

# Der ausgeblieben Weltuntergang – was ist eigentlich in Fukushima los?

Fast 100 Kernkraftwerke auf der ganzen Welt hatte ich schon gesehen. Ich war auch in Japan – allerdings war Fukushima noch nicht dabei. Meine Organisation hatte sich als zahnloser Tiger entpuppt und auf der ganzen Linie versagt. Ich wäre am liebsten vor Scham in den Boden versunken. Noch am gleichen Abend meldete ich mich freiwillig, um in Fukushima den Kollegen zu helfen. Ich war nicht der Einzige – hunderte Ingenieure der Nuklearindustrie taten das.

## **Die Erdachse wurde verschoben**

Am 11. März 2011 um 14:46 Uhr Ortszeit traf Japan ein schweres Erdbeben. Die Pazifische Platte schob sich ruckartig fünf Meter auf die Nordamerikanische Platte. Die Erdkruste riss auf einer Länge von 400 Km bis in eine Tiefe von 60 km auf. Das Tohoku-Erdbeben vor der Küste von Fukushima wurde mit 9,1 auf der Richterskala bewertet. Die freigesetzte Energie des Bebens war äquivalent der Energie von 780 Millionen Hiroshima-Bomben. Das Erdbeben war so schwer, dass sich die Erdachse um 16 cm verschob – seither dreht sich die Erde etwas schneller, die Tageslänge verkürzte sich um 1,8 Mikrosekunden. 400.000 Gebäude stürzten ein. Alle Kernkraftwerke Japans schalteten sich bei dem Beben automatisch ab und gingen in den Notkühlbetrieb über. Das Stromnetz in großen Landesteilen wurde erheblich beschädigt.

Als Folge des Bebens verwüstete ein gigantischer Tsunami die Küstenregion von Fukushima. 22.000 Opfer waren zu beklagen. Das Kernkraftwerk Fukushima mit seinen sechs Reaktor-Blöcken wurde von einer Wasserwelle von 14 Metern Höhe getroffen und vier tiefer gelegenen Reaktorblöcke wurden überschwemmt und völlig verwüstet. Mit dem kleinen Finger ihrer linken Hand drückte die Flutwelle die eisernen Maschinenhaustore der Reaktorblöcke auf und verwandelte die Turbinen-Gebäude in U-Boote, in denen das Wasser fünf Meter hochstand. Dort befanden sich aber auch die Notstromdiesel, deren Funktion für diese Anlagen jetzt überlebenswichtig war. Die umfangreichen Sicherheitseinrichtungen des Kraftwerkes mussten ohne Notstromversorgung versagen und die Reaktorkerne überhitzten sich bis zur Teilschmelze. Das nennt der Fachmann GAU – Größter Anzunehmender Unfall. Durch eine Hitze-Reaktion des Zirkoniums der Brennelemente mit dem Wasserdampf entstanden große Mengen an Wasserstoff, der in Verbindung mit Luftsauerstoff als Knallgas gerne explodiert.

## **Japans Sicherheitskultur versagte**

Zweifelsfrei hatte hier die Unfallvorsorge des Energieversorgers TEPCO (Tokyo Electric Power Company) versagt. Die Welt verstand Japan stets als ein Hochtechnologie-Land und lernte nun: „Hochtechnologieland“ bedeutet nicht unbedingt „Hochsicherheitsland“. Es war [Japans Sicherheitskultur](#), die versagt hatte.

Die [Bilder der Wasserstoffexplosionen in Fukushima](#) wurden weltweit als

explodierende Reaktoren wahrgenommen. Als wäre eine solche Katastrophe nicht genug, wurde der GAU in Fukushima mittels dieser Bilder von den deutschen Medien im Einklang mit der Politik regelrecht orchestriert und in einen Super-GAU erhöht. Einen Supergau gibt es sprachlich gar nicht, da GAU schon „Größter Anzunehmender Unfall“ heißt. Eine ungeheuerliche Medienkampagne brach in Deutschland los und spülte ganz nebenbei in Baden-Württemberg einen grünen Ministerpräsidenten an die Macht. Der ARD-Korrespondent Robert Hetkämper relatierte damals darüber, dass in Fukushima [Obdachlose und Jugendliche in einem Kamikaze-Einsatz verheizt](#)würden. Eine heute amtierende Bundestagspräsidentin widmete kurzerhand die [Tsunamioffer zu Strahlenopfern](#)um. Nichts davon stimmte. Es gab keine Strahlenopfer in Fukushima. Die sieben Todesopfer im Werk fielen dem Erdbeben – ein Kranführer stürzte von seinem Kran ab – oder dem Tsunami zum Opfer – sie ertranken in den Fluten.

### **Die Angst der deutschen Politik vor dem Zeitgeist**

Was ist aus den [Weltuntergangs-Szenarien](#)geworden, die von den Medien angeheizt, Panik über den Erdball verbreiteten? Nichts, rein gar nichts – außer, dass der Tsunami in Fukushima in Deutschland mehr Kernreaktoren zerstört hat, als im fernen Japan. Ließ doch die deutsche Kanzlerin auf der Tsunamiwelle reitend für ein paar Wählerstimmen einen ganzen Industriezweig [gesetzwidrig enteignen](#), indem die gültigen Betriebsgenehmigungen deutscher Kernkraftwerke eingezogen wurden. Acht Blöcke wurden sofort abgeschaltet, die restlichen werden bis 2022 außer Betrieb genommen – aus Angst vor einem Tsunami in der deutschen Tiefebene?

Nein, aus Angst vor dem Zeitgeist. Genützt hat es der CDU nichts. Die Wahl in Baden-Württemberg hat sie damals trotzdem nicht gewonnen. Und den deutschen Steuerzahler hat die Kanzlerinnenpanik viele Milliarden gekostet, Milliarden, die [anderswo dringend gebraucht wurden](#). Deutschland hat sich durch den Abschied von der Kernenergie meilenweit vom Erreichen seiner selbstgesetzten Klimaziele entfernt. Lernen aus Fehlern? Das muss in Deutschland nicht sein. Jetzt wird – genau mit der gleichen Panikmache – ein weiterer Ast abgesägt, auf dem der deutsche Wohlstand sitzt. Die [Gretaisierung der deutschen Politik](#)schreitet auch heute noch unaufhaltsam und majestätisch wie eine Tsunamiwelle voran. Und genau so verheerend wie ein Tsunami wird auch die Wirkung sein. Aber ach – das sagend fühle ich mich wie [Kassandra](#)– die der Legende nach begabt war, die Zukunft vorherzusagen und dazu verdammt war, dass ihr niemand Glauben schenkte.

### **Was wurde aus der Zone der Evakuierung?**

Unmittelbar nach dem GAU wurde eine 20km-Zone um das havarierte Kraftwerk von der japanischen Regierung evakuiert. Ob dies notwendig und besser für die Betroffenen war, darüber lässt sich unter Strahlenschutzgesichtspunkten trefflich streiten. Ich glaube, es war eher kontraproduktiv. In den letzten Jahren wurde die [Evakuierungszone aufwendig dekontaminiert](#), ein Vorgang, den man sich in Deutschland nicht vorstellen mag. 15,2 Millionen Kubikmeter „kontaminiertes Erdreich“ wurden in der Präfektur Fukushima abgetragen und in [150.000 speziellen Lagerstätten](#)verstaubt. Die Strahlenbelastung in Fukushima Stadt ging von 2,74 Mikrosievert nach dem Unfall auf heute normale Werte von

0,14 Mikrosievert zurück. Ich bin kein Strahlenschutzexperte. Deshalb ein paar etwas laienhafte Erklärungen dazu. (Zum einfacheren Vergleichen gebe ich die Werte in Mikrosievert pro Stunde ( $\mu\text{Sv/h}$ ) und gerundete Zahlen an. In einigen gesperrten Teilen der Evakuierungszone sind die Werte deutlich höher).

Die Luftstrahlung an der Messtation Odaka – 15 km vom Kernkraftwerk Fukushima Daiichi entfernt und typisch für die wieder zum Heimkehren freigegebenen Bereiche – beträgt 0,14  $\mu\text{Sv/h}$ . Das liegt leicht über dem normalen Strahlungsniveau von z.B. New York, ist aber etwas niedriger als in Rom und deutlich niedriger, als in einigen Gebirgsregionen Deutschlands. Eine der höchsten natürlichen Strahlenbelastungen weltweit findet sich im iranischen Ramsar mit Spitzenwerten der effektiven Dosis von 14 $\mu\text{Sv/h}$ . Zum weiteren Verständnis: 5-10 $\mu\text{Sv}$  werden für einmaliges Zahnröntgen appliziert und mehr als 50 $\mu\text{Sv}$  für einen einfachen Flug von Tokio nach New York. Noch ein Beispiel: 12.000 Computertomografien werden in Deutschland pro Jahr durchgeführt. Bei einer Ganzkörper-CT werden zwischen 1000 $\mu\text{Sv}$  und 10.000 $\mu\text{Sv}$  verabreicht.

Mehr als die Hälfte der Evakuierungszone von 371 Quadratkilometer wurde inzwischen wieder für die Bevölkerung zum Wiederbezug freigegeben. Insgesamt kehrten etwa 50.000 Einwohner (2,6% der Bevölkerung der Präfektur) nicht in ihre angestammte Heimat zurück. Selbst in die Dörfer nahe des Kraftwerkes Fukushima kehrt das Leben langsam zurück. Es wird aber noch Jahre dauern, bis die Narben des Unglücks verheilt sind. Zum Beispiel sind in Odaka Town, etwa 15 km vom Kraftwerk entfernt, erst ein Drittel (2.832 von einst 8.313) der Einwohner zurückgekehrt. Oder in Nami-Town – das erst 2017 freigegeben wurde – sind von den einst 20.000 Einwohnern erst 500 zurück.

Viele der hastig Evakuierten haben in den letzten sieben Jahren eine neue Heimat gefunden und wollen gar nicht zurückkehren. Einige haben auch Angst vor Strahlung und bleiben lieber woanders. Es kommen aber auch Menschen von anderswo nach Fukushima, um sich mit den Unterstützungsprogrammen der Regierung hier eine Existenz aufzubauen. Die „Todeszone“ ist längst wieder zum Leben erwacht.

Das [Soma Nomaoi](#) Samurai-Festival zog jedenfalls im Jahr 2018 über 40.000 Besucher nach Fukushima an. Und landwirtschaftliche Produkte, wie die berühmten [Fukushima Pfirsiche](#), sind wieder gefragt. Doch das ist hierzulande keine Nachrichten wert, da [schüttelt sich der deutsche Haltungsjournalist](#) vor Abscheu.

### **Wie sieht es heute auf dem Kraftwerksgelände aus?**

Eines Vorab: Das Kraftwerk [Fukushima ist heute eine Touristen-Attraktion](#).

Tausende Nuklearexperten besuchen jährlich das Gelände. Welcher Nuklearexperte möchte sich nicht adeln, indem er sagt: „Ich war in Fukushima“. Es bestehen lange Wartelisten für den Fukushima-Entgruselungsbesuch. Aber es gibt auch genügend normale „23.000 Yen-Sensationstouristen“, die das Kraftwerksgelände wenigstens von Weitem sehen wollen. Ich kann mir schönere Orte für [meinen Japanbesuch](#) vorstellen.

Die Aufräumarbeiten haben von den hiesigen Medien völlig ignoriert gute Fortschritte gemacht. TEPCO veröffentlicht in regelmäßigen Abständen ein [Vorher-Nachher-Video](#) mit der gegenwärtigen Situation auf dem Gelände des havarierten Kraftwerkes – sehenswerte acht Minuten.

Mehr als 6.000 Menschen arbeiten an dem Rückbau des havarierten Kraftwerkes und vollbringen Leistungen, die den hiesigen Medien [höchstens negative Erwähnung](#) wert sind. Was die linken Journalisten am meisten ärgern dürfte und nicht ins Weltbild passt: auf dem riesigen Gelände des havarierten Kraftwerkes verkehrt ein fahrerloses vollelektrisches Bussystem. Gäbe es das woanders, wären die Jubelmeldungen endlos. Aber – das Kraftwerksgelände ist dekontaminiert und neue Sozialgebäude sowie eine komplett neue Infrastruktur für den Rückbau wurden errichtet.

Im Block 1 wird das zerstörte Gebäude repariert und der Kernbrennstoff aus den Abklingbecken entfernt. Auch das Gebäude des Blockes 2 wurde abgedichtet und die Entfernung des Brennstoffes aus den Becken wird vorbereitet. Am Block 3 wurde ein neues Dach installiert und der Abtransport des Brennstoffes aus den Becken wird vorbereitet. Block 4 ist vollkommen brennstofffrei. In den Reaktoren eins bis drei untersuchen Roboter den Zustand der teilweise geschmolzenen Reaktorkerne, um auch hier den Brennstoff zu entfernen. Dies wird aber noch ein paar Jahre dauern.

Um das Grundwasser am Eindringen und Ausfließen zu hindern, wurde um das gesamte Kraftwerk eine [1500 Meter lange und 30 Meter tiefe Eis-Mauer](#) in den Boden gefroren. Sie funktioniert wie ein Kühlschranksystem. Durch tausende von in die Erde getriebene Rohre fließt Kühlflüssigkeit, die das Erdreich wie eine Mauer gefrieren lässt – eine technische Meisterleistung, von der Sie, lieber Leser wohl kaum je etwas gehört haben. Der verlinkte Artikel ist in Englisch, da ich keinen deutschsprachigen Beitrag finden konnte. Daher gilt hier ironisch der erste Haferburgsche Medien-Lehrsatz: „Die deutschen Medien informieren mich umfassend und wahrheitsgemäß – außer auf dem Gebiet, von dem ich etwas verstehe“.

Nach dem Unfall mussten die Aufräumarbeiter anfangs unter Vollschutzkleidung und Atemmasken arbeiten. Heute, dank Dekontamination, können sich die Arbeiter auf 96% des gesamten Geländes in normaler Kleidung ohne Masken bewegen. Mehrere neue Wasseraufbereitungsfabriken dekontaminieren das in den Tanklagern aufgefangene radioaktive Wasser. Diese Wässer werden noch in großen neuen Tanklagern zwischengelagert, in denen die provisorischen Tanks durch neue, geschweißte Tanks ersetzt wurden. Die [Küstenmauer des Kraftwerkes](#) wurde komplett neu wasserdicht erbaut. Große Lager für niedrigradioaktiven Bauschutt wurden eingerichtet.

## **Japan wird Vorreiter**

Wer sehen will, was am 11. März 2011 wirklich in den Reaktoren von Fukushima passierte, sehe sich [dieses Video](#) an. Roboter dringen in das Innerste der kaputten Reaktoren ein und zeigen die teilweise geschmolzenen Reaktor-Bauteile. So schlimm der Gau auch war – Japan erarbeitet sich gerade eine echte Vorreiterrolle im Bauen von Robotern, die schier Unmögliches vollbringen. Und man sieht den Ingenieuren den Stolz auf ihre Geräte an, auch

wenn man kein Japanisch kann.

Bis 2011 erzeugte Japan ein Drittel seines Stroms aus Kernenergie. Da Japan kaum über eigene Energieressourcen verfügt, belastet der Import von Energieträgern die Japanische Industrie sehr hoch und gefährdet ihre Wettbewerbsfähigkeit. Anders als in Deutschland neigen die Japaner nicht zur Klima- und Atomhysterie. Deshalb wurde ein Atomausstieg nach Fukushima nicht in Betracht gezogen. Im Gegenteil, die Japaner lernen aus ihren Fehlern. Japan rüstet seine 37 Reaktoren sicherheitstechnisch nach und nimmt sie sukzessive wieder in Betrieb. Die ersten zwei Einheiten wurden bereits 2015 wieder angefahren. Sieben weitere Reaktoren laufen heute wieder. 17 weitere Reaktoren befinden sich gegenwärtig im Prozesse der Wiedererteilung der Betriebsgenehmigung.

Ich habe mir die neuen Sicherheitsmaßnahmen vor Ort in [Kashiwazaki Kariwa](#) persönlich angesehen, sie sind durchaus beeindruckend. Gigantische Flutwälle, zusätzliche flutsichere Notstromaggregate, unabhängige Notkühlaggregate, erdbebensichere Notfallgebäude, Vorräte für autarke Langzeitversorgung der Mannschaft, strukturunabhängige Notfallkommunikationsmittel... Getan wird, was menschenmöglich ist, um ein zweites Fukushima zu verhindern. Getan wird alles, damit die Kernkraftwerke wieder angefahren werden können. Weil sie, so seltsam das klingt, von der Regierung für eine sichere Energieversorgung als notwendig erachtet und von der Bevölkerung akzeptiert werden.

### **Die deutsche Energiewende scheitert am Atomausstieg**

Trotz der gigantischen Geldausgaben von über 500 Milliarden Euro wird Deutschland seine selbstgesteckten Ziele der CO<sub>2</sub> Einsparung für das Jahr 2020 völlig verfehlen. Die Energiewende ist gescheitert. Die Hauptursache für dieses Totalversagen ist der überstürzte Atomausstieg. Kernkraftwerke sind nun mal die einzige CO<sub>2</sub>-freie wetterunabhängige Grundlastquelle. Gerichtet werden soll es jetzt mit einem genauso überstürzten Kohleausstieg. „Aussteigen ohne Einzusteigen“ ist das Motto, oder „Mehr vom Selben“. Wahnsinn ist, wenn man versucht, mit mehr von denselben Mitteln, die vorher schon nichts brachten, ein besseres Ergebnis zu erzielen.

Um das eigene Komplettergebnis in der Energiepolitik zu vernebeln, verweist die Politik jetzt auf Zeiträume weit außerhalb ihrer Legislaturperioden-Kompetenz. So werden halt andere Politiker für das Nichterreichen der nächsten Ziele und die Damit verbundene Geldverschwendung verantwortlich sein. Beim [Pro-Kopf Ausstoß von CO<sub>2</sub>](#) rangiert Deutschland derzeit mit ca. 9 Tonnen pro Jahr auf Platz 24. Die Sieger der „Dekarbonisierung“ auf Platz 1 bis 5 heißen Kongo, Niger, Äthiopien, Südsudan und Eritrea mit je weniger als 0,5 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr.

Liebe deutsche Landsleute, sollten [Gretas](#) und der [Grünen](#) Forderungen nach „[der Änderung von Allem](#)“ umgesetzt werden, dann wisst Ihr jetzt, [wo es hingeht](#). Und vielleicht meinte ja Angela Merkel genau das, als sie davon sprach, dass die deutsche Politik „[Fluchtursachen beseitigen](#)“ muss. Nämlich dann, wenn Deutschland es schaffen würde, einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von kleiner als einer Tonne pro Kopf zu erreichen. Dann bestünden absolut [keine Fluchtursachen nach](#)

[Deutschland](#)mehr. Die Politik ist auf einem guten Weg dazu.

