

Nicht ohne mein Kernkraftwerk

geschrieben von WebAdmin | 21. Juli 2016

Nahezu unbemerkt von der westlichen Öffentlichkeit hat sich am 20. Mai ein stiller technischer Generationswechsel vollzogen: Im russischen Kernkraftwerk Novovoronezh II wurde erstmals in Europa ein Druckwasserreaktor der sogenannten Generation III+ in Betrieb genommen¹, dessen Sicherheits-Charakteristika jene der im westlichen Teil des Kontinents befindlichen Anlagen übertreffen – auch die der deutschen. Eine wichtige Rolle spielt bei der Zuordnung zu dieser Reaktorgeneration neben der höheren Wirtschaftlichkeit vor allem die Auslegung der Sicherheitssysteme, welche den neuesten Anforderungen der EU für Neuanlagen entsprechen müssen. Diese Auslegung soll gewährleisten, dass auch schwerste Störfallverläufe nicht in der Freisetzung von Radionukliden über das unmittelbare Anlagengelände hinaus resultieren. Auch im Fall eines totalen Spannungsverlusts infolge des Ausfalls von Landesnetz, Fremdnetz und Notstromdiesel-Aggregaten, so wie es nach dem Tsunami in Fukushima geschah, sollte eine sichere Abfuhr der Nachzerfallswärme aus einem Kernreaktor gewährleistet sein. In diesem im Kraftwerkerjargon *Station blackout* genannten Fall übernehmen bei Kernkraftwerken der neuesten Generation passive, ohne elektrisch angetriebene Komponenten arbeitende Systeme die Not- und Nachkühlung des Reaktorkerns an Stelle der bei funktionierender Stromversorgung arbeitenden aktiven, d.h. auf elektrische Versorgung ihrer Pumpen angewiesenen Not- und Nachkühlsysteme.

Passivität von Systemen als Prinzip inhärenter Sicherheit von Leistungskernkraftwerken ist für sich gesehen nichts Neues. So ist beispielsweise die Reaktorschnellabschaltung von Druckwasserreaktoren ein passives System, da die Steuerelemente bei Auslösung des Reaktorschutzsignals gravitationsbedingt in den Reaktorkern einfallen. Auch die Notkühlung durch Druckspeicher, die in bei Kühlmittelverluststörfällen nach Abfall des Drucks im Primärkreislauf automatisch boriertes Wasser einspeisen, funktioniert passiv und ist Stand der Technik in den heute eingesetzten Kernkraftwerken.²

Allerdings unterscheiden die kerntechnischen Regelwerke verschiedene Kategorien von Passivität: Es gibt passive Systeme, deren Inbetriebsetzung, wie im genannten Beispiel, ein aktiver Input (etwa ein elektrisches Signal) vorausgeht, oder solche, die mit beweglichen Teilen (z.B. Ventilen, Rückschlagklappen) funktionieren. Andere kommen ohne diese Merkmale aus. Neu im ersten Block von Novovoronezh II sind jedoch einige Systeme, die in Europa bis heute nicht zum Einsatz kamen, und deren Notwendigkeit erst mit dem *Station blackout* von Fukushima allen vor Augen geführt wurde. Es handelt sich dabei vor allem um zusätzliche passive Möglichkeiten der Boreinspeisung – die chemische Reaktivitätsregelung durch Borsäure ist in Druckwasserreaktoren neben der elektromechanischen Regelung durch Steuerstäbe ein wichtiges Merkmal der Diversität von Sicherheitseinrichtungen.

Vor allem aber verfügen Kernkraftwerke der russischen Familie AES-2006, zu der auch der VVER-1200/392M von Novovoronezh II-1 gehört, über die Möglichkeit, die Nachzerfallswärme aus dem Reaktorkern passiv über die Dampferzeuger abzuführen, auch wenn bei einem totalen Spannungsverlust jene Systeme, welche diese Wärmesenke normalerweise sichern, nicht mehr

funktionieren, da sie von Pumpen abhängig sind. In einem solchen passiven Szenario wird der im Dampferzeuger entstehende Dampf nicht im üblichen Wasser-Dampf-Kreislauf kondensiert und mithilfe von Kondensat- und Speisewasserpumpen wieder in den Dampferzeuger zurückbefördert, sondern er wird über ein außenluftgekühltes System kondensiert und das Kondensat per Naturumlauf, ohne aktive Pumpen, wieder dem Dampferzeuger zugeführt.³

