

Deutscher Bundestag
2. Untersuchungsausschuss
Der Vorsitzende
Platz der Republik 1

11011 Berlin

Per E-Mail:

2.untersuchungsausschuss@bundestag.de

Geschäftszeichen PA29-5412

PD Dr. Anna Veronika Wendland
Herder-Institut für historische
Ostmitteleuropaforschung
Institut der Leibniz-Gemeinschaft
Direktion
Gisonenweg 3-5
35037 Marburg

Marburg, 01. November 2024

Gutachterliche Stellungnahme zum Beweisbeschluss SV-1 des 2. Untersuchungsausschusses vom 10. Oktober 2024

Abstract: Die Stellungnahme befasst sich im Schwerpunkt mit der Bewertung der sicherheitstechnischen Aspekte der Entscheidungen im BMUV und BMWK gegen eine Laufzeitverlängerung für die deutschen KKW im Jahr 2022, daneben mit den Preis- und CO₂-Einspareffekten einer mehrjährigen Laufzeitverlängerung. Der Preissenkungseffekt für den deutschen Strommarkt wird als moderat angesehen, die erwartbare CO₂-Einsparung lässt den Schluss zu, dass eine Laufzeitverlängerung eine sehr bedeutende und auch zu relativ günstigen Kosten zu erzielende Einzelmaßnahme auf dem Gebiet des Klimaschutzes gewesen wäre. Sicherheitstechnisch und nach Rechtslage wäre eine Laufzeitverlängerung vertretbar und durchführbar gewesen. Aus einer Analyse der Basistexte der Entscheidungsfindung und Kommunikation der beteiligten Akteure im BMUV und BMWK geht hervor, dass diese 2022 in offiziellen Dokumenten und öffentlichen Äußerungen nachweislich und systematisch unwahre Aussagen über den Sicherheitszustand und die Laufzeitverlängerungs-Optionen der deutschen Kernkraftwerke machten. Da sie über einen Stab von kerntechnischen Fachleuten verfügten, die ihnen sachgetreue Aussagen vorlegen konnten, kann nicht ausgeschlossen werden, dass dies absichtsvoll und nicht nur aus Unkenntnis geschah. Zu fragen ist auch, warum die Bundesregierung ein ihr zur Verfügung stehendes wichtiges kerntechnisches Expertengremium, die Reaktorsicherheitskommission, nicht in die Beratungen einbezog.

0. Reichweite der Stellungnahme

Ich wurde mit Schreiben vom 22. Oktober 2024, Gesch.-Z. PA29-5412 eingeladen, als Sachverständige an der Sitzung des Untersuchungsausschusses am 28.11. 2024 teilzunehmen.

Ich bin Historikerin mit einem Forschungsschwerpunkt in der Umwelt- und Technikgeschichte sowie der historischen Sicherheitsforschung. Ich habe über Themen der kerntechnischen Sicherheit und der nuklearen Arbeit publiziert, daneben auch über die Rolle der Kernenergie in Klimasicherheitsstrategien.¹ Im Kontext meiner

¹ Auswahl: Anna Veronika Wendland, Nuclear Power in Wartime: Zaporizhzhia NPP as a Test Case for Nuclear Safety, in: Ukrainian Analytical Digest Nr.3 (2023), 30-37, DOI: 10.3929/ethz-b-000646799; Dies., Der Tschernobyl-Reaktor RBMK. Eine kerntechnische Verflechtungsgeschichte. In: Jahrbücher für Geschichte Osteuropas 71 (2023) H.1, 137-165. DOI: 10.25162/jgo-2023-0007; Reaktorsicherheit als Zukunftskommunikation. Nuklearpolitik, Atomdebatten und kerntechnische Entwicklungen in Westdeutschland und Osteuropa 1970-2015, in: Christoph Kampmann / Angela Marciniak / Wencke Meteling, „Security turns its eye exclusively to the future“. Zum Verhältnis von Sicherheit und Zukunft in der Geschichte, Baden-Baden 2018, 305-352; Dies., Negotiating Nuclear Security under Social Stress: On-

Habilitationsschrift im Sonderforschungsbereich SFB-TR 138 „Dynamiken der Sicherheit“ (Marburg / Gießen) ² habe ich mehrere Jahre Feldforschung als *participant observer* in deutschen und osteuropäischen Kernkraftwerken durchgeführt und dabei unter anderem Daten über die reaktorsicherheitstechnische Praxis auf den Anlagen, Mensch-Maschine-Schnittstellen in der Reaktorsicherheit, Sicherheitsanalysen, Prüfverfahren und Rückbauvorbereitung gesammelt.³ Der Schwerpunkt dieser Stellungnahme liegt aus diesem Grunde auf dem Punkt 2 des Beweisbeschlusses (Sicherheitsaspekte).

1. Markt- und Preiswirkungen der Entscheidungsalternativen

Bei der Beantwortung der Frage 1 kann man zweierlei Betrachtungen anstellen: *Erstens* eine eng gefasste, die sich nur auf die in Deutschland feststellbaren Markt- und Preiswirkungen des Weiterbetriebs der drei KKW Emsland, Neckarwestheim-2 und Isar-2 bezieht, und *zweitens* eine globale, die sich mit der Methode der kontrafaktischen Analyse („Was wäre gewesen, wenn...?“) mit der Frage beschäftigt, was eine deutsche Entscheidung für eine nachhaltige (d.h. sich nicht nur auf Krisenmitigation beziehende) KKW-Laufzeitverlängerung 2022 an marktlich wirksamen Weichenstellungen erbracht hätte.

1.1 Studienlage national

Bereits im Jahr 2022 wurden kleinere Studien publiziert, die im Falle einer Laufzeitverlängerung der drei KKW für mehrere Jahre eine Strompreisminderung (im Vergleich zum damals prognostizierbaren Großhandelspreis ohne Kernkraftwerke) vorhersagten. Dabei legte man zugrunde, dass Brennstoffbeschaffung, nachholende Periodische Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ), Wiederanmeldungen von Wiederkehrenden Prüfungen etc. bis zum Winter 2023/24 zu bewältigen seien. Die Bandbreite rangiert zwischen optimistischen -31%⁴ über rund -14% (im Falle einer Laufzeitverlängerung kombiniert mit ehrgeizigem Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE)⁵ bis zu -1,2 bis -4% im Falle einfacher Laufzeitverlängerung bei leicht gebremstem EE-Ausbau.⁶ Dehnt man die Betrachtung auf die drei zum

site Participant Observations on Human and Organizational Factors in Nuclear Facilities of the Global North, in: Proceedings of the IAEA Nuclear Security Conference 2016, Vienna 2017 (CD-ROM); Dies., Atomkraft? Ja bitte! Klimawandel und Energiekrise: Wie Kernkraft uns jetzt retten kann, Köln 2022.

