

POTENZIAL DER KERNENERGIE IN DER DEUTSCHEN ENERGIEWENDE

WePlanet DACH e.V.

Deutschland, Österreich, Schweiz

Juli 2024

Original:
Dr.-Ing. Norbert Aust

GRAFISCHE AUFBEREITUNG:
ANDREAS FELLNER



ZUSAMMENFASSUNG

Die Kernenergie ist eine im Betrieb praktisch emissionsfreie und zudem kostengünstige Möglichkeit der Stromerzeugung, die jedoch infolge des deutschen Atomausstiegs in keinem Szenario zur Energiewende untersucht wird.

Als Ausgangspunkt für Überlegungen zu einem möglichen erneuten Einsatz haben wir anhand eines Beispielszenarios mit einfachen Annahmen abgeschätzt, ob wirtschaftliche Vorteile möglich sein könnten.

Es zeigt sich, dass der Aufwand für regenerative Erzeuger, Speicher und den Ausbau des Übertragungsnetzes erheblich verringert werden kann.

Die Abschätzung zeigt, dass sich für die Energiewende insgesamt Einsparungen ergeben, sofern die Investition für Kernkraftwerke (KKW) unter 7.400 € pro kW liegt.

"Über die gesamte Lebensdauer der KKW hinweg ergeben sich Vorteile, sofern die Gesamtinvestitionen über diese Zeitspanne inklusive Brennstoffmaterial und ggf. Retrofit unter 12.430 € pro kW liegen.



ANNAHMEN

Für unsere einfache Abschätzung, ob und in welchem Ausmaß die Kosten der deutschen Energiewende durch den Einsatz der Kernenergie sinken könnten, betrachten wir zunächst ein beispielhaftes Szenario: Welche Maßnahmen könnten reduziert werden, wenn KKW neu errichtet oder, soweit noch möglich, außer Betrieb genommene KKW wieder zur Stromerzeugung herangezogen werden würden?

Basisszenario ist das T45-Strom* des Konsortiums um das Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovation, das im Februar 2024 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde¹ und somit derzeit auf dem neuesten Stand ist.

Annahme: An den Standorten der früheren Kernkraftwerke und der Braunkohlekraftwerke werden Kernkraftwerke gleicher Leistung errichtet und (oder wieder) als Grundlastkraftwerke in Betrieb genommen. Dies waren im Jahr 2010, vor Beginn des Atom- und Kohleausstiegs, Kernkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 21,5 GW sowie Braunkohlekraftwerke mit insg. 22,7 GW [2] Leistung. Es wird eine durchschnittliche Verfügbarkeit von 85 % unterstellt. Damit ergibt sich:

**Stromerzeugung:
330 TWh pro Jahr**

**Durchschnittliche eingespeiste Leistung:
37,6 GW**

[1] ISI_WEB

[2] ISE_2010



Vorgehensweise

Sämtliche Einzelwerte zur Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2045 sind dem Foliensatz des Webinars zum Energieangebot entnommen [3]. Einzelne Kostenansätze sind hingegen nur in einer älteren Version enthalten [4]. Weiterhin wurden die Daten zum Verlauf der Stromerzeugung in Deutschland [5] und Europa [6] heruntergeladen und rechnerisch ausgewertet.

Ersatz Wind- und Solaranlagen

Der Strom, der in den angenommenen KKW produziert wird, braucht nicht in Wind- und Solaranlagen erzeugt zu werden, weswegen weniger dieser Anlagen benötigt werden.

Die hauptsächlichen Träger der regenerativen Erzeugung produzieren im Modelljahr zusammen 1042 TWh [7]. **Die Produktion aus den angenommenen KKW ersetzen davon 330 TWh, also 31,7 %.** Ohne weitere Optimierung wird diese Senkung auf alle drei Energieträger (Wind an Land, Wind auf See und Photovoltaik) prozentual aufgeteilt (siehe Tabelle 1).

Für die Kostensätze sind jeweils die für 2035 modellierten Kosten angesetzt, in der Annahme, dass sie einen Durchschnitt für die gesamte Errichtungszeit darstellen. Für die Photovoltaik wurde ein entsprechend den Potenzialen für Dach- und Freiflächenanlagen gemittelter Kostensatz verwendet.