*Manfred Haferburg ist Autor des Romans „[Wohn-Haft](#)“. Der Roman beschreibt [auf spannende Weiseden](#) aussichtslosen Kampf eines Einzelnen gegen ein übermächtiges System. Ein Kampf, der in den Schreckensgefängnissen des sozialistischen Lagers endet. Ein Kampf, in dem am Ende die Liebe siegt. Wolf Biermann schrieb dazu ein ergreifendes Vorwort. Der 524 Seiten Roman ist als Hardcover zum Verschenken für 32€, als E-Book für 23,99€ und als Taschenbuch für 20€ erhältlich. (Amazon 36 Kundenbewertung 4,5 von 5 Sternen)*

Der Beitrag erschien zuerst bei [ACHGUT](#)

---

## [UK zeigt wie es geht: Baubeginn von Hinkley Point C](#)

Beim Bau eines Kernkraftwerks ist dies nach internationaler Definition der offizielle Baubeginn. Ab jetzt tickt die Uhr. Das Kraftwerk soll 2025 in Betrieb gehen. Es wäre dann der erste Neubau seit 30 Jahren in Großbritannien. Das ist fast ein gesamtes Berufsleben. Genau darin steckt eine Schwierigkeit dieses Projektes: Für die meisten am Bau Mitwirkenden ist es das erste Kernkraftwerk überhaupt. Aber auch das ist eine ganz bewußte Entscheidung der Regierung. Völlig anders als in Deutschland, hat man längst die Bedeutung einer kerntechnischen Industrie für eine moderne Volkswirtschaft erkannt und hat deshalb richtig Geld in die Hand genommen, um neue Ausbildungsplätze vom Facharbeiter bis zum Ingenieur zu schaffen. Es ist übrigens längst die Überzeugung beider britischen Parteien – Labour und Conservative Party – daß eine ganze Volkswirtschaft nicht von Dienstleistung (Finanzzentrum London) leben kann. Nur so war es möglich – gegen alle Widerstände aus dem In- und Ausland – über mehrere Wahlperioden hinweg, den Neueinstieg zu schaffen. In [Hinkley Point](#) sollen zwei Reaktoren des französischen Typs [EPR](#) in seiner „britischen Version“ mit zusammen 3200 MWel gebaut werden.

### **Die Eigentümer**

Von Anfang an war klar, daß ein umfangreiches Neubauprogramm von vielleicht 16 Reaktoren nicht aus der Staatskasse bezahlt werden könnte. Es mußte also privates Eigenkapital und andere Staatsunternehmen mobilisiert werden. Sir John Armitt von der Olympic Delivery Authority (ODA), die die Sportstadien der Olympiade in London errichtet hatte, hat schon 2013 den Bau von Kernkraftwerken nach diesem Modell vorgeschlagen. Bau durch eine staatliche Zweckgesellschaft und erst die Privatisierung nach Fertigstellung. Damit wollte man das Risiko hoher und unkalkulierbarer Baukosten bei



Kernkraftwerken umschiffen. Demgegenüber stehen recht geringe Betriebs- und Brennstoffkosten bei einem stetigen Umsatz. Ein gefragtes Investment z. B. für Pensionsfonds. Genau nach diesem Modell verkauft Rußland seine Reaktoren an Finnland (Hanhikivi 1), die Türkei (Akkuyu 1–4) und Ägypten (El Dabaa 1–4). Die durch ein russisches Staatsunternehmen gebauten Reaktoren werden (fast) vollständig durch den russischen Staat finanziert und zeitweilig sogar betrieben. Dies sichert Rußland über Jahrzehnte feste Devisenströme.

Aus politischen Gründen kam Rußland als Investor für Großbritannien nicht in Frage. Man entschied sich für den staatlichen französischen Konzern EDF. Politisch unbestritten, da EDF schon jetzt die vorhandenen Kernkraftwerke mit zusammen 11 GW Leistung in GB erfolgreich betreibt. Allerdings war der finanzielle Brocken für die kapitalschwache EDF viel zu groß. Es mußte also ein Partner gefunden werden. Schon 2013 verkündete Chancellor George Osborne bei einem Besuch in China die mögliche Partnerschaft. Technisch betrachtet, die ideale Partnerschaft, da schon die Chinesen und EDF Partner beim Bau von Taishan sind. Hierbei handelt es sich ebenfalls um zwei Reaktoren vom Typ EPR. Baubeginn war 2009 und kommerzielle Inbetriebnahme 2018. Man verfügt also über ausreichend gemeinsame Erfahrungen. Allerdings sind jetzt die Rollen vertauscht. Bei Taishan waren die Mehrheitseigentümer Chinesen mit 70% und EDF mit 30%, bei Hinkley Point ist EDF der Mehrheitseigentümer mit 66,5% und China General Nuclear International (CGN) mit 33,5% in der Minderheit. Auch die wirtschaftliche Dimension ist eine andere: Bei Taishan ging es um 8 Milliarden Euro und bei Hinkley Point um 18 Milliarden Pfund. Für China ist das der politisch angestrebte massive Einstieg in Energieprojekte in Europa. Parallel wird der Bau zweier weiterer EPR in Sizewell bis zur endgültigen Investitionsentscheidung vorangetrieben. Das eigentliche Bonbon für die Chinesen ist aber die Unterstützung von EDF beim eingeleiteten Genehmigungsverfahren für die chinesische Eigenentwicklung [HPR-1000UK](#). Man schreitet dort sehr ehrgeizig voran und plant die Inbetriebnahme eines solchen Reaktors für 2030 in Bradwell. Gelänge dies, wäre das ein nicht zu überschätzender Exportschlag, der China endgültig die Vormachtstellung sichern würde. Frankreich tut gut daran, wenigstens den Juniorpartner in diesem internationalen Spiel zu geben. Spätestens nach dem Brexit, wird diese eigenartige EU den Anschluß an dem Weltmarkt der Kerntechnik verloren haben. Einst war EPR als Abkürzung für European Pressurized Reactor entstanden, ein Gemeinschaftsprojekt von Siemens und Areva. Bis Siemens dem Ruf der Kanzlerin folgte, aus der Kerntechnik ausstieg und bei den Alternativen mit „voran gehen“ wollte. Man könnte auch sagen, wenn es dem Esel zu wohl geht, geht er aufs Eis tanzen.

## **Auftragsvergabe**

Wie brutal schnell die globalisierte Industrie über Aussteiger hinweg walzt, zeigt sich deutlich am EPR. Der erste Reaktor – die ewige Baustelle Olkiluoto – hatte noch eine Turbine und einen Generator von Siemens. Nach dem Ausstieg kein weiterer mehr. Der Auftrag für die konventionellen Teile von Hinkley Point C (HPC) ging an General Electric Steam Power Systems (GE). HPC wird die größten Generatorsätze der Welt mit je 1770 MWel erhalten. Wie lohnend der Einstieg in diesen Bereich ist, zeigt sich auch daran, daß GE die Aufträge für die russischen Kraftwerke in Akkuyu, Türkei und El Dabaa in Ägypten

erhalten hat. Kann sich noch einer an die hochtrabenden Pläne von Siemens über eine Produktion von Turbinen für den russischen Markt erinnern? Hier ist Siemens nicht „voran gegangen“, sondern schlicht „weg gegangen“ worden.

Kerntechnik bietet aber auch Chancen für Länder, von denen man das vielleicht nicht so ohne weiteres erwartet. Die Aufträge für die Reaktorgefäßeinbauten und den Neutronenreflektor – alles Schwermaschinenbau in höchster Präzision – ist, wie schon bei Olkiluoto und Taishan, wieder an Skoda vergeben worden. Die spanische Company Equipos Nucleares (Ensa) hat den Auftrag für die beiden Druckhaltesysteme und weitere 14 Komponenten erhalten.

Wie schon öfters erwähnt, ist die Kerntechnik einer der führenden Innovatoren für die gesamte Industrie. So wurde im November der größte Baustellen-Kran der Welt mit einer Tragfähigkeit von 5000 to, einer Auslegerhöhe von bis zu 250 m bei einem Arbeitsradius von 275 m für Hinkley Point C von Sarens in Belgien fertiggestellt.

Für GB ist HPC ein gewaltiges Konjunkturprogramm. Man geht davon aus, daß 60% der Bauleistungen in GB erbracht werden. Während der Bauphase ergibt das etwa 25 000 Arbeitsplätze, mit einer Spitze von ca. 5600 Beschäftigten auf der Baustelle und 900 Dauerarbeitsplätzen im fertiggestellten Kraftwerk. Dies soll die erste Stufe einer international konkurrenzfähigen kerntechnischen Industrie sein. Im Rahmen der durch den Brexit notwendig gewordenen Neuverhandlungen internationaler Abkommen, baut man konsequent seine Bindungen außerhalb der EU aus. Möge Europa doch in Windrädern und Sonnenkollektoren versinken.

Schon jetzt geht der Nutzen für die britische Industrie über HPC hinaus. Der architect-engineer (Generalplaner für das gesamte Kraftwerk) ist EDF, und für die Lieferung der Reaktorsysteme, des Brennstoffs und für I&C (Steuerung und Regelung) verantwortlich. Neu gegründet wurde das Joint Venture MEH aus Altrad, Balfour Beatty Bailey, Cavendish Nuclear and Doosan Babcock. Ein Ingenieur-Unternehmen mit insgesamt über 20 000 Spezialisten auf den unterschiedlichsten Fachgebieten. Kurzfristiges Ziel ist ein gegenseitiges Schieben der Verantwortlichkeiten beim Projekt HPC zu verhindern. Darüberhinaus verbirgt sich dahinter ein gewaltiges Stück Industriepolitik: Die Arbeitsweise und Datenverarbeitung der beteiligten Planungsbüros soll harmonisiert werden, eine enge Kooperation mit Forschungsinstituten und Universitäten gepflegt werden. Darüberhinaus wird die Kooperation mit den chinesischen Unternehmen, die Taishan erfolgreich errichtet haben, weiter vertieft. Auch hier das Ziel, enger auf dem außereuropäischen Markt zu kooperieren. Ob wirklich nur GB der Verlierer beim Brexit ist?

## **Die Kosten**

Man einigte sich abschließend auf einen „strike price“ von £92,50 pro MWh bzw. £89,50 (Preisbasis 2012, indexiert mit dem Verbraucherpreisindex von GB) – wenn das Kraftwerk Sizewell auch noch gebaut wird. Das besagt, wenn der aktuelle Großhandelspreis an der Strombörse in GB unter diesen Wert sinkt, bekommt der Betreiber – ähnlich dem EEG in Deutschland – trotzdem diesen Betrag vergütet. Diese Regelung gilt für 35 Jahre ab dem Jahr 2023 (also



keine Verlängerung bei etwaigen Bauzeitverzögerungen). Umgekehrt gelten die Grenzwerte auch als Obergrenze – anders als in Deutschland – für 60 Jahre nach Fertigstellung. Sind die (sehr wahrscheinlich) erzielten Strompreise höher, sind die Überzahlungen an die Verbraucher weiterzugeben. Diese Regelung stellt also eine umfangreiche Absicherung der zukünftigen Energiepreise in GB dar – egal wieviel konventionelle Kraftwerke man aus welchen Gründen auch immer abschaltet.

Gegen den „strike price“ von £92,50 pro MWh hat die gesamte Wind- und Sonnenindustrie verzweifelt aus allen Rohren geschossen. Parallel sind aber inzwischen von der Regierung 34 Programme für „alternative Energien“ von gleicher Größenordnung (jeweils 7% des Stromverbrauchs in GB) abgeschlossen worden. Die Bandbreite bewegt sich bei £120 – £130 je MWh. Hinzu kommen noch ca. £10 – £15 pro MWh für den notwendigen Netzausbau (weit weniger als in Deutschland, wegen der günstigeren Geographie). Wobei der „Strom aus Wind und Sonne“ wetterabhängige Zufallsproduktion, ohne jeden Bezug zum realen Bedarf ist. Sie kann daher lediglich eine Ergänzung, niemals aber eine vollständige Energieversorgung sein. Es müssen deshalb trotzdem konventionelle Kraftwerke für die Dunkelflaute und zur Netzstabilisierung betrieben werden. Wer glaubt eigentlich noch immer, daß „Strom aus Wind und Sonne“ eine Zukunftstechnologie ist?

Es gibt aber noch einen gewaltigen Unterschied: Im Preis für Hinkley Point C sind die erforderlichen Rücklagen für den vollständigen Rückbau zur grünen Wiese und das „waste management“ enthalten. Wer wird die Windmühlen und die Sonnenkollektoren zurück bauen und deren Sondermüll beseitigen?

Der Preis beruht auf folgender Kalkulation: 14 Milliarden Baukosten plus 2 Milliarden für Nebenkosten (Grundstücke, Lagerung der verbrauchten Brennelemente, Ausbildung und Gehälter für die Betriebsmannschaft usw.) auf der Preisbasis von 2012. Dies ist als Festpreis zu verstehen, es gibt ausdrücklich keine Nachträge bei Verzögerung des Projekts und die Verbraucher zahlen erst bei Energielieferung. Umgekehrt garantiert die britische Regierung keine zusätzlichen Steuern etc. und garantiert die Entschädigung bei Veränderung staatlicher Randbedingungen. Für die Gesamtkosten werden gebührenpflichtige Staatsbürgschaften in Höhe von 65% bis zur Fertigstellung gewährt (aus heutiger Sicht wahrscheinlich 34 Milliarden Pfund inklusive Kapitalkosten). Dem Betreiber wird auf dieser Basis ein kalkulatorischer Gewinn von 10% zugestanden. Kostensteigerungen gehen also zu Lasten des Betreibers. Stromexporte (nach Öko-Deutschland?) sind in Abstimmung mit dem Netzbetreiber gestattet. Höhere, über dem „Strike Price“ erzielte Vergütungen, gehen vollständig zum Vorteil der britischen Verbraucher und Steuerzahler.

Inzwischen sind 450 Verträge mit über 200 000 Seiten unterschrieben, die £12 Milliarden durch EDF und die £6 Milliarden durch die chinesischen Partner bereitgestellt und die ersten Mittel bereits an die Auftragnehmer abgeflossen.

## Die Rolle der EU

Wer sich immer noch fragt, warum GB den Brexit durchzieht, kann hier neben der Merkelschen Flüchtlingspolitik einen weiteren wesentlichen Grund registrieren. Die bekannten links-grünen Politiker haben mit allen Mitteln versucht ihre Energiepolitik GB aufzuzwingen. Es wurde wirklich jedes Propagandaregister der „Anti-Atomkraft-Bewegung“ gezogen. Zu guter letzt auch noch vor dem Europäischen Gerichtshof geklagt. Es half alles nichts, man konnte die eingereichten Zahlen und Argumente nicht widerlegen. Zum Schluß mußte in einem 70 Seiten Papier das o. k. gegeben werden. Das hält aber die deutschen Qualitätsmedien nicht davon ab, unbeirrt weiter mit fake news gegen das Projekt zu hetzen.

Dabei ist es eher umgekehrt: Gäbe es nicht die – maßgeblich von Deutschland beeinflusste – völlig verquaste Energiepolitik der EU, mit Einspeisevorrang für wetterabhängige Energieformen, Wahnvorstellungen über CO<sub>2</sub> in Verbindung mit profitgierigen Schlangenölverkäufern, hätte man die benötigte Kraftwerkskapazität weltweit und öffentlich ausschreiben können. Bei der nächsten „Europawahl“ bietet sich die Gelegenheit, den Bürokraten und Politikern in Brüssel mal kräftig die Meinung zu sagen. Eine Demokratie lebt davon, unfähige Politiker einfach abzuwählen.

Der Beitrag erschien zuerst bei NUKEKLAUS [hier](#)

---

## [Micro-Reactor, die Renaissance made in USA?](#)

Langsam zeichnet sich ab, welchen Weg die Trump-Administration für die Kernenergie vor hat. Nachdem die Fesseln des Obama-Zeitalters für die fossilen Energien erfolgreich durchschnitten wurden, wird der Umbau der Energieerzeugung nun auch konsequent auf die Kernenergie ausgedehnt. Die Reihenfolge war folgerichtig: Die meisten Arbeitsplätze und das schnellste Wirtschaftswachstum konnte kurzfristig nur über die Öl- und Gasindustrie geschaffen werden. Hier traf alles zusammen: Hohe Nachfrage zu akzeptablen Preisen auf dem Weltmarkt mit vorhandenem Wissen und Kapital im eigenen Land. Nebenbei wurde noch die Kohleindustrie stabilisiert und die überbordende Förderung für „alternative Energien“ zurechtgestutzt. Ein einziger Albtraum für jeden gläubigen „Klimaschützer“. Nachdem der Präsident nun das sichere Fundament für seine Wiederwahl gelegt hat, kehrt etwas Ruhe ein und man kann sich langfristigen Projekten wie der Kernenergie widmen.

## Die Lage der Kerntechnik in den USA

Der Schock kam mit dem Desaster der Neubauprojekte Vogtle und Summers. Die USA sind nicht mehr in der Lage, einen in den USA entwickelten Reaktortyp

fristgerecht und zu den vereinbarten Preisen fertigzustellen. Zu aller Schande wurden die gleichen Reaktoren in Lizenz in China errichtet und sind inzwischen am Netz. Es gibt in den USA – wie in Deutschland und Frankreich – keine leistungsfähige Industrie mehr, die solch komplexe Projekte unter den speziellen Randbedingungen der Kerntechnik durchziehen kann. Der Faden ist durch die jahrzehntelange Zwangspause beim Neubau einfach abgerissen. Man lernt in Vogtle und Olkiluoto genauso wieder von vorn, wie in den fünfziger und sechziger Jahren. Da sich auch in den USA keine weiteren Kernkraftwerke als Anschlussaufträge abzeichnen, droht eine Abwärtsspirale.

Wie immer, wenn man in einer Sackgasse steckt, muß man die Situation analysieren und neu denken. Es ist etwas von dem „Apple-Geist“ nötig, der mitten in der Krise der Computerindustrie das Smartphone erfunden hat. Heutige Kernkraftwerke erfordern riesigen Kapitaleinsatz, lange Bauzeiten (vom ersten Genehmigungsantrag bis zur Fertigstellung), große Stäbe von erfahrenen Fachkräften. Solche Randbedingungen sind heute nur noch in Staatswirtschaften zu realisieren. Will man verhindern, daß China und Rußland das weltweite Monopol für Kernkraftwerke erhalten, muß man deshalb genau hier ansetzen. Der eingeschlagene Weg läuft über eine Serienproduktion anstelle einer Kosteneinsparung über einen „Größenvorteil“. Ein revolutionärer Ansatz, wie einst der Umstieg vom „Handy“ auf das Smartphone. Ganz wichtig ist hierbei die Schaffung eines Zusatznutzens, der für sich allein einen Kaufanreiz darstellt – zumindest für eine vorhandene kaufkräftige Konsumentengruppe als Starter.