Diese Kombination von aktiven und passiven Sicherheitssystemen bringt russischen Angaben zufolge die kumulative *Core damage frequency (CDF)* des VVER-1200/392M auf einen Wert von $7,3 \cdot 10^{-7}$ pro Reaktorbetriebsjahr⁴, was ein dem französisch-deutschen EPR vergleichbarer Wert ist.⁵ Mit diesem Indikator wird in Sicherheitsanalysen auf der Grundlage von Wahrscheinlichkeitsberechnungen für unterschiedliche Anlagenzustände und Störfallverläufe (sogenannten PSA, *probabilistic safety assessments*) die Eintrittswahrscheinlichkeit eines schweren Kernschadens angegeben. Der EPR und der neue Russe unterbieten mit diesem Wert die Empfehlungen der IAEA und den Richtwert der EU für neu zu genehmigende Anlagen (10^{-5} IAEA bzw. $< 10^{-5}$ EU)⁶ weit. Zum Vergleich: Für die heute in Deutschland in Betrieb befindlichen Vorkonvoi- und Konvoi-Anlagen von Siemens-KWU werden CDF-Werte zwischen 10^{-5} und $5,4 \cdot 10^{-6}$ angegeben.⁷ Der in älteren KKW auslegungsüberschreitende Kernschmelzunfall geht dabei in der Generation III+ in die Basisauslegung des Kernkraftwerks ein: In diesem Falle sorgt ein sogenannter *Core catcher* für eine kontrollierte Aufnahme und Abkühlung des Coriums, bis es in der Auffangvorrichtung erstarrt.

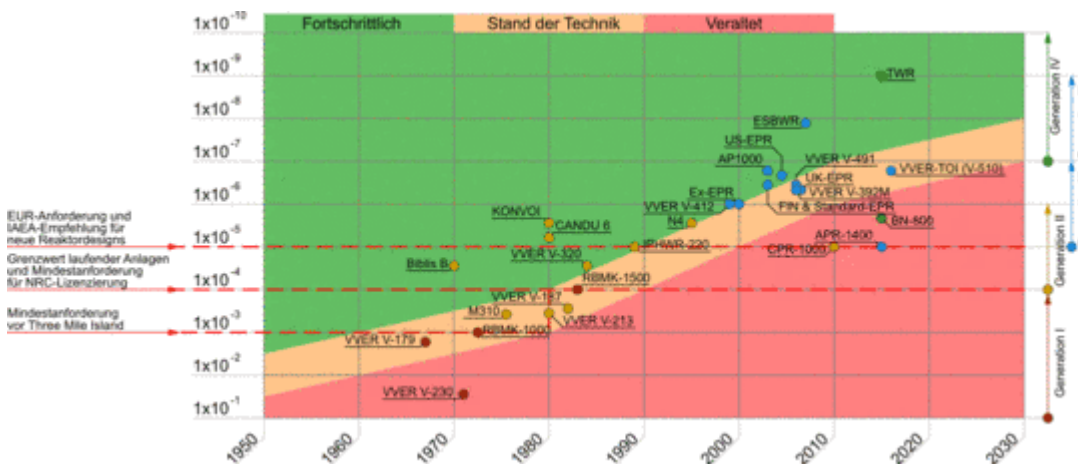


Abb. 1: Historische Entwicklung der Core damage frequency (CDF) verschiedener Leistungsreaktor-Baulinien und -Generationen im Vergleich. Die einzelnen Quellen für die CDF der im Artikel genannten VVER-V392M, EPR und Konvoi werden in den Fußnoten dieses Beitrags gesondert aufgeführt. Grafik: Dirk Egelkraut, Nucleopedia, unter Weiterentwicklung einer Grafik in Ignatiev (1995), *ALWR Safety approaches*, Fig.3.

Doch während der moderne russische Reaktor bereits läuft, hat sein europäisches Gegenstück, der EPR, große Anlaufschwierigkeiten: Kostenexplosionen, Skandale, Rechtsstreitigkeiten und Bauverzögerungen begleiten seit Jahren die EPR-Projekte in Frankreich, Finnland und

China. Es ist gerade die Umsetzung der innovativen Lösungen in der Kerntechnik, in der die Russen die Europäer, aber auch die Amerikaner und Japaner abgehängt haben. Das hat etwas mit der wesentlich kostengünstigeren und zügigeren Abwicklung nuklearer Großbaustellen durch den russischen Anbieter zu tun. In Russland, China, Indien und demnächst auch Finnland errichten die russischen Reaktorbauer ihre Anlagen mit stoischer Routine und hoher Professionalität, welche durch die üblichen russischen Probleme – Korruption, darniederliegende Infrastruktur, Bildungsmisere, fehlende Rechtssicherheit – nicht beeinträchtigt zu werden scheint.