Da die heute bestehenden Anlagen bis 2045 alle ihre Lebensdauer von etwa 20 Jahren erreicht haben werden, wird der Anlagenbestand nicht in Ansatz gebracht. Es ist weiter zu berücksichtigen, dass die Lebensdauer eines KKW etwa das Dreifache der Lebensdauer von Solar- und Windanlagen beträgt. Da bei deren fälligen Retrofits sicher viele Bestandteile weiter verwendet werden können, wird für die langfristige Investition nur vom Doppelten der Erstinvestition ausgegangen.

[3] ISI_Folien_2024

[4] ISI_Folien_2022

[5] ISI_DEU

[6] ISI_EU

[7] ISI_Folien_2024: Folie 15, T45-Strom (Update): Jahr 2045



Tabelle 1: Einsparungen durch den Entfall von regenerativen Erzeugern

Art der Stromerzeugung	Installiert [GW] ^[8]	Erzeugung [TWh] ^[9]	Entfall 31,7% [GW]	Spez. Kosten [€/kW]	Entfall Erstinvest [Mrd €]	Entfall Langfrist Inv. [Mrd €]
Wind an Land	160	417	50	1200 ^[10]	60	120
Wind auf See	70	245	22	2750 ^[11]	60,5	121
Solar	400	380	127	585 ^[12]	74	148

In Summe ergeben sich Einsparungen bei der Erstinvestition in Höhe von 194,5 Mrd. EUR, bei Berücksichtigung des fälligen Retrofits der regenerativen Erzeuger in Höhe von 389 Mrd. EUR.

Ersatz der Backup-Kraftwerke

Im T45*-Szenario werden als Backup Wasserstoffkraftwerke eingesetzt, die im Wesentlichen in den kalten Monaten November bis Februar laufen [13]. Insgesamt werden durch die Rückverstromung von Wasserstoff 40 TWh erzeugt, die Leistung beträgt maximal knapp 55 GW [14]. **Stellen hingegen Kernkraftwerke gemäß unserer Annahme 37,6 GW gesicherte Leistung bereit, sind hiervon nur noch 17,4 GW installierter Leistung erforderlich.**

Um den erforderlichen Wirkungsgrad der Verstromung von 60 % zu erreichen, müssen Kombikraftwerke (GuD-Kraftwerke) errichtet werden, bei denen die heißen Abgase einer Gasturbine einen konventionellen Dampfkreislauf heizen. Die spezifischen Kosten einer solchen Anlage werden in der Literatur mit rund 700 € pro installierte Kilowattstunde angegeben [15].

Des Weiteren braucht der für die Rückverstromung eingesetzte Wasserstoff nicht erzeugt zu werden, was den Bedarf an Elektrolyseuren senkt. Für die Erzeugung von Wasserstoff werden im Modelljahr 219 TWh elektrischer Strom aufgewendet [16]. Berücksichtigt man die Wirkungsgrade bei der Umwandlung (Elektrolyse: 0,8; Rückverstromung: 0,6) entfallen 83 TWh auf den wieder zu verstromenden Wasserstoff. **Für den verbleibenden Einsatz der Backups genügen 2 TWh Wasserstoff, für deren Erzeugung etwa 4 TWh Strom erforderlich sind.**

[8] ebd. Folie 16; T45-Strom (Update): Jahr 2045

[9] ISI_DEU: Eigene Auswertung

[10] ISI_Folien_2022: Folie 17; Jahr 2035

[11] ebd. Folie 18, Jahr 2035

[12] ebd. Folie 23; Jahr 2035

[13] ebd. Folie 72

[14] Eigene Auswertung ISI_DEU

[15] Spörk_2020, S. 13; niedriger Wert in Erwartung einer Kostendegression

[16] Eigene Auswertung ISI_DEU



Folglich sind nur noch 140 TWh für die Erzeugung des Wasserstoffs aufzuwenden, was eine Reduktion der erforderlichen Leistung um 36 % bedeutet. Der aus der Literatur gewonnene Kostensatz von 500 € pro kW [17] erscheint jedoch stark risikobehaftet, da jedwede Erfahrung aus Bau und Betrieb von Elektrolyseuren dieser Größenordnung fehlt. Auch hier wird von einer Lebensdauer von 20 Jahren ausgegangen, sodass bei Weiterverwendung wesentlicher Komponenten für die Langfristinvestition vom doppelten Satz ausgegangen wird.