² Anna Veronika Wendland, Kerntechnische Moderne. Atomstädte, Nukleare Arbeit und Reaktorsicherheit in Ost- und Westeuropa 1966-2021, Habilitationsschrift, Philipps-Universität Marburg 2021.

⁴ B. Peters, Der Erhalt von sechs Kernkraftwerken könnte den Großhandelspreis für Strom um die Hälfte absenken, in: atw 68 (2022), 2-5.

⁵ J. Egerer, V. Grimm et al., Mobilisierung von Erzeugungskapazitäten auf dem deutschen Strommarkt: Kurz- und mittelfristige Preiseffekte, Kurzstudie, Universität Erlangen-Nürnberg 2022, https://www.wirtschaftstheorie.rw.fau.de/files/2022/10/Kurzstudie_Mobilisierung_Erzeugungskapazitäten_Preiseffekte_2022.pdf;

⁶ M. Mier, Erdgas- und Strompreise, Gewinne, Laufzeitverlängerungen und das Klima, in: ifo Schnelldienst, 2022, 75, Nr. 09, 20-26.

31.12. 2021 vom Netz gegangenen KKW Brokdorf, Grohnde und Gundremmingen-C aus, ergaben sich noch höhere Einsparungen.⁷

Als ökonomisch-psychologischer Faktor wäre auch eine Marktberuhigung durch das starke politische Signal hinzugekommen, dass die Bundesregierung unter Hintanstellung ihrer ursprünglichen Programmatik („Atomausstieg vollenden“) alles tut, um das Stromdargebot zu vergrößern. Aus qualitativer Sicht ist hier hinzuzufügen, dass die Kernkraftwerke vor allem jenes Dargebot vergrößert hätten, das für die deutsche energieintensive Industrie strategisch am wichtigsten ist, nämlich das Dargebot an der Schnittstelle von gesicherter Leistung und niedriger Emission, d.h. Bereitstellung einer Stromerzeugung, die nicht wetter- oder tageszeitabhängig ist, die langfristig planbar zur Verfügung steht und auf die keine CO₂-Abgaben entfallen. Exakt an dieser Schnittstelle befanden sich deutschen Kernkraftwerke.

1.2 Studienlage global / strategisch

Eine globale Betrachtung würde weitergehen und danach fragen, was ein erwartbares Ergebnis gewesen wären, falls ein Kurswechsel 2022 auch einen prinzipiellen Energiestrategiewechsel nach sich gezogen hätte, etwa zu einem Mischsystem aus Kernenergie und Erneuerbaren Energien (EE). Leider haben die deutschen Energiesystem-Studien (Fraunhofer ISE, Langfristszenarien u.a.) nie ein Szenario unter Einschluss der Kernenergie modelliert, weil man Kernenergienutzung unter Berufung auf die Gesetzeslage prinzipiell ausschloss – obwohl die Disruption von 2022 zeigte, dass Betrachtungen von Alternativpfaden sinnvoll gewesen wären. Internationale Studien ermittelten, dass Systeme, in denen hohe Anteile an Kernkraftwerken und Erneuerbaren genutzt werden, geringere CO₂-Vermeidungskosten haben als ein zu 100% auf Erneuerbare setzendes System⁸; das gilt umso mehr, je mehr Atomstrom im System ist⁹, und je tiefer die Dekarbonisierung ist.¹⁰ Eine neuere „kontrafaktische“ Analyse geht noch weiter und besagt, dass Deutschland im Zeitraum 2002-2022 ohne Atomausstieg und mit Ausbau der Kernenergie eine wesentlich höhere CO₂-Reduktion zu geringeren Kosten hätte erzielen können als es bis 2024 erzielt hat.¹¹ Diese Überlegungen sind allerdings für die Beweisauf-

⁷ Peters, der Erhalt von sechs Kernkraftwerken, geht mit Sekundäreffekten von bis zu -60% aus.

⁸ OECD: The Costs of Decarbonisation. System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables, 2019, <https://doi.org/10.1787/9789264312180-en>.

⁹ RTE, Energetische Zukunftsperspektiven 2050. Wichtigste Ergebnisse. Oktober 2021, https://assets.rte-france.com/prod/public/2022-03/Energetische%20Zukunftsperspektiven%202050_Wichtigste%20Ergebnisse.pdf, insbesondere 19, 32.

¹⁰ L. Duan, R. Petroski, R., L. Wood et al., Stylized least-cost analysis of flexible nuclear power in deeply decarbonized electricity systems considering wind and solar resources worldwide. *Nature Energy* 7 (2022), 260–269, <https://doi.org/10.1038/s41560-022-00979-x>

¹¹ J. Emblemavag, What if Germany had invested in nuclear power? A comparison between the German energy policy the last 20 years and an alternative policy of investing in nuclear power. *International Journal of Sustainable Energy*. Vol. 43 (2024), No. 1, 2355642, <https://doi.org/10.1080/14786451.2024.2355642>.

nahme, die sich nur auf die 3 letzten KKW bezieht, *beyond scope*. Sie können gleichwohl für eine Kontextualisierung der historischen Situation hilfreich sein, weil sie aufzeigen, dass es für Industriestaaten unterschiedliche Klimastrategien gibt und dass das deutsche Handeln nicht alternativlos war.

2. Sicherheitsaspekte der Entscheidungsalternativen

Im Mittelpunkt der Kontroverse über die Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke steht die Frage, ob es sicherheitstechnisch vertretbar gewesen wäre, die Anlagen über ihre im Atomgesetz festgeschriebenen Leistungsbetriebszeiten hinaus zu betreiben, und ob die Bundesregierung angesichts einer existenziellen ökonomischen Krise, die auch heute noch andauert, diese Frage wirklich ergebnisoffen und vorurteilsfrei geprüft hat. Letzteres ist auch Gegenstand des 2. Untersuchungsausschusses.

