Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Auswirkungen des Klimawandels auf Kernkraftwerke

Kernkraftwerke können durch verschiedene Wetterereignissen wie Hitze, Dürre, Waldbrände, Überschwemmungen, Wirbelstürme, Sturmfluten, extreme Kälteereignisse beeinträchtigt werden.

Neue wissenschaftliche Erkenntnisse lassen befürchten, dass der Klimawandel noch rascher voranschreitet als erwartet. Das bedeutet, dass auch innerhalb der Laufzeit bestehender Kernkraftwerke die Auswirkungen aufgrund von Extremereignissen viel dramatischer werden als bisher angenommen. Zum einen kann dies bei Kernkraftwerken zu einem sinkenden Wirkungsgrad und steigender Ausfallshäufigkeit und -dauer führen, zum anderen sind sicherheitstechnische Auswirkungen möglich. Bei der Auslegung von Neuanlagen und der Nachrüstung von bestehenden Kernkraftwerken muss dies berücksichtigt werden. Darüber hinaus, können sowohl der Klimawandel selbst, als auch die Maßnahmen zu dessen Eindämmung soziale, gesellschaftliche und politische Entwicklungen auslösen, schlimmstenfalls bewaffnete Konflikte, was ein enormes zusätzliches Gefahrenpotential für kerntechnische Anlagen bedeutet. All dies muss daher in Überlegungen zur Vulnerabilität von Kernkraftwerken einbezogen werden. Angesichts der Dringlichkeit der Dekarbonisierung des Energiesystems sollte anderen, rascher verfügbaren, weniger risikoreichen Technologien der Vorzug gegeben werden, um die Verzögerungen, die durch Ablenkungen von Kapazitäten und Investitionen in die Kernenergie nachweislich erfolgen, zu vermeiden.

Ausgangspunkt

Kernkraftwerke werden so ausgelegt, dass sie den extremen Witterungsbedingungen des jeweiligen Standortes standhalten. Alle diesbezüglichen Vorgaben von Aufsichtsbehörden beruhen auf Langzeitwetterstatistiken der Vergangenheit, die aber nicht mehr die heutigen Wettersituationen widerspiegeln, geschweige denn diejenigen, die während der verbleibenden Lebensdauer der in Betrieb befindlichen oder neu zu errichtenden Anlagen zu erwarten sind, denn die meisten Kernkraftwerke wurden in den späten 1960er bis zu den frühen 1980er Jahren gebaut[1] – also bevor der Klimawandel bedeutsam wurde[2]. Daher sind diese Kernkraftwerke mit unerwarteten Wetterbedingungen hinsichtlich Intensität, Ausmaß oder Frequenz konfrontiert.

Auswirkungen auf Kernkraftwerke

Wirtschaftlich ist der Klimawandel vor allem durch einen sinkenden Wirkungsgrad und steigende Ausfallshäufigkeit und -dauer relevant. Maßnahmen umfassen etwa die Verlegung von Ansaugöffnungen für Kühlwasser oder die vorübergehende Anhebung von Temperaturgrenzwerten durch Behörden.

Die Sicherheit von Kernkraftwerken kann durch ein breites Spektrum an Wetterereignissen beeinträchtigt werden: Hitze, Dürre, Waldbrände, Überschwemmungen, Wirbelstürme, Sturmfluten, extreme Kälteereignisse und anderes mehr[3]. Extrema verändern sich mit dem Klimawandel typischerweise stärker als Durchschnittswerte, und deren Auswirkungen verschärfen sich oft exponentiell mit höheren Werten. Um die höchsten Risiken zu erfassen, müssen daher auch weniger wahrscheinliche Situationen berücksichtigt werden. Mittlere Klimaprojektionen reichen jedenfalls für Vulnerabilitätsprüfungen nicht aus.

---

[1] Mycle Schneider et al., "The World Nuclear Industry Status Report 2023," ed. Mycle Schneider and Anthony Froggatt, The World Nuclear Industry Status Report (Paris: Mycle Schneider Consulting, 2023). worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2023-v5.pdf

[2] James Hansen, Makiko Sato, and Reto Ruedy, "Global Warming Acceleration: Causes and Consequences," Annual review, (2024). columbia.edu/~jeh1/mailings/2024/AnnualT2023.2024.01.12.pdf

[3] GAO, Nuclear Power Plants. NRC Should Take Actions to Fully Consider the Potential Effects of Climate Change, GAO-24-106326 (Highlights of GAO-24-106326, a report to congressional requesters, 2024).

Der Meeresspiegelanstieg wird für mindestens 100 Kernkraftwerke mittel- und langfristig zu einem Problem, denn es ist mit bis zu 1 m Anstieg[4], vielleicht sogar bis zu 2,5 m Anstieg[5] in diesem Jahrhundert zu rechnen, selbst wenn die Pariser Klimaziele eingehalten werden[6]. Schon jetzt sind küstennahe Kernkraftwerke zunehmend von Sturmfluten betroffen[7], und wenn Springfluten, Luftdruck und Windverhältnisse Wassermassen zur Küste peitschen, kommt es zu extremen Überschwemmungen und zu systematischer Erosion der Küstenklippen. Selbst Hochwasser-Risikokarten, die Extremwerte, veränderte Zugbahnen, Intensitäten und Häufigkeiten von Tiefdruckgebieten nicht berücksichtigen, lassen erwarten, dass z.B. sowohl die Dungeness Nuclear Power Plant und der geplanten Standort von Sizewell C Nuclear Power Plant in UK mindestens einmal pro Jahr in wesentlichen Teilen unter Wasser stehen werden.