Tabelle 2: Einsparungen durch den Entfall von Gaskraftwerken und Elektrolyseuren

Typ	Installiert [GW]	Erzeugung [TWh] ^[18]	Entfall 31,7% [GW]	Spez. Kosten [€/kW]	Entfall Erstinvest [Mrd €]	Entfall Langfrist Inv. [Mrd €]
Kraftwerke	60 ^[19]	40	37,6	700	26,3	26,3
Elektrolyseur ^[20]	61	219	22,0	500	11,0	22

Aufgrund des weitgehenden Ersatzes der Backup-Kraftwerke durch KKW können bei der Erstinvestition 37,3 Mrd. EUR eingespart werden. Berücksichtigt man darüber hinaus die eingeschränkte Lebensdauer der Elektrolyseure, ergibt sich eine langfristige Einsparung von 46,3 Mrd. EUR.

Naturgemäß muss der nicht mehr für die Rückverstromung benötigte Wasserstoff nicht mehr gespeichert werden, was die notwendige Kapazität der zu erstellenden Speicher reduziert. Der Umfang der möglichen Einsparungen ist nicht mit einfachen Mitteln vorab bestimmbar, denn die Speicher dienen auch zum Ausgleich von Import- und Nachfrageschwankungen aus dem Industriesektor.

Allerdings sind die Gestehungskosten für Speicher vergleichsweise gering, obgleich der Prozess erhebliche Zeit in Anspruch nimmt [21]. Einer neueren Untersuchung [22] zufolge liegt der Investitionsaufwand bei 70 € pro m³ Speichervolumen. Demnach lägen die Kosten des gesamten Zubaus der benötigten Wasserstoffspeicher unter 20 Mrd. EUR. **Mögliche Einsparungen in Höhe eines Bruchteils dieser Summe werden hier vernachlässigt.**

[17] ISE_2022

[18] ebd. Folie 16; T45-Strom (Update): Jahr 2045

[19] ISI_2024: Folie 30, T45-Strom

[20] Eigene Auswertung ISI_DEU

[21] E4C: 10 bis 15 Jahre pro Kavernenspeicher

[22] EWI_2024: S. 22

Verringerung Stromimport

Für den Ausgleich zwischen dem zeitlich schwankenden Bedarf und der volatilen Erzeugung aus regenerativen Quellen wird im T45-Szenario Strom im- und exportiert. Das ist zunächst erstaunlich, denn man sollte meinen, dass in einem weitgehend auf regenerative Energieversorgung umgestellten Europa Mangel- und Überflusssituationen jeweils sehr synchron auftreten. Ein Vergleich zwischen den Dispatch-Kurven für Deutschland [23] und Europa [24], beispielhaft etwa für die Woche 16, Stunde 2712, zeigt jedoch, dass dies nach dem Szenario möglich sein soll.

Damit ergibt sich allerdings die Schwierigkeit, dass sich die dafür notwendige Investition nur schwer erfassen und bewerten lässt. Eingesetzt werden auf europäischer Ebene neben Batteriespeichern und Pumpspeicherwerken auch Power-to-Gas und CSP (Concentrated Solar Power). Bei letzterem Verfahren wird beispielsweise Salz als Wärmeträger durch konzentrierte Sonnenstrahlen auf eine hohe Temperatur gebracht, die in dieser Form gespeichert und bei Bedarf auch nachts zur Stromerzeugung herangezogen werden kann.

Als weitere Ausgleichsmaßnahme wird die Erzeugung von Wasserstoff für Anwendungen außerhalb der Stromversorgung nach dem jeweils aktuellen Leistungsangebot gesteuert. Außer den Pumpspeicherwerken (PSW) müssen alle für den Ausgleich notwendigen Anlagen neu errichtet werden. Die Leistungsabgabe der modellierten europäischen PSW beträgt maximal 50 GW [25], was der Turbinenleistung der heute verfügbaren PSW entspricht [26].