2.1 Sicherheitsbewertung des BMUV zwischen dem 01. und 03.03. 2022

Dabei war vor allem die sicherheitstechnische Bewertung des BMUV, die dem BMWK und dem BMUV als Grundlage für ihren Prüfvermerk vom 07.03. 2022 diente, umstritten. Rein aussagelogisch machte der zuständige Abteilungsleiter aus der Aussage seiner Fachbeamten eine umgekehrte Aussage. Die Fachleute diskutierten in ihrem Vermerk vom 01.03. 2022 drei Szenarien, die "mit der nuklearen Sicherheit vereinbar" seien (Stilllegung zum 31.12. 2022, Laufzeitverlängerung mit Streckbetrieb, Laufzeitverlängerung für mehrere Jahre mit neuem Kernbrennstoff), ergänzt um Ausführungen über die Klärungen und Maßnahmen, die im jeweiligen Szenario zu unternehmen seien. Dieser Aussagetenor wurde im Vermerk ihrer Vorgesetzten vom 03.03. 2022 deutlich abgeändert: nun wurde die Aussage gemacht, jedwede Laufzeitverlängerung über den 31.12. 2022 hinaus (d.h. auch jener Streckbetrieb, der dann schließlich mit dem 19. AtGÄndG doch beschlossen wurde) sei "sicherheitstechnisch nicht vertretbar". Das bedeutet eine aussagelogische Wende um 180 Grad in ein und derselben Organisation binnen zwei Tagen.¹² Ich gehe im Folgenden auf die sicherheitstechnischen Begründungen ein:

2.2 Kernaussage

Die Arbeitsgruppe S I 2 spricht in ihrem Vermerk vom 1. März 2022 über die „Herausforderung“, dass bei einer Laufzeitverlängerung in die (auf das Atom-Aus hin konzipierten und daher hoch abgebrannten) Reaktorkerne größtenteils frische Brennelemente geladen werden müssten. Ihre Vorgesetzten machen daraus ein „Problem hinsichtlich der Kernaussage“ und des Sicherheitsnachweises und

¹² BMUV, Arbeitsgruppe S I 2, Vermerk „Laufzeitverlängerungen deutscher Kernkraftwerke“, Bonn, 01.03. 2022; BMUV, Abteilung S, Vermerk „Laufzeitverlängerungen deutscher Atomkraftwerke. Bewertung der Sicherheit“, Bonn, 03.03. 2022.

suggestieren, dass ein aus frischen BE bestehender Kern problematisch sei, während erst der nach mehreren Nachladungen sich einstellende Gleichgewichtskern¹³ „unproblematisch“ sei. Doch handelt es sich auch bei einem Erstkern oder einem Kern mit einem hohen Anteil frischer Brennelemente um reguläre betriebliche und genehmigungstechnische Vorgänge. Wie für jeden neuen Reaktorzyklus nach einem Brennelementwechsel müssten auch für diesen Kern reaktorphysikalische Berechnungen und Sicherheitsbetrachtungen angestellt werden; falls sich noch BE mit vorigen Standzeiten im Kern befinden, auch mit Betriebsverfolgung und Berücksichtigung der BE-Historie. Der neu berechnete Reaktorkern wird von der Aufsichtsbehörde genehmigt. Wie immer wäre beim nuklearen Anfahren der Anlage (Kritischmachen, Nulllasttests für Ermittlung der Stabwirksamkeit, Kalibrieren der Neutronenflussmessungen etc.) neben den anlageneigenen Fachleuten auch ein Physiker des Anlagenherstellers auf der Anlage, der diese Tests begleitet, außerdem die Sachverständigen des TÜV.¹⁴

2.3 Kernbrennstoffbeschaffung

Hinsichtlich der "Beschaffung eines neuen Reaktorkerns" suggeriert die Abteilung S, es stünde nur die Herstellung eines Erstkerns mit 193 frischen BE zur Debatte, die ein bis 2 Jahre dauere. In Wirklichkeit hatten die KKW 2022 Brennelemente mit 1-5 Standzeiten in ihren Lagerbecken, die man in einer Übergangszeit mit einer kleineren Anzahl frischer BE, 50-100, hätte kombinieren können. Laut Aussagen von Herstellern (Westinghouse, Framatome) wäre eine schnellere Brennelementbeschaffung mit Lieferzeiten von 6-12 Monaten möglich gewesen.¹⁵

2.4 Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)

Auf Seite 5 des Vermerks vom 03.03. 2022 wird angegeben, mit Einstellung der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) fehle ein "Element der laufenden Sicherheitsverbesserung". In Wirklichkeit basiert die PSÜ auf Erkenntnissen aus Betriebserfahrungen und den regulär weiterlaufenden Wiederkehrenden Prüfungen, der Werkstoffüberwachung (im Kontext des Alterungsmanagements) und der externen Weiterleitungsnachrichten. Sie stellt eine Meta-Analyse der in einem 10-

¹³ Wenn man einen Leistungsreaktor zum 1. Mal anfährt, verfügt er über einen „Erstkern“ aus frischen Brennelementen. Die Überschussreaktivität ist dann vergleichsweise hoch und wird mit abbrennbaren Neutronengiften & einer hohen Borkonzentration im Kühlmittel ausgeglichen. Nach 1 Jahr wird ca. 1/5 der BE durch frische getauscht und so weiter jedes Jahr, sodass sich nach 5 Jahren ein "Gleichgewichtskern" einstellt, dessen Gesamt-Abbrand nahezu konstant bleibt, weil jedes Jahr ungefähr dieselbe Menge BE entfernt wird und durch frische ersetzt wird.

¹⁴ Beispiel für eine solche Berechnung: Joaquin Basualdo, Reaktorphysikalische Berechnungen für den 38. Zyklus von KWG auf Basis der Betriebsverfolgung: endgültiger Umsetzplan U1304 für den 37. BE-Wechsel, Hannover, 21.04. 2020. Prozeduren: Eigene Beobachtung mehrerer Anfahrprozesse, KKW Grohnde 2016-2021.

