

Kompendium Kraftwerkspark

A: Wie viele volatile Stromerzeuger – Wind und Sonne – verträgt Deutschland?

B: Wie viele Backup-Kraftwerke brauchen wir?

2 % Fläche und 60 Backup-Kraftwerke und schon ist die Energiewende geschafft! – Wirklich? Oder sind das nur unrealistische Utopien? Der Glaube an die Machbarkeit der sogenannten Energiewende durch die volatilen Energielieferanten zur Rettung des Klimas wird genährt durch das trügerische Arbeiten mit Mittelwerten, das Täuschen mit statistischen Falschangaben sowie das Weglassen wichtiger Konsequenzen. Kann das mal jemand nachrechnen? Ja, kann man mit den z.B. von der Bundesnetzagentur veröffentlichten Daten. Hier das Ergebnis, das jeder selbst nachrechnen kann.



Um das Klima zu „retten“ und dabei auch noch eine weltweite Vorbildfunktion auszuüben, soll Deutschland bis 2045 komplett aus der fossilen Energieerzeugung aussteigen.

Dabei hat Deutschland gerade mal einen Anteil am weltweiten CO₂-Ausstoß von 2%.

Nicht nur die gesamte Stromerzeugung von zurzeit etwa 500 TWh pro Jahr, sondern sogar der gesamte Primärenergie-Verbrauch von zurzeit etwa 2.700 TWh pro Jahr soll auf regenerative Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik oder grünem H₂ umgestellt werden. Das heißt, dass auch die Sektoren Gebäude, Industrie, Verkehr nicht mehr mit fossiler Energie, sondern nur noch mit Wind- und PV-Strom versorgt werden sollen.¹

Was aber immer im Zentrum aller Betrachtungen steht:

Windkraftanlagen und Photovoltaik sind volatil. Es gibt keinen Windstrom, wenn der Wind nicht weht, und keinen Photovoltaikstrom, wenn die Sonne nicht scheint.

Da mögen die Jahressummen der Anlagen im Mittel noch so hoch sein, zwei Drittel des Jahres liefert ein Windrad mit 3 MW Nennleistung einen Strom für höchstens 150 Kochplatten mit 2 kW

¹ Andere Regenerative wie Biomasse und Laufwasser spielen dabei wegen fehlender Erweiterbarkeit keine wichtige Rolle.

Leistung. Und wenn kein Wind weht, kann auch eine beliebige Vervielfachung der Anlagen und eine Erhöhung der Nennleistung nichts daran ändern. 100.000-mal Null ist Null!
Die Physik, die Mathematik, die Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik und die gegenwärtigen technischen Möglichkeiten geben es **nicht** her.

Beide Punkte A und B haben in Hinblick auf das, was Deutschland „noch vertragen“ kann, sowohl geografische Aspekte, den Flächenverbrauch und überhaupt mögliche Auslastungen betreffend, wie auch ökonomische Aspekte.

Die Anforderungen zur Umsetzung der Energiewende sind illusorisch.

Für die hier vorgestellten Ergebnisse wurden folgende Datenquellen benutzt:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Erneuerbare Energien in Zahlen (2019)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: Zahlen und Fakten Energiedaten (**2022**)
- Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber: ENTSO-E Transparency Platform (Portal)
- Bundesnetzagentur: SMARD Strommarktdaten (Portal),
Aufbereitung der ENTSO-E Daten
- Agora Energiewende: Agorameter (Portal)

A: Wie viele volatile Stromerzeuger – Wind und Sonne – verträgt Deutschland?

Das sogenannte „Osterpaket“

Mit dem als „Osterpaket 2022“ bezeichneten Vorhaben hat der Bundestag² eine Fülle von Gesetzes-Änderungen beschlossen mit dem Ziel, bis 2030 einen Anteil von 80 Prozent „Erneuerbarer Energien“ an einem von 500 auf 800 Terawattstunden gestiegenen Stromverbrauch (60% mehr) in Deutschland zu erreichen.

Unter anderem wurden Änderungen an folgenden Gesetzen vorgenommen:

- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
- Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)
- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)
- Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG)
- Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz; (NABEG)

Außerdem wurden neu eingeführt:

- Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG)
- Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG)

Das WindBG besagt, dass mindestens 2% der Bundesfläche als Vorrangfläche für neue Wind-Anlagen auszuweisen sind. Momentan sind offiziell 0,8% der Bundesfläche dafür ausgewiesen. Zeitziele und Verteilung der Ausweisung auf die einzelnen Bundesländer sind noch in Klärung. Durch das WindSeeG soll der Ausbau der Offshore Windenergie beschleunigt werden.