Man kann vielleicht annehmen, dass die Leistung der in Deutschland installierten KKW die importierte Leistung während Mangelsituationen herabsetzt, ggf. sogar zu einem Export führt, und auf diese Weise eine entsprechende installierte Leistung entweder an CSP-Anlagen oder PtG-Anlagen ersetzen würde. Im Falle PtG könnten die Elektrolyseure und die GuD-Kraftwerke zur Rückverstromung entfallen.

[23] ISI_DEU, Einstellung Woche 16

[24] ISI_EU, Einstellung Woche 16

[25] ISI_EU, eigene Auswertung

[26] ENTSOE_2022

Inwieweit auch regenerative Erzeugungsanlagen entfallen können, ist nicht auf einfache Weise zu ermitteln, da hier der zeitliche Verlauf der im- und exportierten Strommengen in Betracht gezogen werden müsste. Bei wie oben anzunehmenden Erstinvestitionen für Elektrolyseure und Kraftwerke zur Rückverstromung von 1.300 € pro kW, bzw. € 1.700 € pro kW für die Langfristinvestition **ergibt dies bei einer durchschnittlichen Verfügbarkeit von 85 % Einsparungen von etwa 57,5 Mrd. EUR bzw. 75 Mrd. EUR.**

Laut einer Datenbank gibt es derzeit in Spanien als einzigem europäischen Land in Betrieb befindliche CSP-Anlagen, insgesamt sind 51 Kraftwerke mit zusammen 2,4 GW gelistet [27]. Diese Anlagen sind in den Jahren 2008 bis 2013 errichtet worden, die Kosten lagen zwischen 5.000 und 6.000 € pro kW. Im Szenario sollen sie maximal eine Leistung von 44 GW erbringen. Wenn diese durch die Kernkraftwerke entsprechend deren Nennleistung teilweise ersetzt werden könnten, **ergäbe dies eine Einsparung in Höhe von 188 Mrd. EUR.**

Einsparungen Netzausbau

Im deutschen Übertragungsnetz sind erhebliche Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen erforderlich, um es für die Energiewende zu ertüchtigen. Früher betrug die Netzlast maximal etwa 80 GW und es waren nur kleinere Angebots- und Bedarfsunterschiede über vergleichsweise kleine Strecken auszugleichen. Nach der Energiewende müssen bei Spitzenbedarfen von über 200 GW großflächige Stromtransporte zwischen Nord- und Süddeutschland möglich sein.

Der aktuelle Netzentwicklungsplan (NEP) weist dafür zusätzliche, über bereits früher beschlossene Maßnahmen hinausgehende Investitionsbedarfe in Höhe von 145,1 Mrd. EUR für das Offshore-Netz [28] bzw. 106,1 Mrd. EUR für das Onshore-Netz [29] aus.

[27] NREL_2024

[28] NEP_2037, Seite 98

[29] NEP_2037, Seite 132

Kommen an den Standorten früherer großer Grundlastkraftwerke KKW zum Einsatz, kann davon ausgegangen werden, dass die Hoch- und Höchstspannungsleitungen zum Anschluss an das Übertragungsnetz entweder noch vorhanden sind oder einfach neu errichtet werden können. Dies dürfte den Ausbau erheblich vereinfachen. Es besteht allerdings die Schwierigkeit, dass die vielfältigen im NEP gelisteten Maßnahmen nicht auf einfache Weise bestimmten Merkmalen des Ausbaus zugeordnet werden können. Zudem werden zu den Maßnahmen im Onshore-Netz keine Übertragungskapazitäten angegeben.

Die deutliche Verringerung der Leistung der Offshore-Windparks dürfte jedoch sicher Anzahl und Größe der verschiedenen in diesem Rahmen zu errichtenden Anlagen erheblich reduzieren. Ohne die Schätzung genauer spezifizieren zu können, sei hier von einer Reduzierung um 15 % der Gesamtinvestition ausgegangen, was in Summe etwa 37 Mrd. EUR entspricht.