¹⁵ Florian Güßgen, Thomas Stölzel, Wo sollen die neuen Brennstäbe herkommen? In: Wirtschaftswoche, 18.10. 2022, <https://www.wiwo.de/technologie/forschung/laengere-laufzeit-der-kernkraftwerke-wo-sollen-die-neuen-brennstaebe-herkommen/28750524.html>;

Kathrin Witsch, Klaus Stratmann, Unter diesen Bedingungen könnten Atomkraftwerke länger laufen, in: Handelsblatt, 25.07. 2022, <https://www.handelsblatt.com/politik/energiekrise-unter-diesen-bedingungen-koennten-atomkraftwerke-laenger-laufen/28442392.html>.

Jahres-Zeitraum gemachten Erfahrungen nebst deterministischen und probabilistischen Sicherheitsanalysen dar. Die gesamte Prozedur wird leistungsbetriebsbegleitend gemacht, d.h. es bedarf keines Anlagenstillstandes. Eine PSÜ-Nachholung wäre daher machbar gewesen. Da aber die vorgeschriebenen Wiederkehrenden Prüfungen nie verschoben oder erlassen wurden, wäre auch im Falle einer langwierigen Nachholung der PSÜ der Sicherheitsstatus der Anlagen auf dem aktuellen Stand gewesen; tatsächlich sind die WKPn und anderen Überwachungsmaßnahmen die zentralen Elemente der „laufenden Sicherheitsverbesserung“. Diese Sichtweise wird auch von Fachleuten gestützt, die die PSÜ entworfen und deren Durchführungen begleitet haben.¹⁶

2.5 Sicherheitsanforderungen und „EPR-Standard“

Ebenfalls auf Seite 5 wird behauptet, die in Frage stehenden Anlagen genügten nicht der "heutigen" Anforderung, dass die Folgen von Kernschmelzunfällen „auf das Anlagengelände“ zu begrenzen seien. Dieses Argument taucht in der Betrachtung der Fachleute der Arbeitsgruppe S I 2 vom 01.03.22 gar nicht auf, und zwar aus einem guten Grunde: diese Anforderung im rechtlichen Sinne stammt nämlich aus einer 2002 gestrichenen AtG-Änderung von 1994 (AtG §7 Abs. 2a), die mit Blick auf neue Reaktortypen, die man damals noch in Deutschland bauen wollte, eingefügt worden war, die aber für die bis Ende 1993 genehmigten Anlagen nicht galt.¹⁷ Mit dem Atomausstieg und der AtG-Novelle 2002 fiel dieser Absatz wieder weg. Er könnte allenfalls bei einem Wiedereinstieg in die Kernenergie mit KKW-Neubau relevant werden.¹⁸

In ihrem Prüfvermerk vom 7. März sprechen BMWK/BMUV dieses Thema explizit nur im Kontext der drei am 31.12. 2021 vom Netz gegangenen Anlagen Brokdorf, Grohnde und Gundremmingen-C an, die in den Vermerken des BMUV vom 1. und 3. März keine Rolle gespielt hatten. Am 7. März wird behauptet, im Falle einer Laufzeitverlängerung auch dieser Anlagen müssten diese eine Neugenehmigung durchlaufen und dem heute geltenden „EPR-Standard“ genügen, was technisch unmöglich sei.¹⁹ Mit „EPR-Standard“ meint man die Anlagenauslegung moderner Druckwasserreaktoren der Generation 3+, in denen der vormals auslegungsüberschreitende Kernschmelzunfall Auslegungsstörfall ist, weil es Vorrichtungen zum Auffangen und Kühlen des Coriums gibt; man erwartet sich davon die Begrenzung von Kernschmelzunfällen auf das Anlagengelände.²⁰ Im Fazit des Prüfvermerks

¹⁶ Stellungnahme des Sachverständigen Dipl.-Phys. Ulrich Waas bei der Anhörung des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz am 09.11. 2022, A.-Drs. 20(16)119-A., 2-4.

¹⁷ 7. AtGÄndG vom 19.07. 1994, Bundesgesetzblatt Jg. 1994 Teil I, 1622.

¹⁸ Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität vom 22. April 2002, Bundesgesetzblatt Jg. 2002 Teil I Nr. 26, 26. April 2002, 1353.

¹⁹ BMWK / BMUV, Prüfung des Weiterbetriebs von Atomkraftwerken aufgrund des Ukraine-Kriegs, 07.03. 2022, 1.

²⁰ Ob dieser „EPR-Standard“ allerdings den AtG-Standard von 1994 (Begrenzung von Unfallfolgen auf das Anlagengelände auch bei seltenen schweren Unfällen) erfüllen würde, ist in der Fachwelt umstritten.

wird diese Aussage auch auf die noch laufenden KKW ausgedehnt, falls ein „längerfristiger Weiterbetrieb“ genehmigt werden müsse.²¹

Doch wären Neubeantragungen gar nicht notwendig gewesen, denn sämtliche in Frage stehenden KKW, auch die zum 31.12. 2021 vom Netz gegangenen Anlagen, waren Stand 2022 im Besitz gültiger atomrechtlicher Betriebsgenehmigungen nach § 7 Abs. 1 AtG. Diese sind nicht zu verwechseln mit der „Berechtigung zum Leistungsbetrieb“ nach § 7 Abs. 1a AtG, die sich auf die kommerzielle Stromproduktion bezieht. Letztere waren in der nach Fukushima erfolgten AtG-Änderung für die sechs Anlagen zum 31.12. 2021 bzw. 31.12. 2022 befristet worden. Es wäre also nach der damaligen Rechtslage möglich gewesen, auch eine Laufzeitverlängerung für mehrere Jahre zu bewilligen. Um von der Aufsichtsbehörde die Freigabe zu erhalten, einen neuen Reaktorkern zu beladen und die Anlage anzufahren, hätten die sechs KKW keinen „EPR-Standard“ erfüllen müssen, sondern wie bislang die „erforderliche Schadensvorsorge nach Stand von Wissenschaft und Technik“ nachweisen müssen. Diesen Nachweis führten sie, indem sie die seit 2012 geltenden „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke“ (SiAnf) erfüllten, nämlich durch Auslegungsprinzipien, Prüfverfahren während der Jahresrevisionen sowie mit den das ganze Jahr über durchlaufenden Wiederkehrenden Prüfungen, Materialprüfungen, Alterungsmanagement sowie mit den Robustheitstests nach Fukushima.²² Bei den SiAnf handelt es sich um eine Überarbeitung und Systematisierung des geltenden kerntechnischen Regelwerkes (KTA-Regeln, BMI-Sicherheitskriterien, Störfall-Leitlinien, RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren u.a.).²³ Dabei wurden nationale und internationale Weiterentwicklungen in der Reaktorsicherheit (etwa das *Defense-in-Depth*-Prinzip mit vier gestaffelten Sicherheitsebenen einschließlich des anlageninternen Notfallschutzes) einbezogen und in das untergesetzliche Regelwerk umgesetzt.²⁴

