

Kurzstudie: Verbessert die Laufzeitverlängerung der verbleibenden Kernkraftwerke bis zum 15. April 2023 die Versorgungssicherheit mit Elektrizität?

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Aaron Praktiknjo, Jan Priesmann, M.Sc., Christina Kockel, M.Sc., Marius Tillmanns, M.Sc., Jakob Kulawik, M.Sc.

Lehrstuhl für Energiesystemökonomik (FCN-ESE), RWTH Aachen, Mathieustr. 10, 52074 Aachen
E-Mail: apraktiknjo@eonerc.rwth-aachen.de



This work is licensed under a

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Zitierhinweis:

Praktiknjo, A., Priesmann, J., Kockel, C., Tillmanns, M., Kulawik, J., 2023. Kurzstudie: Verbessert die Laufzeitverlängerung der verbleibenden Kernkraftwerke bis zum 15. April 2023 die Versorgungssicherheit mit Elektrizität? Arbeitspapiere energiewirtschaftliche Analysen. Nr. 2023-001. Lehrstuhl für Energiesystemökonomik. Aachen.
DOI: 10.18154/RWTH-2023-00623

Lehrstuhl für Energiesystemökonomik
E.ON Energy Research Center
RWTH Aachen
Matthieustr. 10, 52074 Aachen

E-Mail: apraktiknjo@eonerc.rwth-aachen.de

Kurzstudie: Verbessert die Laufzeitverlängerung der verbleibenden Kernkraftwerke bis zum 15. April 2023 die Versorgungssicherheit mit Elektrizität?

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Aaron Praktiknjo, Jan Priesmann, M.Sc., Christina Kockel, M.Sc., Marius Tillmanns, M.Sc., Jakob Kulawik, M.Sc.

Lehrstuhl für Energiesystemökonomik (FCN-ESE), RWTH Aachen, Mathieustr. 10, 52074 Aachen
E-Mail: apraktiknjo@eonerc.rwth-aachen.de

1 Hintergrund der Kurzstudie

Mit dem Wegfall der Erdgaslieferungen aus Russland wuchsen in Deutschland die Bedenken vor möglichen kritischen Situationen bei der Energieversorgung, davon auch bei der Elektrizitätsversorgung. Im Sommer 2022 wurden diese Bedenken durch den gleichzeitigen Ausfall von zeitweise bis zu 32 der insgesamt 56 Kernreaktoren in Frankreich sowie Einschränkungen bei Steinkohlelieferungen infolge sehr niedriger Flusspegel verstärkt [1]. Mit Blick auf den Winter 2022/2023 hat der Deutsche Bundestag deshalb am 11. November 2022 den Weiterbetrieb der letzten drei verbleibenden deutschen Kernkraftwerke Emsland, Isar 2 und Neckarwestheim 2 bis zum 15. April 2023 beschlossen. Damit wird der ursprünglich für den 31. Dezember 2022 beschlossene Kernenergieausstieg um dreieinhalb Monate hinausgezögert.

Ziel der vorliegenden Kurzstudie ist die Analyse möglicher Veränderungen der Versorgungssicherheit im Stromsektor infolge des Weiterbetriebs der verbleibenden drei Kernkraftwerke über diesen Zeitraum. Versorgungssicherheit ist hier im Sinne der Fähigkeit des Stromsystems zu verstehen, erwartbare Lastsituationen bedienen zu können. Für die Untersuchungen wurden probabilistische Simulationen der Versorgungssicherheit über den Zeitraum des Weiterbetriebs vom 1. Januar 2023 bis zum 15. April 2023 unter Berücksichtigung verschiedener Unsicherheitsfaktoren durchgeführt.