Vorgesehen ist ein Zubau der installierten Leistung von Offshore-Windenergie-Anlagen bis zum Jahr 2030 auf mindestens 30 Gigawatt sowie mindestens 40 Gigawatt bis zum Jahr 2035. Bis zum Jahr 2045 sollen schließlich mindestens 70 Gigawatt installiert sein.

²www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2022/kw27-de-energie-902620; www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/novelle-egggesetz-2023-2023972

Die Errichtung und der Betrieb „Erneuerbarer Energie“-Anlagen wurden als „Schutzgüter im überragenden öffentlichen Interesse“ eingestuft (§ 2 EEG 2023) und die Ausbauziele für Windenergie- und Photovoltaikanlagen erhöht. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz berichtet in einer Presse-Mitteilung vom 30.01.2023³: „Kabinett beschließt Beschleuniger für Wind- und Netzausbau – EU-Notfallverordnung wird umgesetzt – Verfahren werden noch mal schneller“.

Wenn der Wind- und Netzausbau einem Notfall entspringt, muss zwangsläufig alles Andere zurückstehen. Während früher jede Kröte und jeder Milan gerettet werden mussten, koste es was es wolle, zählt heute kein Einzeltier mehr, sondern allerhöchstens noch die Erhaltung der Art. Der Vogel-Schredder Windrad muss schließlich die Welt retten.

Benötigte Abstände für WKA-Onshore

Die auszuweisende Bundesfläche von 2% für die WKA, wenn die Ausbauziele wirklich erreicht werden sollen, sind ein Witz, denn der Flächenverbrauch durch die Windkraftanlagen ist ungeheuerlich.

Hierbei geht es nicht um die Abstände zwischen WKA und Wohnbebauung. Es geht um sinnvolle Abstände zwischen WKA, die so angelegt sein müssen, dass die WKA sich nicht gegenseitig verschatten.

Dazu scheint es in der im Internet verfügbaren Literatur nur wenig einheitliche Angaben zu geben⁴. Es wird darauf verwiesen, dass die Experten die Gegebenheiten dem Gelände in der Regel anpassen. Gemäß dieser Quelle⁵ könnte man beispielsweise, um Anhaltspunkte und Abschätzungen zu haben, für WKA-Onshore den folgenden Ansatz wählen:

Für den Abstand zwischen Onshore-Anlagen sind 3 bis 4 Rotordurchmesser D aufgrund der Begrenztheit der Planungsflächen und aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus durchaus üblich. Für einen Offshore-Windpark sind hingegen – auch auf Basis systematischer Untersuchungen hinsichtlich der Variation der Aufstellungsgeometrie mit computergestützten beziehungsweise animierten Windparkmodellen – deutlich größere Abstände im Bereich von etwa 7 bis 8 D oder sogar mehr in Hauptwindrichtung anzusetzen. Die Angaben der Hersteller divergieren sehr stark und Schlussfolgerungen daraus bezüglich des Flächenverbrauches sind daher unter den gegebenen Bedingungen zu sehen. Bei einem Rotordurchmesser von 160 m für künftige WKA-Onshore ergäben sich damit ein Flächenbedarf von ca. 0,4 km² pro WKA. Würde man den aktuellen Bestand von 30.000 WKA-Onshore vervielfachen auf 100.000 WKA, so hätten diese nach obiger Abschätzung einen Flächenbedarf von 40.000 km², mithin 11,2% der Landesfläche Deutschlands.

Diese Abschätzung würde natürlich voraussetzen, dass die Anlagen tatsächlich irgendwo dicht an dicht gepackt werden können, was aufgrund der Gelände-Situation wohl absolut illusorisch ist. In Wirklichkeit würde wohl eine derartige Zahl von 100.000 WKA eine noch viel größere Fläche Deutschlands zu einer Industrielandschaft machen. Allerdings gehen die Autoren der „Big 5“ Szenarien – die Diskussion erfolgt später – sogar von Faktoren 5 bis 10 für eine Vervielfachung

³ www.datev-magazin.de/nachrichten-steuern-recht/recht/kabinett-beschliesst-beschleuniger-fuer-wind-und-netzausbau-94235

⁴ Windabstandsrechner: <https://rechneronline.de/windkraft/abstand.php>

⁵ <https://www.dirk-hottmann.com/anordnung-der-windenergieanlagen-in-offshore-windparks-i/>; Verschattung bedeutet, dass ein zu kurzer Abstand zwischen zwei WKA eine WKA der anderen „den Wind wegnimmt“.

der Wind- und PV-Erzeugung in Deutschland aus. Selbst bei „nur“ einer Verdoppelung der Anlagen, möglicherweise durch mehr Effizienz bei der Stromausbeute der WKA, so denn der Wind weht, werden 24.000 km² respektive fast 7 % !der Gesamtfläche Deutschlands⁶ verheert. Absurd und Täuschung sind damit die 2%, die das gegenwärtige Wind-an-Land-Gesetz ausweist. Da muss man schon mal an die Wälder herangehen und einige tausend Quadratkilometer Natur abholzen nach dem Motto: „Wir zerstören den Planeten, um ihn zu retten!“

Ausbauziele gemäß den Szenarien „Osterpaket 2022“

Die folgenden Tabellen dienen der Analyse gemäß den Ausbauvorschriften der „Ostergesetze“. Die Werte der installierten Leistungen für PV und Wind sind in GW angegeben, die Werte für den Jahres-Strom-Bedarfes in TWh.