Ganz schwierig wird es, die Lage in Europa zu beurteilen. Es ist klar, dass der Entfall von Stromerzeuger- und -speicheranlagen auch dort seinen Niederschlag im erforderlichen Netzausbau finden wird. **Sollen etwa 40 GW Strom aus CSP-Erzeugern von Spanien nach Deutschland transportiert werden, erfordert dies eine Verbindung, die im Vergleich zum Südlink [30] etwa die doppelte Länge bei zehnfacher Übertragungskapazität aufweist.**

Leider konnten bislang keine Unterlagen über das zukünftig geplante europäische Übertragungsnetz gefunden werden. Auch die Langfristplanung der ENTSOE (Ten Year Net Development Plan – TYNDP) gibt keine sachdienliche Information [31], sodass hier keine weiteren Schätzungen möglich sind.

[30] Suedlink

[31] TYNDP_2024

Schlussfolgerungen

In den vorangegangenen Abschnitten wurde versucht, die sich aus dem Einsatz von KKW zur Deckung der Grundlast, wie es in 2010 durch KKW und Braunkohlekraftwerke der Fall war, ergebenden Einsparungen überschlägig abzuschätzen. In Summe ergaben sich hierbei ersparte Erstinvestitionen von 326,3 Mrd. EUR und langfristig, auf die Lebensdauer eines KKW ausgerichtet 549,3 Mrd. EUR.

Tabelle 3: Einsparungen durch den Entfall von Gaskraftwerken und Elektrolyseuren

Einsparungen durch [Mrd. Eur]	Erstinvestitionen	Langfristinvestitionen
Regenerative Erzeuger	194,5	389
PtG Deutschland	37,3	48,3
PtG Europa	57,5	75
Netzausbau Deutschland	37	37
Netzausbau Europa	?	?
Summe	326,3 + x	549,3 + x

Damit ergeben sich wirtschaftliche Vorteile durch den Einsatz der KKW, sofern sie in der Erstinvestition weniger als rd. 7.400 € pro kW bzw. über die Lebensdauer inklusive Retrofit und Kernbrennstoff weniger als rd. 12.430 € pro kW kosten. Hinzu kommen sicher erwartbare, aber nur sehr schwer abschätzbare Einsparungen bei Investitionen in europäische Stromerzeuger und Übertragungsnetze.

Abschließende Überlegungen zum Zeitstrahl

Häufig ist als Argument gegen den Einsatz der Kernenergie bei der Energiewende zu hören, dass die Anlagen nicht rechtzeitig für die Klimaneutralität im Jahr 2045 und damit zu spät bereitstehen würden. Obwohl sich die Autoren hierzu nicht äußern, zeigt das Szenario eindrücklich, dass **die hier simulierte Situation ebenfalls nicht bis 2045 erreichbar ist**. Allein der erforderliche jährliche Zubau an den Erzeugeranlagen – etwa 8 GW Windanlagen an Land, 3,5 GW Windanlagen auf See, 20 GW Photovoltaikanlagen – ist ein Vielfaches der bisher erreichten stärksten Zubauraten – und diese müssen über 20 Jahre durchgehalten werden. Hinzu kommt, dass natürlich auf der Abnehmerseite ähnlich starke Umbaumaßnahmen erforderlich sind.

Die Problematik wird deutlicher, wenn man sich eine körperliche Vorstellung von den Anforderungen macht: Bis 2045 sind noch etwa 20 Jahre Zeit, also 1.040 Wochen oder rund 5.000 Arbeitstage. In diesen 5.000 Arbeitstagen müssen

- 7.000 Windanlagen auf See zu durchschnittlich 10 MW errichtet werden, um 70 GW Nennleistung zu installieren.
- 40.000 Windanlagen an Land zu je 4 MW errichtet werden, um 160 GW Nennleistung zu installieren.
- Selbst wenn eine Solaranlage im Schnitt eine Größe von 1 MW hätte, wären 400.000 solcher Anlagen zu errichten, um 400 GW installierte Leistung zu erreichen.
- Auf der Abnehmerseite ähnlich: 20.000.000 oder mehr Heizanlagen müssen auf Wärmepumpen umgerüstet werden.
- Ebenso viele Haus-Anschlusspunkte für Elektrofahrzeuge werden benötigt, will man deren Batterien zum Ausgleich von Bedarfsschwankungen heranziehen

Diese Liste ließe sich beliebig fortsetzen. Wer soll dies machen? Woher kommen die hierfür benötigten Fachkräfte? Das soll in einem Land geschehen, das derzeit große Schwierigkeiten hat, die bestehende Infrastruktur instand zu halten?