## **Tot geschriebene, leben länger**

Die kerntechnische Industrie in den USA ist noch lange nicht tot. Jedenfalls so lange, wie sie über einschlägige Forschungszentren mit zehntausenden (der besten) Fachleute weltweit verfügt und eine – etwas im Verborgenen blühende – Reaktorindustrie vorhanden ist. Wenig beachtet, existiert das „Büro für Schiffsreaktoren“, welches 82 Kriegsschiffe mit Kernreaktoren unterhält, über sechs Werften, vier Übungsreaktoren an denen jährlich 3500 Studenten ausgebildet werden, zwei eigenen Forschungszentren (Bettis/Knolls), hunderten von klassifizierten Zulieferern und einem eigenen, kompletten Brennstoffkreislauf, verfügt. Dort weht immer noch der Geist von Admiral Rickover. Völlig geräuschlos – und vor allem ohne spektakuläre Unfälle – wird dort Reaktortechnik auf höchstem und sonst weltweit unerreichtem Niveau betrieben. Allein diese Organisation kann (wieder) als Keimzelle einer neuen Industrie dienen. Außerdem hat sich offensichtlich der öffentliche Wind gedreht: Es gibt mehr als 70 neugegründete Unternehmen, die sich mit den unterschiedlichsten Reaktortypen beschäftigen. Universitäten brauchen sich keine Sorgen mehr über den Nachwuchs zu machen.

In diesem Umfeld fehlt es nur noch an politischem Willen. Dieser scheint nun endlich in der Gestalt von Präsident Trump gekommen zu sein. Er hat das Zeug zu einem Kennedy der Kerntechnik zu werden. So, wie einst die Mondlandung zu einer Explosion der Raumfahrt geführt hat, könnte heute der „Micro-Reactor“ eine Initialzündung für einen neuen Industriezweig auslösen.

## Was macht dieses Konzept so anders?

Grundgedanke ist die Serienfertigung. Die heutigen (unvorhersehbaren) Bauzeiten für Kernkraftwerke in westlichen Ländern sind für jeden Investor völlig indiskutabel. Zwar bekommt man nicht einmal ein Gaskraftwerk beim Kaufmann um die Ecke, aber zumindest Termingerechtheit in einem überschaubaren Zeitraum. Die unvorhersehbaren Zeiträume sind die Hauptursache für die hohen Kosten. Dies zeigen die Preise für baugleiche Kraftwerke in China überdeutlich – z. B. gegenüber den ewigen Baustellen in USA (Vogtel), Frankreich (Flamanville) und Finnland (Olkiluoto).

Die notwendige Erstinvestition für eine kleine Leistung ist entsprechend gering gegenüber einem großen konventionellen Kernkraftwerk. Das wirtschaftliche Risiko ist dadurch leichter handhabbar. In wie weit die Serienfertigung hierbei mit einer Kostendegression durch Größe mithalten kann, wird die Zukunft zeigen. Viel wichtiger ist jedoch, daß sich durch die geringen Leistungen völlig neue Märkte für die Kerntechnik erschließen. Auch die Großraumflugzeuge haben in der Luftfahrt nicht die Neuentwicklung kleiner Jets verhindert. Im Gegenteil, haben die kleinen Flugzeuge völlig neue Märkte erschlossen und damit die Luftfahrt insgesamt belebt.

Die Brennstoffkosten sind bei Kernkraftwerken vernachlässigbar – ausdrücklich auch unter Einschluß der notwendigen Entsorgungskosten! Man sollte deshalb nicht den Wirkungsgrad, sondern die Investitionskosten und die Robustheit in den Vordergrund stellen. Lange Betriebszeiten (geplant mindestens 10 Jahre) zwischen den Brennstoffwechseln ergeben schnell geringere Stromkosten zu festen Preisen (Leistung in kW x Betriebsstunden = produzierte Kilowattstunden) gegenüber Windmühlen und Sonnenkollektoren. Aber das absolute Killerargument gegenüber allen wetterabhängigen Verfahren ist: **Immer wenn der Schalter umgelegt wird, ist die benötigte elektrische Leistung vorhanden.** Ganz ohne Speicher und sonstigen teuren Ballast und auch noch ohne Luftbelastung.

## Der ungesehene Markt

Alle Kleinreaktoren leiden unter dem „Henne-Ei-Problem“: Größere Stückzahlen sollen über eine Serienfertigung die Preise drastisch senken. Es fehlt aber der Kunde, der für einen ersten Reaktor bereit ist, das volle Risiko und den notwendigerweise erhöhten Preis zu tragen. Ein Problem, das der Flugzeugindustrie wohl bekannt ist. Es gibt jedoch einen Kunden, der mit diesem Phänomen gewohnt ist umzugehen und überdies noch durch den Steuerzahler gedeckt ist: Das Militär.

Für das US-Militär ist die Versorgung mit Energie stets ein strategisches Problem gewesen. Jeder Versorger muß im Ernstfall durch Kampftruppen (z. B. Begleitung von Konvois) geschützt werden – bindet also Kampfkraft. Außerdem schreitet mit stark zunehmender Geschwindigkeit die Elektrifizierung des Militärs voran (Kommunikation, Radargeräte usw., bis hin zu Waffensystemen selbst). Gleichzeitig werden die vorhandenen Stromnetze auch in USA durch den vermehrten Einsatz von „Erneuerbaren“ immer störungsanfälliger und die Stromkosten steigen immer weiter. Der Scheidepunkt zwischen immer mehr

zusätzlicher Notstromversorgung zur Absicherung und Eigenversorgung rückt immer näher. Das US-Verteidigungsministerium ist für über 500 Liegenschaften mit mehr als einem Megawatt Anschlussleistung allein auf dem eigenen Staatsgebiet Auftraggeber und somit einer der größten Stromkunden überhaupt (ca. 21% des gesamten öffentlichen Verbrauchs). 90% dieser Objekte kann mit  $4 \times 10 \text{ MW}_{\text{el}}$  voll versorgt werden. Hinzu kommen noch langfristig Heizwärme und Trinkwasser (Meerwasserentsalzung). Im ersten Schritt wird aber eine reine Stromversorgung angestrebt. Da die Spitzenlast nur im Ernstfall benötigt wird, kann sich zukünftig eine Umkehrung anbieten: Das militärische Kraftwerk speist Überschußstrom ins Netz und senkt damit die eigenen Kosten. Somit ergeben sich folgende Anforderungen:

- Kleine Abmessungen und geringes Gewicht, damit die „Kleinkraftwerke“ später auch im Feld folgen können.
- Um möglichst viele Anwendungsfälle zu erschließen, nur eine kleine Leistung – bis  $10 \text{ MW}_{\text{el}}$  derzeit angestrebt.
- Inhärente („walk away“) Sicherheit.
- Möglicher Betrieb über den vollen Lastbereich mit hoher Änderungsgeschwindigkeit um Inselbetrieb zu gewährleisten.
- Langzeit-Dauerbetrieb mit Brennstoff Wechselintervallen von mindestens 10 Jahren („Batterie“). Dies macht eine höhere Anreicherung von nahezu 20% (HALEU) nötig.
- Weitestgehend vollautomatischer Betrieb durch Soldaten – nach kurzer Schulung und Einarbeitung.
- Möglichst eine zivile Zulassung durch die NRC um die potentiellen Stückzahlen zu erhöhen und eine Einspeisung ins öffentliche Netz zu ermöglichen.

## Das Genehmigungsverfahren

Heutzutage eine Genehmigung für einen neuen Reaktortyp zu erlangen, gleicht einem einzigen Hindernislauf mit ungewissem Ausgang. Von einer Behörde, die ein Monopol hat und überwiegend im Stundenlohn (rund 280\$/h) arbeitet, kann man keine Sprünge erwarten. Sie wird sich noch grundlegend umorganisieren müssen um sich den neuen – teilweise noch in Arbeit befindlichen – Randbedingungen anzupassen: **Bei Reaktoren so kleiner Leistung ist die Menge radioaktiver Stoffe (Spaltprodukte) so klein, daß auch im ungünstigsten Fall eine Gefährdung von Personen außerhalb des Betriebsgeländes ausgeschlossen werden muß.** Eine schlimme Kröte für alle „Atomkraftgegner“! **Eine inhärente Sicherheit, d. h. keine nukleare Explosion und auch keine Notkühlung ist erforderlich. Ein vollautomatischer Betrieb, der keine Fehlbedienung erlaubt.** In diesem Zusammenhang ist interessant, daß die gesetzlichen Bestimmungen über die Nuklearversicherung bald routinemäßig auslaufen und zwangsläufig überarbeitet werden müssen. Es bietet sich an, für solche Reaktoren die **Haftpflicht nur noch rein kommerziell** auszugestalten. Eine (spezielle) Industrierversicherung mit kalkulierbar geringeren Kosten. Auch das wird für „Atomkraftgegner“ nur schwer verdaulich sein, da es doch zu deren Grundüberzeugungen zählt, daß Kernkraftwerke gar nicht zu versichern seien!

Wer an dieser Stelle glaubt, das seien alles nur Wunschträume, der täuscht sich gewaltig. Die NRC steht unter Druck. Sie hat schon lange den Bogen

überspannt. Ganz entscheidend ist aber, daß sich mit der Wahl von Präsident Trump der Wind von gegen, in pro Kernenergie gedreht hat. Der Präsident ist nämlich in dieser Frage sehr mächtig: Nach dem Atomic Energy Act of 1954 kann er das Verteidigungsministerium (DoD) anweisen, einen solchen Reaktor für militärische Zwecke zu bauen und zu betreiben (siehe 42 U.S.C. §2121(b)). Es bedarf dazu ausdrücklich keiner Genehmigung durch die NRC (siehe 42 U.S.C. §2140(b)).

Allerdings ist der Eigenbau gar nicht gewollt. Es geht um die Wiederbelebung der kerntechnischen Industrie. Dafür ist aber eine Genehmigung und Überwachung durch die NRC nötig. Im Gespräch sind private Investoren und Betreiber. Das Militär würde nur für 40 Jahre den Strom zu einem festgelegten Preis kaufen. Das Kraftwerk könnte in unmittelbarer Nähe des Stützpunktes errichtet werden und von dieser wirtschaftlichen Basis aus, sein Geschäft erweitern. Ein Vorbild ist auch die NASA, die eng mit privaten Raketenherstellern zusammenarbeitet und von diesen Nutzlast kauft.

## Der Zeitplan

Aktuell geht man von einer Realisierung innerhalb von 5 bis 10 Jahren für den „Neuen Reaktor“ einschließlich Brennstoffkreislauf, Genehmigungen und Bau aus. Für einen Kerntechniker hört sich das wie Science Fiction oder einer Geschichte aus vergangenen Zeiten (erstes Atom-U-Boot Nautilus etc.) an. Vielleicht knüpft Präsident Trump aber bewußt an diese Traditionen an. Ein solches Projekt ist weniger eine Frage der Ingenieurleistungen sondern viel mehr des politischen Willens. Gelingt es ihm, hat er wahrlich „America Great Again“ gemacht. Wenn Amerika wirklich wollte, hat es immer das Unmögliche geschafft: Manhattan Project, Nautilus, Apollo usw.

Nun ist es auch nicht so, als wenn man bei Stunde Null mit diesem Projekt anfängt. Technisch gibt es kaum Unwägbarkeiten. Politisch sind auch bereits die entscheidenden Gesetze durchgebracht. Es ist halt der unvergleichliche Donald Trump Regierungsstil: Immer viel Kasperletheater als Futter für die Medien und sonstige schlichte Gemüter, bei gleichzeitig harter Sacharbeit im Hintergrund.

Der Beitrag erschien zuerst auf der Website des Autors [hier](#)

Suche nach:  SUCHE

---

## [Schwimmflügel für die Kernkraft](#)

Russland befüllt jetzt mit den notwendigen Brennelementen das erste schwimmende Kernkraftwerk zur Versorgung von Verbrauchern an Land. Es ist die Akademik Lomonossow, deren Reaktoren von 2 x 35 MW Weiterentwicklungen der im jahrzehntelangen Einsatz befindlichen Reaktoren der russischen Eisbrecherflotte sind. Insbesondere asiatische Inselstaaten melden Interesse



an.

Von Petr Zikmund.

Ende Juli begann im Nordhafen Murmansk die Beladung des weltweit einzigen schwimmenden Kernkraftwerks mit Brennstoff ([Die Achse berichtete bereits](#)). Das einzigartige Projekt zieht eine erhöhte Aufmerksamkeit auf sich: Mobile Atomkraft auf dem Wasser – lohnt sich das und ist es überhaupt sicher? Greenpeace nimmt seine übliche Position. Rosatom setzt sich für die Sicherheit des Projekts ein und erwartet, dass daraus ein Exportschlager wird.

Ab 2019 wird das schwimmende Atomkraftwerk *Akademik Lomonossow*, das erste seiner Art, mit der Strom- und Wärmeversorgung der Hafenstadt von Pewek im Nordosten Sibiriens beginnen, wo es zwei technologisch veraltete Erzeugungsanlagen ersetzen wird: das Atomkraftwerk Bilibino und das Wärmekraftwerk Tschauenskaja. Damit wird es zum nördlichsten Atomkraftwerk der Welt.

Zuvor wurde das Reaktorschiff, 144 Meter lang und 30 Meter breit, mit Hilfe von Schleppern durch die Ostsee von St. Petersburg, seiner „Wiege“, nach Murmansk transportiert – nun beladen dort die Experten von *Atomflot*, einer Tochtergesellschaft von *Rosatom*, die Reaktoren mit Kernbrennstoff. Die *Akademik Lomonossow* ist mit zwei Reaktoren mit je 35 MW Leistung ausgestattet (also beträgt die Gesamtkapazität der Anlage 70 MW), basierend auf den Technologien, die seit Jahrzehnten in Eisbrechern verwendet werden – naturgemäß angepasst und aktualisiert. Somit kann angenommen werden, dass die Zuverlässigkeit der Reaktoren von der *Akademik Lomonossow* durch langfristigen Betrieb der weltweit einzigen Atomeisbrecherflotte erwiesen ist. Diese Ansicht wird jedoch nicht von allen geteilt.

Greenpeace zeigt sich besorgt – seine Vertreter eifern anscheinend miteinander um die Wette, die *Akademik Lomonossow* in zwei oder drei Worten möglichst prägnant zu stigmatisieren, sie liefern sich sozusagen einen Wettbewerb um die beste Metapher. Die Spitzenanwärter: „Tschernobyl auf Eis“ und „Nukleare Titanic“.

Im Allgemeinen halten sich die Umweltschützer an ihre traditionelle Rhetorik gegen Kernenergie und betonen, dass es sich um Kernreaktoren handelt, die nach ihrer Ansicht auf See noch mehr Risiken mit sich bringen. Besondere Bedenken verbindet der Greenpeace-Experte für Atomenergie Heinz Smital mit der von Russland geplanten Serienproduktion von schwimmenden Atomkraftwerken.

### **Geht die Akademik Lomonossow in Serie?**

Bei *Rosatom* wiederum sieht man keinen Grund, die Sicherheit der *Akademik Lomonossow* zu bezweifeln: die Anlage sei mit hoher Sicherheitsreserve konzipiert, die alle möglichen Bedrohungen abdeckt und die Reaktoren gegenüber Tsunamis und anderen Naturkatastrophen unverwundbar macht. Offenbar gibt es hier einen direkten Bezug auf die Fukushima-Katastrophe im Jahr 2011, die, wie einst Tschernobyl, erhöhte Aufmerksamkeit auf nukleare Sicherheit und ihre Verbesserungsmöglichkeiten lenkte.

Die zwingende Notwendigkeit der Einhaltung aller Sicherheitsstandards, einschließlich der sicheren und umweltgerechten Behandlung der Brennstoffe, hebt [Prof. Dr. Marco K. Koch](#), Vorstandsmitglied der [Kerntechnischen Gesellschaft](#) e.V., Leiter der Arbeitsgruppe *Plant Simulation and Safety* an der Ruhr-Universität Bochum hervor: Kleine modulare Reaktoren (die insbesondere auf der *Akademik Lomonossow* installiert sind) besitzen gewisse Vorteile, meint der Experte, wie beispielsweise die Kombination von aktiven und passiven Sicherheitssystemen, erhöhte Kühlungschancen im Falle eines hypothetischen Störfalls sowie ein dynamischeres An- und Abfahrverhalten.

Welche Aussichten bestehen also für die *Akademik Lomonossow*, wenn das Schiff seinen Betrieb beginnt? Wird es „Nachfolger“ haben? *Rosatom* blickt optimistisch in die Zukunft: Generaldirektor Alexej Lichatschow meldete schon früher Interesse an schwimmenden Kernkraftwerken aus mehreren südostasiatischen Ländern. Konzepte kleiner modularer Reaktoren könnten für Länder mit Inselnetzen tatsächlich interessant werden, glaubt Prof. Dr.-Ing. Thomas Schulenberg, Leiter des [Instituts für Kern- und Energietechnik](#) (IKET) am Karlsruher Institut für Technologie: „Darunter verstehen wir Netze, die nicht verbunden sind wie in Europa, sondern lokal begrenzt“, erläutert er.

Hier ist auch die Finanzseite sehr wichtig – besonders wenn es Entwicklungsländer angeht: Ein Entwicklungsland habe große Probleme, eine Summe von 10 Milliarden Euro für ein großes Kernkraftwerk zu bekommen – einen Kredit für eine zehnmal kleinere Summe bekommt man deutlich einfacher, so Schulenberg. Auf diese Weise könnte der Einsatz gleichartiger Anlagen wie die *Akademik Lomonossow* auf lange Sicht zur Erweiterung des Klubs von Staaten führen, die die Atomenergie nutzen.

*Der Autor Petr Zikmund ist Tscheche, lebt seit 2016 in Deutschland und arbeitet als freier Journalist mit den Schwerpunkten Energiepolitik, -wirtschaft und -versorgung.*

Übernommen von ACHGUT [hier](#)

---

## [Die Vorreiter und der Rest der Welt am 2. Januar 2018](#)

World Nuclear-News berichtet:

**Neuer Reaktor: Tianwan 3 beginnt mit der Einspeisung von Strom ins Netz** Der Block 3 des Kernkraftwerks Tianwan in der chinesischen Provinz Jiangsu wurde am 30. Dezember ans Netz angeschlossen. Der russisch gelieferte WWER-1000 soll noch in diesem Jahr in den kommerziellen Betrieb gehen.

**Neuer Reaktor: Rostow 4 Reaktor geht in Betrieb** Russlands neuester Kernreaktor, Rostow 4, erreichte am 29. Dezember Kritikalität und minimale

kontrollierte Leistung. Es ist Russlands 36. Reaktor in einer Flotte, die etwa 18% des Strombedarfs des Landes deckt.

**Neuer Reaktor: Taishan 1 EPR im Zeitplan bei Inbetriebnahme-Tests** Der Taishan 1 Europäische Druckwasser Reaktor (EPR) hat die heißen Funktionstests seiner Inbetriebnahme abgeschlossen und wird der erste EPR sein, der in Betrieb genommen wird, kündigte der Eigentümer China General Nuclear an der Börse in Hongkong an. Jedoch bedeutet „der erste zu sein“, dass einige Extratests angefordert wurden. Daher konnte Taishan 1 noch nicht Ende 2017 in Betrieb gehen, sagte die Firma.