2 Probabilistische Simulation der Versorgungssicherheit

Zur Untersuchung der Versorgungssicherheit wurde ein am Lehrstuhl für Energiesystemökonomik der RWTH Aachen entwickeltes probabilistisches Simulationsmodell verwendet [2]. Dieses berücksichtigt ausfallbedingte Unsicherheiten und bildet stundenscharf die Erfolgswahrscheinlichkeit ab, dass ein Kraftwerkspark erwartbare Stromlasten decken kann. Das Simulationsmodell verarbeitet hierfür eine Vielzahl an technoökonomischen Eingangsdaten, wie bspw. die blockscharfe verfügbare Erzeugungsleistung der installierten Kraftwerke. Abbildung 1 stellt den der Analyse zugrundeliegenden deutschen Kraftwerkspark aggregiert dar.

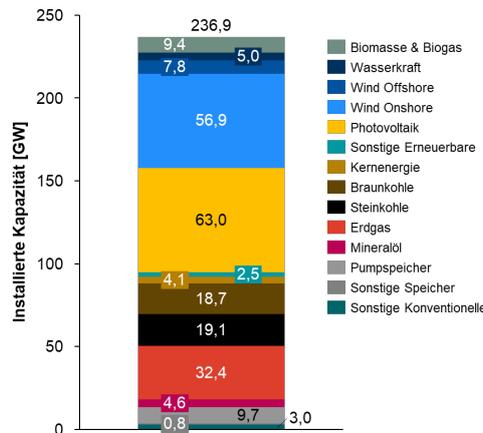


Abbildung 1: Kraftwerkspark zum Stichtag 25.11.2022 [3].

Das Analysemodell berücksichtigt weiterhin Unsicherheiten hinsichtlich der Einspeisemenge erneuerbarer Energien, der Höhe der Stromverbräuche bspw. infolge von verschiedenen Wetterausprägungen sowie möglichen Importbeiträgen aus dem europäischen Ausland (vgl. Abbildung 2).

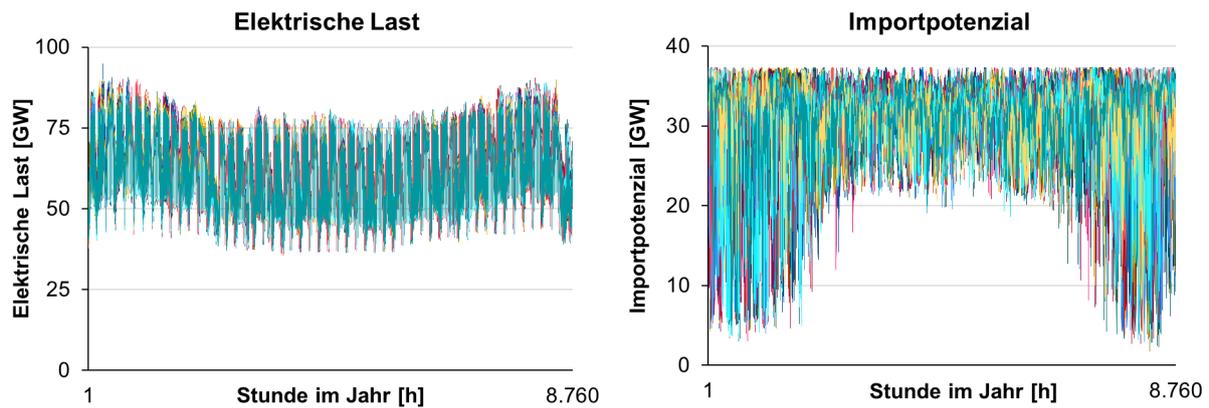


Abbildung 2: Zeitreihen der elektrischen Last (links) und des Importpotenzials (rechts) für jeweils 30 Wetterjahre.

Das zugrundeliegende probabilistische Modell basiert auf dem Ansatz der sogenannten rekursiven Faltung. Hierbei werden auf Basis statistischer Verteilungen mögliche Zustandskombinationen der Verfügbarkeit von Kraftwerken berechnet und anschließend mittels Monte Carlo Simulationen mit weiteren Unsicherheitsfaktoren überlagert (vgl. Abbildung 3).

