

Rainer Gievers

Politikversagen

Wie Politiker unsere Gesellschaft ruinieren

Leseprobe

www.das-praxisbuch.de

»Manchen Völkern genügt eine Katastrophe, sie zur Besinnung zu bringen. Deutschen, so scheint es, bedarf es den Untergang.« – Arthur Müller van den Bruck (1876 – 1925)

Vorwort

Dieses Buch behandelt verschiedene Themenkreise, die auf den ersten Blick kaum etwas miteinander zu tun haben. Allen ist aber gemein, dass Politiker dort mit ihren ideologisch motivierten Eingriffen erheblichen Schaden angerichtet haben. Manchmal scheint es der politischen Elite auch nur darum zu gehen, den eigenen Ruhm und die Bankkonten von befreundeten Lobbyisten zu mehren.

Wenn wir jetzt nicht entschlossen gegensteuern, droht unser Land, das nach der faschistischen Katastrophe über drei Generationen hinweg unter enormen Anstrengungen wieder aufgebaut wurde, erneut im Chaos zu versinken. Es wäre naiv zu glauben, dass unsere verprellten europäischen Partner, die inzwischen schwer unter dem deutschen Sonderweg leiden, uns dann aus der Misere retten werden.

Gerne hätte ich einige Themen und Akteure ausführlicher behandelt, aber leider ist derzeit eine neutrale und unvoreingenommene Berichterstattung darüber unmöglich.

Anmerkungen:

- Einige Wörter oder Sätze werden zur besseren Verständlichkeit mit **Fettschrift** hervorgehoben. Dies ist in den Originaltexten in der Regel nicht der Fall.
- Soweit möglich, mache ich deutlich, wenn ich meine eigene Meinung äußere.
- Längere wörtliche Zitate aus den Quellen werden in der Regel *kursiv* dargestellt und eingerückt.

Falls Sie im Buch irgendwo einen Fehler entdecken oder eine Frage zum Inhalt haben, schicken Sie bitte eine E-Mail an info@das-praxisbuch.de.

Rainer Gievers, 14.10.2024 / 17.10.2024 V2

1. Inhaltsverzeichnis

2. Der Strommarkt.....	6
2.1 Wie funktioniert der Strommarkt?.....	6
2.2 Der Strompreis.....	6
2.3 Windenergie.....	9
2.3.1 Wirtschaftlichkeit der Windenergie.....	9
2.3.2 Ökobilanz erneuerbarer Energie.....	11
2.3.3 Naturschutz und Windenergie.....	12
2.3.3.a Havarien durch Windräder.....	14
2.3.3.b Recycling.....	15
2.4 Solarenergie.....	16
2.5 Kernenergie.....	17
2.5.1 Lohnt sich Kernenergie?.....	18
2.5.1.a Das Kemfert-Gutachten.....	19
2.5.1.b Untersuchungsausschuss zur Ausstiegsentscheidung.....	20
2.5.2 Risiken der Kernkraft und der alternativen Energien.....	21
2.5.2.a Gefährlichkeit der Strahlung.....	23
2.5.2.b Abhängigkeit vom Ausland.....	23
2.5.2.c Zwischenlagerung.....	24
2.5.2.d Endlagerung.....	24
2.5.3 Die Kostenschätzung von 2015.....	27
2.5.4 Wie läuft es in anderen Ländern?.....	28
2.5.4.a Situation in Frankreich.....	28
2.5.5 Die Wiederkehr.....	29
2.6 Strommarktdesign der Zukunft.....	29
2.7 Stromspeicher.....	31
2.8 Versorgungssicherheit.....	32
2.9 Wasserstoffwirtschaft.....	36
2.9.1 Wasserstoffstrategie.....	37
2.9.2 Kritik an der Wasserstoffwirtschaft.....	38
2.9.3 Gescheiterte Projekte.....	41
2.10 Kritik an der Energiewende.....	42
2.10.1 Studie zum deutschen Sonderweg in der Energiepolitik.....	43
2.10.2 Stellungnahme des Bundesrechnungshofs.....	43
2.10.3 Kosten der Energiewende.....	44
2.11 Die Umweltaktivisten.....	45
2.11.1 Eine gut vernetzte Lobby.....	46
2.11.2 Warum der Staat Forschungsaufträge finanziert.....	48
2.11.3 Klima-Journalismus.....	48
3. Industriepolitik.....	49
3.1 Das Energieeffizienzgesetz.....	49
3.2 Autoindustrie.....	50
3.2.1 Die E-Auto-Prämie.....	50
3.2.2 Die »Autokrise«.....	51
3.2.3 Warum der Umstieg auf die E-Mobilität nicht funktioniert.....	52
3.2.4 Die Chinesen.....	52
3.3 Das Heizungsgesetz.....	53
3.4 Skandal um Fake-CO ₂ -Projekte.....	55
3.5 Industriesubventionen.....	55
3.6 »Kritik« aus der Industrie.....	56
3.7 Russischer Einfluss.....	57
3.7.1 Nord Stream.....	58
3.7.1.a Nord Stream 1.....	59
3.7.1.b Nord Stream 2.....	60
3.7.2 Vakzine aus dem Kreml.....	61
3.7.3 Ukraine-Krieg.....	61

4. Parteien.....	64
4.1 Die Grünen.....	64
4.2 BSW.....	67
4.3 AfD.....	72
4.4 Die Linke.....	74
4.5 CDU.....	77
4.6 FDP.....	78
4.7 SPD.....	78
4.7.1 Der Niedergang.....	79
4.7.2 Das Wahlprogramm.....	80
5. Politische Fehlentwicklungen.....	83
5.1 Niederschwellige Zensur.....	83
5.2 Bürgerräte.....	86
5.2.1 Bürgerrat gegen Fakes.....	87
5.3 Die Immobilienkrise.....	91
5.4 Reichtum.....	93
5.4.1 Besteuerung der Reichen.....	93
5.4.2 Das ungerechte Erbrecht.....	96
5.4.3 Share Deals im Immobilien-Markt.....	97
5.4.4 Steuerliche Behandlung von Immobilien-Erben.....	98
5.5 Das Bürgergeld.....	98
5.5.1 Ist bescheuert, wer noch arbeitet?.....	98
5.5.2 Ukrainische Flüchtlinge.....	101
5.6 Migrationspolitik.....	102
5.6.1 Das Beispiel Dänemark.....	102
5.6.2 Asyl-Statistik.....	103
5.6.3 Asyl-Ausgaben.....	103
5.6.4 EU-Asylbewerberzahlen.....	104
5.6.5 Belasten Zuwanderer das deutsche Sozialsystem?.....	104
5.6.6 Parteiprogramme zur Flüchtlingspolitik.....	106
5.6.7 Die Realität.....	107
5.6.8 Handbook Germany.....	109
5.7 Das Selbstbestimmungsgesetz.....	111
5.7.1 Auswirkungen auf die Medien.....	112
5.7.2 Kritik eines Kinder- und Jugendpsychiaters.....	112
5.7.3 Das Frauenfitnessstudio.....	113

Hinweis

Die Informationen in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet und zusammengestellt. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor übernehmen daher keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für eventuell verbliebene Fehler oder deren Folgen. Alle erwähnten Warennamen und Bezeichnungen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt und sind möglicherweise eingetragene Warenzeichen.

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk einschließlich aller Teile ist urheberrechtlich geschützt. Kein Teil darf ohne schriftliche Genehmigung durch den Autor Rainer Gievers, Borgentreich, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Copyright © 2024 Rainer Gievers, D-34434 Borgentreich

ISBN: 978-3-96469-274-0

2. Der Strommarkt

Der Energiemarkt ist äußerst komplex, weshalb wir aus Gründen der Vereinfachung auf bestimmte Themenbereiche nicht eingehen können. So konzentrieren wir uns beispielsweise ausschließlich auf landbasierte Windkraftanlagen (»Onshore«) und lassen Biomassekraftwerke unberücksichtigt.

2.1 Wie funktioniert der Strommarkt?

Dieses Kapitel ist für das Verständnis der nächsten Kapitel nicht unbedingt erforderlich, sondern soll einen kurzen Überblick über die am Strommarkt Beteiligten geben.

Die Stromerzeugung beginnt in Kraftwerken, wo Energie durch verschiedene Methoden wie Kohleverbrennung, Kernspaltung oder Turbinenbewegung gewonnen wird. Bei der Photovoltaik erfolgt eine direkte Umsetzung von Sonnenlicht in Energie.

Der Bau und Betrieb dieser Kraftwerke sowie die Kosten für Brennstoffe wie Kohle und Gas beeinflussen den Strompreis stark. 2023 stammten in Deutschland etwa 40 Prozent des Stroms aus konventionellen Energieträgern, also Gas und Kohle.

Da Strom schwer zu speichern ist (siehe Kapitel 2.7 Stromspeicher), wird er kontinuierlich in der benötigten Menge produziert. Diese **Erzeugung und die Überwachung des Bedarfs übernehmen die Stromversorger**, darunter RWE, Eon, Vattenfall und EnBW.

Zwar ist der Energiemarkt extrem stark reguliert, die vom Endkunden zu bezahlenden Preise sind aber weiterhin abhängig von Angebot und Nachfrage, das heißt, geht die Nachfrage zurück, sinken die Preise. Umgekehrt steigen die Preise, wenn beispielsweise die Industrieproduktion ansteigt.

Die **Übertragungsnetzbetreiber** sorgen dafür, dass Strom über weite Strecken mit hoher Spannung transportiert wird. In Deutschland sind die vier größten Betreiber Amprion, TenneT, TransnetBW und 50Hertz. Ähnliche Aufgaben haben die **Verteilungsnetzbetreiber**. Sie kümmern sich darum, dass der Strom über Netze mit niedrigerer Spannung zu den Haushalten, Unternehmen und anderen Verbrauchern gelangt. Dafür sind meist kleinere, regionale Unternehmen, teilweise die jeweiligen Stadtwerke, zuständig.

Zusammengefasst:

Stromerzeuger → Übertragungsnetzbetreiber → Verteilungsnetzbetreiber → Haushalte und Gewerbe

Wie bereits erwähnt, wird der Energiemarkt stark reguliert und überwacht, um eine faire und transparente Versorgung sicherzustellen. Wichtige Gesetze, welche auch die Preisfestsetzung erheblich beeinflussen, sind das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und das Strommarktgesetz.

2.2 Der Strompreis

Der Strompreis wird durch folgende Faktoren bestimmt¹:

- Staatlich veranlasste Kosten: Ein großer Teil des Strompreises besteht aus staatlich veranlassten Steuern, Abgaben, Umlagen und Mehrbelastungen. Diese werden von allen Stromkunden über den Strompreis getragen.
- Netzentgelte und Entgelte für den Messstellenbetrieb: Für die Nutzung der Stromnetze berechnen die Netzbetreiber Entgelte. Der Betrieb der Stromzähler wird durch die sogenannten Messstellenbetreiber beim Endkunden abgerechnet.
- Strombeschaffung und Vertrieb: Interne Kosten der Stromanbieter für Stromein-

kauf, die Verwaltung und den Vertrieb.

Die Stromanbieter weisen in ihren Angeboten beziehungsweise Abrechnungen die enthaltenen Netzentgelte und Steuern transparent aus. Natürlich bringt das dem Kunden nichts, der sich ja weiterhin über die hohen Aufschläge ärgern darf.

Arbeitspreis	Grundpreis	Jährliche Kosten
29,267 ct pro kWh brutto	196,64 €/Jahr pro Jahr brutto	1.220,98 € pro Jahr brutto

Preise inkl. aller Steuern und Abgaben, gültig ab 01.07.2024

In den Arbeits- und Grundpreisen sind alle zum Preisstand gültigen Netzentgelte, gesetzlichen Abgaben und Steuern enthalten. Die Veränderungen sowie eventuell weitere gesetzliche Abgaben und Steuern werden im jeweiligen Lieferjahr entsprechend weitergegeben.

Maßgeblich sind die durch den für Sie zuständigen Netz- und Messstellenbetreiber bestätigten tatsächlichen Lieferverhältnisse und den daraus resultierenden Preisbestandteilen.

EAM Netz GmbH (Tennet)		Netto	Brutto
Energiepreis HT Vertrieb	ct/kWh	12,000	14,280
Arbeitspreis Netz HT	ct/kWh	7,650	9,104
Konzessionsabgabe HT	ct/kWh	1,320	1,571
KWK-Umlage	ct/kWh	0,275	0,327
§19-NEV-Umlage	ct/kWh	0,643	0,765
Offshore-Netzumlage	ct/kWh	0,656	0,781
Stromsteuer	ct/kWh	2,050	2,440
Grundpreis Vertrieb	EUR/Jahr	48,00	57,12
Grundpreis Netz	EUR/Jahr	109,80	130,66
Messstellenbetrieb	EUR/Jahr	7,44	8,85

Monatl. Abschlag: 111 €

Bei uns zahlen Sie nur 11 Abschläge im Jahr!

Ökoprodukt: ✓

Vertragslaufzeit: 30.06.2026

Kündigungsfrist: 1 Monat

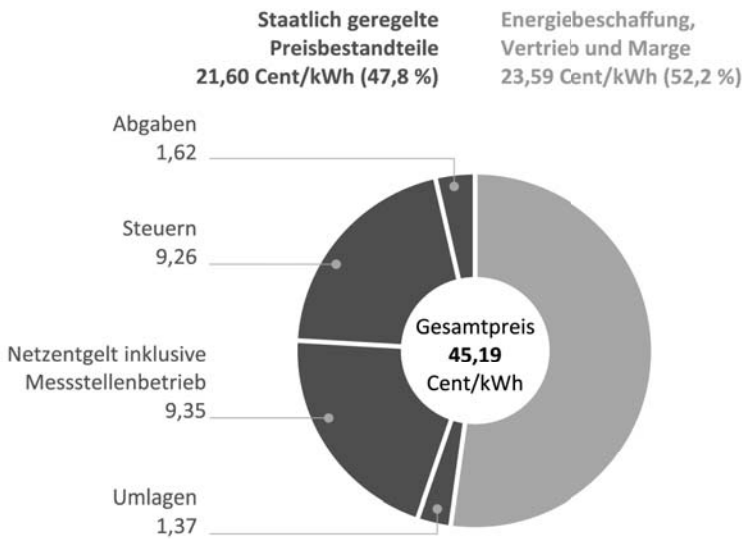
Kündigungsziel: zum Vertragsende

Preisstand: 01.07.2024

Beispiel für das Angebot eines Stromanbieters mit ausgewiesenen Kostenbestandteilen².

Strompreis für Haushaltskunden zur Hälfte staatlich geregelt

Trotz Wegfalls der EEG-Umlage und historisch hoher Beschaffungskosten betragen die staatlich geregelten Preisbestandteile weiterhin fast 50 %.

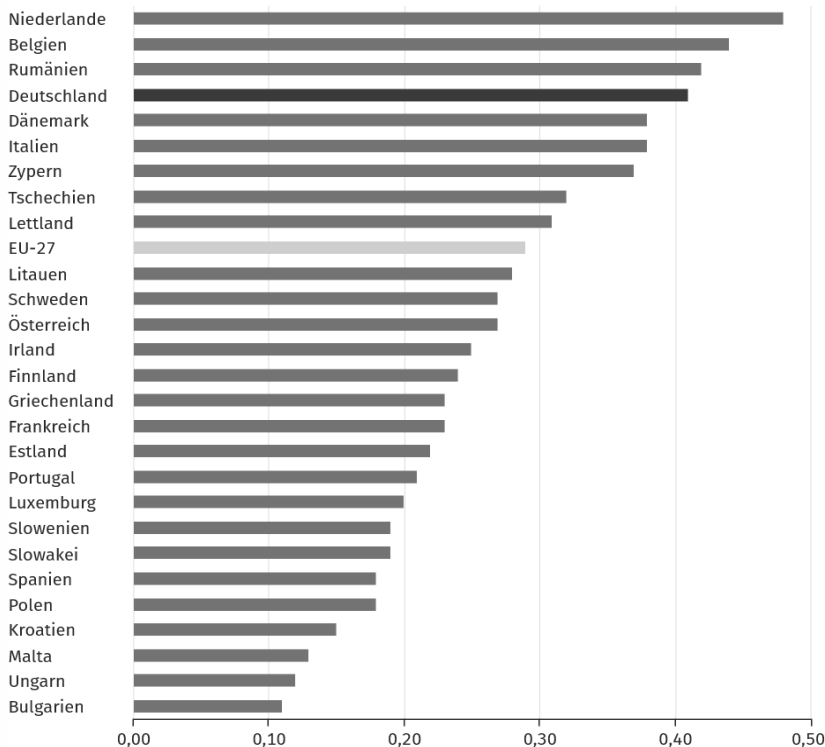


Grafik: Bundesrechnungshof. Quelle: Monitoringbericht 2023 von BNetzA und Bundeskartellamt.

Rund 48 Prozent des Strompreises sind durch staatliche Abgaben und Steuern verursacht. Schimpfen Sie also bitte nicht auf Ihren »gierigen« Stromanbieter, sondern auf den Staat, der die Energiepreise nach oben treibt!