Das Szenario 2030:

Tabelle 1 zeigt die Jahressummen der Wind-, PV-Produktion und den tatsächlichen Strombedarf der Verbraucher für die Jahre 2021 und 2022 aus den Daten von SMARD⁷.

Die Gesamtjahresproduktion umfasst auch die Produktion der Kohle-, Braunkohle-, Kern- und Gaskraftwerke.

SMARD: Strom-Produktion und Bedarf in Deutschland im Jahr 2021 in TWh					
Wind Onshore	Wind Offshore	PV	Wind On + Wind Off + PV	Gesamt-Produktion	Gesamt-Bedarf
89,4	24,0	46,6	160	492,0	504,5
			Anteil an der Produktion:		
			32,52%		
			Anteil am Bedarf:		
			31,71%		

SMARD: Strom-Produktion und Bedarf in Deutschland im Jahr 2022 in TWh					
Wind Onshore	Wind Offshore	PV	Wind On + Wind Off + PV	Gesamt-Produktion	Gesamt-Bedarf
100,6	24,7	55,3	180,6	497,0	482,2
			Anteil an der Produktion:		
			36,34%		
			Anteil am Bedarf:		
			37,45%		

Tabelle 1

Tabelle 2 zeigt die „Avisierte installierte Leistung gemäß „Osterpaket 2022““

Szenario "2030"				
	Wind Onshore Install. [GW]	Wind Offshore Install. [GW]	PV Install. [GW]	Jahres-Bedarf [TWh]
2022 nach SMARD	58	8	63	500
Gesetzlich festgelegter Ausbau bis 2030	115	30	215	800
Ausbaufaktor	1,98	3,75	3,41	1,60
Unterstellter Wirkungsgradfaktor	1,20	1,20	1,20	
Ertragsfaktor	2,38	4,50	4,10	

Tabelle 2⁸

⁶ Irrwege der Energiewende – Wenn die Zahlen nicht mitspielen, ISBN 9 783757 843755, S. 58ff.

⁷ SMARD Bundesnetzagentur | SMARD.de: www.smard.de/home/marktdaten. Das Portal SMARD wird von der Bundesnetzagentur betrieben und stellt Strommarktdaten zur Verfügung. Die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen ist eine obere deutsche Bundesbehörde im Geschäftsbereich des Bundeswirtschaftsministeriums

⁸ Der „Wirkungsgrad einer Anlage“ wird bestimmt über einen gewissen Betrachtungszeitraum, beispielsweise für ein Jahr, hier 2022, und ist definiert als der Quotient aus der von der Anlage tatsächlich erzeugten Energie und der gemäß

In dieser Tabelle muss man genau unterscheiden zwischen den installierten Leistungen heute und der per Gesetz vorgegebenen Ausbaustufe in Spalte 2 „Wind Onshore Install in [GW]“ sowie dem Jahresbedarf heute und angenommen, vorhergesagten Jahresbedarf in Spalte 5 „Jahres-Bedarf in [TWh]“.

Um es an Beispielen zu verdeutlichen: Auf einem Acker kann eine bestimmte Menge an Pflanzen angepflanzt werden, also eine mögliche zu erwartenden Ernte, was aber tatsächlich später geerntet wird, ist damit noch nicht bestimmt. Ein Auto mit x PS in der Garage ist in der Lage eine bestimmte Leistung erbringen zu können, er setzt die mögliche Leistung erst in Energie um, wenn das Auto losfährt.

Es stellt sich die Frage, wie bei Zunahme der Elektromobilität und der Vorgabe zur Nutzung von Wärmepumpen, nur 800 TWh in 2030 angenommen werden können. Zu den Ausbaufaktoren muss gesagt sein, dass in keinsten Weise darauf eingegangen wird, wie der Ausbau erfolgen soll. Soll der Ausbau durch Vervielfachung der Anlagen geschehen oder durch Erhöhung der installierten Leistung?

Eine Analyse mit den Daten des Agorameter ergaben im Vergleich zu SMARD leicht modifizierte Werte, jedoch keine nennenswerten Abweichungen⁹.