Ihr Geheimnis ist nicht nur die Erfahrung – bis auf eine Pause in den 1990ern haben die Russen seit Ende der 1960er Jahre ununterbrochen Kernkraftwerke gebaut – sondern auch die besondere Organisationsform der russischen Staats-Kerntechnik, die, wie seinerzeit der Erbauer der (Vor-)Konvoi-Anlagen Siemens-KWU, Lösungen aus einer Hand anbietet und Baustellen mit komplexen Subunternehmensgeflechten nicht kennt. Gerade Auftraggeber aus Schwellenländern, die auf das Preis-Leistungsverhältnis schauen, geben daher den russischen Anlagen den Vorzug. Allenfalls die russische Wirtschaftskrise im Zeichen des niedrigen Ölpreises und der Sanktionen hat dieser Entwicklung einen Dämpfer verpasst – viele der russischen Ankündigungen neuer Kernkraftwerksbauten in aller Herren Länder, die in den letzten Monaten getätigt wurden, stehen unter ungewissen Prognosen.



Abb. 2: Skizze des Kernkraftwerks Novovoronezh II. Quelle: Atomenergoprojekt

Deutschland hingegen hat im kerntechnischen Anlagenbau seine Spitzenposition abgegeben, ohne dass hierzulande, wo sonst jeder Schnupfen der Automobilindustrie zu Krisensitzungen im Kanzleramt führt, dieser Abstieg nennenswert thematisiert würde. Und das ist schlimm – finden die Osteuropäer, die sich die Augen reiben über die deutsche

Selbstdemontage. Denn deutsche Kernkraftwerke wurden lange als Goldstandard für kerntechnische Sicherheit gehandelt. In vielen Bereichen gelten die Deutschen bis heute als unschlagbar, so beim Reaktorschutz und bei der leittechnischen Staffelung in Regel-, Begrenzungs- und Schutzebene, welche die deutschen Anlagen zu Weltmeistern in der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit machte. Die leittechnische Geschmeidigkeit der deutschen Anlagen macht sie besonders fit für den nuklearen Lastfolgebetrieb in Netzen mit hohem Anteil an volatiler Einspeisung durch Erneuerbare. In Ländern, die anders als Deutschland sowohl auf regenerative als auch auf nukleare Stromerzeugung setzen, werden solche Lösungen in Zukunft gebraucht werden.

Der Wechsel der Technologieführerschaft ist in vieler Hinsicht historisch bedeutend, galten doch die deutschen Anlagen den Osteuropäern lange Zeit als unerreichbares Vorbild – nicht nur was den Anlagenbau betraf, sondern auch hinsichtlich der Betriebsführung, des Strahlen- und Arbeitsschutzes. Überdies hätte vor drei Jahrzehnten, als die damals noch sowjetische zivile Kerntechnik in Tschernobyl in Trümmern lag, niemand prophezeit, dass die Osteuropäer sich einmal an die Spitze der Entwicklung setzen würden. Doch im Unterschied zu Deutschland, wo Tschernobyl und schließlich Fukushima in einem Umschlagen der Diskursivität zugunsten der Kernkraftgegner und zum Ausstiegsbeschluss führten, haben Russland, die Ukraine und die Länder Ostmitteleuropas die großen kerntechnischen Unfälle nicht zum Anlass genommen, das Fürchten vor dem Atom zu lernen. Im Gegenteil, sie haben die Krise als Chance genutzt.

Denn eine schwere Krise war sie, die Zeit nach Tschernobyl. Moratorien und Protestbewegungen setzten vielen Kernkraftprojekten ein Ende. Selbst Anlagen in fortgeschrittenem Baustadium wurden dem Ruin übergeben. Dieser Fall nach dem Knall, die Legitimationskrise nach der nuklearen Katastrophe, der wirtschaftliche Verfall und die Desintegration des gerade zwischen der Ukraine und Russland personell und technologisch hochverflochtenen Kernenergiesektors bleibt den älteren Atomingenieuren als schlimmste Zeit ihrer Karriere in Erinnerung.

