit allen Mitteln den Atomausstieg rückgängig zu machen:

Sie stellt den Flüssigsalzreaktor als Errungenschaft dar, die zukünftig weltweit saubere und sichere Energie liefert und das Atommüllproblem löst. Alternative Energien, abhängig von Wind und Sonne, stellen, da sie nicht kontinuierlich zur Verfügung stehen, für sie nur eine willkommene Ergänzung dar.

Nur Nuklearkraft und in letzter Vollendung die Kernfusion, an der auch am KIT intensiv geforscht wird, können Energiebedarf und Klima langfristig sichern, behaupten die Atom-Befürworter!

Um die Öffentlichkeit für ihre Ziele zu gewinnen, setzt die Atomlobby neben dem Internet auf **Produktplazierungen, selbst in öffentlichen Medien**, und das erprobte **Mittel der persönlichen Verunglimpfung von Atomkraftgegnern** [5]. Im Film „Thorium – Atomkraft ohne Risiko?“, der zuletzt im September 2016 in arte ausgestrahlt wurde, wird laut eigener Aussage erörtert, „warum Kernkraft aus Thorium 1945 eine technologische Totgeburt war, und warum es plötzlich doch der Brennstoff der Zukunft sein soll“.

Nur zu dem Risiko der Proliferation dieser Technologie wurde im arte-Film kein Wort gesagt, auch wenn der Titel der Sendung „Thorium – Atomkraft ohne Risiko?“ dies verspricht. Dies ist pure Werbung, die Risiken und Nebenwirkungen des Produkts bewusst verschweigt. **Jeder unvoreingenommene Zuschauer musste glauben, Thorium sei die Lösung!** [9] Die Atomlobby bedient sich auch hier eines bewährten Tricks, sehr effizient zu lügen, ohne die Unwahrheit zu sagen, indem sie gewisse Dinge, wie die Risiken, einfach verschweigt.

Thoriumreaktor als Lösung für unseren Atommüll?

Ein Thoriumreaktor produziert zwar volumenmäßig weniger und kürzer strahlenden Atommüll als ein Uran-Reaktor, dafür strahlt er stärker, was Transport und Lagerung erschwert. [10]

Aber Atom-Müll bleibt Atom-Müll und muss entsorgt werden!

Die Behauptung: „Dem Brennstoff kann man langlebigen Atommüll (Transurane) aus Leichtwasser-reaktoren beimischen, den Müll auf diese Weise loswerden und dabei auch noch Energie gewinnen“ [11] ist äußerst fragwürdig. Dazu sind die vorhandenen abgebrannten Brennelemente der ersten und zweiten Reaktorgeneration viel zu stark verunreinigt. Im Flüssigsalzreaktor können bestenfalls Radionuklide wie Uran und Plutonium aus Restbeständen vorhandener Reaktorbrennstoffe oder aus ausgesonderten Atombomben mit verbrannt werden.

Anmerkung: **Transurane** sind die radioaktive Elemente mit einer höheren Ordnungszahl als Uran(größer als 92). Sie entstehen in Kernreaktoren und machen einen Teil der langlebigen radioaktiven Abfälle aus.

Ende eines Mythos

Wer immer noch glaubt, Thorium sei die bessere Alternative zu Uranbrennstoff, dem sei der Artikel von Dr. Rainer Moormann „**Thorium – ein Brennstoff für eine bessere Kerntechnik?**“ [31] zur Lektüre

empfohlen. In diesem Artikel widerlegt Dr. Moormann folgende Behauptungen der Thorium-Befürworter:

1. Mit Thoriumnutzung lassen sich die nuklearen Brennstoffreserven um den Faktor 400 strecken
2. Thorium kam bei der Kernenergieentwicklung nicht zum Zuge, weil es nicht zur militärischen Nutzung taugt
3. Thoriumverwendung birgt kaum Proliferationsgefahren
4. Thoriumreaktoren sind sicherer als konventionelle Uranreaktoren
5. Thoriumnutzung bringt kaum Entsorgungsprobleme mit sich

Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die Gründe, die **Norwegen 2007** dazu bewogen haben, die Pläne zum Bau eines Thorium-Reaktors aufzugeben, nachzulesen in [10] und [14].