Zunächst eine Konsistenz-Prüfung aufbauend auf den Produktions-Daten von 2022. Unter der Annahme, dass die Wetterverhältnisse sich nicht gravierend verändern, kann eine Jahres-Produktion in 2030 von Wind und PV, ausgehend von den Daten in Tabelle 1, als mögliche Leistung realistisch sein.

Die Ertragsfaktoren ergeben sich aus der Multiplikation von Ausbaufaktor und unterstelltem Wirkungsgrad. Der Wirkungsgradfaktor ist ein angenommener Wert für zukünftige Verbesserungen des Wirkungsgradfaktors.

Die Rechnung dazu:

$$\begin{aligned} & \text{JP}^{10} \text{Wind Onshore (2022)} * 2,38 + \text{JP Wind Offshore (2022)} * 4,50 + \text{JP PV (2022)} * 4,10 \\ & = 101 * 2,38 + 25 * 4,50 + 56 * 4,10 \text{ TWH} \\ & = 582 \text{ TWH} \end{aligned}$$

Bei Hinzunahme von Biomasse und Laufwasser käme man maximal auf knapp 640 TWh regenerative Strom-Produktion, das entspräche den im Gesetz vorgegebenen 80% von 800 TWh, dem gesetzlich festgelegten Ausbau-Ziel. Dabei wird allerdings eine Erhöhung des Wirkungsgrades um 20% unterstellt, der Wirkungsgradfaktor wäre dadurch 1,20.

Die laut EEG 2023 §4a für 2030 vorgesehene regenerative Strom-Erzeugung von 800 TWh erscheint unter diesen Prämissen realistisch.

Man beachte jedoch die Ausbaufaktoren und deren Auswirkungen auf die verbrauchten Flächen und die ökonomischen Anstrengungen, die zu erbringen sind. Darüber hinaus sind die Jahressummen, in machen Veröffentlichungen auch Bilanzsummen genannt, nicht die erzielten

der Nennleistung bzw. Peak-Leistung (Angabe Peak bei PV-Anlagen) theoretisch maximal möglichen Energie über diesen Zeitraum.

Der Ertragsfaktor ist das Produkt Ausbaufaktor und unterstellter Wirkungsgradfaktor.

⁹ www.agora-energiewende.de/service/agorameter/; Die Agora Energiewende bezeichnet sich selbst als Thinktank und Politiklabor, die für die Energiewende wissenschaftlich fundierte und politisch umsetzbare Wege erarbeitet, damit der Weg in Richtung Klimaneutralität gelingt – in Deutschland, Europa und global.

¹⁰ JP Jahres-Produktion

Erträge, wenn man die tatsächlichen Zeitreihen im Viertelstunden- Halbstunden oder Stundentakt an bestimmten Tagen und Orten betrachtet. Die Volatilität bleibt erhalten. Da geht es schnell mal von Null auf Hundert. Wie soll das Management dies ausgleichen?
Im Anhang „Zeitreihen und Summenwerte“ wird dieser Zusammenhang dargestellt.¹¹

Das Szenario „2045“

Mit dem geänderten Klimaschutzgesetz von 2021 und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG 2023 wird explizit vorgeschrieben, dass Deutschland bis 2045 Treibhausgasneutralität erreichen soll.

Dies bedeutet unter Anderem:

- Es sollen keinerlei fossile Energieträger mehr eingesetzt werden.
- Zur Energieerzeugung sollen nur noch Wind, PV und grüner Wasserstoff verwendet werden, der wiederum nur mit Wind und PV entweder heimisch erzeugt oder importiert wird. Biomasse und Laufwasser sind weiterhin einsetzbar, aber spielen mengenmäßig keine große Rolle und sind auch nicht ausbaubar.
- Falls Treibhausgas-Emissionen irgendwo noch entstehen, müssen diese anderswo in Deutschland durch Absorption wieder kompensiert werden. Dies ist wiederum ein brisantes Thema im Emissionshandel.
- Alle Energieverbrauchs-Sektoren Industrie, Mobilität, Gebäude müssen auf die Erneuerbaren umgestellt werden.¹²

Schon vor 2045, nämlich spätestens bis 2038, soll das letzte Kohlekraftwerk in Deutschland stillgelegt werden. Danach ist Stromerzeugung in Deutschland fossil höchstens noch mit Erdgas bis spätestens 2045 möglich.