Auch eine weitere Aussage im Vermerk vom 3. März, es gebe in den Anlagen Isar-2 und Emsland ein „unerkanntes Risikopotenzial“, denn „eine systematische Überprüfung nach dem neuen kerntechnischen Regelwerk (‘Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke‘ vom 22.11. 2012) hat lediglich in Baden-Württemberg stattgefunden“, ist irreführend. Bei der Verpflichtung auf die SiAnf gab es keinen Doppelstandard, sie lagen ohne Unterschied der Auslegung, den betrieblichen und Not-

²¹ BMWK / BMUV, Prüfung des Weiterbetriebs von Atomkraftwerken aufgrund des Ukraine-Kriegs, 07.03. 2022, 4.

²² Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, Fragen zur Genehmigung von Atomkraftwerken, Sachstand vom 05.09. 2024, WD 3-3000-090/24, 8; Institut für Berg- und Energierecht der Ruhr-Universität Bochum, Prof. Johann-Christian Pielow, Gutachterliche Stellungnahme zu den rechtlichen Anforderungen für einen befristeten Weiterbetrieb bestimmter Kernkraftwerke im Interesse der Energieversorgungssicherheit, 18.05. 2022 [i.A. des Wirtschaftsrats der CDU], 4-8.

²³ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bekanntmachung der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ vom 22. November 2012, BAnz AT 24.01.2013 B3; BMUV, Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, Bundesanzeiger AT, 30.03. 2015, B2.

²⁴ Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, https://regelwerk.grs.de/de/sianf_an_kkw.

fallvorkehrungen sowie den Prüf- und Analyseverfahren in allen in Deutschland nach 2012 noch laufenden Kernkraftwerken zugrunde, sodass „unerkannte Risikopotenziale“ auch außerhalb Baden-Württembergs nicht zu mutmaßen waren.

2.6 Wertende Sprache im BMUV-Vermerk vom 03.03. 2022

Ergänzt wird der Vermerk vom 03.03. 2022 noch um eindeutig wertende Aussagen zur Reaktorsicherheit, etwa die gänzlich unbelegte Behauptung, eine Laufzeitverlängerung wirke sich negativ auf den *human factor* in den Anlagen aus, d.h. auf „die Vorsorge hinsichtlich des menschlichen und organisatorischen Fehlverhaltens sowie unzureichender Fachkunde“. Das ist insofern bemerkenswert, da ja gerade der Atomausstieg die Belegschaften jahrelang psychisch und ökonomisch unter Druck setzte, während die Aussicht auf einen Weiterbetrieb ein hohes Motivierungspotenzial gehabt hätte.²⁵

Der Vermerk endet mit einem fett gedruckten Abschnitt mit appellativen Formulierungen, die nicht aus Fachbetrachtungen stammen, sondern zu einer wertenden Sprache greifen: der Weiterbetrieb von „Atomkraftwerken [stellt] eine Risikoerhöhung dar...Da es sich unbeschadet [sic] des sehr hohen Sicherheitsniveaus in Deutschland um eine Risikotechnologie handelt...muss die Entscheidung im Zweifel für die Sicherheit ausgehen“. Der Gefahr im Verzug suggerierende Begriff „Risikotechnologie“ wird in der Fachliteratur wegen seiner Suggestivität und Ungenauigkeit nicht (mehr) benutzt, da im Technologievergleich zwischen Stromerzeugungssystemen bzw. grundsätzlich zwischen Systemen mit hohen Sicherheitsanforderungen das Unfall- und Umweltverschmutzungsrisiko der Kernenergie-technik auch unter Einbeziehung der großen kerntechnischen Unfälle sehr klein ist. Man spricht vielmehr von „high reliability systems“ oder „complex systems“²⁶

Wir können also als **Zwischenfazit** feststellen, dass in den Vermerken des BMUV im Zeitraum zwischen dem 01. und dem 07.03. 2022 nicht nur eine deutliche – kritisch könnte man sagen, diametrale – Änderung des Tenors der fachlich mit der Materie vertrauten Beamten vorgenommen wurde, sondern dass durch Vorgesetzte der Fachleute aus eigenem Antrieb auch Passagen hinzugefügt wurden, die fachliche Fehleinschätzungen, eigenwillige Interpretationen der Gesetzeslage und des kerntechnischen Regelwerks zu Ungunsten der betrachteten Anlagen sowie wertende Passagen enthielten. Diese Aussagen gingen dann auch die Endredaktion des Prüfvermerks vom 7. März 2022 ein.

²⁵ Hier beziehe ich mich auf eigene Beobachtungen und zahlreiche Informationsgespräche mit Mitarbeitern mehrerer deutscher Kernkraftwerke zwischen 2015 und heute, vgl. auch Wendland, *Negotiating Nuclear Security under Social Stress*, a.a.O.

²⁶ Zur Risikodiskussion vgl. S. Wheatley, B. Sovacool, and D. Sornette, *Of Disasters and Dragon Kings: A Statistical Analysis of Nuclear Power Incidents and Accidents*, in: *Risk Analysis* 37 (2017), Nr.1, 99 – 115; D. Sornette, T. Maillart, and W. Kröger, *Exploring the Limits of Safety Analysis in Complex Technological Systems*, in: *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 6 (2013), 59 – 66.