Strompreise in Privathaushalten 1. Halbjahr 2023

in Euro je Kilowattstunde (kWh)



Inklusive Steuern und Abgaben. Quelle: Eurostat

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2024

Deutschland liegt in der EU bei den Strompreisen für Privathaushalte in der Spitzengruppe³.

2.3 Windenergie

Windkraft kommt als Energiequelle bereits seit Jahrhunderten zum Einsatz, allerdings bis zum 20. Jahrhundert vorwiegend zum Antrieb von Mühlen oder Pumpen⁴. Ende des 20. Jahrhunderts gab es bereits einige stromerzeugende Windkraftwerke.

Einen Boom erfuhr Wind- und Solarenergie in Deutschland ab dem Jahr 1991 durch das Stromeinspeisegesetz⁵, das die Netzbetreiber zur Abnahme des erzeugten Stroms verpflichtete⁶.

Windkraftanlagen⁷ wandeln die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um. Die durch den Wind bewegten Rotorblätter treiben einen Generator an, der die mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt, die dann ins Stromnetz eingespeist werden kann. Ein Steuerungssystem sorgt dafür, dass die Anlage optimal zum Wind ausgerichtet ist und bei zu starkem Wind abgeschaltet wird, um Schäden zu vermeiden.

Größere Windkraftanlagen sind rentabler, weswegen inzwischen der durchschnittliche Rotordurchmesser in Deutschland (Binnenland) 141 Meter, die durchschnittliche Nabenhöhe 136 m beträgt und die Nennleistung auf 4,788 MW gestiegen ist⁸. In 2023 gab es in Deutschland 28.677 Windkraftanlagen⁹.

2.3.1 Wirtschaftlichkeit der Windenergie

Laut dem Leiter des Stuttgarter Lehrstuhls für Windenergie, Po Wen Cheng, sind **Windkraftanlagen erst ab einer Auslastung von etwa 30 Prozent wirtschaftlich zu betreiben**.

Unter »Wirtschaftlichkeit« von Windkraftanlagen versteht man die Fähigkeit, über deren gesamte Lebensdauer hinweg Gewinne zu erzielen. Dabei spielen eine Vielzahl an Parametern eine Rolle, darunter die Anschaffungs-, Betriebs- und Wartungskosten, die Lebensdauer der Anlage, die Windverhältnisse am Standort sowie garantierte Einspeisevergütungen und Strompreise.

Die Neue Zürcher Zeitung hat 2022 die Auslastung von allen landgebundenen Windturbinen (»Onshore«) in Deutschland berechnet¹⁰, für die verwertbare Daten bei der Bundesnetzagentur zur Verfügung standen. Dazu wurde für den Zeitraum von 2011 bis einschließlich 2020 die durchschnittlich produzierte Strommenge anhand von Wetterdaten berechnet.

Das Ergebnis zeigte, dass nur 15 Prozent der Anlagen eine geschätzte Auslastung von mehr als 30 Prozent haben. Allerdings sind dabei noch keine lokalen Lärm- und Umweltvorschriften berücksichtigt, welche die Betriebszeiten und die Drehgeschwindigkeit beeinflussen. 85 Prozent aller Windkraftanlagen sind also derzeit nicht wirtschaftlich zu betreiben. Die meisten Windkrafträder lohnen sich für ihre Betreiber nur durch die staatliche Förderung¹¹.

Für die Betreiber ist es sinnvoll, auf immer größere Anlagen zu setzen. Die seit 2015 gebauten Anlagen weisen bei doppelter Turmhöhe eine Auslastung von 29 Prozent auf. Die kleineren Anlagen aus den Jahren vor dem Jahr 2000 liegen dagegen bei 21 Prozent.

Zusätzlich haben die Betreiber der Windkraftanlagen mit sinkenden Einspeisevergütungen zu kämpfen. Eine feste Vergütung gibt es nämlich nur für Anlagen unter 100 kWp¹², also eine Maximalleistung von 100 kW. Große Anlagen sind dagegen dem freien Markt – der Preissetzung an den Strombörsen – ausgesetzt. In diesem Buch gehen wir aus Vereinfachungsgründen nur auf Großanlagen auf dem Land (»Onshore«) ab 1 Megawatt Leistung und den aktuellen Förderstand ein. Für ältere Anlagen gelten noch andere Subventionsmechanismen.

Landgebundene Anlagen erhalten für die Einspeisung eine¹³ finanzielle Förderung, die in einem Gebotsverfahren ermittelt wird. Im August 2024 erhielten Förderanträge über 2.723.535 kW den Zuschlag, wobei die Ausschreibungsgewinner für die Einspeisung durchschnittlich 7,35 ct/kWh erhalten¹⁴. Allerdings erhalten die Betreiber nur eine sogenannte gleitende Marktprämie für ihre Einspeisung, das heißt, sie erhalten die Differenz zwischen Börsenstrompreis (Monatsmarktwert) und dem individuellen Zuschlagswert aus der Auktion erstattet¹⁵.

Erleichtert wird der Anlagenausbau durch Förderprogramme des Bundes und der Länder, beispielsweise für sogenannte Bürgerwindgesellschaften¹⁶.

Wie oben gezeigt, ist die Auslastung der Windkraftanlagen an den meisten Standorten unter der Rentabilitätsgrenze. Zwei weitere Probleme drücken die Betreiber, denn sie müssen bei einem Überangebot an den Strombörsen und bei Stromnetzüberlastung ihre Windräder abstellen. Das drückt die Rentabilität.

Die Tagesschau-Website berichtete im Januar 2023¹⁷:

*»[...] Denn bei Überkapazitäten in den Stromnetzen herrscht ebenfalls Stillstand auf den Windfarmen. Wenn es so viel Energie gibt, dass gar nicht alles eingespeist werden kann, stehen in der Regel die Windräder als erstes still. Denn diese lassen sich flexibler abstellen und wieder in Betrieb nehmen als beispielsweise ein Braunkohlekraftwerk. Viel Energie, die so verloren geht: **Nach Zahlen der Bundesnetzagentur konnten alleine in 2021 gut 5,8 Milliarden Kilowattstunden an Strom aus Windkraft nicht eingespeist werden. Das ist etwa ein Prozent des deutschen Gesamtstromverbrauchs.**«*

Ein von der Tagesschau-Redaktion befragter Paderborner Unternehmer mit 60 Windrädern gab zu Protokoll, dass an 20 Tagen im Jahr Minuspreise an den Strombörsen herrschen. Bis 2026 könnten es seiner Ansicht nach zwei Monate werden.

Bei der Analyse der für die Windenergie eintretenden Interessengruppen fällt besonders auf, dass der bekannte »Elefant im Raum« unerwähnt bleibt: Seit Jahrzehnten fördern Bundes- und Landesregierungen die Windkraft, ohne dabei ausreichende wirtschaftliche Überlegungen anzustellen; Milliarden an Geldern von Staat und Investoren werden für Betonspargel ausgegeben, die jedes Jahr wochenlang stillstehen.

Populistisch formuliert: Während die Politiker dem Bürger teure Maßnahmen zur Gebäudesanierung und Heizungsaustausch aufbürden, sowie die CO₂-Abgabe auf Energie nach oben jagen, **subventioniert der Staat Stromerzeuger, die mangels Wind nicht effizient sind und deren Strom niemand braucht.**

Auf der Website von Bündnis 90/Die Grünen heißt es beispielsweise in einem Artikel von 2022¹⁸:

Bis 2030 sollen rund 100 bis 110 Gigawatt Windkraft an Land erzeugt werden – doppelt so viel wie bisher. Auf dem Meer sollen, wie auch im Koalitionsvertrag vereinbart, fast viermal so viel Windenergie erzeugt werden, also 30 Gigawatt installierte Leistung. Die Ausbauraten sollen damit auf ein Niveau von 10 GW pro Jahr bei Windenergie an Land und 20 GW pro Jahr bei Solarenergie gesteigert werden.

Wesentliche Hemmnisse bei Wind an Land müssen mit gesonderten Gesetzen abgebaut werden, dazu soll im Sommer im Kabinett ein Windenergie-an-Land-Gesetz beschlossen werden.

Wie es sich gezeigt hat, konnte auch das erwähnte Windenergie-an-Land-Gesetz die von der Politik verursachten Probleme nicht beseitigen. Statt über Lösungen nachzudenken soll der Ausbau sogar noch forciert werden! Die Folgekosten dieses sinnlosen Aktivismus tragen Bürger und Industrie durch steigende Steuern und heruntergefahrte staatli-

che Leistungen. Im Kapitel 2.10 *Kritik an der Energiewende* zeigen wir, welche Probleme durch den massiven Ausbau der erneuerbaren Energie entstehen.

2.3.2 Ökobilanz erneuerbarer Energie

Eine Ökobilanz ist eine systematische Analyse der Umweltwirkungen eines Produkts oder Prozesses über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg, von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung.

Es gibt zahlreiche Studien zur Ökobilanz von Windkraft, Solar, Gas- und Braunkohle oder Kernenergie. Bei der Berechnung spielen eine Vielzahl von Faktoren eine Rolle, die unter anderem vom Standort der Energieerzeugung abhängen. Für Windkraftanlagen möchten wir diesbezüglich auf Kapitel 2.3.1 *Wirtschaftlichkeit der Windenergie* hinweisen.

Die 392 Seiten umfassende Studie »Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen«¹⁹ vom Umweltbundesamt listet mehr als ein dutzend Parameter auf, welche die Ökobilanz einer **Windkraftanlage** beeinflussen²⁰:

Die Herstellung der WEA [Windkraftanlage] hat über alle betrachteten Wirkungskategorien hinweg die mit Abstand größten Umweltwirkungen. Die Kategorie beinhaltet die Herstellung des Fundaments, des Turms, der Gondel, der Nabe, der Rotorblätter sowie die Transporte und den Herstellungsprozess der WEA-Komponenten (anfallende Energieverbräuche, Emissionen, Abwasser und Abfälle in den Produktionswerken). Verursacht wird der hohe Anteil an den Gesamtergebnissen hauptsächlich durch die Menge und die Herstellung der eingesetzten Materialien, wie Beton und Metalle (Stahl, Gusseisen, Edelstahl, Aluminium und Kupfer).

Dazu kommen noch die Herstellung der Kabel, der Bau von Umspannwerken, Aufbau und Rückbau, das spätere Recycling und vieles mehr.

Tabelle 114: GWP-Ergebnisse der WEA nach Standort		
GWP [g CO ₂ -Äq./kWh]	Ergebnis des Basisszenarios	Ergebnisbandbreiten
Offshore	7,3	5,4-11,8
Onshore (Starkwind)	7,9	6,1-11,2
Onshore (Schwachwind)	10,6	5,2-15,6

GWP²¹ (Global Warming Potential = Treibhauspotenzial) von Windkraftanlagen (WEA)²². Der Standort (Offshore = auf See; Onshore = auf Land) spielt eine große Rolle.

*

Wir sehen die Angaben der Studie, die bei Windkraftanlagen in einem simulierten Szenario einen CO2-Fußabdruck von 7,3 bis 10,6g pro kWh ermittelt, kritisch. Zum einen werden Ausfallzeiten aufgrund von Zwangsabschaltungen nicht berücksichtigt, die erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Zum anderen finden die Milliardenkosten für die im Bau befindlichen Stromtrassen vom windreichen Norden in den Süden keine Berücksichtigung.

sichtigung.

Auch bei PV-Anlagen ist die Nichtberücksichtigung von Zwangsabschaltungen in der Studie zu kritisieren. Für Strom aus dem sonnigeren Südeuropa müssen möglicherweise zusätzliche Stromtrassen errichtet werden, deren Kosten auf die Verbraucher umgelegt werden.

Ein weiteres Problem sind die bei Windflauten beziehungsweise Dunkelheit genutzten Gas- und Kohlekraftwerke, deren CO₂-Ausstoß mit keinem Wort in der Studie Erwähnung finden. Siehe dazu auch Kapitel 2.8 *Versorgungssicherheit*.

Tabelle 72: Ergebnisse des Treibhauspotenzials der PV-Stromerzeugung für untersuchte Szenarien (gerundete Werte)

PV-Technologie	Treibhauspotenzial PV-Strom für deutschen Anlagenstandort (1.200 kWh/(m²*a)) [g CO ₂ -Äq./kWh]	Treibhauspotenzial PV-Strom für südeuropäische Anlagenstandort (1.700 kWh/(m²*a)) [g CO ₂ -Äq./kWh]
Mono c-Si (18 %)*	(32) 43 – 63	(22) 30 - 44
Multi c-Si (16,8 %)*	(29) 36-47	(21) 25-33
CIGS* (14,6 %)**	24-33	17-23
CdTe (17 %)**	(16) 17 – 20	(11) 12 - 14

*Werte c-Si für Produktionen (EU-Szenario), CN, APAC, US.

**Werte CIGS für Produktionen in DE und CN-CQ

***Werte CdTe für Produktionen in MY und US (DE Szenario)

Das Treibhauspotenzial von Solaranlagen hängt von der genutzten Technologie und der Sonneneinstrahlung ab²³. Die Angaben erfolgen als »CO₂-Äq./kWh« (vereinfacht formuliert: »CO₂-Ausstoß in Gramm pro Kilowattstunde«)

*

Eine Ausarbeitung des wissenschaftlichen Dienstes für den Bundestag von 2007 gibt für die Kernenergie in Deutschland ein CO₂-Äq./kWh von 32g an. Frankreich lag sogar nur bei 8g, was auf die Verwendung von Atomstrom für die Urananreicherung und Brennstabproduktion zurückzuführen ist²⁴.

2.3.3 Naturschutz und Windenergie

Für die Politik hat der Ausbau der Windkraft höchste Priorität, steht aber im Widerspruch zum Naturschutz und den Bedürfnissen der Bevölkerung, die Windräder vor ihrer Tür ablehnt.

Mit dem **Wind-an-Land-Gesetz**²⁵, das 2023 in Kraft getreten ist, müssen zwei Prozent der Bundesfläche für Windkraft nutzbar gemacht werden. Dabei opfert die Bundesregierung ganz brutal sogar den Naturschutz:

Das Gesetz stellt klar, dass der Betrieb von Windenergieanlagen im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient. Landschaftsschutzgebiete können in die Suche nach Flächen für den Windenergieausbau einbezogen werden.

Die Alternativenprüfung und die artenschutzrechtliche Ausnahmeprüfung werden vereinfacht. Für das Repowering von Windenergieanlagen an Land werden artenschutzbezogene Vorgaben in das Bundesnaturschutzgesetz übernommen und dort weiter präzisiert²⁶.

Für die Bevölkerung – die man nicht nach ihrer Meinung gefragt hat – hat diese Politik deutliche Auswirkungen²⁷:

*Das Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land verpflichtet die Bundesländer bis Ende des Jahres 2032, **einen Anteil von 1,8 bis 2,2 Prozent ihrer Landesfläche für den Ausbau der Windenergie zur Verfügung zu stellen.** Die Stadtstaaten müssen 0,5 Prozent ihrer Landesflächen ausweisen. Die Verteilung berücksichtigt unterschiedliche Voraussetzungen der Bundesländer. Das Gesetz sieht ein Zwischenziel von 1,4 Prozent für Ende 2026 vor.*

Auch in Wäldern dürfen nun Windräder entstehen. In NRW weisen beispielsweise die Bezirksregierungen die Windenergiegebiete in Regionalplänen aus, an die sich die betroffenen Kommunen halten müssen²⁸.

Interessant ist, dass es kaum Widerspruch von Seiten der Naturschutzverbände oder von Aktivisten wie Robin Wood oder Greenpeace gibt. Die Stellungnahme »Windkraft im Wald – ein Dilemma?« von Greenpeace kommt unserer Ansicht nach ziemlich wachswendig daher, wenn man bedenkt, wie heftig deren Proteste beispielsweise gegen die Teilrodung des Dannenröder Forst waren²⁹:

»Wir brauchen erneuerbare Energien – aber der Bau von Windrädern in geschützten und ökologisch wertvollen Wäldern ist nicht akzeptabel und für den Klima- und Artenschutz absolut kontraproduktiv. Nur in Einzelfällen sollten Gemeinden prüfen, ob sie Windkraftanlagen in Nadelholz-Plantagen aufstellen.«³⁰

Auf der Website der »Waldschützer« Robin Wood e.V. fanden wir zum Thema »Energie«³¹ unter anderem Artikel über Biomasseanlagen oder Holzenergie, aber keine einzige Stellungnahme zur Windkraftnutzung in Wäldern. Der Verein veröffentlicht witziger Weise aber regelmäßig ein Ranking von Ökostromanbietern³², die auch Windkraft einsetzen.