Auch sind viele Technologien, die im Großmaßstab errichtet werden müssen, beileibe nicht ausgereift und erprobt. Der größte derzeit in Deutschland betriebene Elektrolyseur hat eine Leistung von 0,01 GW [32] – aber bis 2045 sollen 61 GW installiert sein. Die Betriebserfahrungen größerer Anlagen sind nicht unbedingt gut [33].

Auch wenn dies Probleme sein dürften, die beim Hochskalieren jeder Technik auftreten, so müssen doch die Ursachen gefunden werden, Lösungen gesucht und erprobt werden. Was Zeit kostet. Es wäre fatal, eine unausgereifte und wenig erprobte Technologie in derartig großem Umfang einzusetzen, wenn größere systembedingte Schwachstellen erst zu einem späteren Zeitpunkt zutage treten.

Das Zeitargument zählt also nicht, sofern man sich auf bewährte Typen von KKW verlässt.

[32] REFHYNE: <https://www.refhyne.eu/>, darin besonders interessant: Publications/Projects Lessons Learnt.

[33] Collins_2023



Fazit

Die dargestellten Überlegungen zeigen, **dass sich der Bau neuer (bzw. die Wiederinbetriebnahme alter) Kernkraftwerke lohnen würde, sofern die Investitionskosten unter 7.400 € pro kW liegen.** Mit hoher Wahrscheinlichkeit (wenn die Einsparungen im europäischen Netz angemessen berücksichtigt werden) liegt die tatsächliche Schwelle sogar noch wesentlich höher, d.h. der Einsatz der **Kernkraft dürfte noch erheblich teurer sein und wäre dennoch günstiger als die derzeit geplante Energiewende.**

Zur Einordnung ein Vergleich: **Bei aktuellen Projekten in Europa liegen die Investitionskosten bei rund 5.000 € pro kW Leistung für in Serie gebaute Reaktoren.**[34] Lediglich nicht in Serie gebaute Reaktoren wie Flamanville und der erste Reaktor in Hinkley Point C sind deutlich teurer (über 10.000 € pro kW). Bei diesen KKW handelt es sich aber um neue Designs, also "erste ihrer Art", die noch dazu von Teams gebaut wurden, die mit solchen Großprojekten keine Erfahrung haben: Sobald wieder eine gewisse Regelmäßigkeit in den Bau europäischer Kernkraftwerke kommt, werden die Kosten deutlich sinken. Längerfristig sind Kostenschätzungen entlang der historischen Werte unserer Überzeugung nach absolut realistisch.

Daher sind wir überzeugt:

Ein neuer Kurs in der Energiewende unter Einbeziehung der Kernkraft würde zu erheblichen Kosteneinsparungen führen und damit Wohlstandsgewinne ermöglichen.



AUTOREN

Original:
Norbert Aust

Grafische Aufbereitung
Andreas Fellner

Fassung 11.7.2024

ÜBER UNS

Wir von WePlanet DACH verfolgen die Vision, die Erde zum bestmöglichen Ort für Mensch und Natur zu formen. Dazu wollen wir alle uns zur Verfügung stehenden Mittel nutzen.

Wir wollen alle Menschen mit unbegrenzter, kostengünstiger, sauberer und zuverlässiger Energie versorgen. Auf dieser Grundlage lassen sich Probleme wie Rohstoffknappheit, Hunger, Armut, Wassermangel oder auch der Klimawandel viel einfacher lösen. Technische Innovationen und ausreichend Energie sind Grundlage für globalen Wohlstand.

Darüber hinaus wollen wir den Flächenverbrauch der Menschheit reduzieren, insbesondere durch innovative Alternativen zum Konsum tierischer Produkte. Auf die frei gewordenen Flächen sollen natürliche und vielfältige Ökosysteme zurückkehren und das Land der Natur mit all ihren Bewohnern zur Verfügung stehen.

Um den Klimawandel einzudämmen, wollen wir nicht nur unsere Emissionen reduzieren, sondern alle uns zur Verfügung stehenden Möglichkeiten nutzen, auch Negativ-Emissionen-Technologien, um aktiv Treibhausgase aus der Atmosphäre zu entfernen. Auch die Chancen und Risiken von Geoengineering wollen wir erforschen, um sie im Notfall einsetzen zu können.