Szenario "Klimaneutralität 2045"				
	Wind Onshore Install. [GW]	Wind Offshore Install. [GW]	PV Install. [GW]	Jahres-Bedarf [TWh]
2022 nach SMARD	58	8	63	500
Gesetzlich festgelegter Ausbau bis 2040	160	70	400	1100*
Ausbaufaktor	2,76	8,75	6,35	2,2*
Unterstellter Wirkungsgradfaktor	1,20	1,20	1,20	
Ertragsfaktor	3,31	10,50	7,62	
Der künftige Wert für Wind offshore soll gelten für das Jahr 2045.				
* Für den Ausbau des Jahres-Bedarfes werden in den zitierten Gesetzen keine Vorgaben gemacht. Dies ist eine Schätzung, siehe im Text weiter unten.				

Tabelle 3 Ausbau gemäß Szenario „Klimaneutralität 2045“

Das EEG 2023 und das Windenergie-auf-See-Gesetz sehen die in Tabelle 3 dargestellten Ausbauziele bis 2040 bzw. 2045 vor.

Die Gesetze machen keine Vorgaben zum anzunehmenden Jahres-Bedarf. Dieser künftige Bedarf wird tendenziell einerseits erheblich ansteigen durch die geplante De-Carbonisierung aller

¹¹ Die installierte Leistung bezeichnet für eine Erzeugungs-Technologie die Summe der **Nennleistungen** aller Anlagen mit dieser Technologie in Deutschland. So bezeichnet z.B. die installierte Leistung Wind-Onshore die Summe der Nennleistungen aller Wind-Onshore Anlagen in Deutschland, also deren maximal mögliche, **nicht** tatsächlich erbrachte Leistung, die gemittelt über alle Anlagen Wind-Onshore in Deutschland, also im Süden und Norden, bei 20% liegt. Man vergleiche auch die Viertelstundenwerte von ENTSO-E.

¹² www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutz-gesetz-2021-1913672;
www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html

Sektoren und andererseits vielleicht reduziert werden durch Einsparungen und Effizienzverbesserungen. Es erscheint zumindest fragwürdig, ob die geplanten Ausbauten ausreichen werden, um auch alle De-Carbonisierungs-Ziele zu erreichen, ohne dass ein erheblicher Strom-Import notwendig wird.¹³ Es gibt keinerlei Vorstellungen davon, wie der Ausbau der Anlagen erfolgen könnte.

Für die Analyse wird ein „Hypothetischer Bedarf 2045“ angenommen, der sich aus der Strom-Produktion in Tabelle 1 von Wind und PV des Jahres 2022 durch Multiplikation mit den Ertragsfaktoren ergibt:

$$\begin{aligned} & \text{JP Wind-Onshore (2022)} * 3,31 + \text{JP Wind Offshore (2022)} * 10,50 + \text{JP PV (2022)} * 7,62 \\ & = 101 * 3,31 + 25 * 10,50 + 56 * 7,62 \text{ TWH} \\ & = 1024 \text{ TWH} \end{aligned}$$

Eine hypothetische Annahme unter Inklusion der Jahres-Produktion von Biomasse und Laufwasser ergibt einen Bedarf im Jahre 2045 von 1.100 TWh.

Dies würde dann einen Ausbaufaktor beim Bedarf von 1.100 TWh (2045)/ 500 TWh(2022) von 2,2 ergeben¹⁴.

PV-Flächenfraß

Die aktuellen Zahlen zur derzeit installierten Leistung der PV-Anlagen schwanken je nach Quelle stark. Laut Statista¹⁵ waren es in Deutschland im Jahre 2022 6,7 kWp, in 2023 rechnet man mit einem Wachstum von rund 11%.

Der Flächenfraß der PV-Anlagen lässt sich wie folgt berechnen:

Dazu benötigt man die sogenannte **Peak-Leistung**. Mit Peak-Leistung wird die maximal mögliche Leistung einer PV-Anlage bezeichnet. Diese hängt neben der Fläche der PV-Anlage auch ab von der eingesetzten Technologie der Photovoltaik. Typisch sind 0,2 kWp¹⁶ / 1 qm.

Nach den aktuellen Zahlen sind in Deutschland rund 78 GW PV Peak Leistung installiert¹⁷. Das sind 400 qkm¹⁸. Bei einer Vervielfachung der Leistung auf 400 GW bis auf 2045 gemäß Tabelle 3 müsste die PV-Fläche mindestens auf 2.000 qkm erweitert werden, was 1/10 des Anteils der Windkraftanlagen ist.

Die Szenarien „Big 5“

Unter dem Sammel-Titel „Big 5“ wird eine Fülle von Analysen und Vorhersagemodelle von fünf führenden und regierungsnahen Instituten angeboten. Auch hier wird nichts unversucht gelassen, Szenarien zur Erreichung der „Klima-Neutralität 2045“ zu entwickeln, auch wenn diese aus technisch-naturwissenschaftlichen, wirtschaftlichen und geographischen Gründen nur reine Phantasiegebilde sind. Von Umwelt- und Natur- und auch Menschenschutz ganz zu schweigen.