2.7 Einbettung in den historischen Kontext weiterer Aussagen von Amtsträgern zur Reaktorsicherheit

Betten wir diese Befunde nun noch in den Kontext der reaktorsicherheits- und prüftechnischen Debatte zwischen dem Prüfvermerk vom 7. März 2022 und dem „Machtwort“ des Kanzlers im September 2022 ein, das schließlich gegen den Willen der grün geführten Ministerien BMUV und BMWK das 19. AtGÄndG ermöglichte und die Streckbetriebs-Laufzeitverlängerung (d.h. ohne frischen Kernbrennstoff) besiegelte, so fällt auf, dass sachlich falsche Aussagen, Fehleinschätzungen oder eigenwillige Interpretationen der Rechtslage durchaus kein Versehen waren, sondern Teil der Kommunikationsstrategie der Akteure aus Bündnis‘90/Die Grünen im BMWK, BMUV und auch im Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) waren.

Dabei wurden irreführende oder sachlich falsche Aussagen über Charakter und Durchführungsweise der PSÜ oder des Streckbetriebs verbreitet. Bereits im Prüfvermerk vom 7. März wird irrtümlich behauptet, ein Streckbetrieb erbringe keine zusätzlichen Strommengen, da es sich ja nur um Einsparungen aus vorher gedrossetem Reaktorbetrieb handele; diese Behauptung wurde von BM Habeck verschiedentlich wiederholt.²⁷ Tatsächlich können die Anlagen aber vor dem Übergang in den Streckbetrieb Volllast fahren und trotzdem – dank der Reaktivitätsreserven der Brennelemente und dank bestimmter regelungstechnischer Maßnahmen auf reaktorphysikalischer Ebene – zusätzliche Strommengen erzeugen; bei einem auf bis zu 90 Tage ausgedehnten Streckbetrieb kann ein 1400-MW-Druckwasserreaktor bis zu 2,5 Terawattstunden zusätzlichen Strom produzieren.²⁸

Im Juni 2022 behauptete BM Robert Habeck, für die im 10-Jahres-Intervall stattfindende Periodische Sicherheitsüberprüfung PSÜ (in Wirklichkeit eine während des Leistungsbetriebs im Verwaltungsgebäude des KKW nach Aktenlage durchgeführte Prüfung) müsse die ganze Anlage für viele Monate stillgelegt und „tiefengewartet“ werden. Dieser Aussage liegt offensichtlich eine Verwechslung mit der französischen 10-Jahres-Revision, der *visite décennale*, zugrunde, bei der das tatsächlich der Fall ist. In deutschen KKW jedoch wurden Prüfverfahren, die in Frankreich zur *visite décennale* gehören (zB Wirbelstromprüfungen auf Korrosion, Druckprobe des Primärkreislaufs oder Leckratenprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters) stets in den vorgeschriebenen Prüfintervallen im Rahmen der regulären Jahresrevisionen durchgeführt. Weitere Falschaussagen über die PSÜ mit ähnlichen Verwechslungen tätigte auch der damalige Präsident des Bundesamtes für

²⁷ BMWK/BMUV, Prüfung des Weiterbetriebs von Atomkraftwerken, 07.03. 2022, 4: „Eine Verlängerung der Laufzeiten der noch in Betrieb befindlichen drei Atomkraftwerke würde im Winter 2022/2023 keine zusätzlichen Strommengen bringen (Streckbetrieb), sondern frühestens ab Herbst 2023 nach erneuter Befüllung mit neu hergestellten Brennstäben.“; Videobotschaft von Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck vom 22. Juni 2022 „Wieso werden keine Atomkraftwerke reaktiviert?“, 22. Juni 2022. Aus nicht geklärten Gründen ist diese nicht mehr in der Videothek des BMWK enthalten, sondern nur noch verfügbar über Einbindung auf Twitter, <https://x.com/danielmack/status/1540035079757602816?s=51>. Habeck machte für seine Aussagen Autorität geltend, denn er sei Umweltminister in Schleswig-Holstein gewesen und hätte damals „drei Atomkraftwerke an der Backe“ gehabt.

²⁸ Kai Kosowski, Marcus Seidl, Der Streckbetrieb – wie funktioniert er und warum eigentlich? In atw 67 (2022), Nr. 5, 7-11.

die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), Wolfram König²⁹, dem sich auch Wissenschaftler eines BASE-Forschungsprojekts zur soziologischen Begleitung der Endlagersuche mit sachlich falschen Behauptungen zugesellten.³⁰ Auch noch 2024 hielt BM Steffi Lemke im Bundestag an der in Teilen fehlerhaften Interpretation des Prüfvermerks vom 7. März 2022 fest.³¹

Dabei wurden immer auch weitere *talking points* von Amtsträgern aus Bündnis 90/Die Grünen vorgebracht, die nicht zur Sicherheitsbewertung der deutschen Anlagen beitragen konnten, da sie diese nie betrafen oder nur schwerlich auf sie übertragbar waren, etwa die Korrosionsschäden in französischen Anlagen, die Probleme mit zu warmem Kühlwasser in einigen französischen KKW im Sommer 2022 sowie die prekäre Situation des russisch besetzten ukrainischen KKW Zaporizhja.³²

2.8 Berücksichtigung der zum 31.12. 2021 abgeschalteten Anlagen KBR, KWG und KRB-C

Im Vermerk des BMUV vom 01.03. 2022 lesen wir: „Hinsicht [sic] der Wiederaufnahme des Leistungsbetriebs von den drei Kernkraftwerken, welche Ende des Jahres 2021 den Leistungsbetrieb endgültig eingestellt haben, stellen sich darüber hinaus gehende technische Fragen, auf die hier nicht eingegangen wird“. Auch im Prüfvermerk vom 7. März wird auf diese Anlagen nur kurz eingegangen und ihre Laufzeitverlängerung noch kategorischer ausgeschlossen als im Falle der damals noch am Netz befindlichen Anlagen KKE, GKN-2 und KKI-2.