Kurzstudie: Verbessert die Laufzeitverlängerung der verbleibenden Kernkraftwerke bis zum 15. April 2023 die Versorgungssicherheit mit Elektrizität?

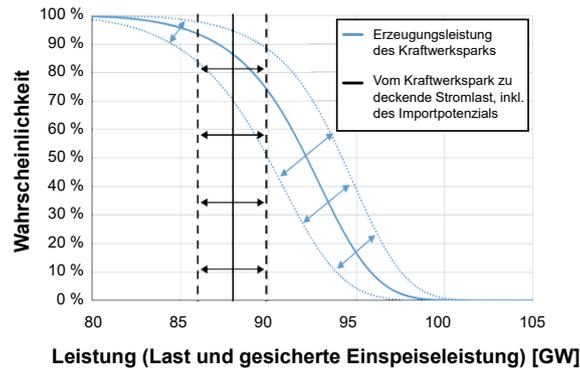


Abbildung 3: Beispielhafte Berechnung der Wahrscheinlichkeit zur Deckung der Residuallast unter Unsicherheit während einer ausgewählten Stunde.

Insgesamt werden sowohl für die Laufzeitverlängerung sowie für die Stilllegung aller Kernkraftwerke zu Ende 2022 jeweils 30.000 mögliche Szenariovarianten simuliert und verglichen. Die Anzahl der Szenarien setzt sich zusammen aus der Abbildung von 30 möglichen Wetterausprägungen sowie 1.000 sogenannten Monte-Carlo-Permutationen zur Berücksichtigung darüberhinausgehender Unsicherheiten bei der Erdgasversorgung, Stromimporten aus dem europäischen Ausland sowie Höhe der tatsächlichen Stromnachfrage. Zur Beschleunigung der Modelldurchläufe wurden am Lehrstuhl entwickelte Metamodelle auf Basis künstlich neuronaler Netze eingesetzt [4,5].

Auf Basis dieser Simulationen wurden die Veränderungen der beiden energiewirtschaftlichen Kennzahlen *Loss of Load Expectation* (LoLE) und *Expected Energy not Served* (EEnS) analysiert. Die Kennzahl LoLE gibt die kumulierte Dauer an, in der die erwartete Stromlast nicht vollständig gedeckt werden kann. Die Kennzahl EEnS stellt die aggregierte elektrische Energiemenge dar, die im Untersuchungszeitraum mittels des installierten Kraftwerksparks sowie der Importpotenziale aus dem europäischen Ausland nicht bedient werden kann.

3 Auswirkungen der Laufzeitverlängerung auf die Versorgungssicherheit mit Elektrizität

Die Auswertung der Simulationsergebnisse zeigt, dass die Laufzeitverlängerung der drei Kernkraftwerke zu einem signifikant höheren Niveau an Sicherheit in der Stromversorgung führt. So sinkt die Unterversorgungsdauer (LoLE) über den dreieinhalbmonatigen Verlängerungszeitraum durch die Laufzeitverlängerung im Durchschnitt um 1,3 Stunden und die Energiefehlmengende (EEnS) im Durchschnitt um 4,3 Gigawattstunden (Millionen Kilowattstunden).

Aufgrund von bspw. meteorologischen Unsicherheiten können jedoch auch Szenarien eintreten, in denen die Beiträge der Laufzeitverlängerung auf die Versorgungssicherheitssituation insgesamt niedriger oder höher ausfallen. Je nach Szenario beträgt die Abnahme für die Unterversorgungsdauer (LoLE) durch die Laufzeitverlängerung zwischen 0,0 und 3,2 Stunden sowie für die Abnahme der Energiefehlmengende (EEnS) zwischen 0,0 und 12,1 Gigawattstunden im 5 %- und 95 %-Konfidenzintervall, siehe Tabelle 1. Dargestellt ist der Unterschied zwischen der Versorgungssicherheitssituation mit und ohne Laufzeitverlängerung. Ein negativer Wert bedeutet ein höheres Niveau an Versorgungssicherheit durch die Laufzeitverlängerung.