Auch wenn im Thorium-Reaktor die Kettenreaktion leicht zu stoppen sei, so die norwegische Studie, gebe es ein Unfallrisiko durch die Nachzerfallswärme, die nur durch funktionierende Kühlsysteme abgeführt werden könne. Deshalb sei die Wahrscheinlichkeit einer Kernschmelze für Uran- oder Thoriumbrennstoff gleich. Zudem lasse sich das Uran-233 doch militärisch missbrauchen, Terroristen könnten es deshalb für „nichtfriedliche Zwecke“ nutzen. Hinzu komme, dass auch die Thorium-Technologie das Atommüllproblem nicht lösen könne.

Nils Böhmer, Atomexperte bei der internationalen Umweltschutzorganisation Bellona in Oslo, kommentierte dies mit den Worten: „**Hoffentlich beschäftigt sich die Politik jetzt mit wirklichen Lösungen der Klimaproblematik.**“ [14]

Auch das **UK National Nuclear Laboratory (NNL)** mit Sitz in Sellafield bewertet das Proliferationsrisiko in einem Positionspapier zum Thorium-Brennstoffzyklus, **August 2010**, wie folgt:

Das NNL glaubt, dass Uran-233 ein ähnliches Proliferationsrisiko darstellt wie hochangereichertes Uran im Uran-Plutonium-Brennstoffzyklus. [15],[16] und kommt zu dem ernüchternden Ergebnis: „The thorium fuel cycle does not currently have a role to play in the UK context, other than its potential application for plutonium management in the longer term“.

Thoriumreaktoren lösen keine Probleme

Ken Davis erklärt in seinem lesenswerten Beitrag „Wahnsinn Kernspaltung – Die Lügen der Atomindustrie in Sachen Thorium“ [18]:

„Zusammenfassend kann mitgeteilt werden: Auch Thoriumreaktoren produzieren hochradioaktiven Müll, auch sie machen Probleme in Sachen Proliferation, auch sie stehen für Katastrophenszenarien – z.B. als mögliche Ziele für Terroristen oder militärische Attacken. Anhänger von Thoriumreaktoren betonen, dass all diese Risiken im Vergleich zu den konventionellen Plutonium-Brüter-Konzepten doch geringer seien. Ob das nun wahr ist oder nicht: die grundsätzlichen Probleme, die mit der Atomenergie in Zusammenhang stehen, werden dadurch auf keinen Fall gelöst. Die Nutzung der Kernkraft war schon immer ein Schwerverbrechen an der Menschheit, in Tateinheit mit Profitgier und absoluten Wahnsinn.“

Fazit: Flüssigsalzreaktoren gehören mit zu den gefährlichsten zivilen Einrichtungen, die je entwickelt wurden!

Links:

Flüssigsalzreaktor, Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Flüssigsalzreaktor>
(abgerufen am 3. August 2018)