Der Bundesverband Windenergie äußert sich zum Thema »Windenergie im Forst« natürlich äußerst vorsichtig³³:

»Für die Nutzung von Windenergieanlagen in Wäldern spricht: Die Windenergie in Deutschland sparte zuletzt 94,9 Millionen Tonnen Treibhausgase ein, die andernfalls auf den Wald einwirken würden. Besonders nachhaltig wird die Windenergienutzung in Wäldern, wenn dafür Kahlfällungen genutzt werden, die aufgrund von Sturmereignissen oder Schädlingsbefall vollständig oder größtenteils baumfrei geworden sind.«

Marketingfloskeln, die davon ablenken sollen, dass Windräder selbstverständlich in Wäldern errichtet werden, sobald dies rechtlich möglich ist.

Fazit: Die Stellungnahmen der Umweltaktivisten und des Bundesverbands Windenergie verdeutlichen den durch die Politik verursachten Interessenkonflikt zwischen der Förderung von Ökostrom und dem Naturschutz

*

Windräder stellen für Vögel und Fledermäuse sowie Fluginsekten eine Gefahr dar. Es gibt dazu nur wenige Studien, die darüber hinaus auch nur eine geringe Aussagekraft haben³⁴.

Aktuell läuft das Forschungsvorhaben NatForWINSSENT II³⁵ des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg. Das aufwendige Projekt untersucht unter anderem technischen Vermeidungssysteme, die auf einer Detektion von Vögeln basieren, misst auf akustischen Wege Fledermausaktivitäten und erfasst automatisch Schlagopfer (Fledermäuse und Vögel). Über eine »Fotofalle« werden

auch Insekten erfasst³⁶. Bisher wurde allerdings nur der Zusammenhang zwischen Insektenauftreten und Fledermäusen untersucht.

Für großen Wirbel sorgte 2018 eine DLR-Untersuchung zu Wechselwirkungen von Fluginsekten und Windparks durch Dr. Franz Trieb³⁷. Anhand von Modellrechnungen kam die Studie zum Schluss, dass 1.200 Milliarden Insekten jedes Jahr an Rotorblättern ihr Ende finden.

Übrigens sah sich das DLR kurze Zeit später dazu veranlasst, die Ergebnisse der Studie klarzustellen (und vielleicht ein wenig zurückzurudern?)³⁸. So gäbe die Modellrechnung nur Hinweise auf die Größenordnung der betroffenen Fluginsekten, es sei aber nicht möglich, damit die Auswirkungen auf die Gesamtpopulation an migrierenden Fluginsekten zu bestimmen, weil man diese nicht kenne.

Es ist also noch einiges an Forschung nötig, bis klar ist, ob Windkraft tatsächlich die Population der Fluginsekten, Vögel oder Fledermäusen gefährdet. Zumindest bei den Fluginsekten löst sich das Problem vielleicht sogar von selbst, weil die Windräder immer höher werden und Fluginsekten dadurch nicht mehr mit den Rotorblättern in Kontakt geraten können.

Man muss die Anzahl der durch Windräder getöteten Vögel und Insekten allerdings in Relation setzen zu den Kollisionen an Autoscheiben, die millionenfach häufiger sind.

~*~

Eine 2004 veröffentlichte Studie des Michael-Otto-Instituts im NABU (Naturschutzbund Deutschland) zeigt keine erheblichen negativen Auswirkungen auf Brutvögel³⁹:

*Die Nutzung von Windkraft kann sich auf Vögel und Fledermäuse durch Störungen und durch Erhöhung der Mortalität auswirken. Obwohl in der Fachwelt weitgehend Konsens besteht, dass Windkraftanlagen (WKA) zu negativen Beeinträchtigungen führen können, konnten in Bezug auf die Brutvogelbestände **kein statistisch signifikanter Nachweis von erheblichen negativen Auswirkungen der Windkraftnutzung auf die Bestände von Brutvögeln** erbracht werden. [...]*

Bezüglich der rastenden Vögel waren die Auswirkungen von WKA deutlich gravierender. WKA übten jeweils signifikante negative Einflüsse auf die lokalen Rastbestände von Gänsen, Pfeifenten, Goldregenpfeifern und Kiebitzen aus.

Die Studienautoren weisen allerdings auf erheblichen Forschungsbedarf hin, da beispielsweise Daten für Kollisionsraten von Vögeln und Fledermäusen an Windkraftanlagen fehlen.

2.3.3.a Havarien durch Windräder

Ein Windrad ist im Laufe seiner mindestens 20-jährigen Betriebszeit enormen Kräften ausgesetzt. Auch Echtzeitüberwachung aller Betriebsparameter und regelmäßige Vorortüberprüfungen durch das Wartungspersonal können nicht verhindern, dass jedes Jahr einige Windräder spektakulär abbrennen oder ihre Rotorblätter verlieren.

Wolfram Axthelm vom Bundesverband Windenergie schätzt, dass jedes Jahr 5 bis 10 Brände auftreten. Das liege angesichts des gesamten Anlagenparks im Promillebereich⁴⁰. Eine genaue Statistik gäbe es aber nicht. Nach Berechnungen des TÜV-Verbands kommt es zu rund 50 gravierenden Schäden an Windenergieanlagen pro Jahr⁴¹.

Weil kein Leiterwagen die mehr als 100 Meter hohen Windradgondeln erreichen kann, bleibt der Feuerwehr in der Regel nichts anders übrig, als die Brandstelle weiträumig abzusperren. Es gibt zwar auch Windräder mit Selbstlöschanlage, diese sind aktuell aber

nur in Waldnähe vorgeschrieben. Als Hauptursache für Brände gelten Blitzeinschläge.

Nach einem Brand beziehungsweise bei Verlust der Rotorblätter muss der Boden rund um das Windrad weiträumig abgetragen und einer Sondermülldeponie zugeführt werden. Grund sind die verbauten Carbon- oder Glasfaserbestandteile, welche sich nicht abbauen und für Tiere, welche die Fasern mit der Nahrung aufnehmen, schädlich sind.



Montage des Antriebsstrangs einer Windkraftanlage. Quelle: Paul Anderson, CC BY-SA 2.0⁴²

~*~

Obwohl Brände bei Windrädern äußerst selten sind, treten Umweltschäden durch Öllecks möglicherweise häufiger auf. Schmieröl kann aus dem Motorgehäuse ins Innere der Gondel austreten und durch den Spalt zwischen Gondel und Turm entweichen. Der Wind könnte das Öl anschließend weiträumig verteilen⁴³. Eine Statistik der Vorfälle und der damit verbundenen Umweltgefährdung gibt es aber nicht.

2.3.3.b Recycling

Bereits heute sind etwa 90 Prozent eines Windrads, bezogen auf die Gesamtmasse, wiederverwertbar. Das gilt aber nicht für die Rotorblätter, die aus Carbonfasern (CFK) oder Glasfasern (GFK) bestehen und seit 2005 nicht mehr auf Deponien entsorgt werden dürfen.

Hinzu kommt auch die Größe der Rotorblätter von 45 Meter und das Gewicht von 9 bis 12 Tonnen. Weil Schwertransporte extrem teuer sind, bleibt nur die Zerteilung vor Ort, was aber recht aufwendig ist, denn Carbon- und Glasfasern verhalten sich wie Asbestfasern und dürfen nicht in der Umwelt freigesetzt werden.

Für die Windkraftbranche birgt das Recycling ein großes Imageproblem. Das Bundesumweltamt schreibt auf seiner Website⁴⁴:

Mit dem Ende der Lebensdauer von vielen Windenergieanlagen in den nächsten beiden Jahrzehnten werden auch viele Faserverbundwerkstoffe anfallen, für deren Verwertung es noch keine eindeutigen Vorgaben gibt. In diesem Jahrzehnt ist mit einem Abfallaufkommen von jährlich bis zu 20.000 Tonnen Rotorblattmaterial zu rechnen, für die 2030er-Jahre werden bis zu 50.000 Tonnen pro Jahr vorhergesagt.

Zur Wiederverwertung führt die Behörde im September 2022⁴⁵ einige Verfahren auf, wie sich die Fasern trennen und wiederverwerten lassen. Offenbar gelingt das besser bei Carbon- als bei Glasfasermaterial. Uns fällt dabei auf, dass keine konkreten Projekte aufgeführt werden. Zum Schluss heißt es lapidar:

*In der aktuellen Praxis werden Abfälle glasfaserverstärkter Kunststoffe einer **Mitverwertung** in Zementwerken oder der Hausmüllverwertung zugeführt. Die Verwertung genügt unter gewissen Voraussetzungen den Anforderungen, doch könnte sie höherwertig im Sinne der Abfallhierarchie sein.*

Was das Umweltbundesamt euphemistisch als »Mitverwertung« bezeichnet, ist tatsächlich eine »stofflich-energetische Verwertung«: In der Praxis verbrennt das Glasfasergemisch (GFK) bei der Zementherstellung und die Rückstände in Form von Silikat beziehungsweise Glas dienen als Ersatz für den sonst zugesetzten Rohsand⁴⁶.

Das Recycling von Carbonfasern ist dagegen wesentlich aufwendiger: Eine mechanische Separierung der Fasern macht keinen Sinn, weil die damit verbundene Faserverkürzung einer Wiederverwertung im Wege steht. Im Industriemaßstab können die Fasern daher nur mit Pyrolyse-Technik (thermochemischer Prozess mit hohen Temperaturen) von Reststoffen befreit und wiederverwendet werden⁴⁷.

Übrigens konnten wir keine Zahlen zum Recycling in Erfahrung bringen: Unklar ist, wie viele Tonnen an CFK-basierten Rotorblättern derzeit in Zwischenlagern⁴⁸ liegen, ins Ausland exportiert oder tatsächlich wiederverwertet werden.

2.4 Solarenergie

Solarzellen erzeugen über den photovoltaischen Effekt Strom. Der Wirkungsgrad⁴⁹ (Verhältnis zwischen der erzeugten elektrischen Leistung und der Leistung der einfallenden Strahlung) beträgt je nach Herstellungsverfahren bis zu ca. 25 Prozent.

Moderne PV-Anlagen (Photovoltaikanlagen) bestehen aus dutzenden bis hunderten von Paneelen, die mit in Reihe geschaltet, mit einem Wechselrichter verbunden sind, der aus dem erzeugten Gleichstrom Wechselstrom erzeugt.

Die Paneelpreise sind stark gesunken, sodass sich auch immer mehr Privathaushalte PV-Anlagen aufs Dach oder am Balkon montieren. Dabei muss man zwischen den nicht genehmigungspflichtigen »Balkonkraftwerken« für die Selbstversorgung mit maximal 800 Watt Leistung und leistungsfähigeren Anlagen mit teilweise hunderten KW unterscheiden. In diesem Buch gehen wir nur auf die größeren PV-Anlagen ein.

In der Regel garantieren die Hersteller eine Betriebszeit von 20-25 Jahren, aber in der Praxis sind auch Nutzungsdauern von 40 Jahren anzutreffen. Der Austausch gegen neue PV-Paneele hängt von der sogenannten Degeneration, also dem Leistungsverlust ab, der zwischen 0,5 bis 1 Prozent pro Jahr beträgt⁵⁰.

Für PV-Anlagen spricht, dass sie während ihrer Betriebszeit ein Vielfaches der Energie, die zu ihrer Herstellung ursprünglich aufgewandt wurde, erzeugen⁵¹. Zudem liegt die bei der Herstellung aufgewandte Energie und Schadstoffemission um den Faktor 10 unter der von Kohlekraftwerken⁵².

Im Vergleich zu Windkraftanlagen, die teilweise nicht wiederverwertbare Materialien in

den Flügeln enthalten, existiert für Solarzellen ein funktionierendes Recycling: Hersteller und Importeure sind verpflichtet, alle Module zurückzunehmen und der Verwertung zuzuführen.

—*—

Die Bundesregierung, einige Landesregierungen und Kommunen fördern direkt und indirekt die Errichtung von PV-Anlagen. Beispielsweise gibt es vergünstigte Darlehen von der KfW⁵³ und Komponenten der PV-Anlagen sind von der Mehrwertsteuer befreit⁵⁴. Zusätzlich erhält man abhängig von Anlagengröße und Einspeisung eine Vergütung⁵⁵.

Allerdings führt der Solarboom zu riesigen Problemen⁵⁶:

- Viele PV-Anlagen können nicht installiert werden, weil die Energieversorger den Anschluss ablehnen. Grund sind überlastete Netze.
- Häufig müssen Anlagenbetreiber aufgrund von Netzüberlastung zeitweise die Einspeisung einstellen.
- Anlagenbetreiber können bei der Errichtung zwischen Volleinspeisung mit höherer Vergütung oder Teileinspeisung wählen. Kommt es zu einer Netzabschaltung, dürfen Volleinspeiser aber nicht ihren eigenen Strom nutzen, sondern müssen Netzstrom teuer zukaufen.
- Wie Windlagen tragen Solarparks zur abstrusen Situation negativer Preise an den Strombörsen bei. Siehe dazu Kapitel 2.3.1 *Wirtschaftlichkeit der Windenergie*.
- Die staatlich garantierte Einspeisevergütung belastet den Steuerzahler stark. Allein im Jahr 2024 wird der Zuschuss rund 20 Milliarden Euro betragen, und es ist absehbar, dass dieser Betrag in den kommenden Jahren weiter steigen wird.

2.5 Kernenergie

Je nach politischer Ausrichtung wird in Diskussionen entweder der eher negativ konnotierte Begriff »Atomkraftwerk« oder das neutralere »Kernkraftwerk« verwendet. In diesem Buch nutzen wir beide Begriffe wertungsfrei, wobei »Kernkraftwerk« der offiziell normierte Begriff ist⁵⁷.

Kernkraftwerke nutzen die bei der Kernspaltung entstehende Wärme für die Erzeugung von Wasserdampf, der wiederum Dampfturbinen für die Stromerzeugung antreibt. Problematisch am Betrieb ist, dass die Kernspaltung nur streng kontrolliert ablaufen darf, weshalb Kernkraftwerke wegen der nötigen Sicherheitsmaßnahmen im Bau sehr teuer sind.

Diverse Mechanismen sollen für einen sicheren Betrieb sorgen, aber es kommt trotzdem immer wieder zu Störfällen, die dann weltweit zu öffentlichen Diskussionen über die Reaktorsicherheit sorgen. Dazu zählen besonders Tschernobyl (1986)⁵⁸ in der heutigen Ukraine und Fukushima (2011) in Japan.

Seit den 1970er Jahren wurde die Kernkraft in Deutschland immer kritischer gesehen – vielleicht erinnern Sie sich noch an die Berichte über die Großdemonstrationen gegen das Atomzwischenlager in Brokdorf in den Jahren 1981 und 1986⁵⁹. Aufgrund der gekippten Stimmung in der Bevölkerung ging das letzte neugebaute Kernkraftwerk 1989 ans Netz. Weitere Bauprojekte wurden eingestellt. Danach verlagerte sich die Diskussion hierzulande auf die Wiederaufbereitung, sowie Zwischen- und Endlagerung der verbrauchten Brennstoffe.

2002 wurde von einer rot-grünen Bundesregierung das Aus für die Kernkraft⁶⁰ beschlossen, 2011 gab es unter der CDU/CSU-FDP-Regierung eine Laufzeitverlängerung für einige Kernkraftwerke. Die letzten drei Standorte wurden 2023 vom Netz genommen.

Nach dem Ausstieg ist das »Bundesamt für Sicherheit in der nuklearen Entsorgung« für den Abbau der Kernkraftwerke zuständig. Die Website der Behörde listet übrigens auch alle Störfälle der vergangenen Jahrzehnte auf⁶¹.

Es gibt unserer Ansicht nach kaum ein Thema, dass in der Bundesrepublik so umstritten war und ist wie die Kernkraft. Die 1980 gegründete Partei »Die Grünen«, welche seit Jahrzehnten eine entscheidende Rolle in der Landes- und Bundespolitik spielt, verdankt ihren Aufstieg teilweise der Anti-Atomkraft-Bewegung⁶².

Wie widersinnig die deutsche Politik zur Zeit agiert, zeigt die geplante Laufzeitverlängerung⁶³ eines Kernreaktors in Schweden von 60 auf 80 Jahre. Miteigentümer ist das dem Bund gehörende Unternehmen Uniper, das zudem an zwei weiteren Kernkraftwerken in Schweden beteiligt ist⁶⁴. Wo sind die Stilllegungspläne für diese »gefährlichen« Reaktoren, Herr Habeck?

Übrigens hat sich im Laufe der Zeit der Wind zugunsten der Kernenergie gedreht. Bei einer Umfrage der ARD sprach sich im April 2023 – kurz vor der Stilllegung der letzten drei Atommeiler – die Mehrheit für den Weiterbetrieb⁶⁵ aus. Eine repräsentative Forsa-Umfrage im April 2024 ergab, dass 58 Prozent der Deutschen die Atomkraft befürworten, 39 Prozent dagegen sind und 3 Prozent keine Meinung dazu haben⁶⁶.