**Deutscher Reaktor endgültig abgeschaltet!** Der Siedewasserreaktor Gundremmingen B in Süddeutschland wurde am 31. Dezember nach 33 Jahren Betrieb vom Netz genommen. Die Regierung hatte die Schließung der Anlage bis Ende letzten Jahres im Rahmen der Energiewende angeordnet. / [Link zum Fundstück](#)

Der Beitrag erschien zuerst auf [ACHGUT](#)

---

## [Russland schenkt der Welt die ungefährliche Kernkraft](#)

Die Früchte dieser langfristigen Strategie, die Nutzung der Kernkraft zu einem Schwerpunktbereich der russischen Industrie zu machen, führten letztlich auch zu Exporterfolgen, da ihre Kernkraftwerke zu den modernsten und sichersten im weltweiten Angebot gehören – und nicht zuletzt weil diese Exportoffensive auch durch attraktive Finanzierungsangebote begleitet wird.

Außer diesem Gesamteindruck hätte man gerne etwas Genaueres über diese Strategie gehört, weil der Blick auf die Vielfalt der Entwicklungen dazu keine Erkenntnisse brachte. Dass man dort schlicht alles, was irgendwie eine nutzbare Anwendung der Kerntechnik zu versprechen scheint, auch fördert, konnte eigentlich nicht stimmen.

### **So war es auch nicht.**

Der wohl größte Unterschied in der Bewertung der Kerntechnik zwischen Russland – und inzwischen auch China – gegenüber den westlichen Industrieländern zeigte sich bereits nach dem schweren Unfall von Tschernobyl. In den westlichen Ländern und besonders in Deutschland, wo die Anti-Kernkraft-Bewegung mächtigen Auftrieb erfuhr, reagierte die Elektrizitätswirtschaft fast schuldbewusst und weinerlich. Man hoffte wohl in den Vorstandsetagen, dass die unbestreitbaren Vorteile ihrer Kernkraftwerke der Politik wohl bewusst waren und man nach einer gewissen Zeit der Kritik und der Angstmacherei wieder zum ruhigen Tagesgeschäft zurückkehren würde.

Diese Haltung hatte sich bereits vor dem Unfall in Fukushima als völlige Fehleinschätzung herausgestellt – und das Ergebnis ist heute ein Absturz der größten Energiekonzerne mit realer Aussicht auf den vollständigen Bankrott.

Auch in den anderen westlichen Industrieländern – insbesondere in Japan – hat Fukushima zu einer Zurückhaltung beim weiteren Ausbau der Kernkraft geführt. In den Ländern Osteuropas hingegen überhaupt nicht: Dort hofft man mit Hilfe neuer Kernkraftwerke weniger vom russischen Erdgas abhängig zu werden – aber diese neuen Reaktoren kommen auch aus Russland..

Betrachtet man die russische Energiepolitik, so gibt es offenbar eine doppelte Strategie:

- – Mit dem Erdgas werden harte Devisen in Europa verdient. Besonders die Deutschen mit ihrem Atomausstieg brauchen immer mehr davon. Sie sind Putins beste Verbündete – und daran ändern auch gelegentliche, für die Medien gedachte Mahnungen in Bezug auf die Menschenrechte nichts.
- – Russlands Energiezukunft ist die Kernenergie. Dafür will man technologisch führend sein und investiert massiv in Forschung und Entwicklung. Die fortschrittliche Kerntechnik deckt den eigenen Energiebedarf und erobert zugleich einen beachtlichen Teil des Weltmarktes für den Neubau von Kernreaktoren.

## **Russlands Einstieg in die Suche nach der besten Lösung**

Russland hat die Unglücke von Tschernobyl und Fukushima keineswegs als weniger wichtige Episoden betrachtet. Im Gegenteil: Man hat dort sofort diese Vorkommnisse in allen Aspekten analysiert und daraus seine Schlüsse gezogen. Im Gegensatz zu der linken Anti-Atom-Hysterie und der von der CDU als letztes Fünkchen Widerstand gegen den totalen Ausstieg erfundenen Nonsense-Begriff der „Brückentechnologie“ hat man sich in Russland auf die Frage konzentriert:

„Wie muss eine zivil nutzbare neue Kerntechnologie konzipiert sein, die kein einziges hohes und unakzeptables Risiko mehr aufweist – und damit unstrittig als sicher und ungefährlich gelten darf, was dann ihre Akzeptanz in der Gesellschaft ermöglicht und rechtfertigt?“

Russische Ingenieure haben auf diese Frage eine präzise Antwort gefunden. In einem Artikel in der Zeitschrift *ATW* Nr.4 / 2017; S.237-243 mit dem Titel „Development of Innovative Technological Base for Large-Scale Nuclear Power“ („Eine innovative technologische Basis für leistungsstarke zukünftige Kernkraftwerke“) lieferten E. O. Adamow, A.V. Dedul, W. W. Orlow, V.I. Rachkow und I.S. Slessarew den beeindruckenden Beweis.

Die Reaktion der russischen Regierung auf den Unfall in Fukushima unterschied sich erheblich von der deutschen. Die Planung war, 26 neue Kernkraftwerke bis zum Jahre 2030 zu bauen. Präsident Putin erklärte: „Wir werden unsere Pläne nicht ändern, aber natürlich unsere Schlüsse daraus ziehen.“ Ferner stellte

er fest: „Zu Öl und Gas gibt es nur eine starke Alternative. Das ist die Atomenergie.“ Alles andere seien „Spielereien“.

## **Deutschlands panischer Ausstieg**

In Deutschland hatte dagegen folgendes stattgefunden:

Die seit 1998 regierende Rot-Grün-Koalition vereinbarte mit den Energieunternehmen im Atomgesetz von 2002 den Ausstieg aus der Kernenergie; der Reaktor Neubau wurde verboten und der Ausstieg auf die Wiederaufbereitung der benutzten Brennelemente eingeleitet. Aber auch die mit diesem Gesetz noch zugestandene Restlaufzeit der Reaktoren war keine Garantie: Der Regierung Merkel genügte dann ein weiterer Unfall in Fukushima im März 2011, um im Erdbeben- und Tsunami-freien Deutschland der friedlichen Nutzung der Kernkraft mit noch nie dagewesener Eile den Rest zu geben: Nur 4 Tage nach dem Unfall verhängte sie ein 3-monatliches Atom-Moratorium und ordnete die Abschaltung der 8 ältesten Kernkraftwerke an – als ob diese besonders gefährlich wären, und die übrigen (noch) nicht. Weil die Reaktorsicherheitskommission – ein äußerst kritisches und wachsames Gremium, das mit Atom-Lobbyismus nicht das Geringste zu tun hatte – den deutschen Kernkraftwerken eine sehr hohe Sicherheit bescheinigte, setzte Frau Merkel eine merkwürdige „Ethik-Kommission“ ein, der kein Energiewirtschaftler oder Kerntechnikexperte angehörte, dafür aber mehrere Kirchenvertreter, die auftragsgemäß den Atomausstieg befürworteten.

Dass sich das Parlament diese dreiste Überrumpelung gefallen ließ, sagt vieles über die Courage und die Unabhängigkeit der angeblich nur ihrem Gewissen verpflichteten Abgeordneten aus. Ende Juni 2011 folgte der Beschluss, die übrigen, noch nicht stillgelegten Kernkraftwerke schrittweise abzuschalten.

## **Der Ausstieg hat Folgen**

Inzwischen ist die Abschaltung der Kernkraftwerke der Grund für die Jahr für Jahr steigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands, denn den Grundlaststrom müssen nun Braunkohlekraftwerke liefern. Damit geht das Hauptargument der ganzen Energiewende – der sogenannte Klimaschutz – verloren. Deutschland ist nun kein Vorreiter mehr, sondern selbst „Klimakiller“, wie die Klimaangst-Fraktion das nennt. Alle Selbstverpflichtungen Deutschlands, die immer die Zahlen der EU übertrafen, waren also Angeberei, der nun das Scheitern folgt. Dafür nimmt jetzt die Gefahr eines großen Netzzusammenbruchs (Blackout) weiter zu, weil die für dessen Stabilität notwendigen Kraftwerke fehlen und die extremen und unberechenbaren Schwankungen der „erneuerbaren“ Stromerzeuger mit deren teurem Ausbau immer stärker werden. Mit anderen Worten: die Bundesregierung hat die deutsche Energiewirtschaft ruiniert, die Stromversorgung gefährdet, die Stromverbraucher ausgeplündert und ihre realitätsfernen „Klimaschutz“-Ziele verfehlt. Sie ist mit der Demonstration dieses Desasters, der Präsentation eines wirtschaftlichen Selbstmordes, in der Tat ein Vorreiter. Alle sind nun gewarnt.

Bevor auf die Arbeit der russischen Experten eingegangen wird, noch ein Wort

zum Stand der Kerntechnik im Vergleich zu alternativen Technologien. Sie ist eine sehr junge Technik, die heute vor einer außerordentlichen Auffächerung in immer neue Systemtypen steht. Ein gutes Beispiel stellt die von 14 Nationen getragene internationale Arbeitsgemeinschaft für die Entwicklung der Kernreaktoren der IV. Generation (GIF) dar, die 6 Hauptlinien der Reaktorsysteme in ihrer Entwicklung bis zur Marktreife verfolgt. EURATOM ist zwar Mitglied; Deutschland (zwar EURATOM-Mitglied) beteiligt sich jedoch als einziges Industrieland der Welt nicht an der GIF.

Zu den 6 Hauptlinien der GIF-Arbeitsgemeinschaft gehört auch der in Russland in der Entwicklung befindliche Bleigekühlte Schnelle Reaktor (LFR), von dem noch die Rede sein wird.

## **Die Erneuerbaren Energien – eine Scheinlösung**

Deutschland hat sich aus der Kerntechnik verabschiedet und setzt stattdessen auf Wind- und Solarstrom als Schwerpunkte der zukünftigen Stromversorgung. Die immer weiter ausgebauten Windkraft ist eine Technik aus dem Mittelalter, die ihre prinzipiell schwankende Leistungsabgabe der Physik verdankt, was auch ideologischer Eifer nicht ändern kann. Sie ist für die Stromerzeugung in einem Industrieland ungeeignet. Die für einen Ausgleich ihrer Schwankungen erforderlichen weit über 1000 Pumpspeicher-Kraftwerke sind eine Illusion. Die Photovoltaik ist von der Sonneneinstrahlung und somit auch vom Wetter abhängig – und fällt nachts aus. Und sie ist teuer. Neu ist diese Technik keineswegs und ihre Entwicklungschancen sind bescheiden. Für ein Industrieland, das außerdem eher sonnenarm ist, vollkommen ungeeignet.

Die Verstromung von Biogas führt zu hohen Kosten. Und der Flächenverbrauch ist enorm. Für die Artenvielfalt katastrophal und durch Überdüngung eine Umweltgefahr.

Die Bundesregierung weiß das selbstverständlich; es fehlt aber am Mut, diese desaströsen Fehler einzugestehen und zu einer rationalen Energiepolitik zurückzukehren. Offenbar wartet man darauf, dass die unweigerlich kommenden Probleme das Parlament – nach Sturz der Regierung – zu einer Kehrtwende zwingen:

- – Längere, totale Blackouts mit zahlreichen Toten.
- – Unerträglich gewordener Exodus von großen Industrieunternehmen wegen der untragbar gewordenen Strompreise.
- – Aufstand der privaten Stromverbraucher gegen die „große Abzocke“ über die Strompreise und die jährlich 25 Milliarden betragende Umverteilung von unten nach oben – mit Blick auf die Propaganda der Parteien über ihr Bestreben nach Gerechtigkeit.

## **Brückentechnologie oder Zukunftstechnik ?**

Angesichts der unbrauchbaren „erneuerbaren“ Stromerzeuger ist die im Atomgesetz von 2009 nachzulesende Abwertung der Kerntechnik als „Brückentechnologie“ durch die damals regierende christlich-liberale Regierung ein Beleg für vollständige Ahnungslosigkeit. Die Beendigung der zivilen Nutzung der Kerntechnik war auch bei dieser schwarz-gelben



Bundesregierung das Ziel. Das erklärt das heute noch andauernde Schweigen der CDU/CSU-Fraktion angesichts der überbordenden Probleme, die die Energiewende verursacht. Den anderen Parteien im Bundestag geht der Atomausstieg nicht schnell genug.

Der Artikel der 5 russischen Autoren vermittelt eine bislang unbekanntة Erklärung über ihre systematische und rationale Herangehensweise an die bisherigen Probleme der zivilen Nutzung der Kernenergie – und sie formulieren die zwingend erforderlichen Eigenschaften einer Kerntechnik, die eine künftige Chance auf eine breite und nicht mehr umstrittene Anwendung haben will. Und sie präsentieren die von Russland gefundene und bereits weit entwickelte Lösung.

In Russland ist die Kerntechnik jedenfalls keine Brückentechnologie. Wie dort die Fachleute auf den schrecklichen Unfall im Kraftwerk Tschernobyl im April 1986 reagiert haben, erklärt den gewaltigen Unterschied zwischen ihren Schlussfolgerungen und der ausschließlich auf Angst beruhenden Reaktion in Deutschland, wo man nicht einmal die Ursachen dieses Vorfalls benannte oder gar diskutierte.

## **Der russische Weg zu einer risikoarmen Nukleartechnologie**

Die folgenden Ausführungen stammen wörtlich – und gelegentlich sinngemäß – aus dem Artikel der 5 russischen Experten.

Bereits kurz nach der Tschernobyl-Katastrophe stellten die Professoren A. Weinberg und W. Orlow (Mitautor des hier besprochenen Artikels) ihre Kernidee über die Zweckmäßigkeit des Erreichens der inhärenten Sicherheit vor und behandelten dabei die technisch möglichen Verursacher schwerer Unfälle.

Bei den Reaktortypen der vorausgegangenen Generationen wurde Wert auf eine einfache Kernenergieproduktion gelegt; das Risiko von Unfällen wurde durch evolutionäre Verbesserungs-Maßnahmen auf Kosten vielfacher und komplizierter Ingenieurarbeit so weit wie möglich verringert, was allerdings die Kosten der Energieerzeugung beträchtlich in die Höhe trieb. Dennoch blieben wesentliche, grundlegende Risiken auf dem Niveau von Ungewissheit, wodurch manchmal die Notwendigkeit der Kernkraft aufhörte, einleuchtend zu sein.

Diese nicht grundsätzlich weiterentwickelte Energieerzeugung führt zu einer Verschwendung von Mitteln und wissenschaftlich-technischen Anstrengungen bei der Schaffung einer unnötigen Vielfalt von Reaktortypen, die jedoch nahezu die gleiche „Nuklearenergie-Effizienz“ besitzen und auch immer noch von den wesentlichen Risiken und Bedrohungen begleitet werden.

Es ging somit darum, ein strategisches Szenario zu entwickeln, das auf einer innovativen wissenschaftlichen und technologischen Grundlage gründet. Dieses Szenario wird dadurch realisiert, dass mindestens ein Basiselement künftiger Kerntechnik gesucht wird, das in erster Linie ein hohes Maß an Selbstschutz besitzt sowie ein ausreichendes Potenzial von dessen Verstärkung. Dadurch kann das entscheidende Niveau an Selbstschuttfähigkeit erreicht werden, das ausreichend ist, um diese Kerntechnik gegen alle wesentlichen Bedrohungen und Risiken zu sichern.

# Risiken und Bedrohungen der bisherigen Kerntechnologien

Eine Eliminierung aller wesentlichen Risiken und Bedrohungen (oder ihre Umwandlung in die Kategorie gewöhnlicher Risiken und Bedrohungen) bedeutet, dass diese Aufgabe eine Fokussierung auf folgende Punkte verlangt:

1. Garantierte Verhinderung schwerer Unfälle, die durch mögliche Anlageninterne „Initiatoren“ bzw. Urheber verursacht werden.
2. Unterdrückung potenzieller Bedrohungen durch eine Abschirmung der gefährlichsten nuklearen Spaltmaterialien und radioaktiven Materialien gegen Proliferation (Ausbreitung).
3. Eliminierung der Notwendigkeit zu einem Vergraben und/oder einer teuren, langen Überwachung der gefährlichsten langlebigen Abfälle, um die sogenannte „radiologische Balance“ auf dem Planeten zu unterstützen.
4. Deutliche Verringerung der Drohung einer raschen Erschöpfung der natürlichen Ressourcen von Kernbrennstoff...und alle Lösungen zu diesen Punkten haben die ökonomische Wettbewerbsfähigkeit der Kerntechnik sicherzustellen – oder sie sogar zu erhöhen. Der Verlust an Wettbewerbsfähigkeit kann als eine besondere Bedrohung für die ökonomische Akzeptanz der Kerntechnik angesehen werden, weshalb das in die Liste der wesentlichen Risiken gehört.

Näheres zu den o.g. Risiken und Bedrohungen:

Die in der Vergangenheit entwickelten Nukleartechnologien enthalten Risiken, die vermutlich niemals eliminiert werden können, offenbar weil sie anfänglich, jedoch nicht absichtlich, in die wissenschaftliche und technische Grundlage der heutigen Reaktoren eingefügt worden sind. Es ist einfach, eine Vielfalt von wesentlichen Risiko-Quellen aufzufinden, wenn man das Sicherheitsproblem in Bezug zu schweren eingetretenen Unfällen analysiert. Eine Liste von Bedrohungen, deren Herkunft auf ihrer „nuklearen Natur“ beruht, enthält den Spielraum der sog. „gespeicherte Reaktivität“ (die z.B. die Reaktionsgeschwindigkeit enthält) in Bezug auf verzögerte (thermische) Neutronen; langfristig und recht intensiv auftretende Restwärme; gefährliche Isotopenumwandlungen und Neutronen-„Poisoning“ (Überflutung) eines Reaktors; mehrfache Rückkopplungen, die die Dynamik des Reaktors beeinflussen und die imstande sind, einen nahezu augenblicklichen und unkontrollierbaren Anstieg der Leistung zu verursachen. In einigen Reaktortypen können solche Reaktivitätseffekte zu sofortigem und gefährlichen Reaktivitätsanstieg führen.

(Anm.: Hiermit ist offenbar der Druckröhren-Reaktortyp gemeint, der in Tschernobyl den Unfall verursachte. Dieser ursprünglich für die Kernwaffenproduktion gebaute Reaktor – der nur im Bereich der ehemaligen Sowjetunion und dort nur in wenigen Anlagen existierte – war durch einen geradezu „kriminellen“ Reaktivitätsverlauf gekennzeichnet, denn seine Leistung stieg mit steigender Kerntemperatur weiter an. Schwere Bedienungsfehler der Betreiber Mannschaft führten dadurch zur Katastrophe. Die Leichtwasserreaktoren in den westlichen Ländern weisen hingegen eine fallende Reaktivität bei steigender Kerntemperatur auf. G.K.)