Einige ließen sich nicht unterkriegen, warteten ab und beschritten individuelle Wege, um den Verfall aufzuhalten. Zu diesen Partisanen gehörten auch die leitenden Ingenieure des ukrainischen Kernkraftwerks Rivne. Dessen vierter Block war zum Zeitpunkt des Kiewer Atom-Baumatoriums 1990 zu 75 Prozent fertiggestellt. Doch die Rivner gaben ihre Baustelle nicht auf. Strom war in der westlichen Ukraine immer noch ein knappes Gut. Man versiegelte die Anlagenräume und ließ sie als Korrosionsschutz für die Ausrüstung mit Stickstoff konservieren. An anderen Gewerken wurde auf Sparflamme weitergearbeitet, unter dem Vorwand der Bestandserhaltung.

Der damalige Anlagenleiter erzählte mir diese Episode mit einem verschwörerischen Augenzwinkern. Jedenfalls waren die Rivner nach Aufhebung des Moratoriums auf dem Posten – und 2004 wurde die gerettete

1000-Megawatt-Anlage schließlich doch in Betrieb genommen. So wurde der vierte Block von Rivne in gewissem Sinne der Gegenentwurf zum 300 Kilometer östlich gelegenen Tschernobyl-Block 4: Markierte dieser am 26. April 1986 den Tiefpunkt der Kernenergieentwicklung in der Ukraine, so stand Rivne-4 für das Wiederaufleben der Kerntechnik im Land und für die Suche nach Lösungen sowohl mit einheimischen als auch mit russischen und schließlich mit westlichen Technologiepartnern. Rivne-4 wird im KKW daher scherzhaft »Euroblock« genannt, auch wenn es sich um eine Anlage sowjetischen Typs handelt.

Heute, nach dem kriegsbedingten Fortfall ostukrainischer Kohlekapazitäten, gehört die Ukraine neben Frankreich, Belgien und der Slowakei zu den Ländern mit dem höchsten Atomstromanteil weltweit. Und neben der Schweiz zu jenen Nicht-EU-Ländern, die ihre Kernkraftwerke nach Fukushima dem europäischen Stresstest unterzogen. Überhaupt hofft die kerntechnische Community in der Ukraine auf Diversifizierung mit europäischen und amerikanischen Partnern, seit der einstmals hochzuverlässige Partner Russland kein Partner mehr sein kann. Russische Stellen grollen und streuen als Antwort diffamatorische Nachrichten, so über die angebliche Schadensanfälligkeit von in ukrainischen Kernkraftwerken eingesetzten Brennelementen des US-Herstellers Westinghouse.

Was die Russen selbstverständlich nicht daran hindert, ihrerseits Brennelemente für Kernkraftwerke westlicher Hersteller auf dem Weltmarkt anzubieten.⁸ Denn im Zuge jahrelanger Wissenstransfers kam es zu einer Konvergenz westlicher und östlicher Standards im nuklearen Anlagenbau. Die vielfältigen Möglichkeiten, die sich für die Osteuropäer nach dem Ende des Kalten Krieges ergaben, nutzten sie optimal: ob in Ost-West-Kraftwerks-Partnerschaften, ob durch Beteiligung an Programmen technischer Zusammenarbeit und an Institutionen des Erfahrungsaustauschs und der Begutachtung, wie sie die IAEA und die Betreiber-Organisation WANO nach Tschernobyl aufbauten. Die Russen entschieden sich konsequent gegen den in Tschernobyl verunfallten sowjetischen »Nationalreaktor« RBMK, dessen Konzept auf die militärischen Plutoniumproduktionsanlagen der nuklearen Anfangsepoche zurückgeht. Seitdem setzen auch sie auf die transnationale Druckwasserbaulinie, deren sowjetische Verfechter sich einst mangelnden Patriotismus und Amerika-Liebäugelei hatten vorwerfen lassen müssen.

Weder in der Ukraine noch in Russland, weder in Tschechien, Polen, der Slowakei oder Ungarn gibt es starke Anti-Atom-Bewegungen. Das hat je spezifische Gründe. Polen, das bis jetzt auf heimische Kohle setzte, hat gerade erst die Standortsuche für sein erstes Kernkraftwerk abgeschlossen. Die anderen Ostmitteleuropäer sind seit langem im Geschäft und schätzen die Kernkraft als zuverlässige und luftschadstoffarme Form der Stromproduktion. In der Ukraine, deren Bewohner seit den kriegsbedingten rotierenden Abschaltungen den Wert einer sicheren Stromversorgung zu schätzen wissen, wird ein Atomausstieg nicht diskutiert. In Russland sieht es ähnlich aus, doch hier macht auch

die Repression der Staatsgewalt jeden Antiatomprotest zur Mutprobe.