Startseite › Themen › Nukleare Sicherheit › Atomausstieg

Überblick: Nukleare Sicherheit

Atomausstieg

Aufgaben nach Atomausstieg

AKW-Abschaltung

Nutzung der Kernenergie

Außerbetriebnahme / Stilllegung

Sicherheit

Störfallmeldestelle

Nukleare Unfälle

Der Atomausstieg in Deutschland

Der Bundestags-Beschluss am 30. Juni 2011 legte die Grundlage für die neue Endlagersuche

Abschaltung nach befristeten Streckbetrieb

Der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine sorgte in Deutschland für eine neue Debatte über die Energieversorgung und eine mögliche Verlängerung der Laufzeiten der letzten drei Atomkraftwerke. Der Bundestag hat am 11.11.2022 die Änderung des Atomgesetzes beschlossen: Demnach konnten die drei Atomkraftwerke **Isar 2, Neckarwestheim 2 und Emsland** in einem befristeten Streckbetrieb noch bis zum 15. April 2023 weiterbetrieben werden und sind dann abgeschaltet worden. Hier die wichtigsten **Fragen und Antworten zur Debatte um die Laufzeitverlängerung**, die zu dem befristeten Streckbetrieb geführt hat.

DER DEUTSCHE VOLK

Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Versorgung informiert auf seinen Webseiten über die Gründe und den Zeitablauf des Atomausstiegs⁶⁷.

2.5.1 Lohnt sich Kernenergie?

Kosten- und Nutzen, sowie Gefahren der Kernkraft sind teilweise sogar innerhalb Parteigrenzen umstritten. Veröffentlichungen von Landes- oder Bundesbehörden, sowie Forschungseinrichtungen sollte man aufgrund politischer Abhängigkeiten immer hinterfragend lesen.

Eine Wikipedia-Seite zur Kernenergie führt zahlreiche Studien auf⁶⁸, die fast allesamt die Kosten und Risiken der Kerntechnik als sehr hoch einschätzen. Da jeder auf Wikipedia Artikel bearbeiten und ergänzen kann, sollten alle Angaben stets auf ihren Wahrheitsgehalt überprüft werden. Dasselbe gilt für »unabhängige« Studien von Forschungsinstituten, die im Auftrag politischer Gruppierungen wie Greenpeace oder Parteien erstellt werden.

Bei der **Kostenbetrachtung der Kernkraft** muss berücksichtigt werden, dass politische Entscheidungen in den letzten 20 Jahren erhebliche Auswirkungen hatten. Die verkürzten Laufzeiten, die finanziell gegenüber den Betreibern ausgeglichen werden mussten, sowie die durch politische Verzögerungen beeinflusste Endlagersuche führten zu einem deutlichen Anstieg der Kosten. Atomkraftgegner verweisen oft auf die gestiegenen Kosten, obwohl diese überwiegend durch politische Entscheidungen verursacht wurden...

Der ehemalige Grünen-Politiker Jürgen Trittin hat in einem Interview 2022 zugegeben:

»Uns war klar, dass wir Atomkraft nicht nur über Protest auf der Straße verhindern können. Daraufhin haben wir in den Regierungen in Niedersachsen und später in Hessen versucht, Atomkraftwerke unrentabel zu machen, indem man die Sicherheitsanforderungen hochschraubt.«⁶⁹

Somit trieb der Staat mit immer neuen Auflagen die Kraftwerksbetreiber in die Unprofitabilität.

2002 – also in zeitlicher Nähe zum Ausstiegsbeschluss – stellte der CDU/CSU-Abgeordnete Dr. Paul Laufs⁷⁰ die folgende Anfrage an die rot-grüne Bundesregierung:

»Wie viele Kilowattstunden (kWh) elektrischen Stroms sind bisher in Deutschland in Leichtwasserreaktoren erzeugt und in öffentliche Netze eingespeist worden, und wie hoch waren die durchschnittlichen direkten und indirekten Subventionen je kWh aus öffentlichen Haushalten?«

Antwort eines Parlamentarischen Staatssekretärs:

*»In Deutschland sind bisher in Leichtwasserreaktoren ca. 3225 Mrd. kWh erzeugt und in öffentliche Netze eingespeist worden. **Subventionen für die kommerzielle Stromerzeugung aus Kernenergie gab es nicht.** Allerdings wurde die Forschung auf dem Gebiet der Kernenergie durch öffentliche Mittel unterstützt.«*

2.5.1.a Das Kemfert-Gutachten

Claudia Kemfert ist eine Schlüsselfigur im Einsatz für die Energiewende, die aufgrund ihrer Positionen hierzu wiederholt heftigster Kritik ausgesetzt war^{71 72}. Kemfert ist Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr und Umwelt am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) sowie Professorin an der Leuphana Universität Lüneburg⁷³.

Frau Kemfert hat aufgrund ihrer zahlreichen Interviews, wissenschaftlichen Studien⁷⁴ und des seit 2021 beim MDR angesiedelten Klima-Podcasts^{75 76} größere Bekanntheit erreicht.

Exemplarisch für ein Gefälligkeitsgutachten ist die im März 2023 von Claudia Kemfert zusammen mit weiteren Forschern veröffentlichte Studie »Ökonomische Aspekte der Atomkraft«⁷⁷. Diese wurde von der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen in Auftrag gegeben. Zu diesem Zeitpunkt waren nur noch die Kernreaktoren Isar 2, Emsland A und Neckarwestheim 2 aktiv, um deren Weiterbetrieb sehr heftig gerungen wurde. Die »Grünen« benötigten also dringend Argumente, welche ihnen das Gutachten lieferte.

Im letzten Absatz des Gutachtens heißt es im Fazit:

Eine Gesamtbewertung des Systems Atomkraft ergibt heute dasselbe Ergebnis wie auch in den letzten Jahrzehnten: Selbst bei Vernachlässigung externer Kostenfaktoren wie Umwelteinflüsse, Sicherheits- und Proliferationsrisiken ist der Bau und der Betrieb von Kernkraftwerken nicht ökonomisch, und es gab und gibt kostengünstigere Alternativen.

Der Physiker **Ulrich Waas**, Ex-Mitglied der Reaktorsicherheitskommission und jahrzehntelang Mitarbeiter eines Kraftwerkherstellers, widerspricht in der Neuen Zürcher Zeitung⁷⁸:

Die Erzeugungskosten liegen bei den deutschen Kraftwerken bei 2 bis 3 Cent pro Kilowattstunde«, sagt er. »Darin sind alle Kosten vom Personal über die Brennstoffkosten bis hin zu den Entsorgungskosten enthalten. Bei Strom aus Wind- oder Solaranlagen liegen die garantierten Einspeisevergütungen hingegen zwischen 8 und 10 Cent, teilweise sogar noch höher.

Während Kernkraftwerke im Vergleich zur Windparks gleicher Nennleistung beim Bau höhere Kosten verursachen, hätten sie aber eine höhere Verfügbarkeit und könnten 60 bis 80 Jahre betrieben werden. Windräder und Solaranlagen seien dagegen nur auf 20 bis 25 Jahre Betriebszeit angelegt.

Ulrich Waas wundert sich über die in der Studie aufgeführten Beispiele für Kostenüberschreitungen beim Kraftwerksbau – der erwähnte finnische Reaktor wurde beispielsweise 10 Jahre später als geplant fertig und kostete 11 statt 3 Milliarden Euro. Die Gründe lagen allerdings im schlechten Projektmanagement.

Bei den deutschen Reaktoren lief es damals aber anders:

Hier gelang es nicht nur den Zeitplan bei der Konstruktion einzuhalten, es gelang sogar, den ursprünglichen Kostenrahmen mit damals 3 Milliarden D-Mark geringfügig zu unterschreiten. Die Betreiber konnten deshalb außerordentlich viel Geld verdienen.

Darüber allerdings ist nichts in Kemferts Studie zu lesen. Ulrich Waas zweifelt daher an der wissenschaftlichen Neutralität der Studie:

Für die Studie wurden selektiv weltweit ungünstige Beispiele herausgepickt und ohne irgendeine Begründung nahelegt, dass sie auf die Kernkraft in Deutschland übertragbar seien.« Von einer wissenschaftlichen Studie möchte Waas deshalb gar nicht sprechen, sondern nennt Kemferts Papier ein »Musterbeispiel aus der Agitprop-Küche«.

2.5.1.b Untersuchungsausschuss zur Ausstiegsentscheidung

Das Cicero-Magazin konnte im Februar 2024 erfolgreich die vom Wirtschaftsministerium unter Verschluss gehaltenen Akten zum Atomausstieg »freiklagen«⁷⁹. Darin dokumentierte Vorgänge haben die CDU-Opposition zur Beantragung eines parlamentarischen Untersuchungsausschusses veranlasst. Ab 2025 soll sich dieser mit der Frage beschäftigen, ob und wie Grünen-Politiker die deutsche Öffentlichkeit getäuscht haben könnten, um den Atomausstieg durchzuziehen. Hintergrund sind Vorwürfe, dass nicht wirtschaftliche, sondern ideologische Gründe hinter der Ausstiegsentscheidung standen⁸⁰.

Im Antrag zum Untersuchungsausschuss rekonstruiert die CDU-Opposition den zeitlichen Ablauf des Beschlusses zum Ausstieg⁸¹:

Der russische Angriff auf die Ukraine am 24. Februar 2022 und die Folgen dieses Kriegs führten zu einer Energiekrise.

[...] Auch infolge der hohen Energiepreise, die ihren Höhepunkt im Spätsommer 2022 erreichten, erlebte Deutschland mit über sieben Prozent die höchste Inflation seit 40 Jahren. Die Bundesregierung erkannte, dass „der völkerrechtswidrige Angriff auf die Ukraine die angespannte Lage auf den Energiemärkten verschärft hat“.

Obwohl Fachleute des Bundesumweltministeriums am 3. März 2022 aufzeigten, unter welchen Umständen ein Weiterbetrieb möglich wäre, kam der Leiter des Ministeriums zum Ergebnis, dass dies sicherheitstechnisch über den Dezember 2022 nicht vertretbar wäre. Am 7. März 2022 veröffentlichten das Umwelt- und Wirtschaftsministerium einen gemeinsamen »Prüfvermerk«, in denen der Weiterbetrieb abgelehnt wurde, unter anderem aus Gründen der nuklearen Sicherheit.

Im September 2022 sprachen sich Experten, unter anderem vom Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und vom ifo-Institut⁸², für den Weiterbetrieb der Kernkraftwerke zur Verringerung der Strompreise aus. Bundeskanzler Scholz setzte schließlich den Weiterbetrieb bis April 2023 durch.

Im Antrag zum Untersuchungsausschuss heißt es:

Aus der bisherigen Aktenlage ist nicht erkennbar, dass zu den vorgenannten Fragen ein strukturierter Erörterungs- und Meinungsbildungsprozess mit den Ländern, der bei der im föderalen Gefüge eng verzahnten Wahrnehmung der Atomaufsicht unabdingbar ist, stattfand. Es ist ferner nicht klar, zu welcher Zeit, in welchem Stadium und in welchem Umfang die Reaktorsicherheitskommission (RSK) und die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) eingebunden waren. Ein Austausch mit anderen EU-Mitgliedstaaten und Nachbarstaaten sowie Institutionen der EU ist offensichtlich ebenfalls nicht erfolgt.

Brisant ist die Mail einer Referentin vom 1. März 2022⁸³, mit der Formulierung »Kern unseres Vermerks muss eine energiewirtschaftliche (...) Bewertung des Weiterlaufens der AKW sein«. Patrick (Graichen) bitte »insbesondere darum, **darzustellen**, wie wir auch ohne die drei in Rede stehenden Atomkraftwerke die Versorgungssicherheit sichern können«. Das »darzustellen« kann auch als Vorgabe interpretiert werden. Allerdings ist unklar, ob Graichens Dienstherr und engster Vertrauter Habeck von der Mail wusste.

2.5.2 Risiken der Kernkraft und der alternativen Energien

Es steht außer Frage, dass im Falle eines schweren Unfalls in einem Kernkraftwerk, einem sogenannten Super-GAU, ganze Regionen betroffen wären. In Deutschland gab es in den letzten Jahrzehnten dutzende Vorfälle die eine eigene Wikipedia-Seite auflistet⁸⁴. Dies soll keine Beschwichtigung sein, aber abgesehen davon, dass in der Bundesrepublik bislang kein Störfall die Bevölkerung ernsthaft gefährdet hat, müssen auch weitere Faktoren beim Thema »Sicherheit« berücksichtigt werden, die nur indirekt mit der Kernkraft zusammenhängen. Darauf gehen wir als Nächstes ein.

Kernkraft ist eine sehr zuverlässige Energiequelle, wenn man sie mit der wetterabhängigen Wind- und Solarenergie vergleicht. Auch die Sicherheit der abgeschotteten Steuerungssysteme ist sehr hoch, im Gegensatz zu den »alternativen« Energien, die auf eine Internetanbindung setzen.

So fielen mit dem Beginn des russischen Angriffskriegs 5.800 Windkraftanlagen des Herstellers Enercon aus, weil russische Hacker die verbauten Satelliten-Modems manipuliert hatten⁸⁵. Zwar liefen die Windkraftanlagen weiterhin und erzeugen Strom, jedoch waren sie aus der Ferne nicht mehr für Überwachung und Steuerung erreichbar.

Auf die lausige Sicherheit der am Internet angebundenen Solaranlagen machen seit Jahren Sicherheitsforscher aufmerksam^{86 87}. Der niederländische Unternehmer Bert Hubert hat sich mit dem Thema intensiv befasst und schreibt im August 2024 zusammenfassend:

Die meisten Solarzellen von privaten und gewerblichen Nutzern werden zentral von einigen wenigen Unternehmen verwaltet, die größtenteils aus Ländern außerhalb Europas stammen. Allein in den Niederlanden erzeugen diese Solaranlagen eine Stromleistung, die mindestens 25 mittelgroßen Kernkraftwerken entspricht. In Europa gibt es kaum Regelungen oder Gesetze für diese zentralen Betreiber. Es ist, als würden wir so tun, als ob diese Unternehmen nur die Art von Regulierung verdienen, die wir beispielsweise auf einen Online-Geburtstagskalender anwenden würden.

[...] Wir sind heute verwundbarer denn je, da in einem Land wie den Niederlanden derzeit 15 GW Strom von weit entfernten Orten aus gesteuert wird, und wir wissen nicht einmal genau, von wem. Diese Akteure unterliegen so gut wie keinen Gesetzen oder Vorschriften. Übrigens gilt das Gleiche auch für Wärmepumpen, Heimbatterien und Ladestationen für Elektrofahrzeuge.

~*~

Dr. Rainer Moormann⁸⁸, Sicherheitsexperte für Nuklearanlagen, reagierte im September 2024 auf X auf einen Kommentar, der Atomstrom als gefährlicher im Vergleich zu Ökostrom einstufte⁸⁹:

Verstehe ich nicht. Letztlich kommt es auf das Risiko an. Und der Schaden ist bei einem langandauernden Blackout sehr viel größer als bei einem Super-GAU. Die Wahrscheinlichkeit eines Blackout wird durch unzuverlässige EE [erneuerbare Energien] natürlich größer, sie benötigen deshalb ständige Hilfe durch Fossil. Also viel mehr Quellen für Fehler.

Dass großflächige Kontamination ein Spezifikum von Supergau ist, stimmt. Aber siehe Erfahrung mit Fukushima und Tschernobyl, nach relativ kurzer Zeit größtenteils vorbei. Natürlich wird das in die Schadensbilanz einbezogen.

Nach Einschätzung von Dr. Moormann wird ein Blackout nach drei Tagen katastrophal, da Mangel und eine größere Zahl von Toten auftreten. Ab einer Woche käme es zur Katastrophe und Verteilungskämpfe, Plünderungen usw. wären dann kaum zu vermeiden.

~*~

Das Nachrichtenmagazin Forbes schrieb im April 2023⁹⁰:

*Die Entscheidung Deutschlands, aus der Kernenergie auszusteigen, scheint im Widerspruch zu der Verpflichtung des Landes zu stehen, die Kohlenstoffemissionen zu reduzieren. Studien haben gezeigt, dass der Ausstieg aus der Kernenergie zu einer stärkeren Abhängigkeit von der Kohle führen kann, die eine Gefahr für die öffentliche Gesundheit darstellt. Partikelemissionen aus der Kohle werden mit Gesundheitsproblemen wie Herzerkrankungen, Lungenkrebs und Asthma in Verbindung gebracht. **Eine Studie schätzt, dass der Atomausstieg in Deutschland zu schätzungsweise 800 zusätzlichen Todesfällen pro Jahr aufgrund von Luftverschmutzung geführt hat.***

Obwohl der Schritt schon seit einiger Zeit erwartet wurde, ist der deutsche Ausstieg aus der Kernenergie umso erstaunlicher, als er zu einer Zeit erfolgt, in der Europa mit hohen Energiepreisen zu kämpfen hat, die durch den Krieg Russlands in der Ukraine verursacht werden. Einige Deutsche sahen sogar einen Anstieg der Energiepreise um bis zu 45 % unmittelbar nach der Abschaltung der Kraftwerke.