Aus den Formulierungen im Vermerk des BMUV vom 1. März 2022 ist kein Rückschluss über die Motive ableitbar, *warum* auf die Anlagen Brokdorf (KBR), Grohnde (KWG) und Gundremmingen-C (KRB-C) nicht eingegangen wurde. War dem eine Anweisung von vorgesetzter Stelle vorhergegangen, diese Anlagen nicht

²⁹ Wolfram König, Die wahren Risiken einer Laufzeitverlängerung, in: FAZ, 31.07. 2022, <https://zeitung.faz.net/fas/wirtschaft/2022-07-31/2a56d47b7d2661bcd3f9564126fe6987/?GEPC=s3>. Der Artikel enthält mehrere Falschbehauptungen über die PSÜ: „Mit Blick auf das Abschaltdatum am Ende dieses Jahres wurde ihnen eine Sonderregelung an einem Herzstück der Sicherheitskultur zugestanden – die Aussetzung der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) [AVW: Es handelt sich nicht um eine Sonderregelung, sondern um AtG § 19a Abs. 2]. Sie hätte eigentlich 2019 durchgeführt werden müssen. Welche Bedeutung diese Prüfung für die Sicherheit hat, können wir derzeit in Frankreich sehen. Dort wurde im Rahmen einer PSÜ zunächst in einem Kernkraftwerk eine bis dato nicht entdeckte Korrosion in einem Rohrsystem festgestellt.“ Auch König verwechselt hier die PSÜ mit der *visite décennale*. In Wirklichkeit sind die Werkstoffprüfverfahren in Deutschland Teil der Wiederkehrenden Prüfungen (zB Wirbelstrom- und Ultraschallprüfungen der Komponenten) während der Jahresrevisionen und wurden nie ausgesetzt.

³⁰ Achim Brunnengräber, Albert Denk, Lucas Schwarz, Abschalten, jetzt erst recht!, in: Spiegel online, 07.08. 2022, <https://www.spiegel.de/politik/deutschland/atomkraft-abschalten-jetzt-erst-recht-a-a332679f-a46c-4b97-8509-0f01e366c9d6>

³¹ Rede der Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Steffi Lemke, in der Aktuellen Stunde zum Kernkraft-Aus vor dem Deutschen Bundestag am 15. Mai 2024 in Berlin, Bulletin 44-4, 15. Mai 2024, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/newsletter-und-abos/bulletin/bmuv-lemke-kernkraft-aus-2283154>

³² Videobotschaft Habeck 22.06. 2022 „Wieso werden keine Atomkraftwerke reaktiviert?“, a.a.O.; Brunnengräber et al., a.a.O.

einzu beziehen, oder haben die Konzernleitungen sich geweigert, dies zu tun? Oben wurde festgestellt, dass die Rechtslage auch eine Einbeziehung dieser Anlagen zugelassen hätte. Die Betreiberin der beiden KWU-Vorkonvoi-Druckwasserreaktoren KBR und KWG hatte zum Zeitpunkt des Prüfvermerks vom 7. März 2022 noch keine Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (SAG) in Anspruch genommen (diese erhielt sie erst am 23.10. 2024 bzw. am 06.12. 2023) und daher auch keine irreversiblen Eingriffe in die Anlagen vorgenommen. Auch die großen Personalreduzierungen waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgt.

Für diese beiden Anlagen hätten also technisch und aufsichtlich dieselben Überlegungen zur Brennstoffbeschaffung und Wiederanmeldung von Prüfverfahren, Bindung des Personals, Fachkundeerhalt, Personalfortbildung am Kraftwerkssimulator etc. angestellt werden können, wie sie im Fall der drei 2022 noch laufenden Anlagen zumindest angedacht wurden, ohne dass dies dann je in Maßnahmen umgesetzt wurde. In Brokdorf gibt es sogar noch eine bis 2026 gültige PSÜ. Eine Laufzeitverlängerung für fünf Druckwasserreaktoren hätte die für drei Anlagen beschriebenen Strommarkt- und CO₂-Einsparungs-Effekte deutlich verstärkt.

2.9 Gesamtbewertung und Empfehlungen zu Punkt 2

In einer Gesamtbewertung muss festgestellt werden, dass Amtsträger aus der Partei Bündnis'90/Die Grünen in BMWK, BMUV und BASE während des Entscheidungsprozesses über die Laufzeitverlängerung zwischen März und September 2022 in offiziellen Dokumenten und öffentlichen Äußerungen nachweislich und systematisch unwahre Aussagen über den Sicherheitszustand und die Laufzeitverlängerungs-Optionen der deutschen Kernkraftwerke machten. Da sie über einen Stab von kerntechnischen Fachleuten verfügten, die ihnen wie im Falle der Fachstellungsname im BMUV vom 01.03. 2022 sachgetreue Aussagen vorlegen konnten, kann nicht ausgeschlossen werden, dass dies absichtsvoll und nicht nur aus Unkenntnis geschah.

In diesem Zusammenhang bleibt die Frage offen, warum die Bundesregierung zur Klärung der oben diskutierten komplexen sicherheitstechnischen Fragen nicht das Naheliegendste tat, nämlich die Anforderung einer Stellungnahme von der Reaktorsicherheitskommission.

Die Mitglieder des Untersuchungsausschusses seien also ermutigt, zu ermitteln, warum die RSK – immerhin das kerntechnische Beratungsgremium des BMUV - in dem Entscheidungsprozess nicht konsultiert wurde. Überdies ist empfehlenswert, den Gründen der kategorischen Nichteinbeziehung der zum 31.12. 2021 abgeschalteten Anlagen in die Überlegungen zur Laufzeitverlängerung nachzugehen. Beide Aspekte könnten in Zeugenbefragungen insbesondere der kerntechnischen Fachleute der Ministerien, aber auch (falls vorgesehen) der Konzernvertreter einbezogen werden.

3. Auswirkungen der Entscheidungsalternativen auf die CO₂-Bilanz

Kernenergie hat eine Treibhausgas-Bilanz, die jener der Wind- und Sonnenenergie ähnelt³³, aber sie produziert wetter-, tages- und jahreszeitunabhängig Strom. Eine Laufzeitverlängerung von drei oder gar fünf oder sechs KKW über mehrere Jahre hätte sich positiv auf die CO₂-Bilanz der deutschen Elektrizitätswirtschaft auswirken können. Je nach Berechnungsgrundlage (KKW im Verhältnis zur Emission unseres Strommixes³⁴ oder KKW als direkter Ersatz eines Kohlekraftwerks³⁵ könnte die Atomkraft pro Block und Jahr 5 bis 11 Millionen Tonnen (Mt) CO₂ einsparen. Bei drei Anlagen hätte das im Jahr also eine Einsparung von 15 bis 33 Mt/a CO₂, erbracht; hätte man auch die Druckwasserreaktoren Brokdorf und Grohnde reaktiviert, ergeben sich zwischen 25 und 55 Mt/a CO₂.