- [1] **Atomforschung am Karlsruher KIT: Thorium – die halbe Wahrheit ist die größte Lüge oder der unerkannte Weg zu atomwaffenfähigem Uran-233, Januar 2017**
http://karlsruhe.bund.net/index.php?id=6839&tx_ttnews%5btt_news%5d=43384&tx_ttnews%5bbackPid%5d=6803 (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [2] **UN beschließen zu Heiligabend Konferenz über Atomwaffenverbot**
<http://www.icanw.de/aktivitaten/un-beschliessen-zu-heiligabend-konferenz-ueber-atomwaffenverbot/> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [3] Umweltverbände fordern: **Euratom raus aus der neuen EU-Verfassung**
<https://www.greenpeace.de/node/922/feed.xml/feed.xml> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [4] **Das ist die Zukunft der Kernkraftwerke – Konzept 6 – Flüssigsalzreaktor**
<https://www.welt.de/dieweltbewegen/article13537451/Das-ist-die-Zukunft-der-Kernkraftwerke.html> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [5] **BUND: Thorium-Reaktor Alte Lügen - Neu verpackt / "Thorium - Atomkraft ohne Risiko?"**
<http://www.bund-rvso.de/thorium-reaktor-fluessigsalz-klein.html> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [9] **arte - Thorium Kernkraft ohne Risiko – Film** – auf youtube zu finden
- [10] **Focus Online - Gibt es das sichere Atomkraftwerk?**
http://www.focus.de/wissen/technik/atomkraft/tid-22180/physik-gibt-es-das-sichere-atomkraftwerk_aid_623998.html (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [11] Schlagwort-Archive: **Thorium-Flüssigsalzreaktor**
<https://rainerklute.wordpress.com/tag/thorium-flussigsalzreaktor/> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [14] **taz - Thorium ist auch keine Lösung** <http://www.taz.de/!5170129/> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [15] **The Thorium Fuel Cycle- An independent assessment by the UK National Nuclear – Aug 2010**
http://www.nnl.co.uk/media/1050/nnl_1314092891_thorium_cycle_position_paper.pdf
(abgerufen am 4. Juli 2017)
- [16] **Thorium Nuclear Bombs**
<https://kevinmeyerson.wordpress.com/2012/05/07/thorium-nuclear-bombs-short-version/>
(abgerufen am 4. Juli 2017)
- [17] **Telepolis: Bundesregierung: Nein zu Verhandlungen zu Atomwaffenverbot**
<https://www.heise.de/tp/features/Bundesregierung-Nein-zu-Verhandlungen-zum-Atomwaffenverbot-3630144.html> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [19] **SAMOFAR** (Sicherheitsbewertung von Flüssigsalzreaktoren),
eines der Hauptforschungsprojekte im Horizon 2020 – EURATOM-Programm: www.samofar.eu
(abgerufen am 4. Juli 2017)

- [20] **Kleine Anfrage zu Thorium-Forschung am KIT und ITU: Bundestag**, Drucksache 18/11327 <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/113/1811327.pdf> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [21] **AREVA – Nuklear – Schule**: www.anps.kit.edu (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [22] **IAEA-Advanced Reactors Information System (ARIS)**: <https://www.iaea.org/NuclearPower/aris/> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [23] **In Deutschland wird an der Entwicklung neuer Atomreaktoren und Atomwaffen geforscht** <http://www.sonnenseite.com/de/wissenschaft/in-deutschland-wird-an-der-entwicklung-neuer-atomreaktoren-und-atomwaffen-geforscht.html> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [24] **Institut für Transurane (JRC-ITU)** neu: JRC- Dir G - Nukleare Überwachung und Sicherheit (Karlsruhe) https://de.wikipedia.org/wiki/Institut_f%C3%BCr_Transurane (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [25] **SAMOFAR-Beteiligung von ITU und KIT** <https://public.ornl.gov/conferences/MSR2016/docs/Presentations/MSR2016-day1-12-Ondrej-Benes-MSR-RandD-program-in-EU.pdf> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [27] **Nobelpreisträger fordern deutschen Beitritt zu Atomwaffenverbot** <http://www.faz.net/aktuell/wissen/nobelpreise/friedensnobelpreistraeger-ican-kritisiert-bundesregierung-15234122.html> (abgerufen am 10. Dezember 2017)
- [28] **Proliferationsresistente Gestaltung von Fusionsreaktoren**
Das interdisziplinäre Forschungsprojekt an der TU-Darmstadt untersucht Risiken und Steuerungsmöglichkeiten zukünftiger Nukleartechnologien am Beispiel des Fusionsreaktors.
http://www.ianus.tu-darmstadt.de/projekte_ianus/nuclear_conditions_ianus_1/aktuelleprojekte_1/proliferationsresistente-gestaltungvonfusionsreaktoren_1/index.de.jsp (abgerufen am 11. Dezember 2017)
- [29] **EURATOM-Resolution der Nuclear Energy Conference 2017 – Schloss Linz** http://www.nec2017.eu/downl/nec_res_de.pdf
- [30] **Neues Rechtsgutachten Brennelementefabrik Lingen: Mögliche Stilllegung verfassungskonform?** <https://www.noz.de/lokales/lingen/artikel/979918/brennelementefabrik-lingen-moegliche-stilllegung-verfassungskonform>
- [31] **Dr. Rainer Moormann, Thorium – ein Brennstoff für eine bessere Kerntechnik?**, Strahlentelex Nr. 746-747/32.Jahrgang, 1. Februar 2018, http://www.strahlentelex.de/Stx_18_746-747_S01-05.pdf
- [32] **‘Sicherheitsforschung’ als Trojanisches Pferd**, 1. Juli 2018 [Walter Wildi, http://www.nuclearwaste.info/sicherheitsforschung-als-trojanisches-pferd/](http://www.nuclearwaste.info/sicherheitsforschung-als-trojanisches-pferd/)
- [33] **Euratom-Vertrag reformieren – Sonderstellung der Atomkraft jetzt abschaffen**
Bundestags-Antrag der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/2512 vom 5.6.2018 <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/19/025/1902512.pdf>