Unter den nichtnuklearen potenziellen Bedrohungen gibt es die Möglichkeit

multipler chemischer Reaktionen (zumeist exothermisch, also Wärme erzeugend), die in einem Reaktor während eines Notfall-Betriebsmodus auftreten können. Ferner hoher innerer Druck; Veränderung des Phasenzustands des Kühlmittels (z.B. Sieden), etc.

Ein offener Brennstoffkreislauf kann zur Ansammlung des benutzten Brennstoffs, toxischer Spaltprodukte und der Notwendigkeit zu extrem langen Lagerungs- und Überwachungszeiten führen, was als ein weiteres wesentliches Risiko betrachtet werden kann – ebenso wie die Verbreitung gefährlichen radioaktiven Materials mit den damit zusammenhängenden Möglichkeiten des Terrorismus. Dies betrifft alle Technologien, die reale konzentrierte Freilassung von Spaltprodukt-Isotopen bei irgendeiner Phase der Brennstoffmanipulation erlauben.

Berücksichtigt man auch die große Kapitalbindung der Kernkraft-Technologien, dann ist das ökonomische Risiko einer raschen Erschöpfung relativ billiger Brennstoffressourcen sehr bedeutsam, falls das Potenzial der Brennstoff-Erbrütung nicht realisiert wird. Dieses Risiko ist für thermische Reaktoren (mit einem thermischen, langsamen Neutronenspektrum) nicht zu überwinden, weil ihre Brennstoff-Verbrennung unzureichend ist. (Anm.: So bleibt in den „abgebrannten“ Brennstäben der üblichen Leichtwasserreaktoren (LWR) der weitaus größte Teil des eingesetzten Natururans U-235 im „Abfall“, der tatsächlich ein wertvoller Brennstoff ist – allerdings nicht für die LWR. G.K.). Selbst für den heutigen relativ bescheidenen Gesamtbestand an thermischen Reaktoren rechnet man damit, dass die Reserven des billigen U-235 nur ca. 50 Jahre reichen. Dieses Risiko der Erschöpfung der Brennstoffressourcen kann nur durch den raschen Übergang zu schnellen Reaktoren mit geschlossenem Brennstoffkreislauf überwunden werden. Schließlich besteht ein weiteres ökonomisches Risiko durch zu erwartende Versicherungskosten wegen realer aber recht ungewisser Bedrohungen durch schwere und katastrophale Unfälle.

Um diese Risiken zu eliminieren (im Sinne von „ausreichend unterdrücken“) reicht es nicht, mit Wahrscheinlichkeits-Analysen zu arbeiten – und zwar aus zwei Gründen:

Wegen des katastrophalen Ausmaßes der Schäden für den Fall, dass der Unfall eintritt; und wegen der beträchtlichen Unsicherheiten, die durch eine sehr karge Statistik derartiger Ereignisse bestehen. Deshalb schafft allein eine wissenschaftliche und technische Bestimmung im Sinne des Determinismus, die für eine gerechtfertigte Beschreibung und Eliminierung der Gründe für die Risiken und Bedrohungen benutzt wird, eine notwendige Garantie, „um uns aus diesem Schlamassel herauszuholen“.

Es gilt daher, eine „Inhärente Sicherheit für Kernenergie“ (NP-IS) zu erreichen, wobei man die direkte Anwendung der Naturgesetze, eine von Anfang an zweckmäßige Wahl spezieller Technologien und Strukturmaterialien, Gestaltung der Reaktorstruktur und des Fabrik-Designs für den Reaktor sowie für den Brennstoffkreislauf. Das NP-IS-Prinzip schließt „Selbstschutz“-Eigenschaften der Reaktoren wie auch passive Sicherheits-Hilfsmittel ein, wie sie schon jetzt teilweise eingesetzt werden.

Bei einigen Kernreakortypen kann NP-IS derart auf Effizienz „designed“ werden, dass alle oder der Hauptteil der technisch möglichen Unfallauslöser – einschließlich des menschlichen Faktors – durch einen Selbstschutz blockiert werden kann, und das ohne die Aktionen von

aktiven Sicherheitsmaßnahmen und ohne das Eingreifen des Personals.

## **Das Ergebnis der Arbeiten: Ein sicherer Reaktortyp**

Diese Bewertungen der bisherigen nuklearen Technologien und die daraus abgeleiteten Anforderungen an eine inhärent sichere Technologie – in dem Artikel der 5 Autoren als Basiselement bezeichnet – haben in Russland direkt nach dem Tschernobyl-Unfall begonnen und zu einem konkreten Ergebnis geführt, an dessen Realisierung intensiv gearbeitet wird. Die Forderung nach einem Selbstschutz-Verhalten führte zur Wahl eines schnellen Reaktors mit einem besonders harten Neutronenspektrum und einem geschlossenen, im Gleichgewicht befindlichen Brennstoffkreislauf als das o.g. „Basiselement“. Die „klassischen“ schnellen Reaktor-Brüter vom französischen Superphenix-Typ (Anm.: ...und ebenso der deutsche schnelle Brüter in Kalkar) kamen nicht in Frage, weil sie nur für die Eliminierung einer der besonderen Bedrohungen – die rasche Erschöpfung der Brennstoffressourcen – konzipiert wurden und kein ausreichendes Selbstschutz-Potenzial besitzen.

Wenn der Reaktor mit hartem Neutronenspektrum als das strategische Basiselement gewählt wird, kann dessen Selbstschutzzfähigkeit durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Ersatz der Natriumkühlung durch das chemisch inerte Blei mit hoher Siedetemperatur und reduzierter volumetrischer spezifischer Leistung.
- Das Wachstum der Neutronen-Erzeugungsrate (durch Kernspaltung) wird begünstigt durch einen dichten Brennstoff mit hoher Wärmeleitung.
- Eine Reduzierung des Levels der Brennstoff-Erbrütung mit dem Ergebnis einer Stabilisierung der Reaktivität.
- Die Verwirklichung eines im Gleichgewichtszustand befindlichen geschlossenen Brennstoffkreislaufs mit dem Wegfall von Anreicherung bzw. erneuter Anreicherung der Brennstoffzufuhr.
- Positive Reaktivitätseffekte werden radikal verringert, was den Selbstschutz-Eigenschaften zugutekommt – dies ist nur bei dem Kühlmittel Blei der Fall.

### **Die Realisierung**

Somit wurde der schnelle, bleigekühlte Reaktor als die beste Lösung gewählt. Im Jahre 2010 startete die russische Regierung ihr Forschungsprogramm „Entwicklungsstrategie der Kernkraft in Russland in der ersten Hälfte des 21-ten Jahrhunderts“ als innovative Plattform. Es enthielt das Zielprogramm „Nukleartechnologien der neuen Generation von 2010-2015-2020“. Es wurde weiterhin unterstützt im Projekt der Präsidenten-Kommission für die Modernisierung und die technische Entwicklung der russischen Wirtschaft – „Neue technologische Plattform: Geschlossener Brennstoffkreislauf und schnelle Reaktoren“.

### **Die Realisierung:**

In der 1. Stufe (2010-2014):

- Technische Designs von bleigekühlten schnellen Reaktoren wurden entwickelt.
- Der Technik-Plan für den Forschungsreaktor MBIR wurde entwickelt.

In der 2. Stufe (2015-2020):

- Weiterentwicklung der Dokumentation des Designs für das Forschungs-Demonstrationskraftwerk mit bleigekühltem schnellen Reaktor (BREST-300) und dessen Konstruktion;
- Entwurf einer Fabrik zur Produktion dichten Brennstoffs für schnelle Reaktoren.
- Abschluss von F&E zur Technologie für eine Industrieanlage zum Recycling von gebrauchtem Kernbrennstoff.
- Abschluss von F&E zur Technologie für die Fabrik zum Recycling von gebrauchtem Kernbrennstoff von schnellen Reaktoren.

Das Projekt zielt insbesondere auf die Konstruktion des bleigekühlten Demonstrationsreaktors BREST-300 und die Unternehmung für die Schließung des Gleichgewichts-Brennstoffkreislaufs.

(Ende der Zitate aus dem o.g. Artikel).

## **Zusätzliche Anmerkungen:**

Russland ist Mitglied beim Internationalen Forum IV. Generation (s.o.) und der bleigekühlte schnelle Reaktor ist einer der 6 technologischen Schwerpunkte dieser Arbeitsgemeinschaft, den selbstverständlich Russland mit seiner Entwicklung des BREST-300 weitgehend ausfüllt. Dieser Prototyp-Reaktor, der 300 MW elektrische Leistung besitzt, soll bis 2020 fertiggestellt sein. Damit steht das Land m.E. an der Spitze der kerntechnischen Entwicklungen in der Welt, denn mit seiner eindrucksvollen und konsequenten Sicherheitsphilosophie kann die zivile Nutzung der Kernkraft eine sehr viel größere gesellschaftliche Akzeptanz erhalten.

Eben das war von vornherein das Ziel der russischen Ingenieure und ihre gründliche Problemanalyse, ihr sich daraus ergebender Anforderungskatalog und schließlich die Auswahl der geeignetsten Technologie mit anschließender Entwicklung und dem Bau eines Demonstrationskraftwerks lässt alle westlichen, durchweg auf einzelne Verbesserungen abzielenden Aktivitäten nicht gerade im besten Licht dastehen.

Ein Grund für diesen Vorsprung könnte sein, dass schon seit vielen Jahren in allen russischen – und früher sowjetischen – Regierungen der technische Sachverstand auf der höchsten politischen Ebene auffallend stark war. Das war eine gute Voraussetzung dafür, dass vorausschauende Planwirtschaft bestens funktionierte.

In Deutschland haben wir inzwischen auch eine Planwirtschaft im Energiesektor; nur ist sie leider eine Katastrophe, weil niemand in der Regierung auch nur eine schwache Ahnung von Wirtschaft und Technik hat.

## **Ist das Votum der Ethik-Kommission am Ende eine Zustimmung zur Kernkraft ?**

Zufällig erschien in der gleichen Ausgabe der ATW ein Artikel von Dr. Dieter Herrmann über die historische Einordnung der Kernenergie. Er behandelt darin eingangs die merkwürdige Rolle, die die „Ethik-Kommission“ 2011 mit ihrer

Empfehlung zum Ausstieg aus der Kernenergie zu spielen hatte. Dieses Energieexperten-lose aber dafür mit Kirchenvertretern stark besetzte Gremium (das diese Zumutung nicht etwa ablehnte, sondern sich wichtig vorkam) hat immerhin einige Sätze zum Risiko verfasst, die im Lichte der oben beschriebenen russischen „Wende“ in der nuklearen Entwicklung sehr interessant werden.

Aus dem Artikel von Dr. Herrmann:

„Besagte Ethikkommission berief sich mit ihren Empfehlungen vor allem auf ein „absolutes und nicht abwägbares Risiko“, das mit der Kernenergienutzung verbunden ist, und das nicht zu verantworten sei, wenn es zugleich risikoärmere (und gesellschaftlich weniger umstrittene) Methoden der Energieerzeugung gibt. Für Viele – Gegner wie Befürworter der Kernenergie – galt diese Empfehlung als das perspektivisch endgültige Aus für jede Art nuklearer Energieerzeugung in Deutschland. Und selbst das eine oder andere Mitglied der Ethikkommission könnte sie so verstanden haben. Dabei kann diese Empfehlung im Umkehrschluss auch heißen, dass Kernenergie dann grundsätzlich zu verantworten ist, wenn sich dieses Risiko durch technische Weiterentwicklung unter jene Schwelle des „Absoluten“ und „Nicht-Abwägbaren“ senken lässt. Sobald dies (mit oder ohne deutsche Beteiligung) gelungen ist, aber auch wirklich erst dann, hängt die Zukunft der Kernenergie weltweit ausschließlich von ihrer Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit bei der Deckung des künftigen weltweiten Energiebedarfs ab. Darauf zu setzen, dass dies nie geschehen wird, hieße wesentliche Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten solcher hochkomplexen und langwierigen Entwicklungsprozesse zu verkennen.“

(Ende des Zitats).

Das trifft den Nagel auf den Kopf. Spätestens wenn BREST-300 am Netz ist, hat sich das Verdikt der Ethikkommission in ein Votum für die Kernenergie verwandelt. So führen russische Ingenieure die Mitglieder der Ethikkommission vor. Deren Gesichter – und auch das der Kanzlerin – möchte man sehen, wenn sie diese Botschaft erhalten – und sie verstehen.

Günter Keil; Dr.-Ing.

---



# Ein Physiker und „die“ Energiewende

Die Absorption und Wandlung der Energie eintreffender Solarstrahlung erzeugt und betreibt bekanntlich seit etwa 3,5 Milliarden Jahren Flora und Fauna der Erde. Ihre Erwärmung auf einen geeigneten Temperaturbereich ermöglicht es der Flora, mit einer Wandlung von Solarstrahlung Kohlendioxid zu spalten und als chemische Energie in Form von Kohle und Kohlenwasserstoffen (lebend und tot) zu speichern.

Diese fossilen Energiespeicher (und der Sauerstoff) betreiben wiederum die aufgesattelte Fauna der Erde mit der Spezies Mensch. Mit der Nutzung dieser fossilen Energiespeicher wurde für ihn nahezu die gesamte Oberfläche des Festlandes bewohnbar und ließ die Population des sog. „homo sapiens“ in etwas mehr als 100.000 Jahren (trotz der Nutzung der Kohle im Schießpulver) über 7,5 Milliarden hinaus anwachsen.

Seit einigen tausend Jahren ergänzt der Mensch die Nutzung fossiler Energie mit der Beimischung des zur kinetischen Energie von Wind und Wasser gewandelten Anteils der absorbieren Solarstrahlung für den Antrieb von Schiffen, Wind -, Wassermühlen und Pumpen. Noch heute machen solche Pumpen sogar Landflächen unterhalb des Meeresspiegels bewohnbar. – Einen sinnvollen Rückfall zur fossilen Energie besorgten im 19. Jahrhundert Dampfmaschine, Dampfturbine, Stromgenerator, Elektro- und Verbrennungsmotor. Die zusätzliche Nutzung der „kinetischen Solarenergie“ – ausgenommen die Wasserkraft – verschwand wieder im Museum der Geschichte.

Die Wandlung fossiler Energie in elektrischen Strom wurde unverzichtbar für die Existenz der menschlichen Gesellschaft. Elektrische Energie lässt sich nicht speichern, sondern lediglich mit Verlust in andere Energiearten rückwandeln. Daher muss ihre Erzeugung und Bereitstellung stets dem schwankenden Verbrauch sekundengenau folgen!

Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurde mit der Kernenergie erstmalig eine von der Sonne unabhängige Energiequelle für die Stromerzeugung verfügbar. Ihr Anteil an der Stromversorgung ist grundsätzlich frei wählbar. Die globale Ausbreitung der Nutzung von Kernenergie geht von den Industrieländern aus und schreitet fort.

Deutschland hatte sich zunächst in die Spitzengruppe der Kernenergienutzer eingereiht. Im Jahr 2000 wurden nicht fossil 35% des Stroms (Kernenergie 31%, Wasserkraft 4%) und fossil 65% erzeugt (Kohle 50%, Erdgas 10%, Sonstige 5%).

Regelbare Kraftwerke deckten zuverlässig den etwa zwischen 45 – 75 GW<sup>1</sup> schwankenden Bedarf. Die Jahresmenge zwischen 600 – 650 TWh.<sup>2</sup> Ist bis heute kaum gestiegen.

Plötzlich lassen Ende des 20. Jahrhunderts Politiker den bösen Geist eines vermeintlichen „anthropogenen Klimawandels“<sup>3</sup> aus der Flasche sog. Klimaforscher mit der Parole:

„Die Nutzung fossiler Brennstoffe wird durch den Ausstoß von CO<sub>2</sub> mittlere Temperaturen auf der Erde katastrophal um weit mehr als 2 °C, die Meeresspiegel um mehrere Meter ansteigen lassen!“

Der Physiker ist irritiert: An seinem Wohnort Berlin ist es leider um 6 °C kälter als in Rom, der Hauptstadt seines Urlaubslandes Italien. Auch ist ihm bekannt, dass Wetter nicht einmal für Wochen vorhersagbar ist, seine Statistik erst das Klima definiert und niemand eine Statistik prognostizieren kann! – Doch „das deutsche Primat der Politik“ will es besser wissen:

Bis zum Jahr 2016 werden 25.000 „Windkraftwerke“ und zigtausende Quadratmeter Solarzellen – koste es was es wolle – in der Landschaft verteilt. Ihre „Nennleistung“ überschreitet bereits 90 GW. Zwar kann keines der regelbaren Kraftwerke ersetzt werden, doch wird deren unverzichtbare Stromlieferung insgesamt unwirtschaftlich, weil kapp 20% ihres ursprünglichen Beitrages bei nahezu unveränderten Betriebskosten zwangsweise vom „Zappelstrom“ verdrängt werden.<sup>4</sup>

*Video der Leistung von Wind & Solarstrom im Oktober 2015. Rechnerisch wurde dann die Windeinspeisung in einer Schritten bis um das 10 fache erhöht. Die Solareinspeisung bei 50 GW gedeckelt. Der Film zeigt nun klar auf: 1. Trotz rd. 10 facher Überdimensionierung (485 GW Installiert zu 50 GW mittlerer Bedarf) können diese Erzeuger den Bedarf nur an rd. 50 % der Tage decken, bzw. überdecken. Der überschießende Rest muss abgeregelt oder gespeichert werden. 2. An rd 50 % der Tage fehlen große Leistungen, obwohl 485 GW installiert wurden. 3. Nie wurde auch nur ansatzweise die installierte Leistung abgegeben. Die Spitze lag bei rd. 150 GW (von 435 GW Wind). Kosten wurden nicht betrachtet. Daten EEX, Grafik Rolf Schuster*

Der Physiker hoffte lange: Bald muss doch auch der Letzte merken, dass noch mehr „Erneuerbare“, noch mehr Stromleitungen und noch „smartere Netze“ nur weiter in die Sackgasse führen.

Doch es kam noch schlimmer:

Im Jahr 2011 zerstört in Japan ein Tsunami Kernkraftwerke. Die Gesundheit von Menschen dort wird nicht gefährdet, die für die Sicherheit in Deutschland zuständigen Fachleute prüfen den Vorfall und geben weiter grünes Licht für deutsche Kernkraftwerke. Das „deutsche Primat der Politik“ will es anders: Man „findet“ den Rat fachfremder sog. „Ethiker“, legt unverzüglich 8 der deutschen Kernkraftwerke still und will den Rest bald folgen lassen. – Auch die deutsche CO<sub>2</sub> Freisetzung steigt weiter, die Temperaturen seit 20 Jahren leider nicht.

Stromversorgung am Kollaps, ein Bahnhof in Stuttgart, eine Philharmonie in Hamburg, ein Flughafen in Berlin! Der Physiker ist nicht mehr irritiert sondern hat endlich begriffen: In Schilda sind Realität und Fakten nur Störgrößen!