Ebenfalls eingespart worden wären im letzteren Fall auch weitere Kohlekraft-typische und gesundheitsschädliche Emissionen wie Quecksilber, Feinstaub und Stickoxide. Eine Voraussetzung für die maximal mögliche CO₂-Einsparung durch Kohlekraft-Substitution wäre allerdings die Einziehung von freiwerdenden Emissionszertifikaten im ETS-Emissionshandelssystem sowie ein gezielter Leitungsausbau, um Atomstrom aus Westdeutschland in die ostdeutschen Kohlereviere zu liefern – ein Mittel- bis Langfristprojekt.

Doch selbst die konservativste Schätzung ergibt, dass bereits drei laufzeitverlängerte Kernkraftwerke mehr Klimagase einsparen würden als das neue Gebäudeenergiegesetz, das nach Schätzungen des Öko-Instituts *kumulativ von 2023 bis 2030* lediglich zwischen 10,8 und 39,2 Millionen Tonnen CO₂ einspart.³⁶

Die Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraftwerke wäre also eine vergleichsweise große Klimaschutz-Einzelmaßnahme gewesen, die auch die damit zusammenhängenden Kosten rechtfertigt hätte. Auch im Lichte der Debatten über den Strombedarf der deutschen Stahl- und Chemieindustrie unter der Anforderung der Dekarbonisierung durch Elektrifizierung sollte man den Beitrag der KKW zum Dargebot an CO₂-armem Strom nicht unterschätzen. Denkbar wäre eine neue Rolle der KKW als Industriestromproduzenten gewesen, etwa als Belieferer von Elekt-

³³ Medianwerte für Windkraft, PV und Kernenergie im IPCC Assessment Report 2014 in S. Schlömer, T. Bruckner et al., Annex III: Technology-specific cost and performance parameters, in: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Tabelle A.III.2, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf.

³⁴ Studie: 15 Millionen Tonnen mehr CO₂ mit AKW-Abschaltung, in: Süddeutsche Zeitung, 14.04.2023, <https://www.sueddeutsche.de/wissen/atom-studie-15-millionen-tonnen-mehr-co2-mit-akw-abschaltung-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-230414-99-308236>

³⁵ Mathias Tertilt, Kohlekraftwerke abschalten statt Atomkraftwerke?, in: Quarks, 10.03. 2020 / 23.09. 2021, <https://www.quarks.de/technik/energie/atomkraftwerke-fuer-den-klimaschutz/>

³⁶ Heizungsgesetz: Geringerer Klimaschutzeffekt als erwartet, in: Süddeutsche Zeitung, 07.09. 2023, <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/energie-heizungsgesetz-geringerer-klimaschutzeffekt-als-erwartet-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-230907-99-111949>

rostahlwerken mit Wasserstoffroute, die sowohl für die H₂-Elektrolyse als auch für den Betrieb des Stahlwerks große Strommengen benötigen.³⁷

Die Betreiber hätten mit den Anlagen noch viele Jahre Geld verdienen können. Das ist bei den niedrigen Stromgestehungskosten der Bestandskernkraftwerke (rund 30 EUR/MWh) und den bleibend hohen Preisen im Strom-Termingeschäft, in dem Atomstrom zumeist gehandelt wird, im Rückblick des vergangenen 12 Monate zwischen 60 und 120 EUR/MWh für Jahres-Futures³⁸, erwartbar. Die Gesamt-Modernisierungskosten für fünf Druckwasserreaktoren (vor allem auf dem Gebiet Rohrleitungssysteme, Leittechnik) schätzte Dipl.-Phys. Ulrich Waas, langjähriges Mitglied der Reaktorsicherheitskommission, 2023 auf rund eine Milliarde Euro, d.h. 140 Euro pro Kilowatt installierter Leistung. Allerdings hatte es zu diesem Zeitpunkt noch keine weitreichenden Rückbau-Eingriffe in die Anlagen gegeben.³⁹ Zum Vergleich: ein neuer Offshore-Windpark kostet rund 2400 bis 5000 Euro pro Kilowatt installierter Leistung⁴⁰, an Land sind es etwas über 1000 EUR pro Kilowatt.⁴¹ Die Modernisierungskosten für ein KKW steigen aber mit dem fortschreitenden Rückbau der Anlagen. Kostenschätzungen für ein komplettes Refurbishment existieren nur für Anlagen anderen Typs im Ausland und liegen z.B. für kanadische Reaktoren bei rund 850 EUR/kW.⁴²

³⁷ Anna Veronika Wendland, Ein CO₂-armes Stahlwerk und seine Stromversorgung, in: StahlEisen, 07.03. 2020, <https://www.stahleisen.de/2020/03/07/ein-co2-armes-stahlwerk-und-seine-stromversorgung/>.

³⁸ Aktuelle Strommarktstatistiken in: <https://first-energy.net/energieeinkauf/report-strompreisentwicklung>.

³⁹ Ulrich Waas, Persönliche Auskunft sowie Interview in: Michael Wiedemann, Zurück zur Atomkraft: Ginge das überhaupt?, ZDF, 05.12. 2023, <https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/atomkraft-deutschland-debatte-wiedereinstieg-klimaziele-100.html>

⁴⁰ <https://www.entega.de/blog/windkraftanlage-leistung/>,

⁴¹ <http://windenergy.expert/was-kosten-windenergieanlagen/>

⁴² Framework for Candu reactor refurbishment, in: World Nuclear News, 07 October 2016, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Framework-for-Candu-reactor-refurbishment>: CANDU im KKW Bruce Power: 6300 MW für 8 Mrd CAD ohne andere Laufzeitverlängerungsmaßnahmen = ca. 850 EUR /kW.