2.5.2.a Gefährlichkeit der Strahlung

Zum Thema »Strahlung der Atomkraft« hat der **Nuklearia e. V.** einen sehr lesenswerten Artikel veröffentlicht, aus dem wir hier zitieren möchten⁹¹:

Wer in der Nähe eines Kernkraftwerks wohnt, nimmt im Lauf eines Jahres etwas weniger Strahlung auf als durch das Essen einer Banane (0,1 µSv)!

Wegen der in der Kohle enthaltenen Spuren von Radon, Uran und Thorium gibt ein Kohlekraftwerk etwa dreimal mehr Strahlung ab als ein Kernkraftwerk.

µSv steht für **Mikrosievert** und ist eine Einheit zur Messung der **Strahlendosis**. Sie wird verwendet, um die Menge ionisierender Strahlung zu quantifizieren, der eine Person ausgesetzt ist. Ein Mikrosievert entspricht einem Millionstel Sievert ($1 \mu\text{Sv} = 0,000001 \text{ Sv}$).

Laut Nuklearia ist eine Person, die sich einen Tag in der Tschernobyl-Sperrzone, zehn Kilometer östlich des Reaktors, aufhält, einer Strahlung von 12 µSv ausgesetzt. Im Vergleich dazu muss der Passagier bei einem Flug von Frankfurt nach New York mit 100 µSv rechnen.

Weiter geht Nuklearia auch die die Gefährlichkeit der Strahlendosen ein: In den 1950er Jahren entstand die Annahme, dass selbst kleinste Strahlendosen schädlich seien (Linear No Threshold, LNT), was heute widerlegt ist. Unser Immunsystem repariert ständig Zellschäden, etwa 10.000 Mal pro Tag und Zelle. Dennoch basieren viele Gesetze weiterhin auf der veralteten LNT-These, was unnötige Kosten und Ängste verursacht. Studien zeigen, dass kleine Strahlendosen nicht gefährlich sind, sondern möglicherweise das Immunsystem stärken. In Taiwan führte jahrelange Bestrahlung durch radioaktiven Baustahl ebenfalls zu keiner erhöhten Krebsrate.

Dass kleine Dosen nicht gefährlich sind, belegen zum Beispiel die Überlebenden der Atombomben in Japan. Zwar leiden sie insgesamt unter einer leicht erhöhten Krebssterblichkeit. Doch bei Personen, die Dosen von unter 100 mSv erhielten, ist die Krebssterblichkeit vermindert⁹².

~*~

Im August 2024 veröffentlichten japanischen Wissenschaftler eine sogenannte Kohortenstudie zur Gefährlichkeit von niedrigen Strahlendosen⁹³. Die Studie lief seit 2011 in der Präfektur Fukushima. Es wurden 253.346 Personen untersucht, die zum Zeitpunkt des Unfalls in Fukushima wohnhaft waren. Dabei konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Strahlenbelastung und dem Auftreten von Schilddrüsenkrebs festgestellt werden, da bei über 99,9 % der Betroffenen die Strahlenexposition unter 5 mSv lag. Fazit: Die Studie ergab keinen Zusammenhang zwischen geringer Strahlenbelastung und dem Auftreten von Schilddrüsenkrebs bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 3,7 Jahren.

2.5.2.b Abhängigkeit vom Ausland

Unter dem Slogan »Energiewende vorantreiben« schreibt die Partei Bündnis 90/Die Grünen:

*Wir schaffen **Versorgungssicherheit** mit erneuerbaren Energien. Sie sind das Fundament einer wirksamen Klimapolitik, sie machen uns **unabhängig von fossilen Autokratien**, sie sind sicher und **auf Dauer günstig**. Das stärkt uns auch als Wirtschaftsstandort.*

Versorgungssicherheit: Falsch. Der unkontrollierte Ausbau der Erneuerbaren gefährdet eine zuverlässige und günstige Stromversorgung, wie wir im Kapitel 2.10 *Kritik an der Energiewende* aufzeigen. Von Versorgungssicherheit kann also keine Rede sein.

Unabhängig von fossilen Autokratien: Falsch. Auch in den nächsten Jahrzehnten ist Deutschland abhängig von Lieferungen aus dem Ausland für die eigenen Gaskraftwerke⁹⁴. Zwar hat Norwegen mit über 38 Prozent inzwischen Russland als größten Lieferanten abgelöst⁹⁵, 23 Prozent stammen aber aus Drittländern. Für die EU listet der Verein Gas e. V. unter anderem die Lieferländer⁹⁶ Russland, Algerien, Katar, Tunesien und Türkei auf – allesamt Länder, deren Führungen ein fragwürdiges Demokratieverständnis haben. Eine große Abhängigkeit von China existiert auch bei den erneuerbaren Energien: Die meisten hierzulande installierten Solarpaneele stammen aus China⁹⁷, das auch immer erfolgreicher Teile für Windkraftanlagen exportiert⁹⁸.

Auf Dauer günstig: Falsch. Durch den stark subventionierten Ausbau von Wind und Solar und der garantierten Einspeisevergütung entstehen dem Steuerzahlen Kosten in Milliardenhöhe. Siehe Kapitel 2.10 *Kritik an der Energiewende*.

Interessant ist in dem Zusammenhang auch, dass die grüne Energiewende beliebig viel Kosten darf, man bei der klimaschonenden Kernkraft aber ökonomisch argumentiert!

2.5.2.c Zwischenlagerung

Nachdem die Bundesregierung im Atomgesetz den Transport von Brennstäben zu Wiederaufbereitungsanlagen ab 2005 verboten hatte, mussten vor der geplanten Errichtung eines Endlagers zunächst sogenannte Standortzwischenlager eingerichtet werden⁹⁹. Derzeit sind 16 Zwischenlager vorhanden, davon zwei außerhalb von Kernkraftwerken.

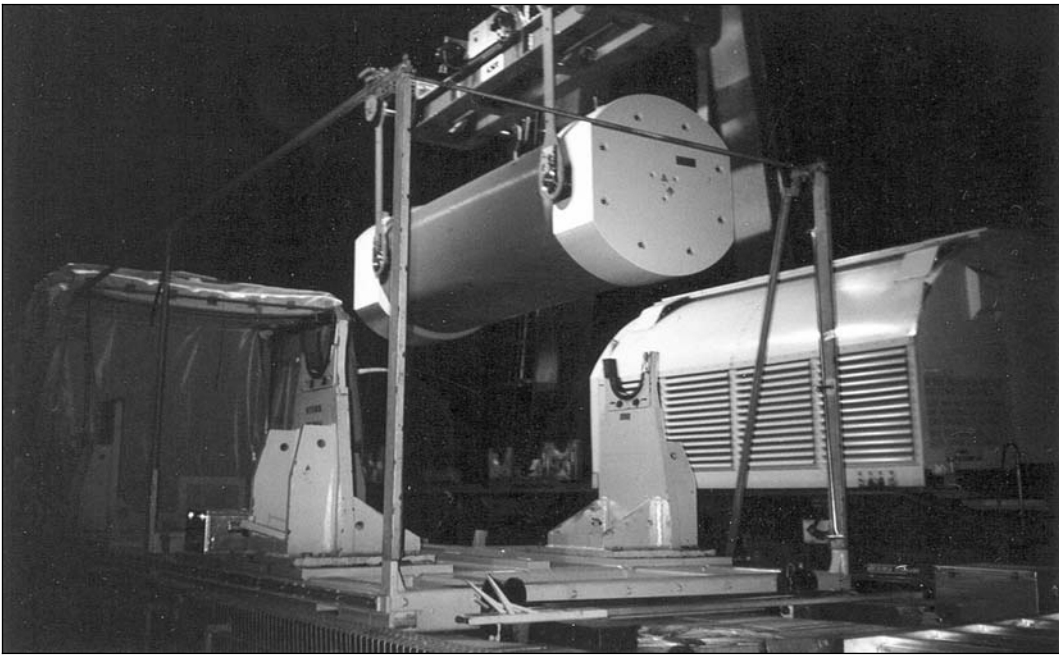
Bereits 2003 wurde ein Zwischenlager beim Kernkraftwerk Brunsbüttel von den Behörden genehmigt¹⁰⁰. Dagegen ging ein Anwohner vor, der nach 10 Jahren Recht bekam. Das Obergerverwaltungsgericht Schleswig bemängelte eine fehlerhafte Sicherheitsbewertung und hob darauf hin die Genehmigung auf¹⁰¹. Durch eine »atomrechtliche Anordnung« von Schleswig-Holsteins Energiewendeminister wird aktuell die Lagerung des Kernbrennstoffs geduldet¹⁰².

Dr. Rainer Moormann, ein Sicherheitsexperte für Nuklearanlagen¹⁰³ bezeichnet die Urteilsbegründung als gewaltige Ohrfeige für die Genehmigungsbehörde und ihren damaligen Präsidenten. Moormann vermutet, dass der Genehmigungsfehler auf alle Standorte zutrifft. Dies könnte bei einer im Jahr 2045 erforderlichen Genehmigungsverlängerung der Zwischenlager zu gravierenden Problemen führen. Schlimmstenfalls wären Neubauten nötig, die Milliardenkosten verursachen.

2.5.2.d Endlagerung

Nachdem die Brennstäbe eines Kernkraftwerks »verbraucht« sind, müssen sie einer Endlagerung zugeführt werden. Zum Transport füllt man die Brennstäbe in sogenannte Castor-Behälter¹⁰⁴, die mehr als 100 Tonnen wiegen.

An den Castor-Sicherheitsanforderungen gab es immer wieder Kritik, beispielsweise an der Simulation mit kleineren Modellen oder der rechnerischen Simulation von Unfällen. Zudem unterzieht man einmal genehmigte Behälter auch nach Änderungen der Sicherheitsvorschriften keiner erneuten Untersuchung. Klagen der Atomkraftgegner wegen der Sicherheit sind vor Gerichten aber immer gescheitert. Die Richter schlossen sich den Einschätzungen der Sachverständigen der Genehmigungsbehörden an und bestätigten sowohl die rechtliche Zulässigkeit der Zwischenlagerung als auch die Verwendung der eingesetzten Behälter.



Verladung eines Castor-Behälters (CC BY-SA 3.0)¹⁰⁵.

Schon vor dem Ende der Kernkraftwerke in Deutschland wurden die zum überwiegenden Teil per Bahn erfolgten Transporte zu und von den Wiederaufbereitungsanlagen in Deutschland, Großbritannien und Frankreich eingestellt. Die Zwischenlagerung der Castorbehälter erfolgt nun in Gorleben, Arhaus und vor Ort bei den abschalteten Kraftwerken.

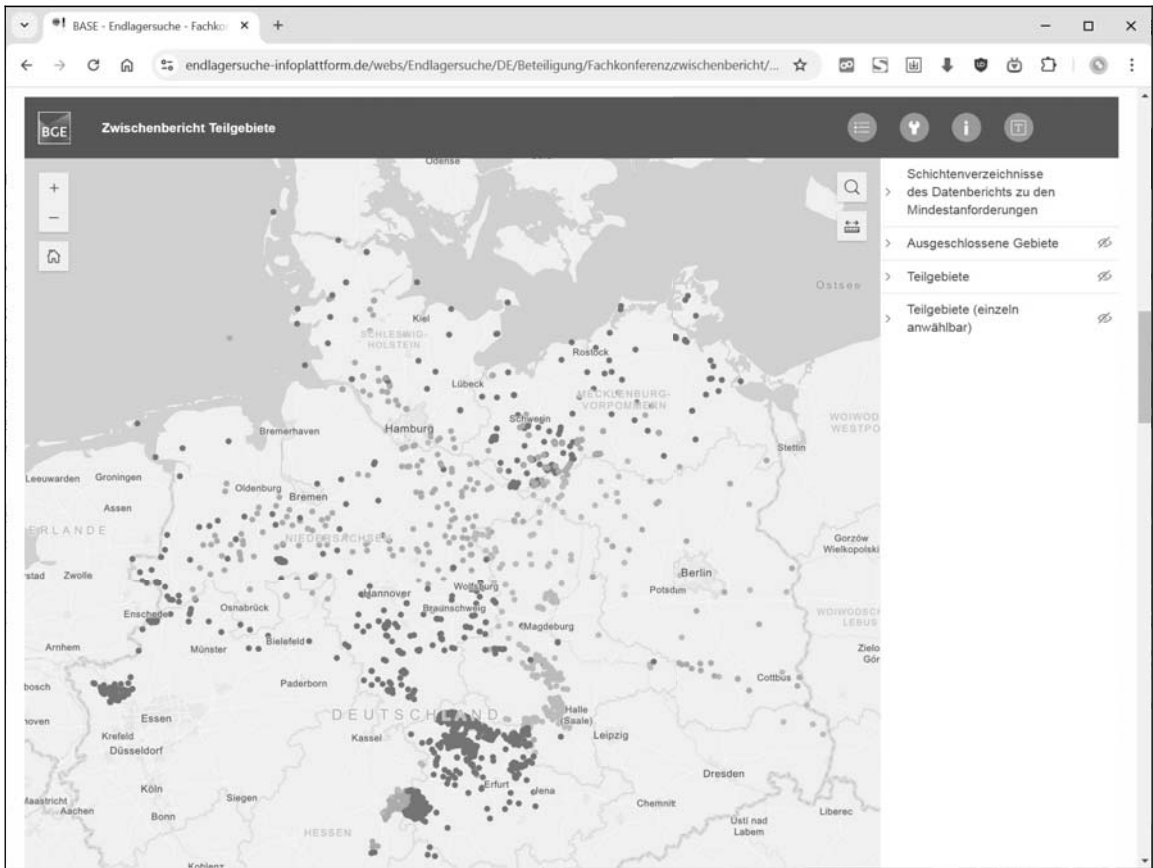
Die Suche nach einem unterirdischen Endlager ist extrem aufwendig¹⁰⁶. So muss ausgeschlossen sein, dass die Lagerstätte irgendwann einmal durch Erdbeben, Vulkanismus, oder Bergbaufolgen beschädigt werden könnte.

In einem Zwischenbericht hat die zuständige »Bundesgesellschaft für Endlagersuche« (BGE) 90 Teilgebiete ausgewiesen. Zunächst wird das Unternehmen diese Teilgebiete weiter eingrenzen und Regionen für vertiefte Untersuchungen vorschlagen. Im nächsten Schritt wird die Sicherheit eines möglichen Endlagers in den jeweiligen Teilgebieten zu bewertet.

Eine Studie¹⁰⁷ des Öko-Instituts, das vom »Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung« (Base) in Auftrag gegeben wurde, rechnet mit einem Endlager erst 2074 – 43 Jahre später als geplant.

Die Bundesregierung kalkuliert für die gesamte Entsorgung atomarer Abfälle bis 2100 mit etwa 170 Milliarden Euro. Jedes weitere Jahr, das für die Endlagersuche benötigt wird, dürfte diese Kosten weiter erhöhen. 24 Milliarden stammt aus Rückstellungen der Kraftwerksbetreiber, der verbleibende Betrag muss aus Steuermitteln gedeckt werden. Weitere Probleme ergeben sich mit den Zwischenlagern, deren Genehmigungen ab 2034 nach und nach ablaufen (siehe Kapitel 2.5.2.c *Zwischenlagerung*).

Fazit: Die Verzögerungen kommen Atomkraftgegnern, die oft die hohen Kosten der Kernenergie als Argument anführen, zugute. Es besteht jedoch der Verdacht, dass grüne Politiker über die Behörden weiterhin bewusst die Kosten in die Höhe treiben. Der grüne Politiker Jürgen Trittin hat diese Strategie ja auch offen zugegeben (siehe Kapitel 2.5.1 *Lohnt sich Kernenergie?*).



In einer interaktiven Karte informiert die BGE über den Zwischenstand bei der Standortwahl des Endlagers¹⁰⁸.

Dass die explodierenden Kosten für das deutsche Endlager politische Gründe haben, zeigt auch ein Blick nach Finnland. Dort wurde ein Endlager, das 6.000 Tonnen radioaktiven Müll fasst, für nur 3,5 Milliarden Euro errichtet¹⁰⁹.

Wir stehen der Aufregung und den Protesten rund die Sicherheit der atomaren Endlagerung kritisch gegenüber. Bei der Endlagerung extrem giftiger Chemikalien gibt es jedenfalls keinen ähnlichen Protest. Dabei wurden bereits über 2,5 Millionen Tonnen Giftmüll eingelagert!¹¹⁰

Während in Europa die Endlagerung vorwiegend unterirdisch in Stollen erfolgen soll¹¹¹, lagert man in den USA die Brennstäbe einfach oberirdisch¹¹². Das spart enorm an Kosten. Die Brennelemente werden dazu in großen Lagerbehältern versiegelt. Das zuständige Office of Nuclear Energy schreibt in seiner Broschüre »Safety of Spent Fuel Storage«¹¹³:

Die Trockenlagerung hat sich in den 30 Jahren ihres Einsatzes als sichere Technologie erwiesen. Seit die ersten Behälter 1986 beladen wurden, hat die Trockenlagerung keine Strahlung freigesetzt, die die Öffentlichkeit beeinträchtigt oder die Umwelt kontaminiert hätte. Bis Januar 2017 wurden mehr als 2.400 Behälter beladen und sicher gelagert, wobei über 100.000 verbrauchte Brennelemente eingeschlossen sind. Tests an den Brennelementen und Behälterkomponenten nach jahrelanger Lagerung bestätigen, dass die Systeme weiterhin eine sichere Lagerung gewährleisten.