1 Für einen zuverlässigen Betrieb der deutschen Stromnetze muss die in Form regelbarer Kraftwerke verfügbare Gesamtleistung nach wie vor mindestens etwa

85 GW betragen.

2 Der Preis für Haushaltsstrom betrug etwa 12 Cent/kWh, die Strompreise für die Industrie lagen darunter.

3

<http://de.scribd.com/doc/190496647/Angst-auf-Objektsuche-wahlt-Klimawandel-und-Energiewende>

4 Der Preis für Haushaltsstrom steigt auf 30 Cent/kWh und der Strompreis für Industriestrom wird zum Erhalt von Arbeitsplätzen vom Steuerzahler subventioniert.

---

## Schöne neue Öko-Energiewelt: Licht aus, Pullover an, Treppe statt Lift

### **Öko-Rotkäppchen und der böse Dunkelflaute-Wolf**

Den Ernst der Lage verdeutlicht eine Meldung des Manager-Magazins vom 19. Jan. 2017 [MaMa]. Unter der Überschrift „Blackout-Gefahr – Atomkraftwerke schwächeln – In Frankreich gehen die Lichter aus“ wird gemeldet, dass die Stadtverwaltung von Paris wegen der extremen Stromknappheit an etwa 330 öffentlichen Gebäuden die Außenbeleuchtung ausschalten ließ. Weitere von der französischen Regierung im Rahmen einer groß angelegten Kampagne angeregte Stromsparmaßnahmen: Franzosen sollen mehr Treppen steigen statt den Fahrstuhl zu benutzen, und auf große E-Mail-Anhänge verzichten, um Serverleistung zu sparen. Wohnräume sollen nur auf 19 Grad geheizt werden, Bewohner dickere Pullover tragen und häufiger die Lichter ausmachen. Selbst großen Industriebetrieben wie der Aluminiumschmelze von Rio Tinto Alcan in Dünkirchen will man notfalls die Stromzufuhr kappen. Normalerweise sollte man solche Vorschläge angesichts der Erfordernisse moderner Industrienationen für einen schlechten Witz halten. Doch leider ist dies kein Scherz, sondern bitterer Ernst. Ohne die Unterstützung der Nachbarländer über das europäische Verbundnetz wären in der „Grande Nation“ vermutlich bereits im November 2016 die Lichter ausgegangen. Wie kam es dazu?

**Bild 1 rechts.** Stromerzeugungsanteile in Frankreich (Bild: Commons.Wikimedia, Theanphibian [Thea])

### **Sorgen bei der Kernkraft**

Eigentlich hatte Frankreich bereits vor Jahrzehnten voll auf die Kernenergie gesetzt und mit aktuell 58 Kraftwerken den mit Abstand größten Bestand in Europa. Sie decken den Strombedarf des Landes zu über 70 %, **Bild 1.** Damit

hätte das Land bei konsequenter Fortführung bis heute ein stromsorgenfreies Dasein. Diverse politisch bedingte Fehlplanungen führten jedoch zu Überkapazitäten, außerdem wurde die französische Kernenergiepolitik von Nachbarländern aus heftig befehdet. Dies führte dazu, dass Neubau bzw. Ersatz von KKW bisheriger Bauart auf die lange Bank geschoben wurden und man wegen der in Europa vorherrschenden Sicherheitsbedenken mit dem EPR einen neuen Reaktortyp entwickelte, der wegen der übertriebenen Berücksichtigung von Einwänden und Vorbehalten weitaus komplexer und teurer ausfiel als seine Vorgängermodelle. Von diesem sind bisher jedoch erst zwei Exemplare im Bau, wobei es sowohl in Olkiluoto (Finnland) als auch in Flamanville (Frankreich) zu massiven Problemen mit Termin- und Kostenüberschreitungen kam. Hinzu kam, dass 2016 bei der Überprüfung der vorhandenen Reaktoren technische Mängel aufgrund der Verwendung möglicherweise fehlerhafter Stahllegierungen festgestellt wurden. Deshalb wurde im Oktober 2016 beschlossen, zahlreiche Kernkraftwerke im rollierenden Verfahren zur Durchführung der erforderlichen Kontrollen für jeweils mehrere Wochen abzuschalten. Dadurch kam es bereits im November 2016 zu massiven Stromengpässen. An der französischen Strombörse EPEX schnellte der Preis im Day-Ahead-Handel fallweise auf bis zu 850 €/ Mwh hoch. Das entspricht dem 20- bis 40fachen des sonst üblichen Niveaus von um die 20-40 €/MWh [EPEX].

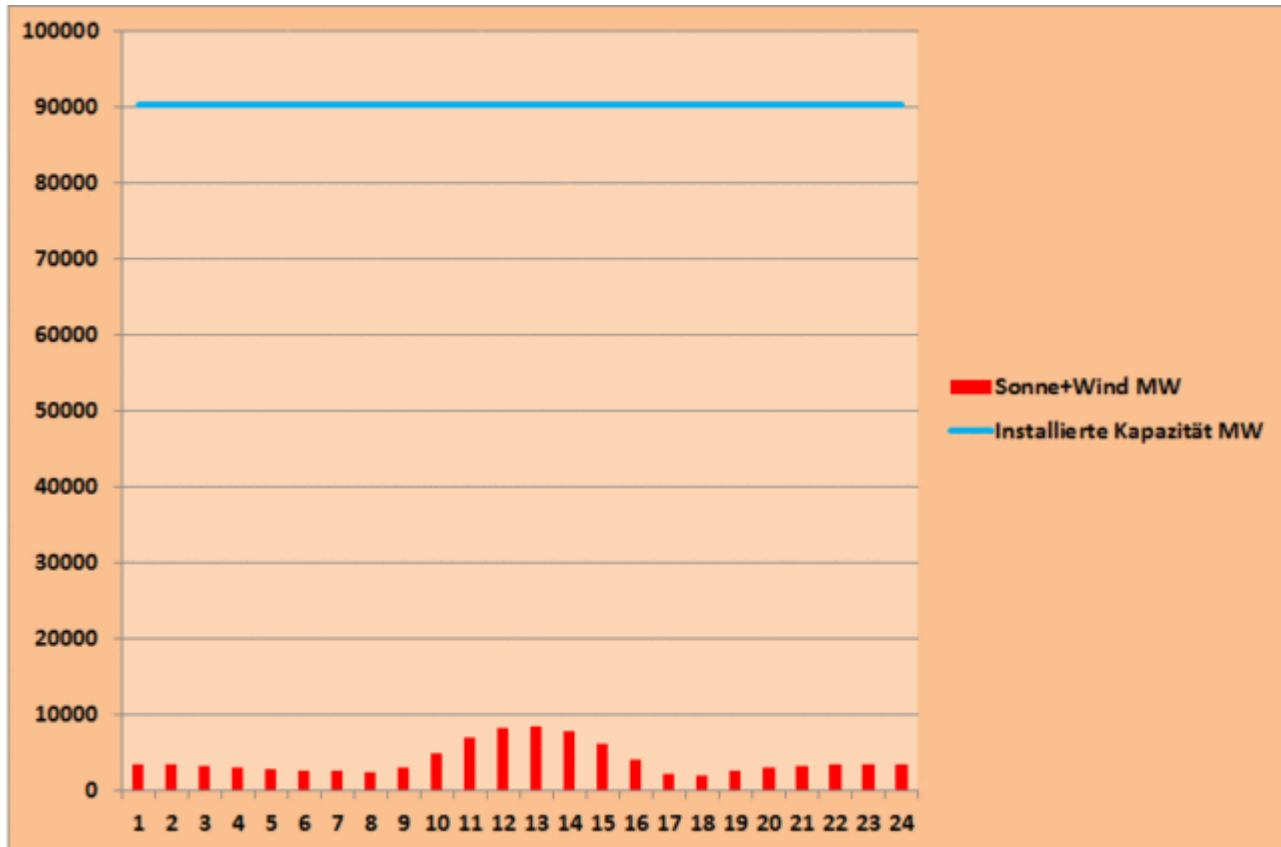
## **Kollapsbefürchtungen im Januar**

Um einen befürchteten Kollaps in der stärksten Kälteperiode, die üblicherweise im Januar auftritt, zu vermeiden, legte Frankreich zusammen mit Nachbarländern Notfallpläne auf Kiel. Den Beteiligten war klar, dass Frankreich aus seinen Nachbarländern – Schweiz, Belgien, Großbritannien, Spanien und vor allem aus Deutschland – erhebliche Mengen Strom importieren musste. Deshalb erhöhten beispielsweise die deutschen Netzbetreiber kurzfristig die Übertragungsfähigkeit von Stromtrassen nach Frankreich, zudem wurden geplante Wartungsarbeiten an Stromleitungen außerplanmäßig verschoben [WIFR]. Dass dies nachteilige Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit in Deutschland haben könnte, sei hier nur am Rande vermerkt.

## **Terminanpassungen bei Wartungsabschaltungen**

Eine noch wichtigere Rolle dürfte jedoch spielen, dass die Genehmigungsstellen in Frankreich ihre Terminvorgaben an die Notfallsituation angepasst haben. So meldete die „World Nuclear News“ am 16. Januar, dass die zuständige Aufsicht bereits am 12. Januar die Genehmigung zur Wiederinbetriebnahme von neun Reaktoren – Bugey 4, Dampierre 3, Fessenheim 1, Gravelines 2 und 4, Saint-Laurent B1 sowie Tricastin 1, 3 und 4 – erteilt habe [NUNE]. Zugleich wurde der fällige Inspektionstermin von Tricastin 2 mit ausdrücklichem Bezug auf den Stromengpass um zwei Wochen nach hinten verschoben. Ohne dieses Timing, das immerhin rund 10 GW an Reaktorleistung rechtzeitig zum vermuteten Höhepunkt der Kältewelle verfügbar machte, hätte Frankreich möglicherweise sehr massive Probleme mit der Stromversorgung mit der Gefahr eines Blackouts bekommen. Verglichen mit diesen notfallmäßig

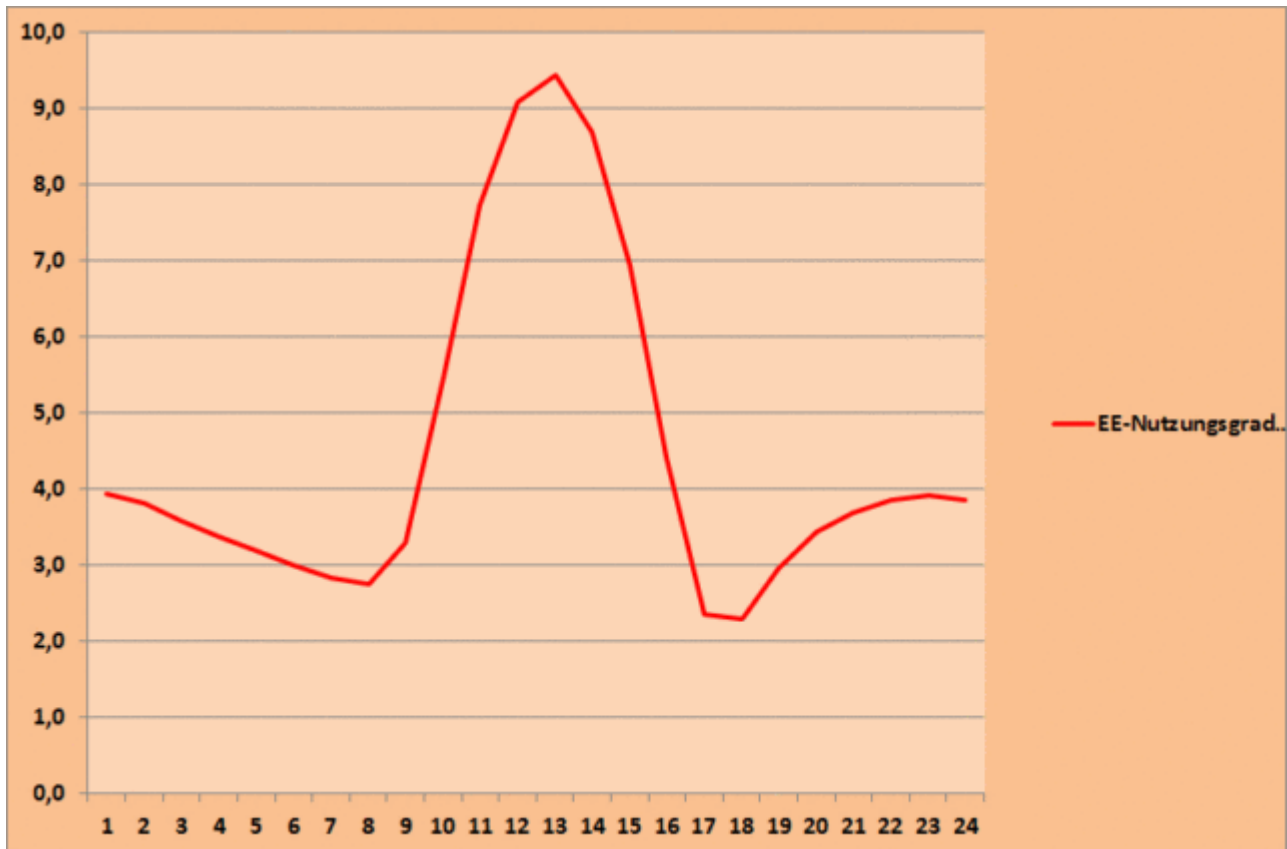
verfügbar gemachten Kapazitäten ist die Abschaltung von ein paar Fassadenbeleuchtungen kaum der Rede wert.



**Bild 2.** Schein und Sein: Ungeachtet der riesigen Erzeugungskapazität von mehr als 90.000 MW (blaue Linie) lieferte die Prognose für die EE-Stromerzeugung am 21. Januar 2017 lediglich Werte zwischen 2.100 und 8.500 MW (Daten: [ENTS])

## Kein Verlass auf deutschen EE-Strom

Wie steht es jedoch um die Fähigkeit Deutschlands zur Hilfestellung in Form von Stromlieferungen? Während grünlinke Klimarettungsapostel ständig Jubelmeldungen über die zunehmende Erzeugung von Strom aus „erneuerbarer“ Energie verbreiten, zeigt die Realität am besonders kritischen Wochenende vom 20-22 Januar, wie verlassen sowohl Deutschland als auch Frankreich gewesen wären, wenn Deutschland nicht noch immer über einen kompletten Kraftwerkspark verfügen würde, der einspringt, wenn Wind und Sonne wegen „Dunkelflaute“ mal wieder keine Lust haben, nennenswerte Mengen an Strom zu produzieren. **Bild 2** zeigt, dass die insgesamt über 90.000 MW an installierter Solar- und Winderzeugungskapazität laut Prognose am 21. Januar lediglich zwischen 2.100 und maximal 8.500 MW ins Netz liefern würden. Das reicht fallweise nur für etwas mehr als die Straßenbeleuchtung in beiden Ländern. Grund hierfür ist der geradezu lächerliche Nutzungsgrad der EE-Stromerzeuger Wind und Sonne bei „Dunkelflaute“, **Bild 3**.



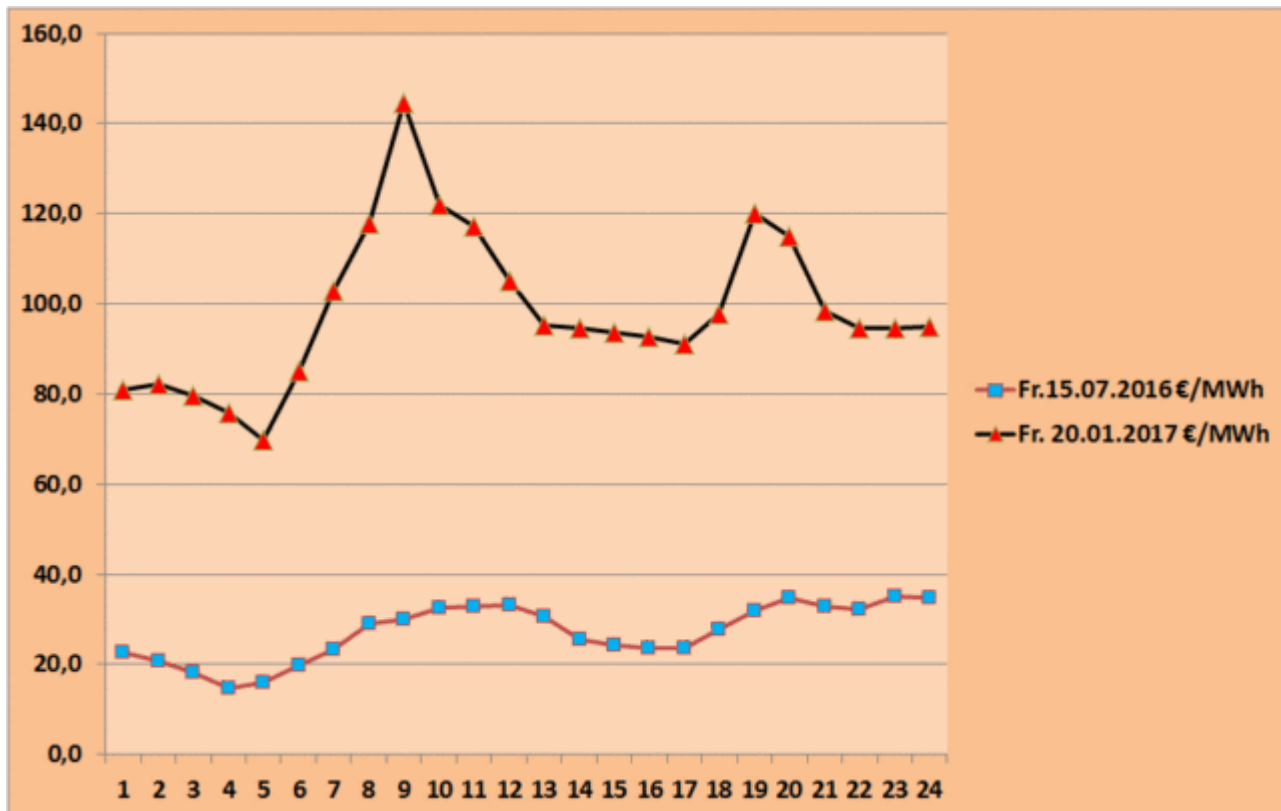
**Bild 3.** Nutzungsgrad der gesamten über Deutschland sowie der deutschen Nord- und Ostsee verteilten Wind- und Solarkapazitäten am 21. Januar 2017 (Daten: [ENTS])

Selbst zusammengenommen erreichte am 21. Jan. der Nutzungsgrad nur in der Mittagszeit kurzfristig etwas mehr als 9 %, während der Minimalwert nur bei rund 2,4 % liegt. Der Blick auf den Verlauf zeigt sofort, dass es vor allem die Winderzeugung war, die eine geradezu lächerlich schlechte Leistung ablieferte. Damit werden gleich zwei Mythen der Windlobby auf einmal widerlegt. Selbst deutschlandweit weht der Wind nicht immer irgendwo. Die Hoch- und Tiefdruckgebiete, die den Wind antreiben, sind so großflächig, dass Mangel oder Überproduktion meist in ganz Deutschland gleichzeitig auftreten. Gleichzeitig beweist der Kurvenverlauf auch, dass dies auch für den angeblich „grundlastfähigen“ Offshore-Wind gilt, denn die Produktion der großen Windparks in Nord- und Ostsee ist in den Zahlen mit enthalten. Und dies war beileibe keine Ausnahme: Vergleichbare Bedingungen mit deutlich bis dramatisch unterdurchschnittlicher Produktion von Strom aus Sonne und Wind herrschten in Deutschland während gut der Hälfte des Zeitraums vom 1. bis zum 22. Januar.