Wetterereignisse können auch zeitgleich Ausfälle verschiedener Systeme und Komponenten (common cause failures) auslösen, oder durch kaskadenartige Ereignisse Kernkraftwerke gefährden (etwa eine Schlammlawine flussaufwärts, die einen Dammbruch und plötzliche schwere Überschwemmungen in einem Kraftwerk verursacht). Systematische Analysen mit beachtlicher Vollständigkeit und auf die einzelnen Kernkraftwerke heruntergebrochen, wie für die USA[8], liegen für die europäischen Kernkraftwerke nicht vor.

---

[4] IPCC, *Synthesis Report of the IPCC Sixth Asssessment Report (AR6). Longer Report.* (22.3.2023, 2023). ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf.

[5] James Hansen et al., "Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous " *Atmos. Chem. Phys.* 16 no. 6 (2016), doi.org/10.5194/acp-16-3761-2016, atmos-chem-phys.net/16/3761/2016/.

[6] Paul Dorfman, *Climate Change. UK Nuclear*, Nuclear Consulting Group (2021), nuclearconsult.org/wp/wp-content/uploads/2021/06/Climate-Change-UK-Nuclear-June-2021.pdf

[7] British Oceanographic Data Centre" BODC, "GESLA (Global Extreme Sea Level Analysis) high frequency sea level dataset – Version 2.," (2018). https://data-search.nerc.ac.uk/geonetwork/srv/api/records/19e0ccbf8e575a139b7b70a6e875ef8b

[8] GAO, Short Nuclear Power Plants. NRC Should Take Actions to Fully Consider the Potential Effects of Climate Change.

Neue wissenschaftliche Erkenntnisse lassen wesentlich beschleunigten Klimawandel als möglich erscheinen

Die unerwartete, fast sprunghafte Erwärmung der letzten neun Jahre könnte ein Ausreißer im chaotischen Klimasystem und eine Folge der natürlichen Klimavariabilität sein, oder aber ein Hinweis, dass die Klimamodelle bisher die Klimasensitivität von Treibhausgasen und Aerosolen unterschätzt haben. In diesem Fall wird sich die globale Erwärmung weiter beschleunigen, und das 1,5°C-Ziel ist nicht mehr einhaltbar.

Dass der Nordatlantikast der thermohalinen Ozeanzirkulation (AMOC) möglicherweise innerhalb weniger Jahrzehnte einen Kipppunkt erreichen könnte, und damit in einer Kettenreaktion das gesamte globale Klima destabilisieren könnte, ist eine von rezenten Studien genährte Befürchtung[9]. Das Ende der wissenschaftlichen Diskussion kann jedoch nicht abgewartet werden, denn wenn die Situation geklärt ist, mag es für Maßnahmen zu spät sein. Klimaschutzmaßnahmen sind daher dringender denn je.

Für Kernkraftwerke bedeutet dies einerseits, dass im Sinne ernster Risikobetrachtungen die möglicherweise beschleunigten Entwicklungen nicht nur bei Planungen, sondern auch bei aktuellen Sicherheitsüberprüfungen von Kernkraftwerken berücksichtigt werden müssen. Andererseits verdeutlichen diese Entwicklungen nochmals, dass der Ausbau von Kernenergie als Klimaschutzmaßnahme zu langsam ist[10]. Die Treibhausgasemissionen müssen - selbst auf Basis der IPCC Szenarien - bis 2030 halbiert werden, der Ausbau der Kernenergie kann in dieser Zeit keinen nennenswerten Beitrag leisten. Er kann aber den Ausbau der Erneuerbaren verzögern[11]. Wenn nicht alle gemeinsam den raschen Ausbau der erneuerbaren Energien vorantreiben, könnte jede Anstrengung zur Dekarbonisierung nach 2050 obsolet werden.

---

[9] René M. van Westen, Michael Kliphuis, and Henk A. Dijkstra, "Physics-based early warning signal shows that AMOC is on tipping course," *Science Advances* 10, no. 6 (2024), doi.org/doi:10.1126/sciadv.adk1189, science.org/doi/abs/10.1126/sciadv.adk1189.
Peter Ditlevsen and Susanne Ditlevsen, "Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation," *Nature Communications* 14, no. 1 (2023/07/25 2023), doi.org/10.1038/s41467-023-39810-w, doi.org/10.1038/s41467-023-39810-w.
Helge F. Goessling, Thomas Rackow, and Thomas Jung, "Recent global temperature surge intensified by record-low planetary albedo," *Science* 0, no. 0, doi.org/doi:10.1126/science.adq7280, science.org/doi/abs/10.1126/science.adq7280.
[10] Nikolaus Muellner et al., "Nuclear energy - The solution to climate change?," *Energy Policy* 155 (2021/08/01/ 2021), https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112363, sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521002330.
[11] Peter Hennicke et al., "Das Atomstromsystem bremst die sozial-ökologische Transformation zur Dekarbonisierung," *in Vorbreitung* (2024).