zum Proliferationsrisiko:

- [18] **Wahnsinn Kernspaltung – Die Lügen der Atomindustrie in Sachen Thorium**
<https://newstopaktuell.wordpress.com/2015/11/26/wahnsinn-kernspaltung-die-luegen-der-atomindustrie-in-sachen-thorium/> (abgerufen am 4. Juli 2017)
- [26] **Exporting power reactors: No way to fight proliferation**
16. November 2017 - Bulletin of the Atomic Scientists, Victor Gilinsky, Henry Sokolski
<https://thebulletin.org/exporting-power-reactors-no-way-fight-proliferation11282>
(abgerufen am 9. Dezember 2017)

Thorium Reactors and Nuclear Weapons Proliferation: "The Promise and Peril of Thorium"

08.08.2013 - Canada - [Pressenza Hong Kong](#)

<https://www.pressenza.com/2013/08/thorium-reactors-and-nuclear-weapons-proliferation-the-promise-and-peril-of-thorium/> (abgerufen am 4. Juli 2017)

Thorium: Proliferation warnings on nuclear 'wonder-fuel', December 5, 2012

<https://phys.org/news/2012-12-thorium-proliferation-nuclear-wonder-fuel.html> (abgerufen am 4. Juli 2017)

Thorium for Nuclear Energy – a Proliferation Risk? → Powerpoint-Präsentation

Wolfgang Rosenstock and Olaf Schumann

Fraunhofer -Institut für Naturwissenschaftlich -Technische Trendanalysen (INT) – 2013

http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-2348570.pdf (abgerufen am 4. Juli 2017)

Thorium Nuclear Bomb Proliferation Risks - 2012

<http://www.agreenroadjournal.com/2012/12/thorium-nuclear-bomb-proliferation-risks.html> (abgerufen am 4. Juli 2017)

Don't believe the spin on thorium being a greener nuclear option

<https://www.theguardian.com/environment/2011/jun/23/thorium-nuclear-uranium> (abgerufen am 4. Juli 2017)

Thorium-Artikel **Ashley et al.** dt. Übersetzung „**Kernwaffennutzung: Die vergessene Gefahr des Thoriums**“ in „**Spektrum der Wissenschaft**“, Dezember 2012

www.spektrum.de/news/die-vergessene-gefahr-des-thoriums/1173175 (abgerufen am 4. Juli 2017)

Thorium-Artikel **Ashley et al.** im engl. Original, „**Thorium fuel has risks**“, „**Nature**“, Dec. 2012, VOL 492, S. 31-33:

https://www.researchgate.net/publication/233880587_Nuclear_energy_Thorium_fuel_has_risks
(abgerufen am 4. Juli 2017)

Anmerkung:

In der deutschen „**Spektrum der Wissenschaft**“ - Übersetzung des Ashley-Artikels fehlt übrigens der absolut entscheidende letzte Teil im grauen Kasten des englischen Originals: Die Beschreibung der „Reduktiven Extraktion“ von 99% reinem Uran 233 aus Thorium über den Zwischenschritt Protactinium. Ein Schuft wer Böses dabei denkt? Aus 8 kg dieses Urans kann eine einfache Gun-Type-Atombombe gebaut werden.