## Konsequenzen für den Strompreis

Eine Vorstellung davon, welche Auswirkungen eine überwiegend auf Wind und Sonne ausgerichtete Stromerzeugung nicht nur auf die Verfügbarkeit, sondern auch auf den Preis von Strom haben dürfte, vermittelt **Bild 4**. Dieses zeigt die an der Strombörse EPEX im Verlauf des 20. Januar erzielten Preise für elektrische Energie im Vergleich zum Preisniveau zur problemlosen Situation am 15. Juli 2016.





**Bild 4.** Im Verlauf des 20. Januar an der Strombörse EPEX erzielte Day-Ahead-Preise im Vergleich zu einer „Normalsituation“ am 15. Juli 2016 (Daten: [EPEX])

Trotz aller ergriffenen Nothilfemaßnahmen war die Versorgungslage wegen der unzureichenden Produktion von deutschem „EE-Strom“ teilweise recht kritisch. Die hektische „Fieberkurve“ der EPEX-Preise vom 20. Januar ist ein deutliches Indiz der angespannten Versorgungslage. Das Preisniveau lag in der Spitze um bis zu rund 700 % über dem üblichen Level. Damit entspricht der Börseneinkaufspreis schon nahezu dem Strompreis von rund 16 ct., den französische Endverbraucher 2015 zahlten. Man muss sich als Verbraucher klar machen, dass solche Situationen bei häufigerem Auftreten in erheblichem Maße auch auf die Endverbraucherpreise durchschlagen würden. Noch deutlicher wird diese Warnung, wenn man berücksichtigt, dass am 7., 8. und 14. November 2016 in der Spitze sogar Preise von bis zu 850,- € pro MWh gezahlt wurden. Das entspricht einem Börseneinkaufspreis von sage und schreibe 85 ct. Das waren zwar nur sehr kurzfristige steile Spitzen, doch vermitteln sie eine Vorstellung davon, welche preislichen Auswirkungen eine derart angespannte Situation bei der Stromverfügbarkeit haben kann, wenn die Stromproduktion bei immer weiter gehender Stilllegung zuverlässiger Kern- und Kohlekraftwerke ernsthaft und für mehr als nur ein paar Stunden den Bedarf unterschreitet.

## Frankreichs Sozialisten im Dilemma

Interessanter Neben aspekt der beschriebenen Ereignisse dürften die Auswirkungen auf die energiepolitischen Positionen der französischen Sozialisten sein. Die für Energie zuständige Ministerin Ségolène Royal

zeichnete ebenso wie ihr ehemaliger Lebensgefährte Hollande verantwortlich für die 2011 erhobene Forderung nach Stilllegung von 24 der 2011 noch verbliebenen 58 französischen Kernkraftwerke bis spätestens 2025. Das KKW Fessenheim sollte sogar sofort abgeschaltet werden. Vermutlich hat sie in den letzten Wochen jeden Abend auf Knien Dankgebete dafür gesprochen, dass ihre Regierung dieses Vorhaben bisher nicht umgesetzt hat. Mehrheitsfähig dürfte eine solche Politik nach den jetzigen Ereignissen so schnell nicht mehr werden.

*Fred F. Mueller*

## Quellen

[ENTS] <https://transparency.entsoe.eu>

[EPEX] <https://www.epexspot.com/>

[MaMa]

<http://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/frankreich-kaeltewelle-bringt-atomkraftwerke-an-grenzen-a-1130754.html>

[NUNE]

<http://www.world-nuclear-news.org/RS-EDF-gets-approval-to-restart-nine-units-16011702.html>

[WIFR] [https://de.wikipedia.org/wiki/Kernenergie\\_in\\_Frankreich](https://de.wikipedia.org/wiki/Kernenergie_in_Frankreich)

[Thea] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electricity\\_in\\_France\\_de.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electricity_in_France_de.svg)

---

## [Der Fukushima-Report \(4\): Das Panik-Orchester](#)

Angela Merkel, die kritische Meinungen inzwischen schon mal als „postfaktisch“ bezeichnet, hat 2011 die damals frisch beschlossene Laufzeitverlängerung der deutschen Atomkraftwerke einkassiert und eine „Energiewende“ in Deutschland eingeleitet. Die von linksgrüner Angstpropaganda nach dem Unglück in Japan verunsicherte deutsche Öffentlichkeit – darunter vor allem die Medien – unterstützte die Kehrtwende der Kanzlerin, obwohl es Merkel dabei erkennbar nicht um die Sache ging. Die CDU-Vorsitzende handelte vor allem aus der Angst heraus, ihre Partei werde bei den Landtagswahlen in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz Stimmen verlieren. Das plötzliche Abrücken von ihrer früheren Energiepolitik zahlte sich für die Union nicht aus: In Stuttgart gewann eine grün-rote Koalition

und auch in Mainz schafften es die Christdemokraten nicht in die Regierung.

Ob der Kanzlerin damals klar gewesen war, dass Deutschland in der Mitte Europas in ein riesiges europäisches Energieverbundnetzwerk eingebunden war, ist zu bezweifeln. Denn sonst hätte die große Europäerin sich ja wenigstens mit ihren Nachbarn über diesen Schritt abgestimmt, da diese direkt von der Entscheidung betroffen sind und jetzt [Schutzmaßnahmen technischer Art](#) (Phasenschieber) in ihre Netze an den Grenzen zu Deutschland installieren, um sich vor den Folgen der deutschen „Energiewende“ zu schützen.

Bei uns kommt der Strom aus der Steckdose

Wie naiv – und das ist mit dem Mäntelchen der Nächstenliebe ausgedrückt – die deutsche Energiepolitik ist, möchte ich an einem Beispiel aus der jüngsten Geschichte der „Energiewende“ zeigen. Die Bundesregierung hat beschlossen, dass bis zum Jahre [2020 eine Million Elektroautos](#) auf Deutschlands Straßen fahren sollen, um – wie es heißt – den Verkehr umweltfreundlicher zu machen. Dafür will der Staat sogar eine Kaufprämie zahlen, natürlich aus Steuergeld – woher auch sonst? Da wollen die ach so fortschrittlichen Vorstände der Automobilkonzerne natürlich nicht zurück stehen – oder besser: mitkassieren – und lassen fleißig Elektroauto-Systeme entwickeln, die die miserable Reichweite für den mobilen Bürger attraktiv machen sollen, etwa [Schnellladestationen von sage und schreibe 350kW](#) Leistung, die in kurzer Zeit die riesigen Autobatterien laden sollen.

Ich kann mir so ein Ladekabel eigentlich nur gekühlt vorstellen, da fließen bei 650 Volt Betriebsspannung eines E-Mobils immer noch über 500 Ampere durchs Kabel. Zum Vergleich: Die meisten Haushaltsstromkreise sind mit 10 Ampere abgesichert. Unter großem medialen Getöse wurde diese Idee gefeiert und der [Bund stellt schon mal 300 Millionen](#) Euro Steuergeld für Tausende solcher Stationen bereit. Steckdose statt Zapfsäule: Bekanntlich kommt der Strom in Hellddeutschland aus der Buchse.

Kommt ein Milchmädchen daher – eines, das noch vor der deutschen Matheschwäche die Hauptschule abgeschlossen hat – und fängt an, zu rechnen. Nehmen wir an, es ist 20:00 Uhr. Von der Million Autos werden jetzt, na sagen wir 10 Prozent, also 100.000 zum Aufladen mit dem Stromnetz verbunden. Jede Dose hat 350 kW, macht 100.000 mal 350 kW macht 35 Millionen Kilowatt oder 35.000 Megawatt. Das sind 23 Großkraftwerke von der Güte [Brokdorfs](#) oder [Emslands mit je 1.500 MW](#) Leistung.

Aber bis [2022 werden die restliche Handvoll AKWs abgeschaltet](#) sein, die es noch gibt, und bis [2050 soll auch der Ausstieg aus der Kohle-Verstromung](#) vollendet sein. Tja, liebe Politiker, dann fangt schon mal an, Ideologie-Verbrennungs-Kraftwerke zu bauen, denn in Deutschland gibt es insgesamt 60 Millionen Kraftfahrzeuge, deren Verbrennungsmotoren die [Regierung bis 2035 verbieten](#) will. Und die wollen alle irgendwie geladen werden.

Per Ordre di Ethik-Kommission

Wievielt Autos von den 60 Millionen abends an die Steckdose gehen und welche Kraftwerksleistung dafür benötigt wird, können sich andere Milchmädchen

ausrechnen. Hier ist nur anzumerken, dass der Planungs- und Bauzeitraum für ein Kraftwerk ca. 10 bis 15 Jahre beträgt. Aber niemand, wirklich niemand würde in Deutschland heute auch nur einen Cent in einen neuen Kraftwerksbau stecken. Wir legen gerade brandneue [Kraftwerke wie Irsching still](#), das modernste Gaskraftwerk der Welt. Im Subventions-Gestrüpp der Energiewende sind sämtliche Kraftwerke nämlich einfach nicht mehr rentabel zu betreiben. Gegen Erzeuger, die 80 Prozent ihres Einkommens aus Subventionen generieren, kommt keine Industrieanlage an. Und welcher Investor baut ein Kraftwerk in einem Land, wo die Regierung es mal eben so „per Ausstiegsbeschluss“ und Ordre di Ethikkommission aus irgendeinem zurzeit gerade ideologisch missliebigem Energieträger gegen eine [kleine Entschädigung](#) enteignen kann?

Kommt ein umweltbegeisterter Politiker daher und säuselt: „Bis dahin haben wir ja die [intelligenten Netze](#), die eine Überlastung der Netze sicher verhindern“. Ach hätten wir doch intelligente Politiker, die selber merken, dass dies nur bedeutet, dass das Netz nicht zulässt, dass mehr Autos geladen werden, als die Kraftwerke gerade bespeisen können. Dann würden sie nämlich selber merken, dass nicht mehr alle Bürger Auto fahren können, da ihre Batterien leer bleiben. Autofahren ist dann wie Segeln – wenn der Wind weht, geht's voran. Interessant wird dann die Frage: Wessen Auto wird heute geladen? Und wessen morgen? Willkommen in der schönen neuen Fußgänger-Welt mit den [Mehrkosten einer Eiskugel](#) (Minute 6:45) pro Monat. Noch was, liebe Politiker: Stromautobahnen produzieren keinen Strom. Genauso, wie Autobahnen keine Autos herstellen.

Fachleute können meine stark vereinfachte und fehlerbehaftete Darstellung durchaus als Milchmädchenrechnung abtun – sie will ja auch nur die Dimensionen zeigen, mit denen wir es zu tun haben. Ist es nicht eher ein bisschen arg „postfaktisch“, den Elektroenergieverbrauch in gigantischem Umfang für Mobilität der Straßen hochfahren zu wollen, bei gleichzeitigem Herunterfahren der Elektroenergieproduktion durch Ausstieg aus diversen Grundlastenergieträgern? Ausstieg aus allem, ist das nicht irgendwie irre?

Windmühlen, Brenngläser, Furzgas

Doch zurück zu Fukushima und der Atomenergie. Zu Beginn hieß es noch: Wir sind mit der [Energiewende die Vorreiter](#) und die Welt wird uns folgen. Inzwischen sind wir die [Geisterfahrer der Energiewende](#). Für Politiker: [Geisterfahrer](#) ist immer der, dem alle anderen entgegenkommen. Kernenergie-Ausstiegsland ist Deutschland. Belgien, die Schweiz, Taiwan und Spanien wollen – vielleicht – später mal aussteigen.

Umgekehrt steigen die Vereinigten Arabischen Emirate und Weißrussland neu in die Kernenergie ein. In den beiden Ländern werden derzeit insgesamt sechs Kernkraftwerke gebaut. In den USA sind vier Kernkraftwerke im Bau. Großbritannien hat beschlossen, seinen Kernkraftwerkspark mit mindestens drei Anlagen moderner Bauart zu ersetzen. China, Indien und Russland verfolgen umfangreiche Ausbaupläne. Auch in Argentinien, Finnland, Frankreich, Pakistan, Polen, Rumänien, der Slowakei, Südafrika, Südkorea, der Türkei oder Ungarn wird die Kernenergienutzung vorangetrieben.

Derzeit befinden sich [weltweit 60 Atomkraftwerke](#) im Bau. Seit Anfang 2015

haben 17 Kernkraftwerke den kommerziellen Betrieb aufgenommen und 11 neue Bauprojekte wurden gestartet. International wird die Atomtechnologie weiterentwickelt. In China sind zwei sogenannte [Hochtemperatur-Kugelhaufen-Reaktoren](#) im Bau. Diese ursprünglich aus Deutschland stammende Bauart hat wegen ihrer Sicherheitseigenschaften – eine Kernschmelze ist dort aus physikalischen Gründen nicht möglich – ein vielversprechendes Zukunftspotenzial, genau wie der neuartige [Thorium-Flüssigsalzreaktor](#), der kaum radioaktiven Abfall hinterlässt.

Den 60 AKW-Neubauten weltweit steht eine Handvoll deutscher AKW zur Abschaltung gegenüber. Wenn die Deutschen keine Atomkraftwerke wollen – die Italiener und Österreicher denken ja genauso – dann ist das in Ordnung. Aber die Deutschen wollen auch keine Kohle- oder Gaskraftwerke und an diesem Punkt wird es eben irrational. Deutschland auf dem Weg zurück zur Technologie des Mittelalters: Windmühlen, Brenngläser und Furgas. Oder wenn man sich ehrlich machen würde: auf dem Weg in die Energiemangelwirtschaft.

Politik auf dem Prinzip Hoffnung

Und noch eine schlechte Nachricht für umweltbesoffene Politiker: Außer [Pumpspeicherkraftwerken](#) existiert keine industriereife Speichertechnologie für Strom. Notabene – ich rede hier nicht von Handyakkus oder Einfamilienhäusern, sondern vom Industriestandort Deutschland. Pumpspeicher gibt es in Deutschland noch nicht einmal mit 10 Prozent der Kapazität, die benötigt würde, um den Kernenergieausstieg mit erneuerbarer Energie zu kompensieren. Und die existierenden Pumpspeicherwerke sind nicht einmal mehr rentabel – auch sie müssen subventioniert werden. Für hunderte neuen Pumpspeicherwerke, die für die Energiewende gebraucht würden, gibt es in Deutschland gar keine Standorte, geschweige denn Investoren oder Akzeptanz.

Nicht umsonst [hatte die Regierung die glorreiche Idee](#), norwegische Fjorde als Pumpspeicherwerke zu nutzen. Nur haben sie vergessen, die Norweger dazu zu befragen, und es ist sehr still um die Idee geworden. Auch die [Sahara wurde leider den Deutschen nicht für die Energiewende](#) zur Verfügung gestellt. Deshalb bleibt die [Energiewende eine Rolle rückwärts in die Braunkohle](#). Die deutsche Regierung betreibt Energiepolitik basierend auf dem Prinzip Hoffnung, dass demnächst [größtechnisch nutzbare Energiespeicher](#) erfunden werden. Jede Woche wird eine [neue Idee in den Medien](#) gehypt, eine spinnerter als die andere. Die Projekte haben alle eines gemeinsam: Nach kurzer Zeit verschwinden sie aus den Nachrichten und werden durch neue Wunderwaffen für den Endsieg der Energiewende ersetzt. In Wahrheit steigt mit jedem neuen Windrad und mit jedem neuen Sonnenpaneel das Risiko eines [Blackouts in Deutschland](#), dessen Folgen ich mir gar nicht vorstellen mag.

Der Frühmensch brauchte tausend Jahre, um das erste Feuer zu beherrschen. Die Kernenergie ist das [zweite Feuer](#) und erst im 50. Jahr ihrer Entwicklung. Wenn sie sicher, ökonomisch und kohlendioxidfrei Strom für die Menschen produzieren kann, dann steht sie erst am Anfang ihrer Entwicklung. Wenn sie das nicht kann, dann wird sie verdientermaßen untergehen. Wir werden sehen.

„Halbe Wahrheit ist ganze Lüge“

Ich schließe diese Artikelserie mit einem persönlichen Erlebnis ab, das ein bezeichnendes Licht auf die Haltung der deutschen Medien zur Atomenergie wirft. Vor drei Jahren wurde ich von einem seriösen Wissenschaftsredakteur zum Thema „Energie, Wohlstand und Freiheit“ befragt. Der Redakteur arbeitete für ein Magazin, das sich damit brüstete, größten Wert auf Fakten zu legen. Als der Artikel in Druck ging, stoppte der damalige Chefredakteur den Andruck mit der Bemerkung: „Das ist ja kernenergiefreundlich. Das bringen wir nicht.“ Verärgert ließ der düpierte Journalist [den Artikel](#) in der Schweizer „Weltwoche“ veröffentlichen.

Wenn ein deutsches Magazin, das sich gern seiner Faktentreue rühmt, einen Bericht unterschlägt, weil ihm dessen Richtung nicht paßt, dann sind viele Fakten dieser Fukushima-Artikelserie vielleicht auch für Sie neu gewesen. Wie sagte der kluge Rabbiner? „Eine halbe Wahrheit ist eine ganze Lüge.“ Und „fake news“ sollen in Deutschland möglichst unterbunden werden. Was angeblich falsche Nachrichten sind, entscheidet dann womöglich ein [Wahrheitsministerium](#) (s. dazu auch [hier](#) und [hier](#)).

---

## [Stirbt die Kernkraft – stirbt der Mensch! Über die kommende Knappheit an Technetium](#)

Was fällt Ihnen zum Thema Gesundheit ein? Der Verzehr von Obst und Gemüse? Bewegung und Sport? Regelmäßige Vorsorgeuntersuchungen?

Mir kommen solche Gedanken nicht. Mein Körper ist perfekt an meine Couch angepaßt. Gut, das mag jetzt auch an der Konstruktion der Couch liegen. Mein Hunger verlangt nach Steaks und Schnitzeln, nach Pommes und Bratkartoffeln. Arztbesuche vermeide ich nach Möglichkeit. Denn ich bin nicht krank. Ich muß nicht nach etwas streben, was ich schon erreicht habe.