Der Klimawandel wird das wirtschaftliche, gesellschaftliche und politische Umfeld, in dem KKW betrieben werden, beeinträchtigen

Der Klimawandel geht aber über den naturwissenschaftlichen Aspekt des sich verändernden Klimas hinaus. Er verschärft viele gesellschaftliche Probleme durch Verknappung lebenswichtiger Ressourcen wie Nahrung, Wasser und Wohnraum, vermehrte Krankheiten, wirtschaftliche Ungleichheit, Produktivitätsrückgang und finanzielle Verluste. Die Destabilisierung politischer Strukturen kann in Krieg und Terror münden[12]. Wie soll in diesem Umfeld die nukleare Sicherheit auch kleiner modularer Reaktoren (SMR) gewährleistet werden, wenn die Kapazität, wie auf der COP in Dubai 2022 vereinbart, bis 2050 verdreifacht wird?

Kernkraftwerke, einst als Garant für den Ausschluss kriegerischer Handlungen in deren Umgebung betrachtet, drohen in Kriegen zu Waffen zu werden. Das Kernkraftwerk Saporischschja in der Ukraine, das größte Kernkraftwerk Europas, geriet direkt ins Kriegsgeschehen. Es wurde zwar nie direkt beschossen, aber durch Zerstörung von sicherheitsrelevanter Infrastruktur (Stromleitungen, Kühlsysteme oder Datenleitungen)[13] oder anderer Umstände[14] könnte jederzeit unbeabsichtigt ein schwerer Unfall ausgelöst werden. Die radioaktive Wolke könnte Gebiete weit über die Ukraine hinaus kontaminieren.

Bei Diskussionen über den Ausbau der Kernenergie und dem Zusammenhang zwischen Kernenergie und Klima sollten diese Aspekte nicht vergessen werden.

Schlussfolgerungen

Aus den obigen Überlegungen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

---

[12] Maximilian Kotz, Anders Levermann, and Leonie Wenz, "The economic commitment of climate change," *Nature* 628, no. 8008 (2024/04/01 2024), https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0, https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0.
Luke Kemp et al., "Climate Endgame: Exploring catastrophic climate change scenarios," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119, no. 34 (2022/08/23 2022), doi.org/10.1073/pnas.2108146119, doi.org/10.1073/pnas.2108146119.
Peter Schwartz and Doug Randall, *An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implications for United States National Security.,* U.S. Dept. of Defense (Washington: U.S. Dept. of Defense, 2/2004 2003), stephenschneider.stanford.edu/Publications/PDF_Papers/SchwartzRandall2004.pdf, http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS69716.
[13] Wolfgang Kromp, "Aspekte Nuklearer Sicherheit unter Kriegsbedingungen," in *Sicherheit neu Denken. Der Status Europas nach der Ukraine Krise*, ed. Paul Ertl (Wien: Landesverteidigungsakademie, 2023).
[14] Mycle Schneider et al., "The World Nuclear Industry Status Report 2022," ed. Mycle Schneider and Anthony Froggatt, The World Nuclear Industry Status Report (Paris: Mycle Schneider Consulting, 2022). worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2022-v3-lr.pdf.

- Bestehende Kernkraftwerke müssen im Zuge von Sicherheitsüberprüfungen Stresstests unterzogen werden, denen zukünftige, räumlich und zeitlich sehr hoch aufgelöste Klimaszenarien zugrunde liegen und die unwahrscheinliche, aber risikoreichen Klimaveränderungen berücksichtigen.
- Die Aufsichtsbehörden müssen konkrete Pläne zur Anpassung an den Klimawandel bis zum Ende der Laufzeit der Kernkraftwerke, einschließlich der erwarteten Kosten, einfordern.
- Risikoanalysen gesellschaftlicher Veränderungen und ihrer Auswirkungen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken sind erforderlich, trotz der beträchtlichen Unsicherheiten, mit denen derartige Analysen behaftet sind.
- Die Bemühungen zur Bekämpfung des Klimawandels müssen einen großen Sprung nach vorn machen, um abrupten Klimawandel zu vermeiden und den Anpassungsbedarf zu minimieren. Die Kernenergie kann dabei keinen nennenswerten Beitrag leisten. Ihr Ausbau sollte daher hintangestellt werden.
- Es müssen alle Anstrengungen unternommen werden, um Frieden zu erreichen und zu sichern, denn Kernkraftwerke oder andere kerntechnische Anlagen in Kriegsgebieten stellen ein hohes Gefahrenpotential dar. Und, um die Präambel der UNO Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung zu zitieren: „Es kann keine nachhaltige Entwicklung ohne Frieden und keinen Frieden ohne nachhaltige Entwicklung geben“.

Impressum
Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
Autorin: Em.O.Univ.Prof. Dr.h.c. Helga Kromp-Kolb
Wien, 2024