So unterschiedlich ihre Motive und Verbündeten auch sein mögen – Polen und die Ukraine setzen auf westliche Partner, Tschechen und Ungarn auf russische – einig sind sich unsere östlichen Nachbarn im Unmut über den deutschen Energiewende-Alleingang. In Windspitzenzeiten destabilisiert nicht gebrauchter deutscher Strom die Netze in Polen und Tschechien. Dort installiert man nun technische Vorkehrungen, um das zu verhindern. Die Ostmitteleuropäer unterstützen EU-Initiativen über innovative Kernforschung, während Berlin dieselben Initiativen als »rückwärtsgewandt« abkanzelt und in Brüssel Druck zu ihrer Verhinderung macht. Deutschland fordert derzeit in harschem Ton Gefolgschaft – zuletzt mit einem kaum verhohlenen Einmischungsversuch in Belange der belgischen Atomaufsicht. Die östlichen Nachbarn registrieren dies mit zunehmendem Unmut: Warum fordert Berlin europäische Solidarität für seine stockende Energiewende ein, wenn es sich bei deren Einführung nicht mit seinen Nachbarn beraten hat?

Was den Osteuropäern aufstößt, ist darüber hinaus der Modus des moralischen Imperialismus, der die deutschen Aussagen prägt. Die Deutschen von heute, so scheint es, kommen nicht mehr auf Panzern. Doch sie tun und lassen, was ihnen gerade opportun scheint – immer mit höheren Begründungen. Man handelt ohne Konsultation Polens eine für die Sicherheit Europas sensible russisch-deutsche Gastrasse aus? Das dient dem Frieden und der Entwicklungspartnerschaft. Man tadelt die Polen, Tschechen und Ungarn für ihre Kernenergiepläne? Das ist im Interesse des Überlebens der Menschheit.

Die Russen und Ukrainer indessen betrachten die Szene aus der Ferne mit ungläubigem Staunen – sie verstehen die Ingenieursnation Deutschland nicht mehr, und vermuten, dass bei der Energiewende-Entscheidung wohl die »Politik« über die Experten für Versorgungsnetze und Kraftwerkstechnik obsiegt habe. »Ein Land, das es sich leisten kann, seine Hauptstadt zu verlegen, kann sich vielleicht auch leisten, die besten Kernkraftwerke der Welt abzuschalten«, sagte mir ein russischer Atomingenieur, »aber ich bin überzeugt: früher oder später werden die Deutschen zur Kerntechnik zurückkehren. Vielleicht nicht zur Kerntechnik in ihrer heutigen Form. Aber sie werden zurückkehren. Und wir brauchen sie.«

1: Pervyj rossijskij energoblok pokolenija 3+ vyšel na minimal'no kontruliruemyj uroven' moščnosti (MKU), <http://publicatom.ru/blog/nvaes/20427.html>

2: IAEA Tecdoc 1624: Passive Safety Systems and Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants, Vienna 2009, S. 2-19

3: OAO Sankt-Peterburgskij naučno-issledovatel'skij i konstruktorskij institut "Atomenergoproekt", Proekt AES-2006, Sankt-Peterburg 2013; IAEA Tecdoc 1624: Passive Safety Systems and Natural Circulation in Water

Cooled Nuclear Power Plants, Vienna 2009, S. 100-105

4: Vladimir Morozov: Proektom predusmotreno. Rezul'taty verojatnostnogo analiza bezopasnosti proekta, in: Rosenergoatom Nr. 12 (2012), S. 18-20, http://www.rosenergoatom.info/images/PDF/2012/web_REA_12.pdf; Eine andere Angabe, nämlich CDF für VVER-1200/V392M von $6,1 \cdot 10^{-7}$, gibt ein IAEA-Bericht auf der Grundlage russischer Daten an: IAEA, Status report 107, VVER-1200 (V392M), S. 13, Table 4, [https://aris.iaea.org/sites/.%5CPDF%5CVVER-1200\(V-392M\).pdf](https://aris.iaea.org/sites/.%5CPDF%5CVVER-1200(V-392M).pdf). Dieser Wert wäre identisch mit Angaben zum EPR.