Es ist schwer zu definieren, wann „Gesundheit“ vorliegt, wenn man wirklich mehr darunter fassen möchte als die „Abwesenheit von Krankheit“. Der menschliche Körper ist ein hochkomplexes, von rückgekoppelten Prozessen geprägtes System. Da viele dieser Vorgänge noch immer nicht ausreichend verstanden sind, gibt es keine Möglichkeit, einen Idealzustand festzulegen. Allenfalls kann man herausfinden, wann und warum etwas nicht funktioniert, wann und warum Schäden auftreten. Viele medizinische Diagnosemethoden stoßen hier an prinzipielle Grenzen, da sie nur einen momentanen Zustand erfassen und nicht dynamische Änderungen in einer ausreichenden zeitlichen Auflösung. Häufig sind eben Filme erforderlich, um Abläufe zu begreifen. Einzelne Fotos reichen nicht. Das gilt nicht nur für Sportwettkämpfe, sondern auch für den menschlichen Blutkreislauf.

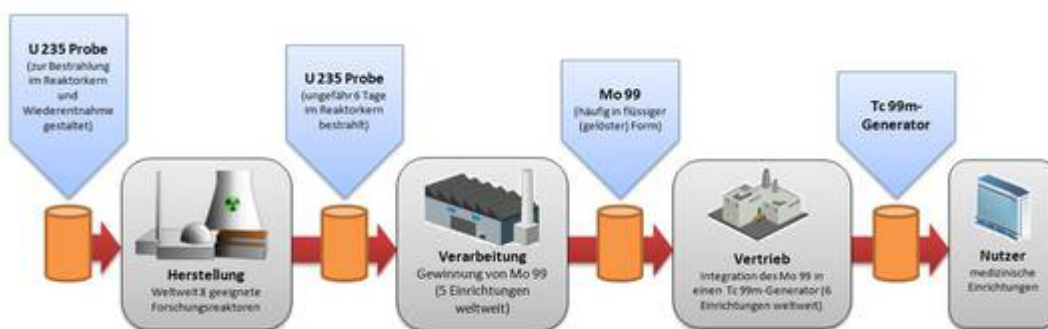


Die Nuklearmedizin gestattet solche Diagnoseverfahren. Ihr Ansatz ist, über Änderungen in der Verteilung bestimmter Stoffe die Vorgänge im Körper sichtbar zu machen. Man kann auf diese Weise Tumore und andere Schäden in verschiedenen Geweben identifizieren, man kann verfolgen, wie Knochen wachsen (oder auch nicht) und wie das Herz arbeitet. Selbst Gehirnfunktionen lassen sich entschlüsseln. Und das ganze erfolgt nichtinvasiv durch den Einsatz von Botenstoffen, deren Position von außen durch entsprechende Kamerasysteme detektierbar ist.

Deswegen fällt mir beim Thema Gesundheit Technetium ein. Genauer gesagt: das metastabile Isotop Technetium 99m.

Es handelt sich hier um einen Gammastrahler, dessen Emissionen den Körper durchdringen und von außen mit etablierter Technologie aufgezeichnet werden können. Seine Halbwertszeit von etwa sechs Stunden ermöglicht längere Untersuchungen, ohne den Patienten dauerhaft einer Gefährdung auszusetzen. Unterschiedliche Quellen geben an, 80-90% aller bildgebenden nuklearmedizinischen Untersuchungen würden mit Technetium 99m durchgeführt. Nach Angaben der Nuclear Energy Agency ([NEA](#)) handelt es sich dabei um 30 bis 40 Millionen Anwendungen weltweit pro Jahr.

Dummerweise kommt Technetium 99m in der Natur nicht vor, von sehr geringen Spuren in Uranvorkommen einmal abgesehen. Es ist künstlich herzustellen. Und am Anfang der Produktionskette steht mit einem Kernreaktor die derzeit effizienteste Maschine, die einen ausreichend hohen und stabilen Fluß an freien Neutronen erzeugen kann. Diese werden benötigt, um in einer entsprechend vorbereiteten Probe aus Uran 235 durch Spaltung Molybdän 99 zu erzeugen. Das wiederum mit einer Halbwertszeit von 66 Stunden zu Technetium 99m zerfällt. Die Abbildung verdeutlicht den Ablauf.



Nach etwa sechs Tagen wird die Ausgangsprobe dem Reaktor entnommen und zu einem Verarbeiter transportiert (häufig in unmittelbarer räumlicher Nähe zum herstellenden Reaktor). Dort trennt man mittels chemischer Methoden das Molybdän ab und liefert dieses (meist in flüssiger, gelöster Form) an einen Hersteller geeigneter Transportbehälter. Die gleichzeitig als [Generatoren](#) fungieren, da in ihnen das stetig entstehende Technetium in einer zur Entnahme geeigneten Weise separiert wird. Der Generator-Hersteller ist häufig derjenige, der den Vertrieb und die Lieferung an den Endkunden organisiert, an Krankenhäuser und medizinische Einrichtungen.

Es ist schon eine bemerkenswerte logistische Kette, in der das gewünschte

Produkt aufgrund seiner kurzen Haltbarkeit erst während des Transportes hergestellt wird. Hinzu treten die zahlreichen Sicherheits- und sonstigen Bestimmungen, denn immerhin handelt es sich hier um radioaktives Material. Von der Einbringung der zu bestrahlenden Probe in den Reaktorkern bis hin zur Terminvereinbarung mit dem Patienten in der nuklearmedizinischen Praxis ist der gesamte Ablauf minutiös zu planen.

Zur Herstellung von Molybdän 99 in ausreichenden Mengen eignen sich derzeit nur acht Forschungsreaktoren weltweit. Die Weiterverarbeitung erfolgt in lediglich fünf Einrichtungen. Die folgende Tabelle listet diese auf. Technetium-Generatoren produzieren nur fünf Unternehmen (an sechs Standorten in den USA, in Großbritannien, in Belgien, den Niederlanden und in Australien).

Globale Versorgungskette Mo 99/Tc 99m			
Hersteller (Reaktoren)			
Name	Land	Anteil Weltproduktion	Außerdienststellung (voraussichtlich)
National Research Universal (NRU)	Kanada	40%	2016
Nuclear Research Center BR-2	Belgien	9%	2026
High Flux Reaktor (HFR)	Niederlande	30%	2024
Maria Research Reaktor (Maria)	Polen	<10%	2030
Rez Reaktor (LVR 15)	Tschechien	<10%	2028
OSIRIS Reaktor	Frankreich	3%	2015
South African Fundamental Atomic Research Installation (SAFARI-1)	Südafrika	10%	2030
OPAL Reaktor	Australien	3%	2055
Verarbeiter			
Name	Land	Anteil Weltproduktion	Zugeordneter Reaktor
MDS Nordion	Kanada	40%	NRU
Institute for Radio Elements IRE	Belgien	17%	HFR, BR-2, OSIRIS, LVR 15
Mallinckrodt	Niederlande	26%	HFR, BR-2, Maria
Nuclear Technology Projects NTP	Südafrika	10%	SAFARI-1
Australian Nuclear Science & Technology Organization (ANSTO)	Australien	3%	OPAL

Das System ist nicht nur komplex, sondern auch fragil. Fällt ein Reaktor wegen unvorhergesehener Wartungsarbeiten aus, werden viele Patienten nicht mehr versorgt. Solche Engpässe hat es in der Vergangenheit schon gegeben. Sie könnten in der Zukunft häufiger auftreten, denn die beteiligten Reaktoren sind durchweg betagte Anlagen. Gleichzeitig rechnet die NEA mit einer ansteigenden Nachfrage nach Technetium für die Nuklearmedizin. Von 0,5% Wachstum in den Industrie- und 5% Wachstum in den Schwellenländern ist die Rede – jährlich. Wenn in diesem und im kommenden Jahr der französische OSIRIS (seit 1966 in Betrieb) und der kanadische NRU (seit 1957 in Betrieb) planmäßig außer Dienst gestellt werden, entfallen auf einen Schlag mehr als 40% der weltweiten Produktionskapazitäten. In weiteren 10 Jahren – und das ist ein kurzer Zeitraum in der Kerntechnik – werden dann auch der HFR und der BR-2, beide Jahrgang 1961, nicht mehr zur Verfügung stehen.

Dies alarmiert natürlich die zuständigen Regierungsbehörden, die seit einigen Jahren in dieser Frage intensive Aktivitäten entfalten. Unbemerkt von der



breiten Bevölkerung, jedenfalls in Deutschland. Vor dem Hintergrund von Energiewende und Atomausstieg haben staatliche Stellen erstens davon abgesehen, die Technetium-Krise öffentlich zu thematisieren. Zweitens ist auch kein Fachjournalist auf die Idee gekommen, hier nachzuhaken. Die Vorstellung von Kernkraftwerken, die über Elektrizität hinaus noch andere nützliche Dinge für die Gesellschaft produzieren, ist den Menschen fremd. Selbst die Patienten, bei denen Tumore durch die Nuklearmedizin frühzeitig erkannt und damit erfolgversprechend behandelt werden können, wissen wahrscheinlich häufig nicht, welcher Technologie sie ihre Heilung zu verdanken haben.

Eine ganze Reihe neuer kleiner Reaktoren für die Molybdän-Herstellung ist zwar geplant, mit Ausnahme zweier russischer Einrichtungen, die zusammen nicht die Hälfte der Kapazität des NRU aufweisen, wird aber wohl kaum ein anderes Vorhaben (u.a. in den USA, [in Australien](#), in Korea, China, Brasilien, Argentinien und Frankreich) in den nächsten Jahren realisiert. Eine [aktuelle Studie](#) der NEA ist jedenfalls voll mit Formulierungen wie „Construction not yet started“ oder „Preliminary Design“. Bei den Verarbeitern sieht es nicht besser aus. Auch hier haben nur die Russen schon etwas zu bieten. Interessant ist der NEA-Vermerk „seeking financing“ bei einigen Projekten.

Es gibt also einen Markt mit erheblichen Wachstumsaussichten (man denke an Asien und Südamerika). Trotzdem investiert niemand, vor allem nicht von privater Seite. Weil sich ein Engagement nicht rechnen würde. Die Hersteller und die meisten Verarbeiter sind als staatliche Einrichtungen voll- oder zumindest in Teilen finanziert. Wer dagegen gezwungen ist, kostendeckend zu arbeiten, kann seine Dienstleistung in diesem Umfeld nicht zu wettbewerbsfähigen Preisen anbieten. Die Herstellung der Grundstoffe für die Nuklearmedizin ist ein schönes Beispiel dafür, wie Subventionen Investitionen und Innovationen behindern – und am Ende einen Mangel verursachen.

Nun ist Gesundheit mittlerweile ein von Mythen und Emotionen überfrachtetes Thema in der westlichen Welt. Da es jeden Bürger unmittelbar betrifft oder betreffen kann, ist hier jeder auch engagierter Advokat in eigener Sache. Eine Form der „Gewaltenteilung“ im übertragenen Sinne zwischen Experte und Laie gibt es häufig nicht mehr. Kaum jemand googelt, um anschließend sein Auto selbst zu reparieren. Aber viele googeln, um dem Arzt die Diagnose abzunehmen. Entsprechend kritisch ist das Thema in der politischen Handhabung. Bei Gesundheit sollte man besonders vorsichtig agieren. Für eine Werte und Wertschöpfungsmöglichkeiten vernichtende Energiewende wird man in Deutschland nicht abgewählt. Für eine Unterversorgung von Patienten verantwortlich gemacht zu werden, kann hingegen politische Karrieren abrupt beenden.

Also hat auch Deutschland, vertreten durch das Bundeswirtschaftsministerium, eine [gemeinsame Erklärung](#) einiger NEA-Mitgliedsländer unterzeichnet. In der zumindest ein gewisses Problemverständnis erkennbar wird. Die Bedeutung der Versorgungssicherheit mit Technetium 99m unterstreicht der Text ebenso, wie das Risiko eines bevorstehenden Mangels aufgrund der alternden Flotte an herstellenden Forschungsreaktoren. Geradezu revolutionär mutet dann die folgende Passage an:

WE RECOGNISE, on the other part, that an unsustainable economic structure is threatening the reliability of the 99Mo/99mTc supply chain, and that global action to move to full-cost recovery is necessary to ensure economic sustainability and long-term secure supply of medical isotopes.

Man sagt damit tatsächlich, man hätte verstanden, die mögliche künftige Verknappung (und auch alle bisherigen) durch eigenes Verschulden selbst hervorgerufen zu haben. Weil man eben bisher nicht die Rahmenbedingungen setzte, die gewinnorientierten Anbietern einen Eintritt in den Markt gestattet hätten. Nun aber will man das schleunigst ändern:

WE COMMIT, with the aim of jointly promoting an internationally consistent approach to ensuring the long-term secure supply of medical radioisotopes, to implement the HLG-MR principles in a timely and effective manner, and to:

⇒ Take co-ordinated steps, within our countries' powers, to ensure that 99Mo or 99mTc producers and, where applicable, generator manufacturers in our countries implement a verifiable process for introducing full-cost recovery at all facilities that are part of the global supply chain for 99mTc;

⇒ Encourage the necessary actions undertaken by 99Mo processing facilities or 99mTc producers in our countries to ensure availability of reserve capacity capable of replacing the largest supplier of irradiated targets in their respective supply chain;  
⇒ Take the necessary actions to facilitate the availability of 99mTc, produced on an economically sustainable basis, as outlined in the HLG-MR principles; ⇒ Encourage all countries involved in any aspect of the 99mTc supply chain, and that are not party to the present Joint Declaration, to take the same approach in a co-ordinated manner; ⇒ Take the necessary actions described above by the end of December 2014 or as soon as technically and contractually feasible thereafter, aware of the need for early action to avoid potential shortages of medical radioisotopes that could arise from 2016; ⇒ Report on an annual basis to the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) on the progress made at the national level and support an annual review of the progress made at the international level, both in light of this Joint Declaration.

Wer nun erwartet, die Bundesregierung würde der deutschen Bevölkerung von sich aus die Hintergründe und Auswirkungen dieser internationalen Vereinbarung erläutern, sieht sich enttäuscht. Auf den Webseiten der drei direkt oder indirekt involvierten Bundesministerien für Wirtschaft, Forschung und Umwelt findet man dazu nichts.

Man [verkündet seine Beteiligung](#) an einer auf Spallation beruhenden

Neutronenquelle in Dänemark, die laut Pressemitteilung auch irgendwas mit der Erzeugung von Radioisotopen für die Nuklearmedizin zu tun haben könnte (oder in diesem konkreten Fall vielleicht auch nicht), aber auf Technetium 99m geht man in diesem Zusammenhang nicht weiter ein. Das Umweltministerium kommuniziert da schon etwas konkreter. Abhilfe für Versorgungsengpässe soll nach dortigen Vorstellungen durch einen „[Aktivitätsrechner](#)“ geschaffen werden:

Um der Gefahr entgegenzuwirken, dass in Zeiten des Technetium-Mangels auf Ersatznuklide mit höherer Strahlenbelastung für Patienten und Personal zurückgegriffen wird, hat das Bundesumweltministerium das Forschungsvorhaben „Optimierung des Radionuklidverbrauchs“ gefördert. Das Ziel des Vorhabens war es, die eingesetzte Menge an Radionukliden für nuklearmedizinische Anwendungen in jeder Klinik oder Praxis zu optimieren. Das heißt, dass auf Grundlage der individuellen Untersuchungsanforderungen des jeweiligen Patienten und unter Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls des zur Verfügung stehenden Technetiums ein rechnergesteuerter Patientenplan erstellt wird.

Mehr als die Verwaltung des Mangels hat man nicht zu bieten. Dabei gibt es einen sogar sehr modernen Forschungsreaktor in Deutschland, der für die Erzeugung von Molybdän 99 eingerichtet werden könnte. Gemeint ist der [FRM 2 in Garching](#), der 2005 in Betrieb genommen wurde und immerhin 20 MW Leistung bietet. Die Idee, mit diesem auch Grundstoffe für die Nuklearmedizin herzustellen, [ist zwar bereits formuliert](#), begonnen wurde mit ihrer Umsetzung aber noch nicht. Außerdem entspräche ein solches Vorgehen auch nicht der oben zitierten NEA-Erklärung. Denn diese fordert ja gerade eine Abkehr von einer staatlich subventionierten hin zu einer privatwirtschaftlich und wettbewerblich organisierten Produktionskette.

Die Nuklearmedizin könnte unter solchen Rahmenbedingungen für Innovationen, neue Wertschöpfungsmöglichkeiten und Arbeitsplätze in einer Spitzentechnologie von hoher internationaler Relevanz sorgen. Denn neben den herkömmlichen Reaktoren wären auch andere Konzepte für die Gewinnung von Molybdän 99 geeignet. Man nehme Flüssigsalzreaktoren wie den DFR, über den es in der neuen, fachlich begutachteten [Veröffentlichung](#) folgendes zu lesen gibt:

The Nuclear Energy Agency (NEA) estimates the future  $^{99}\text{Mo}$  world demand to be  $4 \times 10^{16}$  6-days-Bq (1066-days-Ci) per year, corresponding to a demand of roughly 1 kg (assuming 10% separation efficiency) directly from the nuclear fission in LWRs providing  $^{99}\text{Mo}$ . In contrast, one single DFR produces at least 30 kg  $^{99}\text{Mo}$  per year but – more important – already provides it in a separated form, see also Sec. 4.2. This strongly reduces the handling so that a complete on-site medical-clean production of the technetium generators are feasible which further simplifies the logistics of the delivery to the hospitals. This could lead to a cost implosion for the  $^{99m}\text{Tc}$  radiotracer and therefore to an inflation of applications.

Einen alternativen technischen Ansatz entwickelt derzeit ein Team kanadischer Forscher. Nach einer Meldung aus dem Januar 2015 ist es diesem gelungen, [Technetium 99m in einem Zyklotron herzustellen](#). Mehr als zwanzig derartiger Teilchenbeschleuniger sind in nuklearmedizinischen Einrichtungen in Deutschland bereits installiert.

Wer sich der Versorgungssicherheit für die Patienten verpflichtet fühlt, könnte auf dieser Grundlage handeln. Ein Förderprogramm zur Anregung von Forschung und Entwicklung in Verbindung mit der Schaffung geeigneter gesetzlicher Bedingungen wäre ein möglicher erster Schritt.

Unsere Regierung dagegen hat sich zu ihrer Verantwortung nur auf dem Papier bekannt. Es wird wohl vorerst auch dabei bleiben. Denn für nicht wenige lautstarke Protagonisten aus dem linksgrünen politischen Spektrum bedeutet der Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung gleichzeitig das Ende jeglicher kerntechnischer Forschung und Entwicklung in Deutschland – oder zumindest einen Hebel, um dieses zu erzwingen. Mutige Wirtschafts- und Gesundheitspolitiker, die sich dagegen zu argumentieren trauen, sind nicht in Sicht. Wer leidet und stirbt, weil er nicht rechtzeitig oder nicht ausreichend nuklearmedizinisch behandelt werden konnte, dem hilft in diesem Land keine mächtige Lobby.