¹³ www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/kohleausstieg-1664496
www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/windenergie-auf-see-gesetz-2022968

¹⁴ In „Die Irrwege der Energiewende – wenn die Zahlen nicht mitspielen“; ISBN 9-783757-843755 können die Ausbaufaktoren durch jeden anderen Wert analysiert werden.

¹⁵ <https://de.statista.com/themen/156/photovoltaik/>

¹⁶ Kilowattpeak

¹⁷ <https://www.pv-magazine.de/?s=zubau+pv+2023>

¹⁸ <https://strom-report.com/photovoltaik/>

Auf diese Analysen wird zusammenfassend in einer Darstellung des Prognos-Institutes¹⁹ eingegangen.

Zwar führen diese Studien aus, dass die Forderung der „Klimaneutralität 2045“ zu mindestens einer Verdoppelung des Strombedarfs (teilweise wird sogar eine Verdreifachung angenommen) und zu einer Vervielfachung der Wind- und PV-Stromerzeugung in Deutschland um Faktoren zwischen 5 bis 10 (je nach Modell) führen muss, auf die sich dadurch verstärkende Volatilität der Stromgenerierung und die dadurch verschärfte Stromlücken-Problematik gehen die Studien jedoch nur sehr pauschal ein.

Wie man allerdings annehmen kann, dass der Jahresgesamtbedarf nach Sektorkopplung anstelle von heute 2700 TWh für die Gesamtprimärenergie auf 1487 TWh bei zunehmender Elektromobilität und Wärmepumpen sinken wird, ist eine Kopfnuss-Aufgabe für Märchenerzähler und Utopisten!

Um einmal eines der Big 5 Szenarien durchzurechnen, wird das folgende Agora-Szenario aus der Prognos-Arbeit (S. 17) betrachtet. Die Angaben für 2045 ist die gewünschte Energieerzeugung in TWh.

Tabelle 4 „Ausbau gemäß Szenario „SKN-Agora-KNDE2045“:

Szenario "SKN-Agora-KNDE2045" aus Prognos AG, Klimaneutralitätsszenarien				
	Wind Onshore Erzeugung [TWh]	Wind Offshore Erzeugung [TWh]	PV Erzeugung [TWh]	Jahres-Bedarf [TWh]
2022 nach SMARD	101	25	56	500
Ausbau bis 2045 nach Szenario	582	360	473	1487
Ausbaufaktor	5,76	14,40	8,45	2,97

Tabelle 4

Die Autoren betonen in jedem zweiten Absatz, dass es sich bei dem Vorhaben „Klimaneutralität 2045“ um die bisher größte technisch-wirtschaftliche Herausforderung in der Geschichte unseres Landes handelt. Damit fordern sie nichts weiter, als die naturwissenschaftlichen Gesetze dieses Planeten aufzuheben.²⁰

Die drei noch konkretesten Vorschläge der „Big 5“-Studien, um die Volatilitäts-Problematik irgendwie in „den Griff“ zu bekommen, laufen auf Folgendes hinaus:

1. Verwendung des regenerativen Überangebotes zur Wasserstoff-Elektrolyse
2. Für eine Übergangszeit den Ausgleich der Unterproduktion durch den Einsatz zusätzlicher Gas-Kraftwerke mit importiertem fossilem (!) Erdgas
3. Anpassung des Bedarfs an das volatile Angebot durch Lastreduktion bzw. Lastverschiebung. Der dafür von vielen Energiewendern benutzte Begriff „Spitzenglättung“ ist irreführend. Gemeint ist „Lastabwurf“ bei Unterproduktion, also Abschaltung von Verbrauchern²¹.

¹⁹ Prognos AG: Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenen, 16.03.2022

²⁰ Es nimmt nicht wunder, dass viele Menschen sich an eine solche Diktion unlieb erinnern.

²¹ https://www.gesetze-im-internet.de/ablav_2016/BJNR198400016.html. Die Spitzenglättung bezieht sich z.B. auf die Reduzierung der bei einem privaten Verbraucher für das Laden seines E-Autos und den Betrieb seiner Wärmepumpe verfügbaren Leistung²¹. Zur Lastreduktion gab es bis zum Juli 2022 noch eine „Verordnung über abschaltbare Lasten“, die es den Netzbetreibern ermöglichte, in gemeinsamer Abstimmung mit Großverbrauchern deren Lasten zeitweise zu reduzieren. Seit dem Auslaufen dieser Vereinbarungen drohen im Notfall unvereinbarte regionale Lastabwürfe (sog. „Brown-outs“) oder im Extremfall landesweite Black-outs.