Kurzstudie: Verbessert die Laufzeitverlängerung der verbleibenden Kernkraftwerke bis zum 15. April 2023 die Versorgungssicherheit mit Elektrizität?

Tabelle 1: Einfluss der Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke auf die Versorgungssicherheitsindikatoren LoLE (Unterversorgungsdauer) und EEnS (Energiefehlmenge) im Zeitraum 1. Januar 2023 bis 15. April 2023.

	Differenz der Unterversorgungsdauer (LoLE)	Differenz der Energiefehlmenge (EEnS)
Ø	-1,3 Stunden	-4,3 Gigawattstunden
Min.	0,0 Stunden	0,0 Gigawattstunden
5 %	0,0 Stunden	0,0 Gigawattstunden
25 %	-0,4 Stunden	-0,7 Gigawattstunden
50 %	-1,1 Stunden	-3,4 Gigawattstunden
75 %	-1,9 Stunden	-7,0 Gigawattstunden
95 %	-3,2 Stunden	-12,1 Gigawattstunden
Max.	-5,3 Stunden	-23,4 Gigawattstunden

4 Implikationen und Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse der Simulationen untermauern, dass der Weiterbetrieb der drei verbliebenen Kernkraftwerke Emsland, Isar 2 und Neckarwestheim 2 das Niveau der Versorgungssicherheit mit Elektrizität im Untersuchungszeitraum vom 1. Januar bis zum 15. April 2023 erhöht.

Die vorliegenden Analysen beschränken sich aber nur auf die physikalische Versorgungssicherheit mit Elektrizität. Weitere Aspekte wurden im Rahmen dieser Studie nicht eingehend untersucht. Eine qualifizierte Entscheidung über die Laufzeiten von Kernkraftwerken erfordert allerdings ein gesellschaftliches Abwägen sämtlicher damit einhergehenden Folgen. So sollte die Analyse der physikalischen Versorgungssicherheit dringend auch um eine Untersuchung der damit resultierenden volkswirtschaftlichen Effekte erweitert werden.

Darüber hinaus sollten aber insbesondere auch Auswirkungen einer Laufzeitverlängerung auf die Versorgungssicherheit mit Erdgas und anderen Energieträgern, Strom- und sonstigen Energiepreisen, CO₂-Emissionen, Risiken für Reaktorunfälle, möglicherweise zusätzlich anfallende radioaktive Abfälle sowie die Akzeptanz der Bevölkerung sorgfältig untersucht und miteinander abgewogen werden.

5 Quellen

- [1] Deutsche Übertragungsnetzbetreiber. Abschlussbericht Sonderanalysen Winter 2022/2023. 2022.
- [2] Nolting L, Praktiknjo A. Can we phase-out all of them? Probabilistic assessments of security of electricity supply for the German case. Applied Energy 2020;263:114704. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114704>.
- [3] Bundesnetzagentur. Kraftwerkliste Bundesnetzagentur (bundesweit; alle Netz- und Umspannebenen) Stand 25.11.2022. 2022.
- [4] Priesmann J, Münch J, Ridha E, Spiegel T, Reich M, Adam M, et al. Artificial Intelligence and Design of Experiments for Assessing Security of Electricity Supply: A Review and Strategic Outlook. CoRR 2021;abs/2112.04889.
- [5] Nolting L. Die Versorgungssicherheit mit Elektrizität im Kontext von Liberalisierung und Energiewende. E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen University, 2021.

Kurzstudie: Verbessert die Laufzeitverlängerung der verbleibenden Kernkraftwerke bis zum 15. April 2023 die Versorgungssicherheit mit Elektrizität?