Wir wollen wachsenden Wohlstand und Fortschritt von negativen Umweltfolgen entkoppeln. Für kommende Generationen wollen wir eine blühende Zukunft gestalten, ohne gleichzeitig den Planeten zu zerstören.

Wir leben im Zeitalter des Anthropozän, des Zeitalters des Menschen. Es liegt an uns, wie unsere Geschichte weitergeht. Bei WePlanet wählen wir Hoffnung, Fortschritt und Zusammenarbeit.

Lasst uns der Natur Freiheit schenken und den Menschen Wohlstand bringen!



Collins_2023: Collins L.: World's largest green hydrogen project 'has major problems due to its Chinese electrolyzers': BNEF; Hydrogen Insight, 11. December 2023; Link:

<https://www.hydrogeninsight.com/production/exclusive-worlds-largest-green-hydrogen-project-has-major-problems-due-to-its-chinese-electrolysers-bnef/2-1-1566679>

ENTSOE_2022: NetGenerating Capacity - Yearly aggregated per country, Datensatz 2022, Link:

https://www.entsoe.eu/publications/data/power-stats/2022/net_generation_capacity_2022.csv

EVI_2024: Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) (2024). Die Bedeutung von Wasserstoffspeichern - Eine Analyse der Bedarfe, Potenziale und Kosten. Link: https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/03/EWI_Die-Bedeutung-von-Wasserstoffspeichern.pdf

E4C: NRW.Energy4Climate: Factsheet: Wasserstoffkavernenspeicher; Link:

<https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Newsroom/2022/factsheet-kavernenspeicher-cr-energy4climate.pdf>

IEA 2020: Projected Costs of Generating Electricity 2020, Link: <https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2020>

ISE_2010: https://www.energy-charts.info/charts/installed_power/chart.html?l=de&c=DE&year=2010

ISE_2022: NN.: Auf dem Weg zur GW-Industrie - Fraunhofer ISE liefert detaillierte Kostenanalyse für Wasserstoff-Elektrolyse-Systeme, Pressemeldung Fraunhofer ISE, 9. Februar 2022.

ISI_DEU: Datensatz zur Stromerzeugung in Deutschland während des modellierten Jahres; Link: <https://enertile-explorer.isi.fraunhofer.de:8443/open-view/63584/9334a28b5f3b6be87b05e3e2d07cf68f>

ISI_EU: Datensatz zur Stromerzeugung in Europa während des modellierten Jahres, Link: <https://enertile-explorer.isi.fraunhofer.de:8443/open-view/63596/d453249ce371e99c9ceb4672158f14b8>

ISI_Folien_2022: NN: Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Webinar zum Energieangebot 22.11.2022; Link: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Webinar_Angebot_Nov_2022_final_webinarversion.pdf

ISI_Folien_2024: NN: Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Webinar zur Vorstellung der dezentralen Szenarien: Energieangebot; Link: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/videos/Vorstellung-neuer-BMWK-Langfristszenarien-2024-02-15-09-02-27_edit.mp4

ISI_Web: Webseite <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>

NEP_2023: NN.: Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045, Version 2023, Zweiter [von der Bundesnetzagentur freigegebener] Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber; Link:

<https://www.netzentwicklungsplan.de/nep-aktuell/netzentwicklungsplan-20372045-2023>

NREL_2024: Concentrating Solar Power Projects; <https://solarpaces.nrel.gov/concentrating-solar-power-projects-country>

Spörk_2020: Spörk PM: Entwicklung der spezifischen Investitionskosten von Kraftwerken auf Basis erneuerbarer und konventioneller Energieträger; Masterarbeit TU Graz, 2020

Suedlink: NN: Suedlink - Über das Projekt, Link: <https://suedlink.com/s-a>

TYNDP_2024: NN: ENTSOE: TYNDP 2024 Projects Sheets, Link:

<https://tyndp2024.entsoe.eu/projects-map>



POTENZIAL DER KERNENERGIE IN DER DEUTSCHEN ENERGIEWENDE



www.weplanet-dach.org
Registernummer: VR 37433 B

Veröffentlicht von WePlanet DACH e.V.
Alle Rechte vorbehalten.

wePlanetTM
DACH