»Das ist alles? So sehen über 20 Jahre verbrauchte Kernbrennstoffe aus, die sicher im ehemaligen Kernkraftwerk Maine Yankee gelagert werden. Die aus diesem Brennstoff erzeugte Energie hat dazu beigetragen, 70 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen zu vermeiden.«¹¹⁴ (Bild: Office of Nuclear Energy, U.S. Department of Energy)

2.5.3 Die Kostenschätzung von 2015

Im Jahr 2015 veröffentlichte das Bundesumweltministerium seinen »Bericht über Kosten und Finanzierung der Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle«¹¹⁵. Auf 14 Seiten listet das Ministerium die Endlagerkosten auf. Zum Endlager heißt es darin:

Auf Grundlage einer Kostenschätzung des BfS [Bundesamt für Strahlenschutz] für das vormalige Endlagerprojekt Gorleben aus dem Jahr 1997 haben die privaten Betreiber die Kosten für ein Endlager für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in der Vergangenheit wie folgt beschrieben (Preisbasis 2012, ohne Kostensteigerung):

- Investitionskosten: 3.900 Mio. €
- Stilllegungskosten: 389 Mio. €
- Betriebskosten: 3.369 Mio. €

Damit ergab sich eine Gesamtkostenschätzung für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in Höhe von ca. 7,7 Mrd. €. Abweichungen und damit verbundene Erhöhungen können sich nunmehr auf Grund des nach dem StandAG in den Blick zu nehmenden Standortauswahlverfahrens ergeben.

Im vorherigen Kapitel haben wir über die aktuelle Kostenschätzung für die Endlagerung von etwa 170 Milliarden berichtet. 2015 wurden die Kosten dagegen nur mit 7,7 Milliarden angesetzt. Wenn wir davon ausgehen, dass das Ministerium damals eine seriöse Kalkulation vorgelegt hat, muss man sich schon fragen, warum rund 10 Jahre später von einer mehr als 20-fachen Kostensteigerung die Rede ist.

2.5.4 Wie läuft es in anderen Ländern?

Deutschland hat sich aus der Kernenergie verabschiedet, währenddessen intensivieren andere Länder ihr Engagement. WE Planet DACH schrieb im September 2024¹¹⁶:

*Währenddessen kündigen immer mehr unserer Nachbarländer an, ihre bestehende Flotte von Kernkraftwerken auszuweiten oder überhaupt erstmals in die Kernkraft einzusteigen: Das **Vereinigte Königreich** will bis 2050 seine nukleare Kraftwerkskapazität von 6 auf 24 GW vervierfachen. **Polens** Kernkraftprogramm schreitet voran, **Italien** plant den Wiedereinstieg, **Tschechien** hat gerade erst im Juli den Auftrag für die Errichtung zweier neuer Reaktoren an ein Unternehmen aus Korea vergeben, und **Finnland** hat erste Verträge geschlossen, um mit kleinen Kernkraftwerken (SMRs) dezentral kommunaler Nahwärme zu erzeugen.*

Besonders interessant ist die Entwicklung in den USA, wo einige große IT-Unternehmen Kapazitäten von Kernkraftwerken buchen oder dies zumindest nicht ausschließen¹¹⁷:

- Ein 2019 stillgelegter Reaktor im US-Atomkraftwerk Three Mile Island wird exklusiv für Microsoft wieder hochgefahren¹¹⁸.
- Amazon sucht Kernkraft-Ingenieure für seine Rechenzentren.
- Apple hat Kernkraft als »saubere Energie« klassifiziert.
- Meta¹¹⁹ (Betreiber von Facebook, WhatsApp und Instagram) und Datenbankkonzern Oracle¹²⁰ wollen künftig Rechenzentren neben Kernkraftwerken errichten.
- Google zieht den Einsatz kleiner Nuklearreaktoren für den Betrieb von Rechenzentren in Erwägung¹²¹.

Ein Grund für die Entscheidung zugunsten der Kernkraft dürfte die freiwillige Verpflichtung sein, umweltfreundlichen Strom zu nutzen. Offensichtlich können die für KI-Anwendungen erforderlichen Rechenleistungen nicht mehr auf andere Weise gedeckt werden.

Im September 2024 haben sich außerdem 14 der größten Banken und Finanzinstitute der Welt verpflichtet, den weltweiten Ausbau der Kernenergie zu unterstützen¹²². Dabei berufen sie sich auf das Ergebnis der UN-Klimakonferenz »COP 28« in Dubai 2023¹²³. Dort hatten die USA, Frankreich, Großbritannien, Japan, Kanada, die Vereinigten Arabischen Emirate und 16 andere Staaten einen gemeinsamen Aufruf zur verstärkten Nutzung der Kernenergie veröffentlicht; die Energiegewinnung daraus müsse bis 2050 verdreifacht werden, um bis dahin Klimaneutralität zu erreichen.

Fazit: Während unsere führenden Politiker die Kernkraft verteufeln und deren Abschaltung in Deutschland feiern, bauen unsere Nachbarländer weitere Reaktoren auf, weil sie die Vorteile der umweltfreundlichen Energie erkannt haben.

2.5.4.a Situation in Frankreich

Frankreich setzt bei der Energieversorgung auf die Kernkraft: Im Jahr 2023 wurden 67,3 Prozent des Stroms von Atomreaktoren erzeugt und nur 5,9 Prozent über Gaskraftwerke¹²⁴. Die restliche Erzeugung erfolgte über Wind- und Wasserkraft, sowie PV-Anlagen.

Allerdings sind auch in unserem Nachbarland die Stromkosten erheblich gestiegen, weil ein Preisdeckel des hochverschuldeten Betreibers EDF ausgelaufen ist¹²⁵. Zudem sind die Baukosten eines neuen Kernkraftwerks von 3 auf 13 Milliarden Euro explodiert. Im Jahr 2022 kam es sogar zu Versorgungsengpässen aufgrund von Wartungsarbeiten an den Meilern¹²⁶.

Kritiker führen die hohen Schulden von EdF, dem Betreiber der französischen Kernkraftwerke, oft als Beleg für das Scheitern der französischen Energiepolitik an. Tatsächlich hat das Unternehmen derzeit eine Schuldenlast von 54 Milliarden Euro, konnte aber seit 2007 – mit Ausnahme von 2022 – jedes Jahr Gewinne erzielen, im Jahr 2023 sogar 10 Milliarden¹²⁷.

Betrachtet man die dreistelligen Milliardenbeträge, die deutsche Politik bisher für erneuerbare Energien verpulvert hat, ohne den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren, erscheint Frankreich als Musterknabe.

Das Energy BrainBlog schrieb 2022¹²⁸:

Inbesondere die relativ CO₂-arme Stromerzeugung in Frankreich trägt zu geringen klimaschädlichen Emissionen bei. Die CO₂-Intensität der Stromerzeugung in Frankreich lag im Jahr 2020 bei etwa 57g CO₂/kWh (Quelle: Statista). In Deutschland hatte der Strommix zur gleichen Zeit eine über sechs Mal so hohe CO₂-Intensität von 366 gCO₂/kWh (Quelle: UBA). Grund für diese hohe Diskrepanz sind die verwendeten Technologien zur Stromerzeugung in den beiden Ländern.

2.5.5 Die Wiederkehr

Im Oktober 2024 berichtete das Handelsblatt, dass CDU und CSU die Rückkehr der Kernkraft planen¹²⁹. Im Falle eines Wahlsiegs bei der Bundestagswahl 2025 sollen die zuletzt vom Netz gegangenen Kernkraftwerke reaktiviert werden.

Framatome, ein Tochterunternehmen des französischen Energiekonzerns Areva, habe bestätigt, dass fünf noch nicht abgebaute Atommeiler »unkompliziert reaktiviert und schnellstmöglich wieder ans Netz gehen könnten«.

In der Ampel-Regierung war die Stilllegung der letzten deutschen Kernkraftwerke im April 2023 umstritten zwischen den Grünen und der FDP, sodass Bundeskanzler Olaf Scholz (SPD) ein Machtwort sprechen musste.

Die Kraftwerksbetreiber sind überzeugt, dass eine Rückkehr zur Kernenergie in Deutschland nicht realistisch ist. Sie betrachten das Thema Atomkraft als abgeschlossen und glauben nicht, dass sich Investoren für den Bau neuer Kernkraftwerke gewinnen lassen.

2.6 Strommarktdesign der Zukunft

Anfang August 2024 veröffentlichte das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) - im Folgenden von uns als »Wirtschaftsministerium« abgekürzt – die Publikation »**Strommarktdesign der Zukunft**«¹³⁰. Darin finden sich Handlungsempfehlungen für ein klimaneutrales Stromsystem.

Einer der zahlreichen Vorschläge zielt darauf ab, den Verbrauch an die Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenenergie anzupassen. In der Praxis müssten also Industrie und Privathaushalte ihre Stromabnahme zum Beispiel Nachts oder bei Bewölkung zurückfahren:

Inbesondere Elektromobile, Wärmepumpen, Elektrolyseure, Speicher und bestimmte Teile industrieller Prozesse können kurzfristig auf Schwankungen in der Stromerzeugung reagieren. Durch die Verschiebung der Nachfrage werden letztlich auch Preiskurven geglättet und dadurch die Marktwerte der Erneuerbaren verbessert.¹³¹

Was sich auf dem ersten Blick so einfach und logisch anhört, bringt aber einen Rattenschwanz an Problemen mit sich. Die **Initiative Zukunft Wirtschaft Deutschland e.V.** (IZW) schreibt zum Beispiel¹³²:

Eine Industrienation wie Deutschland hat immer noch keinen Business Case für die einzigartige Energiewende, ist nach wie vor orientierungslos. Bisher wissen wir auch nicht, was es am Ende kosten wird, nur dass es wahrscheinlich unbezahlbar wird. Jetzt soll noch die erzwungene angebotsgesteuerte Versorgung folgen. Das ist Mangelwirtschaft und Chaos, für die ohnehin angeschlagene Wirtschaft ist das der Dolchstoß.

[...]

Belohnt werden sollen zukünftig Unternehmen, die nur in Zeiten "guten Wetters" Strom verbrauchen. Ebenso sollen sie belohnt werden, wenn sie ihre Produktion bei "schlechtem Wetter" herunterfahren oder gar einstellen.

Es wird bei zahlreichen Unternehmen Flexibilisierungspotenziale geben, in vielen Branchen und Unternehmen jedoch nicht. Dies betrifft nicht nur die häufig angeführte energieintensive Chemie- oder Stahlindustrie, sondern beispielsweise auch

- *Rechenzentren, KI, Batterieproduktion, Fertigung von Elektroautos oder Halbleitern,*
- *alle Produktionen, die rohstoffgetrieben (u.a. Frischeprodukte wie die Rohmilch) sind oder alle Lieferketten im Just-in-time-Modus sowie insbesondere*
- *alle Unternehmen mit kapitalintensiven Anlagen, die eine lineare Fertigung rund um die Uhr (24/7) und Auslastung benötigen.*

Wenn man sich jetzt noch vor Augen führt, dass sich Industrieverbände normalerweise dezidiert neutral äußern, kommt diese Stellungnahme einer Ohrfeige gleich.

Der **Energiemarktexperte Dr. Björn Peters** vergleicht die Vorgehensweise der Bundesregierung mit »Jugend forscht«¹³³. Offensichtlich solle ein funktionierendes System ohne gesellschaftliche Debatte oder Studien fundamental neu ausgerichtet werden.

Dr. Peters rechnet damit, dass Großkunden künftig statt 0,5 Cent pro kWh (Kilowattstunde) künftig 15 Cent bezahlen müssen, während die Kosten im Ausland bei ca. 4-7 Cent pro kWh lägen:

Betroffen sind vor allem Stromkunden, die an mehr als 7000 h/a Strom beziehen (zB Grundstoffindustrie, viele produzierende Unternehmen). Laut Netzverordnung erhalten solche Grundlastbezieher 80% Rabatt auf Netzentgelte (ca. 0,5 statt ca. 4,0 Ct/kWh)¹³⁴.

Die Future-Baseload-Tarife liegen bei ca. 8-9 Ct/kWh zzgl. 6,43 Ct/kWh für Netzentgelte und Umlagen, zusammen also ca. 15 Ct/kWh als Minimumtarif für Großkunden; im Ausland bezahlen diese ca. 4-7 Ct/kWh. Damit wird die Grundstoffindustrie aus Deutschland vertrieben.¹³⁵

In der Metallindustrie werden so ca. 480.000 Arbeitsplätze gefährdet, in der Chemie ca. 500.000 und in der Automobilbranche ca. 750.000 Arbeitsplätze. Diese stehen am Anfang vieler Wertschöpfungsketten. Der Arbeitsplatzeffekt wird also noch wesentlich größer.

Im übrigen könnte sich der Staat die alle Dimensionen sprengenden festen Einspeisetarife und Ausgleichszahlungen für wetterabhängigen Strom nicht leisten.¹³⁶

In diesem Zusammenhang weist Dr. Peters auch auf das strikte Arbeitszeitgesetz hin, welches vorschreibt, dass Änderungen der Arbeitszeiten den Mitarbeitern mindestens drei Tage im Voraus mitgeteilt werden müssen. Den geneigten Leser brauchen wir nicht auf die Unbeständigkeit des Wetters hinweisen, denn Wind und Wolken sind nicht genau vorhersagbar. Das wäre aber für eine vernünftige Planung Voraussetzung.¹³⁷

*Noch besser: Urlaubsplanung wird dadurch quasi unmöglich. Insbesondere dürfte häufig im Sommer Urlaubssperre verhängt werden, um das gute Angebot an PV-Strom zu verarbeiten. Erklären Sie das mal Ihren Mitarbeitern und den Gewerkschaften! Ich fürchte, die schlafen noch.*¹³⁸

~*~

Fazit: Die vom Wirtschaftsministerium vorgeschlagene wetterabhängige Preissetzung im Strommarkt würde alle Industriebereiche belasten, bei denen aus technischen und logistischen Gründen kein Herunterfahren möglich ist. Exportorientierte Unternehmen sind gezwungen, Produktionskapazitäten ins günstigere Ausland zu verlagern, weil sie sonst keine konkurrenzfähigen Preise ansetzen können. Umgekehrt dürfte ein hoher Energiepreis die Ansiedlung von Unternehmen aus dem Ausland deutlich erschweren.

2.7 Stromspeicher

Wie im Kapitel 2.10 *Kritik an der Energiewende* erläutert, ist eine sofortige Umstellung der Energieversorgung auf »Ökostrom« unrealistisch. Die Bundesregierung plant daher nur nach und nach den Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch von aktuell etwas mehr als 50 Prozent auf mindestens 80 Prozent bis zum Jahr 2030 zu erhöhen.¹³⁹

Aufsicht über die Strommärkte hat die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (im Folgenden als »Bundesnetzagentur« bezeichnet). Im Heft »Regelungen zu Stromspeichern im deutschen Strommarkt« von 2021 geht die Behörde auf die Bedeutung der Stromspeicher und die damit verbundenen Herausforderungen ein.¹⁴⁰

Als Stromspeicher stehen zur Verfügung:

- **Pumpspeicherkraftwerke:** Ein Pumpspeicherkraftwerk speichert elektrische Energie, indem Wasser in einem Stausee angehoben wird, das später zur Stromerzeugung genutzt wird. Es nimmt überschüssige Energie in schwachen Nachfragesituationen auf und gibt sie bei hoher Nachfrage wieder ab, wobei es die dominierende Technik zur Energiespeicherung in großem Maßstab ist.
- **Private Stromspeicher:** Batteriespeicher im Zusammenhang mit privat oder gewerblich installierten Photovoltaikanlagen. Dabei kommen inzwischen auch recycelte Batterien unter anderem aus E-Autos zum Einsatz (»Second-Life Batterien«). Es wird diskutiert, private Stromspeicher für den Ausgleich von Netzschwankungen einzusetzen.
- **Thermische Speicher:** Thermische Speicher speichern Wärmeenergie, die später zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Dabei wird überschüssige Energie in Form von Wärme gespeichert, die später beispielsweise über Dampfturbinen in Strom umgewandelt wird. Diese Technik befindet sich allerdings erst in der Entwicklungsphase, zum Beispiel mit Salz als Wärmeträger.¹⁴¹

Die Bundesnetzagentur warnt vor einer Überschätzung der bisher verfügbaren Energiespeicher.¹⁴²

Müssten die deutschen Pump- und Batteriespeicher die Stromversorgung übernehmen, würden die Speicher bereits nach weniger als einer halben Stunde leer sein; die heute installierten Batteriespeicher wären bereits nach

weniger als einer Minute leer.