Fazit

Der Flächenfraß durch die volatilen Regenerativen Wind und Sonne, insbesondere der Windkraftwerke, ist von ungeheurem Ausmaß mit den vorgegebenen Ausbauzielen und könnte demnach bis zu 11% der bundesdeutschen Landesfläche entstellen.

Dabei wird keine Rücksicht genommen auf Naturparks und Landschaftsschutzgebiete.

Der Altöttinger Forst, der Reinhardswald, der Förnbacherforst, das Naturparadies Rügen, um nur einige wenige zu nennen, müssen dafür herhalten. Um US-Frackinggas zu erhalten, will Deutschland eine Tankerterminal direkt vor der Ferieninsel Rügen aufbauen²².

Sie alle fallen der sogenannten Energiewende zur Rettung des Klimas zum Opfer, weil die Errichtung und der Betrieb „Erneuerbarer Energie“-Anlagen als „Schutzgüter im überragenden öffentlichen Interesse“ eingestuft (§ 2 EEG 2023) und die Ausbauziele dementsprechend für Windenergie- und Photovoltaikanlagen erhöht werden.

Es ist eine brutale Zerstörung der Umwelt und der Natur in einem überbevölkerten Land, um Wahnvorstellungen und Profitgier zu befriedigen.

Längst dienen die Maßnahmen nicht mehr dem Klima-, Umwelt- und Naturschutz.

Selbst der Bundesrechnungshof schreibt u.a. in seinen Bemerkungen 2022 zur Haushalts- und Wirtschaftsführung des Bundes: „Die Bundesregierung gewährt jährlich auch Subventionen in Milliardenhöhe. Etliche dieser Subventionen begünstigen klimaschädliche Aktivitäten. Deren Höhe bezifferte das Umweltbundesamt im Jahr 2018 auf über 65 Mrd. Euro“²³.



„Zuwegung“ für eine neue WKA, Rotorlänge über 70 Meter, markiert ist ein Spaziergänger

²² <https://zurzeit.at/index.php/ostseeinsel-ruegen-naturparadies-soll-fuer-Ing-terminal-vershandelt-werden/>

²³ https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/-2022-Kurzmeldungen/-11-2022_bemerkungen/11-2022-bemerkung2022.html

B: Wie viele Backup-Kraftwerke brauchen wir?

Backup-Gaskraftwerke

Grundsätzlich gilt gemäß der Gesetzesvorlage, dass nur Gaskraftwerke als grundlastfähige Kraftwerke durch die De-Carbonisierung zu betrachten sind, um die Unterproduktion von Windkraft- und PV-Anlagen auszugleichen, da das Thema Kernkraftwerke bisher tabuisiert wird. Zur Erreichung der gesetzlich vorgegebenen Ziele müssen bestimmte Annahmen für die Entwicklungen in der Zukunft getroffen werden. Geänderte Rahmenbedingungen verändern die Annahmen. Die Größenordnungen werden sich kaum ändern. Zwar werden immer wieder neue Erfindungen auf dem Gebiet der Batterien und der Wasserstofftechnologien gemacht. Diese sind in der Regel Prototypen. Eine technische Realisierung in den erforderlichen industriellen Dimensionen ist nicht in Sicht. Um die Konsequenzen technisch-wirtschaftlich durchzurechnen und aufzuzeigen, wird das bereits diskutierte Szenario „SKN-Agora-KNDE2045“²⁴ betrachtet, ein Vorschlag der sogenannten Big 5:

Tabelle 4 Ausbau gemäß Szenario „SKN-Agora-KNDE2045“

Szenario "SKN-Agora-KNDE2045" aus Prognos AG, Klimaneutralitätsszenarien				
	Wind Onshore Erzeugung [TWh]	Wind Offshore Erzeugung [TWh]	PV Erzeugung [TWh]	Jahres-Bedarf [TWh]
2022 nach SMARD	101	25	56	500
Ausbau bis 2045 nach Szenario	582	360	473	1487
Ausbaufaktor	5,76	14,40	8,45	2,97

Tabelle 4

Die Ausbauziele dieses Szenarios sind sehr hochgegriffen. Es verdeutlicht, welche exorbitanten Dimensionen für das Erreichen der Energiewende durchzuführen wären und beleuchtet die generelle Problematik dieser Vorschläge. Die Berechnungen umfassen die zu installierende Leistungen, die Auslastung der Gaskraftwerke, die benötigten Mengen LNG, solange noch nicht auf den „grünen Wasserstoff“ umgestellt werden kann.

Zu installierende Leistung

- Welche Leistung müsste man für diese zu bauenden Back-up Gaskraftwerke installieren?
- Wie viele solcher Kraftwerke bräuchte man?