5: Zur CDF des EPR:

- UK-EPR. Fundamental safety overview. Vol. 2, Design and safety. Chapter B: Probabilistic safety assessment [aktuell nur im Cache abrufbar hier]:
- HM Nuclear Installations Inspectorate: Health and safety executive nuclear directorate assessment report. New Reactor Build: EDF/AREVA EPR Step 2 PSA Assessment, Bootle Merseyside 2007, S. 3, $6,1 \cdot 10^{-7}$: <http://www.onr.org.uk/new-reactors/reports/eprpsa.pdf>.
- Beide Quellen nennen also $6,1 \cdot 10^{-7}$ als CDF des EPR. CDF-Angaben aus anderer Quelle lauten für den UK-EPR $6,2 \cdot 10^{-7}$, für die in Bau befindlichen EPR in Flamanville-3 und Olkiluoto-3 $4,8 \cdot 10^{-7}$:
- Avi Julin, Matti Lehto, Patricia Dupuy et al. (2014), Insights from PSA Comparison in Evaluation of EPR Designs, Paper presented at Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM-12, June 2014, Honolulu, Hawaii, S. 6: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/PSAM-12-PSA.pdf>

6: Richtlinien und Empfehlungen zur CDF:

- EUR-Richtlinie: EUR pre-assessment: 55 Key requirements of EUR revision D, March 2014, S. 3: „Core Damage cumulative frequency shall be lower than 10^{-5} per reactor year“, <http://www.europeanutilityrequirements.org/Portals/0/EUR%20pre%20assess%2055%20key%20issues%20rev%20D.pdf>; Quantitative requirements for current and future designs, darin EU: $< 10^{-5}$
- IAEA: INSAG-3 (operating plants) 10^{-4} , INSAG-5 (future plants) 10^{-5} , Russland (OPB-88) 10^{-6}
- Alle Angaben in: Victor Ignatiev: ALWR safety approaches and trends. Implementation of passive safety features in the design, Studsvik report, STUDSVIS/ES-95/62, o.O. 1995, S. 20, Table 1, sowie S. 20 Fig. 3, http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/27/045/27045213.pdf

7: Zur CDF deutscher Anlagen:

- Der „Licensee report“ aus dem EU-Stresstest für deutsche Anlagen nennt für die Vorkonvoi-Anlage Grohnde eine CDF von $1 \cdot 10^{-5}$: „The

probabilistic safety analysis (PSA) so far performed for the periodic safety review (PSR) of KWG pursuant to BMU guidelines yields Level 1 PSA results (core damage frequency, CDF) clearly below the CDF target specified by IAEA for operational plants ($< 1 \cdot 10^{-4}/a$). Actual results are as low as those recommended for evolutionary power reactors ($1 \cdot 10^{-5}/a$)“, in: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety [BMU], EU Stresstest report, Annex 1, Summaries of the licensee reports [2011], Annex A1-7 KWG, S. A1- 65:

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eu_stresstest_report_annex.pdf

- Im „Progress Report“ des BMU von September 2011 sind die CDF-Angaben für alle deutschen Anlagen noch unvollständig aufgeführt und daher nicht in einer Quelle vergleichbar. Für die Konvoi-Anlage Neckarwestheim-2 wird hier eine CDF von $5,4 \cdot 10^{-6}$ angegeben. Diese Angabe deckt sich mit der Grafik Fig. 3 in Ignatiev (1995), der den Konvoi bei $5 \cdot 10^{-6}$ verzeichnet. Dieser Wert wurde auch für unsere Grafik in Abb. 1 übernommen. Vgl. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety [BMU], EU Stresstest National Report for Germany. Progress Report of September 15, 2011, Tabelle S. 19, GKN-2.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/english/pdf/application/pdf/progress_report_bf.pdf.

8: Russia's Rosatom signs 10 billion-worth of deals at AtomExpo, in: World Nuclear News, 01. Juni 2016, <http://www.world-nuclear-news.org/C-Russias-Rosatom-signs-10-billion-worth-of-deals-at-AtomExpo-01061601.html>

Titelbild: Kernkraftwerke Novovoronezh I (rechts) und II (links).
Quelle: Wikimapia.



Dr. Anna Veronika Wendland ist Osteuropa-Historikerin und Forschungs Koordinatorin am Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung in Marburg. Sie forscht zur Geschichte von Atomstädten und nuklearen Sicherheitskulturen in Ost- und Westeuropa, unter anderem auch im Zusammenhang des transregionalen Sonderforschungsbereiches SFB-TRR 138 »Dynamiken der Sicherheit« der Universitäten Marburg und Gießen sowie des Herder-Instituts, in dem es um Versicherunglichungsprozesse von der Antike bis zur Jetztzeit geht.

<http://nuklearia.de/2016/07/11/nicht-ohne-mein-kernkraftwerk/>