Ein Tiefdruckgebiet lässt die Wind-Erzeugung für mehrere Stunden oder sogar Tage auf Werte über 30 GW [Gigawatt] ansteigen. Nur ein Fünftel davon (6 GW) könnte durch die Pumpspeicher aufgefangen werden. Die Batteriespeicher haben in Summe eine Leistung von unter 1 GW.

Eine hypothetische Vergleichmäßigung der Winderzeugung auf ihren Mittelwert würde eine Speicherkapazität erfordern, die bereits heute weit oberhalb dessen liegt, was absehbar als Kapazität in Speichern realisiert werden kann. [...]

Um den deutschen Strombedarf an einem durchschnittlichen Wintertag auch nur für einen halben Tag aus Stromspeichern zu decken, müsste man Speicherkapazitäten in der Größenordnung von 180 GW Leistung und 720 GWh Kapazität errichten.

Daraus lässt sich folgern, dass Energiespeicher niemals die schwankende Stromerzeugung durch Wind und Sonne abfangen können, sondern nur einen Baustein der Energiewende darstellen.

Die Einbeziehung der Energiespeicher von Privatleuten in die Stromversorgung ist übrigens unrealistisch, da man ihnen den bisher selbstgenutzten Strom zu Marktpreisen abkaufen müsste. Das gilt insbesondere auch für die verrückte Idee, die Akkus von E-Autos für die Netzeinspeisung zu verwenden, weil dies die Akkulebensdauer beträchtlich reduzieren würde.

Fazit: Wenn ein Politiker behauptet, dass der bloße Ausbau von Stromspeichern für die Energiewende ausreicht, wissen Sie, dass Sie einen Stümper vor sich haben, der die Komplexität des Themas nicht verstanden hat.

2.8 Versorgungssicherheit

Unter dem Aufmacher »Energiepolitik ist Sicherheitspolitik« schrieb die Partei Bündnis 90/Die Grünen im März 2022 auf ihrer Website zur »Energiewende«¹⁴³:

Die aktuelle Situation nach dem Angriff Russlands auf die Ukraine zeigt erneut: Der Ausbau Erneuerbarer Energien ist eine Frage der nationalen Sicherheit. Fossile Brennstoffe wie Gas und Öl sind endlich, schaden der Umwelt und machen uns von Importen abhängig. Deshalb will das Wirtschafts- und Klimaschutzministerium den Ausbau der Erneuerbaren Energien beschleunigen mit doppelt so viel Windkraft an Land wie bislang, fast viermal so viel Windkraft auf dem Meer und Energie aus Solaranlagen und einer klimaneutralen Stromversorgung bis 2035.

In einem Bericht zur langfristigen Stromversorgungssicherheit von Februar 2023¹⁴⁴ betont die Bundesregierung, »dass die sichere Versorgung mit Elektrizität im Zeitraum 2025 bis 2031 in den gewählten Szenarien gewährleistet sei«.

1. Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien setzt die Regierung auf den zusätzlichen Aufbau von Gaskraftwerken, die sich später auf Wasserstoff umrüsten lassen.
2. Engpassmanagement (Redispatch) als Teil der netzseitigen Versorgungssicherheit. Zu Deutsch: Herunterfahren von großen Lasten, Hochfahren von Kraftwerken. Darauf gehen wir im Kapitel 2.6 *Strommarktdesign der Zukunft* ein.
3. Aufgaben, konventioneller Kraftwerke sollen schrittweise durch erneuerbare Energien, Speicher, Netztechnik und gegebenenfalls Wasserstoff-Kraftwerke

übernommen werden.

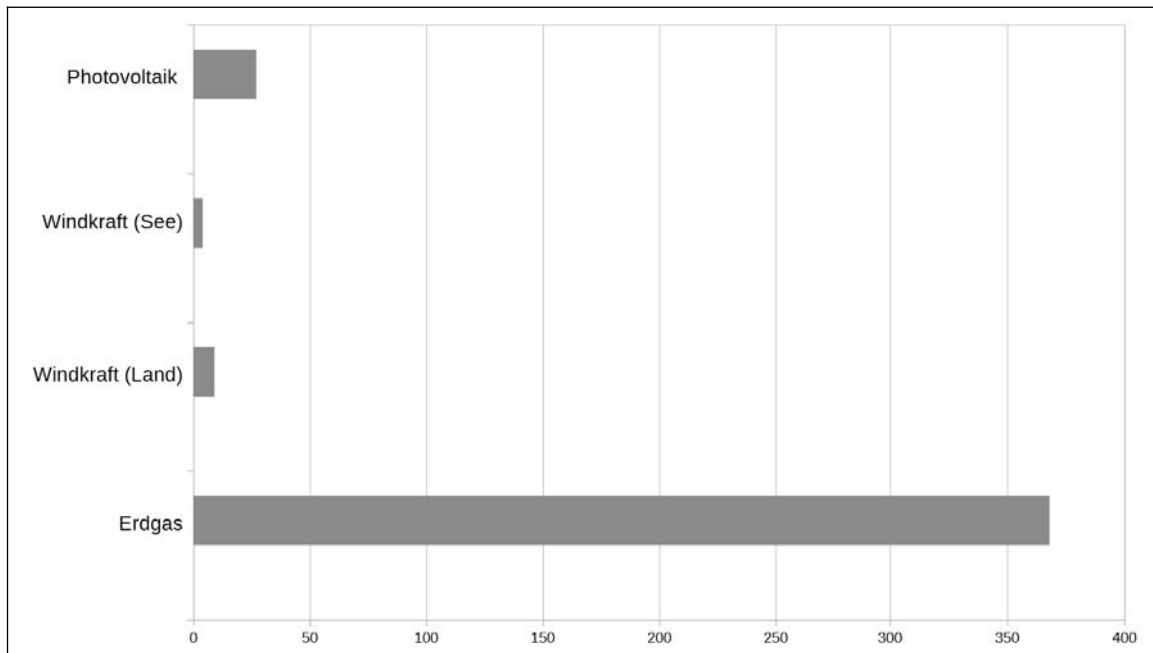
4. Ausnutzung des Elektrizitätsbinnenmarktes: Strom wird bei Bedarf aus Nachbarländern im- oder exportiert.
5. Stabile Rahmenbedingungen für Investitionen in den Energiemarkt.

So durchdacht die obigen Punkte klingen, bleiben doch wichtige Aspekte unerwähnt: Windenergie steht bei Schwachwind, Solarenergie bei Wolken oder in der Nacht nicht zur Verfügung. Deshalb kommen bei »Dunkelflauten« oder bei Verbrauchsspitzen Gas- oder Kohlekraftwerke zum Einsatz, die wiederum Treibhausgase produzieren. Stromspeicher können die Erzeugungsschwankungen übrigens auch in Zukunft nicht ausgleichen, wie Kapitel 2.7 *Stromspeicher* zeigt.

Diesen Anteil hatten die Energieträger im Jahr 2023 an der Stromerzeugung¹⁴⁵:

- 1,1% Kernenergie
- 3,3% Wasserkraft
- 4,8% Andere Energieträger
- 7,3% Biomasse
- 10,7% Solar
- 13,5% Erdgas
- 14,0% Stromimporte
- 20,9% Kohle
- 24,4% Wind

Trotz »Energiewende« muss in Deutschland also weiterhin mehr als 30 Prozent der lokalen Energie auf Basis von Gas und Kohle produziert werden.



CO₂-Ausstoß für eine Kilowattstunde Strom in Deutschland¹⁴⁶. Quelle: ZDF mit Daten des Umweltbundesamts. Umrechnung anderer Treibhausgase in CO₂-Äquivalente; Erdgas-Wert für Gas- und Dampf-Kombikraftwerke.

Florian Blümm von Tech for Future schreibt zusammenfassend¹⁴⁷:

Die Energiewende hat in 23 Jahren vor allem ein Ziel erreicht: Es wurde die klimafreundliche Energie aus Kernkraft (12 gCO₂/kWh) bilanziell durch die klimafreundliche Energie aus Windkraft (17 gCO₂/kWh und Photovoltaik (70 gCO₂/kWh) ersetzt, zu immensen Kosten.

Währenddessen blieb der Anteil klimaschädlicher Energiequellen bis 2013 völlig unangetastet und ist seitdem nur von 86% auf 82% Anteil gesunken. Ein Großteil der Senkung wurde durch hohe Energiekosten und sinkende Nachfrage erreicht, zum Preis einer Deindustrialisierung.

Ähnlich äußern sich auch andere Forscher, siehe dazu Kapitel 2.10 Kritik an der Energiewende.

~*~

Mit jedem neu in Betrieb genommenen Windrad oder Solarpark steigt auch der Bedarf an konventionellen Kraftwerken. Weil diese nur unregelmäßig benötigt werden, lassen sie sich nicht kostendeckend betreiben, sodass der Staat deren Bau- und Betriebskosten teilweise übernehmen muss.

Die Bundesnetzagentur berichtet¹⁴⁸:

Für den Winter 2024/2025 beträgt der Bedarf an Erzeugungskapazitäten aus Netzreservekraftwerken 6.947 MW.

Für den Betrachtungszeitraum 2026/2027 beträgt nach vorläufigem Stand der Bedarf an Erzeugungskapazitäten aus Netzreservekraftwerken 9.202 MW.

Der Netzreservebedarf kann im kommenden Winter nicht ausschließlich aus inländischen Netzreservekraftwerken gedeckt werden. Die Beschaffung zusätzlicher Netzreserveleistung aus ausländischen Kraftwerken ist daher erforderlich.

Nach einer Analyse des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Uni Köln (EWI) für das Handelsblatt ergeben sich für Deutschland bis 2030 Kosten von 60 Milliarden Euro für den Neubau der sogenannten Backup-Kraftwerke¹⁴⁹. Die Kosten für den späteren Betrieb sind darin noch nicht enthalten.

Irrwitzig ist auch der Stromimport aus den europäischen Ausland – während Robert Habeck und seine grünen Freunde den »erfolgreichen« Atomausstieg bejubeln, stammt ein Teil des eingeführten Stroms aus französischen Kernkraftwerken!

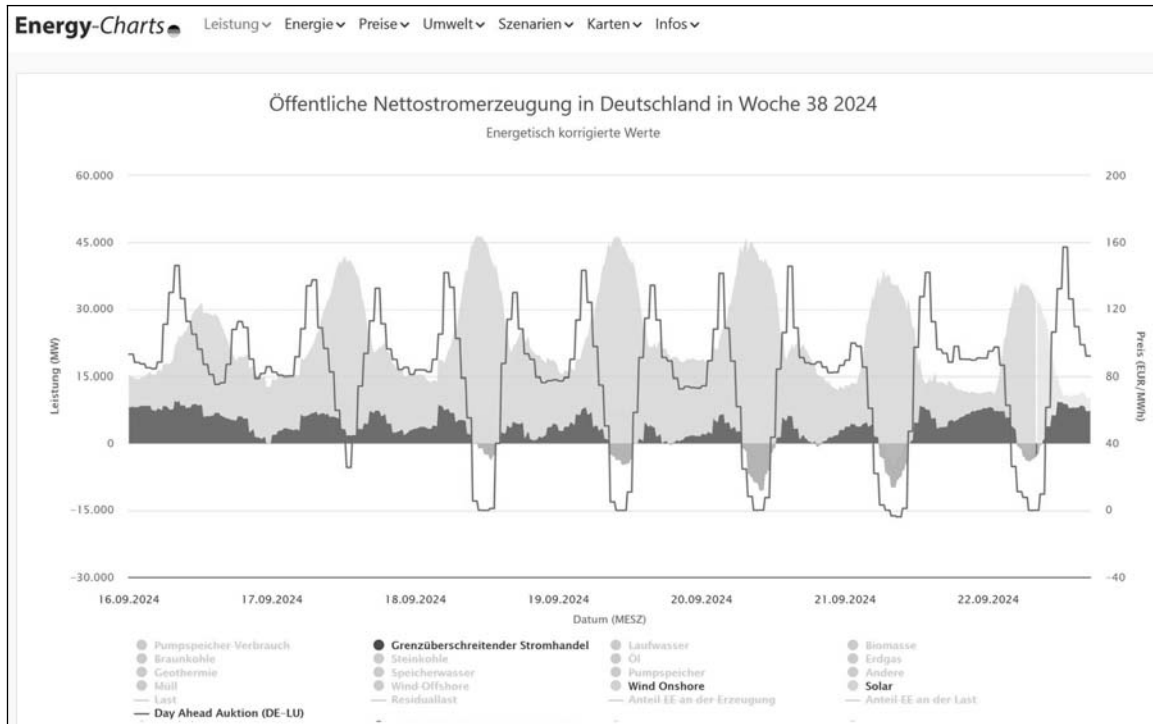
Siegfried Russwurm, Präsident des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI) gab im Dezember 2023 zu Protokoll:

Bei der Ankündigung ihrer Kraftwerksstrategie hat die Bundesregierung unterstellt, dass wir in Zeiten, in denen Strom bei uns knapp ist, erhebliche Mengen aus dem Ausland importieren können und wir deshalb nur 25 Gigawatt zubauen müssen.

*Das ist eine **höchst optimistische These, weil sie davon ausgeht, dass unsere Nachbarn immer dann Überschussstrom haben, wenn wir ihn brauchen.** Aber auch 25 Gigawatt Zubau bedeutet 50 neue Kraftwerke.*

Die Eingriffe des Staats haben noch ein weiteres teures Ungleichgewicht bewirkt: Weil zu bestimmten Zeiten zu viel Wind- und Sonnenstrom vorhanden sind und es keine ausreichenden Energiespeicher gibt, rutscht der Preis an den Strombörsen ins negative. Deutschland muss also seine europäischen Nachbarn für dessen Abnahme bezahlen.

Das Auf- und Ab an Strombedarf und Stromüberschuss führt zur absurden Situation, dass Deutschland häufig Strom teuer importiert und für Stromexport draufzahlt¹⁵⁰. Es hilft dabei auch nicht, dass Ökostromproduzenten nach 4 Stunden mit negativen Preisen keine feste Einspeisevergütung mehr vom Staat erhalten.



Beispiel für die Stromüberproduktion: In der 38. Kalenderwoche 2024 gab es an 5 von 7 Tagen negative Strompreise (Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE)¹⁵¹.

Fazit: Der Bürger zahlt gleich mehrfach für die misslungene Energiepolitik: Einmal die Einspeisevergütung für den unrentablen Ökostrom, dann für die Backup-Kraftwerke und schließlich für das Chaos an den Strombörsen. Der einfache Bürger bekommt davon auf seiner Stromrechnung nichts zu sehen, weil die »Transformationskosten« durch den sogenannten Klima- und Transformationsfonds (KTF) abgedeckt werden – und den finanziert wiederum der Steuerzahler.

Inzwischen zeichnet es sich ab, dass die von der Bundesregierung gewählte Strategie, sich auf Energieimporte – vor allem aus Frankreich – zu verlassen, gefährlich ist. Es ist keineswegs selbstverständlich, dass unsere Nachbarländer die destruktive und im wahrsten Sinne des Wortes »unsaubere« deutsche Energiepolitik mit ihrem erhöhten CO₂-Ausstoß stillschweigend über die nächsten Jahrzehnte akzeptieren.

Das 2024 bei den Wahlen in Frankreich erstarkte rechte Lager könnte Deutschland mit dem geforderten Ausstieg aus dem europäischen Stromnetz noch Kopfzerbrechen bereiten¹⁵².

Einen heftigen Konflikt gab es 2023/24 bei der Strommarktreform der EU¹⁵³, die den französischen Atomstrom als CO₂-arm einordnete¹⁵⁴. Die Förderinstrumente der EU für klimafreundlich erzeugten Strom gelten somit auch für Atomstrom, was den Interessen der Bundesregierung widerspricht.

Beachten Sie im Zusammenhang mit der Liefersicherheit auch das Kapitel 2.5.2 *Risiken der Kernkraft und der alternativen Energien*.

WePlanet DACH hat durchgerechnet, dass die Energiewende niemals aufgehen kann¹⁵⁵:

- Laut den Zielen der Bundesregierung soll die Offshore-Windkraft (Windräder im Meer) bis 2045 eine Gesamtkapazität von 70 GW erreichen, wofür mindestens 5.000 »Windmühlen« benötigt werden. Das entspricht einer neuen Anlage pro Werktag bis 2045. 2023 wurden jedoch nur 27 Anlagen gebaut – etwa eine alle zehn Arbeitstage.
- Um Zeiten ohne ausreichend Wind- und Solarstrom zu überbrücken, sind Backup-Kraftwerke mit einer Kapazität von 82 GW geplant. Das entspricht rund 130 Kraftwerken à 0,6 GW. Damit bis 2045 genügend Anlagen bereitstehen, müsste alle zwei Monate ein neues Kraftwerk in Betrieb gehen. Vollständig wasserstoffbetriebene Kraftwerke werden voraussichtlich erst ab 2030 verfügbar sein.
- Der benötigte Wasserstoff soll in Elektrolyseuren mit einer Gesamtkapazität von 58 GW erzeugt werden. Zum Vergleich: Die bisher größte Anlage wurde 2024 mit 24 MW in Norwegen in Betrieb genommen. Um die Zielkapazität zu erreichen, wäre etwa alle zwei Arbeitstage eine neue Anlage erforderlich – vorausgesetzt, die Technologie bewährt sich.

2.9 Wasserstoffwirtschaft

Der klimafreundliche Wasserstoff (H_2) soll den fossilen Energieträger Erdgas (CH_4) im Rahmen der sogenannten Dekarbonisierung¹ ersetzen. Dabei ist Wasserstoff vielfältig einsetzbar.

Zur Energieerzeugung:

- Über **Brennstoffzellen** wird Wasserstoff durch eine elektrochemische Reaktion direkt in elektrische Energie umgewandelt, wobei als Abfallprodukt lediglich Wasser entsteht.
- In **Wasserstoffkraftwerken** wird, wie bei Erdgaskraftwerken, durch die Verbrennung von Wasserstoff heißer Dampf erzeugt, der Turbinen zur Energiegewinnung antreibt.

In Industriellen Prozessen:

- Wasserstoff soll bei der **Stahlproduktion** als Ersatz für Kohle im Hochofenprozess dienen.
- Die **chemische Industrie** nutzt Wasserstoff als Rohstoff für die Ammoniak- und Methanolproduktion und bei chemischen Prozessen.

Weitere mögliche Anwendungen sind die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff für Fahrzeuge und Flugzeuge. Außerdem wird Wasserstoff schon heute in kleinen Mengen dem Erdgasnetz beigefügt und soll es in Zukunft vollständig ersetzen. Langfristig kann durch Elektrolyse erzeugter Wasserstoff auch als Energiespeicher dienen.

Bitte beachten Sie, dass sich die oben vorgestellten Anwendungen teilweise erst in der Erprobung befinden und mitunter ökonomische Gründe gegen deren breiten Einsatz sprechen. Darauf kommen wir aber noch.

Man unterscheidet zwischen »grünem« und »blauem« Wasserstoff¹⁵⁶:

- **Grüner Wasserstoff** wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt, wobei der benötigte Strom aus erneuerbaren Energiequellen wie Wind- oder Solarenergie stammt, wodurch keine CO_2 -Emissionen entstehen.

¹ Dekarbonisierung: Reduzierung oder vollständigen Eliminierung von CO_2 -Emissionen durch den Übergang von fossilen Brennstoffen zu erneuerbaren Energiequellen und kohlenstoffarmen Technologien, um den Klimawandel zu bekämpfen.

- **Blauer Wasserstoff** wird aus fossilen Brennstoffen, meist Erdgas gewonnen, wobei das entstehende CO₂ durch Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS) aufgefangen und gespeichert wird, um die Emissionen zu reduzieren.

Blauer Wasserstoff soll immer dann zum Einsatz kommen, wenn grüner Wasserstoff zunächst nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht.

2.9.1 Wasserstoffstrategie

Die Bundesregierung hat 2023 die Fortführung der Wasserstoffstrategie beschlossen¹⁵⁷:

Die Nationale Wasserstoffstrategie zeichnet ein Zielbild für die Wasserstoffnutzung in Deutschland für 2030 [...]. Insbesondere beschreibt sie auch den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur. So soll in Deutschland bis 2027/2028 ein Wasserstoffnetz mit mehr als 1800 Kilometern umgestellten und neuen Leitungen aufgebaut werden.

[...] Dabei ist die Versorgung mit Wasserstoff wichtig für das Ziel der Klimaneutralität Deutschlands bis 2045. Wichtige Ziele sind daher auch, dass bis 2030 Wasserstoff in der Industrie, bei schweren Nutzfahrzeugen und im Luft- und Schiffsverkehr zunehmend eingesetzt wird. Für die sichere Stromversorgung sollen wasserstofffähige Gaskraftwerke zum Einsatz kommen, um das Stromnetz zu stabilisieren.

Der in diesen Anlagen erzeugte Wasserstoff wird nicht ausreichen, um den gesamten Bedarf zu decken. Die Bundesregierung geht davon aus, dass im Jahr 2030 etwa 50 bis 70 Prozent des benötigten Wasserstoffs importiert werden müssen. Geplant ist, den Wasserstoff vorwiegend in Form von Ammoniak per Schiff nach Deutschland zu transportieren, und ab 2030 zunehmend auch über Pipelines¹⁵⁸.

In verschiedenen Projekten fördert das Bundesforschungsministerium Wasserstoffanwendungen, darunter die Produktion von Spezialchemikalien und Kunststoffen und von eFuels (klimafreundliche Kraftstoffe). Auch an der Verbesserung von Brennstoffzellen wird geforscht¹⁵⁹.

Der benötigte »grüne«, also per Ökostrom produzierte, Wasserstoff muss größtenteils importiert werden, weshalb die Bundesregierung bereits verschiedene Abkommen mit afrikanischen Ländern abgeschlossen hat¹⁶⁰.

Vorsicht! Wenn Sie sich für Wasserstoff als Energieträger interessieren, sollten Sie berücksichtigen, dass nicht alle Informationsquellen unvoreingenommen sind. Einige Umweltverbände und Medien preisen beispielsweise Wasserstoff als »saubere« Energie an, ohne die damit verbundenen Herausforderungen zu verstehen. Ebenso ist Vorsicht geboten bei Aussagen von Akteuren, die direkt oder indirekt durch Aufträge vom Wasserstoff-Trend profitieren, darunter Anlagenbauer, Verbände, Forschungsinstitute und Energieversorger.

Wasserstoff-Leitprojekte: Start...

wasserstoff-leitprojekte.de

Startseite Leitprojekte Grundlagenforschung Aktuelles Wissenswertes Partner-Projekte

Wir sind Deutschlands Wasserstoff-Hochlauf!

Wir sind der Anfang der Wasserstoff-Wirtschaft: Wir bringen Elektrolyseure zur Wasserstoff-Herstellung aufs Fließband (H₂Giga), wir machen die Wasserstoff-Erzeugung auf hoher See marktreif (H₂Mare) und wir entwickeln alle relevanten Wasserstoff-Transporttechnologien weiter (TransHyDE). Unsere Partner-Projekte der Wasserstoff-Grundlagenforschung helfen auch den Technologien von morgen beim Sprung aus dem Labor, rein in die Wirtschaft.

DAS SIND DIE THEMEN DER LEITPROJEKTE

Grafik: Projektträger Jülich im Auftrag des BMBF

H₂GIGA

Wie das Leitprojekt H₂Giga Elektrolyseure in die Serienfertigung bringen will

→ Mehr erfahren

Grafik: Projektträger Jülich im Auftrag des BMBF

H₂MARE

Wie Partner des Leitprojekts H₂Mare Wasserstoff auf hoher See produzieren wollen

→ Mehr erfahren

Grafik: Projektträger Jülich im Auftrag des BMBF

TRANSHYDE

Wie das Leitprojekt TransHyDE eine Wasserstoff-Transport-Infrastruktur entwickeln will

→ Mehr erfahren

DAS SIND DIE THEMEN DER WASSERSTOFF-GRUNDLAGENFORSCHUNG

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat eine Website eingerichtet, auf der Sie Informationen zu den Wasserstoffprojekten finden¹⁶¹.

2.9.2 Kritik an der Wasserstoffwirtschaft

Ulf Bossel, ein deutsch-schweizerischer Maschinenbauingenieur und Kritiker der Wasserstoffwirtschaft, gilt als anerkannter Experte für Brennstoffzellen¹⁶². 2021 hielt er einen Vortrag, der die Probleme der Wasserstoffwirtschaft verdeutlicht¹⁶³.

Nach Ansicht von Ulf Bossel gelten für nachhaltige und saubere Energieversorgung zwei Prämissen:

1. Die nachhaltige Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien (Sonne, Wind, Wasserkraft, Geothermie, Biomasse usw.)
2. Mit der Energie möglichst muss sparsam von der Quelle bis zur Nutzung umgegangen werden.

Das ist allerdings bei der Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse, bei der 30 Prozent der zugeführten Energie verloren geht, nicht der Fall. Auch bei der Generierung von Wasserstoff aus Erdgas durch die sogenannte Reformierung gibt es einen Energieverlust von 10 Prozent.

Wie ungeeignet die Nutzung von Wasserstoff für die Energiewende ist, zeigt sich, wenn man den **Wasserstoffkreislauf** betrachtet: Strom aus erneuerbaren Quellen → Elektrolyse → Wasserstoffwirtschaft → Umwandlung über Brennstoffzellen in Strom.

Die **Wasserstoffwirtschaft** besteht wiederum aus Verflüssigung, Verteilung über Pipelines oder Fahrzeugen, Speicherung in Tanks und Abgabe an die Verbrauchsstellen.

Leider ist der Straßentransport von Wasserstoff vergleichsweise ineffizient, denn 16 Wasserstoffgas-Tankwagen (mit 400 Bar Druck) oder 4,5 Tankwagen mit flüssigem Wasserstoff entsprechen der Energiemenge von einem Benzintankwagen.

Der Pipeline-Transport ist zwar grundsätzlich möglich, setzt aber den Austausch von Rohren und Ventilen voraus¹⁶⁴. Der Energiebedarf für die Pumpwerke ist zudem wesentlich höher als bei Erdgas, weil Wasserstoff weniger Energie pro Volumen enthält. Es muss also mehr transportiert werden.

Über die ganze Transportkette von Elektrolyse bis zur Stromerzeugung an der Verbrauchsstelle kommen von 100 Prozent Energie zum Schluss nur 20 Prozent an!

Auch die Idee, KFZ mit Wasserstoff zu betreiben, hält Ulf Bossel für absurd:

Mit der gleichen Menge Primärstrom können vier batterie-elektrische Fahrzeuge, aber nur ein mit Wasserstoff und Brennstoffzelle betriebenes Fahrzeug gleicher Größe betrieben werden.¹⁶⁵

Die Befürworter einer Wasserstoffwirtschaft schlagen deshalb vor, Wasserstoff an Tankstellen vor Ort elektrolytisch zu erzeugen. Eine Autobahntankstelle, die heute täglich etwa 60.000 Liter Benzin oder Diesel verkauft, hätte einen elektrischen Leistungsbedarf von mindestens 26 Megawatt und würde täglich 107 Kubikmeter Wasser benötigen. Die zuverlässige Erfüllung dieser Kriterien rund um die Uhr und zu allen Jahreszeiten ist für viele Standorte auf der Welt kein triviales Problem.¹⁶⁶

Das Gleiche gilt für den Flugverkehr: Für 50 Jumbo-Jets mit Wasserstoffantrieb werden benötigt:

2,500 t = 36,000 m³ flüssiger H₂, hergestellt aus 22,500 m³ Wasser plus gesamte Stromproduktion von etwa acht 1 GW Kraftwerken für Elektrolyse, Verflüssigung, Transport, Umfüllen usw.

Wenn alle 520 Flugzeuge/Tag [auf dem Frankfurter Flughafen] mit Wasserstoff betankt würden: Wasserverbrauch der Stadt Frankfurt und Strom von 25 Kernkraftwerken.

Wenig sei auch vom Gedankengang zu halten, Wasserstoff im Ausland zu erzeugen. Die benötigten Wassermengen sind riesig (für jede Tonne Wasserstoff werden 8,95 Tonnen Wasser verwendet) und der Energiebedarf für den Transport ist unter Umständen höher als die gelieferte Wasserstoffenergie.

Ulf Bossel geht aus den oben aufgeführten Gründen vom Scheitern der Wasserstoffwirtschaft aus.

—*—

Eine Studie von Robert Howarth von der Cornell University (New York)¹⁶⁷ analysierte das sogenannte Treibhauspotenzial der Gase CO₂ und Methan die bei LNG-Exporten aus den USA nach Europa und nach China entstehen:

Stärker ins Gewicht fallen dagegen die Emissionen, die entstehen, bevor das flüssige Erdgas verfeuert wird. Insbesondere der Methanausstoß ist dabei kritisch. Dieser Hauptbestandteil des Erdgases ist 80-mal klimawirksamer als CO₂.

Der Großteil des Methans entweicht in den Gasförderfeldern, Speicher- und Verarbeitungsanlagen sowie in Hochdruck-Pipelines und verursacht 38 Prozent der LNG-bedingten Treibhausgase. Weitere 9 Prozent entstehen bei der energieintensiven Verflüssigung, während der Transport per Tanker je nach Schiffstyp und Strecke zusätzliche 4 bis 8 Prozent der Emissionen verursacht.

In den USA sorgte die Studie Anfang 2024 für ein politisches Beben. US-Präsident Joe Biden stoppte sogar zeitweise neue LNG-Exportprojekte, um deren Umweltauswirkungen zu untersuchen. Gasindustriennahe Interessengruppen kritisierten eine nachträgliche Datenänderung, welche den Schadstoffausstoß der LNG-Transportschiffe deutlich herun-

tersetzte. Der Studienautor begründete dies damit, dass einige der bei den Berechnungen berücksichtigten Schiffe nicht mehr im Einsatz sei.

Die Studie¹⁶⁸ bezieht sich auf einen Zeitraum von 20 Jahren. In der Zusammenfassung (»Abstract«) heißt es im letzten Absatz:

Insgesamt ist der Treibhausgas-Fußabdruck von LNG als Brennstoff um 33 % größer als der von Kohle, wenn man GWP20 [über 20 Jahre] verwendet (160 g CO₂-Äquivalent/MJ vs. 120 g CO₂-Äquivalent/MJ). Selbst über einen Zeitraum von 100 Jahren nach der Emission betrachtet (GWP100), was den klimatischen Schaden durch Methan stark unterschätzt, ist der LNG-Fußabdruck gleich oder größer als der von Kohle.

*

Auf technische Probleme bei der Umstellung der Kraftwerke von Gas auf Wasserstoff, wies der Physiker Dr. Björn Peters im Oktober 2024 hin¹⁶⁹:

*Eben ein Gespräch mit Weltklasse-Ingenieuren. H2-ready Gaskraftwerke wird es frühestens in 10-15 a [Jahren] geben. **Die technischen Probleme im Umstieg von CH₄ auf H₂ sind ungelöst.** Wahnsinn, dass die Bundesregierung darauf wettet. Sagt vertraulich selbst ein Vorstand von Siemens Energy.*

H₂ (Wasserstoff) verbrennt viel heißer als CH₄ (Methan / Erdgas) und reagiert dabei mit dem Luft-N₂ zu Stickoxiden. Und Turbinen werden auf einen bestimmten Volumenstrom gebaut, aber gerade der ist sehr unterschiedlich bei CH₄ und H₂. Die Entwicklung stehe da noch ganz am Anfang.

*

Eine Kurzstudie¹⁷⁰ des energiewirtschaftlichen Instituts (EWI) an der Universität Köln hat die Wirtschaftlichkeit der möglichen Nutzung des Energieträgers Wasserstoff in den Bereichen Industrie, Verkehr, Strom und Gebäude untersucht.

Bei den aktuell prognostizierten Kosten des neuen Energieträgers wären viele der in den Szenarien angenommenen Anwendungen nicht wirtschaftlich. Laut einer neuen Berechnung des EWI ergibt sich bei einer moderaten Preisentwicklung eine **theoretische Finanzierungslücke von 2 bis 10 Milliarden Euro im Jahr 2030 und von 30 bis 100 Milliarden Euro im Jahr 2045.**

Die Finanzierungslücke wird in der Kurzstudie für insgesamt neun unterschiedliche Preisszenarien berechnet. Die Analyse zeigt, dass steigende Preise für fossile Brennstoffe und CO₂-Emissionen den Break-even-Preis erhöhen und so die Finanzierungslücke verringern. Im für Wasserstoff-Anwendungen besonders vorteilhaften Fall hoher fossiler und niedriger Wasserstoff-Preise ergibt sich im Rahmen der in der Kurzstudie betrachteten Szenarien noch eine Finanzierungslücke von rund 20 Milliarden Euro im Jahr 2045. Im entgegengesetzten Szenario mit hohen Wasserstoff-Preisen und günstiger fossiler Konkurrenzenergie wächst die Finanzierungslücke für das Jahr 2045 hingegen in die Größenordnung von 50-200 Milliarden Euro. „Den größten Einfluss auf die Höhe der von uns errechneten Finanzierungslücke hat der unbekannte zukünftige Wasserstoffpreis“, sagt [Mitautorin der Studie Dr.-Ing. Ann-Katrin] Klaas.¹⁷¹

*

Der Unternehmensberater Staffan Reveman fasste im September 2024 zusammen¹⁷²:

Grüner Wasserstoff ist überall und nirgends. Praktisch jede Branche hat ihn fest eingeplant: Er soll Dunkelflauten überbrücken, Häuser heizen, Prozesswärme liefern, Bahnen und Busse bewegen, Lastwagen und Autos antreiben,