Dazu wird gemäß den vorgegebenen Rahmenbedingungen kalkuliert, welche Leistung - gleich welcher Art von Gaskraftwerken – sei es fossil, sei es „grün“ betrieben – bereit zu stellen ist, um die künftige Unterproduktion unseres gewählten „Big 5“-Szenarios zu decken.

Bei der Ausbaustufe der regenerativen Produktion und des Bedarfes gemäß Szenario „SKN-Agora-KNDE2045“ aus der Tabelle 4 ohne Einsatz von sogenannten Glättungsspeichern²⁵, muss

²⁴ https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf

²⁵ Ein Glättungsspeicher „glättet“ die Volatilität der Erneuerbaren dadurch, dass es in Zeiten des Überangebotes die Stromenergie, die über dem Bedarf liegt, wegspeichert. Bei Unterangebot wird dann wieder Energie aus diesem Speicher entnommen, um den Bedarf zu decken. Speicher sind natürlich schon lange im Einsatz und neue Technologien werden aktuell intensiv erforscht, zurzeit stehen diese aber in den geforderten Dimensionen nicht zur Verfügung. Glättungsspeicher sind Arbeitsspeicher im Dauereinsatz ähnlich einer Auto-Batterie, sie werden permanent be- und entladen. Sie haben nichts mit Notfallspeichern zu tun, die im Fall einer Netzunterbrechung zum Einsatz kommen und möglicherweise einen Blackout überbrücken sollen. Glättungsspeicher haben nichts mit

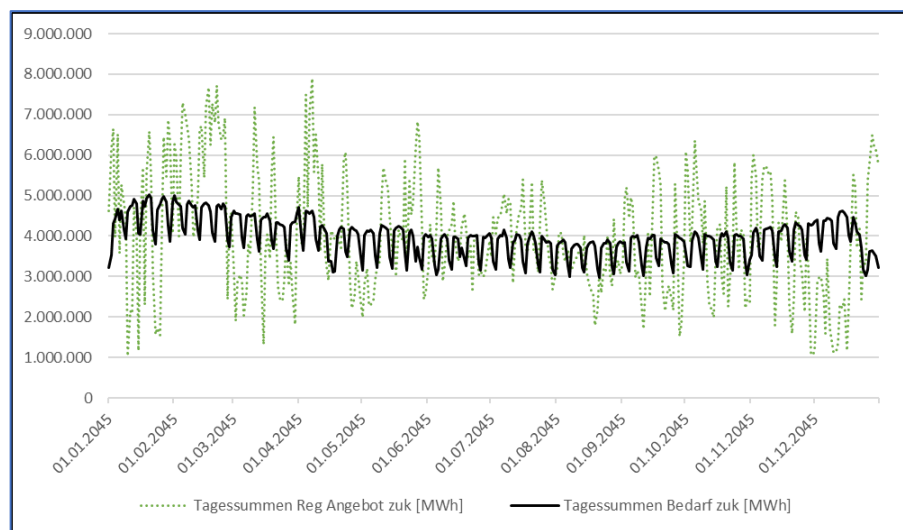
davon ausgegangen werden, dass das Überangebot der Regenerativen komplett abzuregeln ist. Von dem Überangebot wird praktisch nichts exportiert werden, weil es weder in Europa Verbraucher geben wird, die solche „Energie-Ausbrüche“ verwenden können, noch die Übertragungsnetze zu einem solchen Transport in der Lage wären.

Strom-Importe aus dem Ausland werden ebenfalls vernachlässigt, da die bei Unterproduktion der Regenerativen Wind und PV auftretenden Versorgungslücken viel größer als die Import-Möglichkeiten sind. Bei Unterproduktion der Volatilen sollen daher Gaskraftwerke eingesetzt werden, die entweder fossil oder mit Grünem Wasserstoff betrieben werden.

Die Herkunft des Gases (importiert, wenn fossil - importiert oder hausgemacht, wenn grün) wird nicht betrachtet. Auch die landeseigene Gasförderung ist aktuell zu gering, um eine Rolle zu spielen.

Aus der Berechnung der benötigten installierten Leistung dieser Gaskraftwerke zur Füllung des Unterproduktionsstrommangels, um die Bedarfsdeckung zu erzielen, erfolgt eine Abschätzung, welche Mengen an fossilem LNG beziehungsweise „Grünem Wasserstoff“ man pro Jahr importieren müsste.

Die folgende Abbildung „Tagessummen Regeneratives Angebot und Bedarf gemäß Szenario „SKN-Agora-KNDE2045“ zeigt die Tagessummen des regenerativen, jedoch volatilen Angebotes sowie des Bedarfes. Die Werte dieser Modellierung ergeben sich durch Multiplikation der Werte von 2022 gemäß SMARD mit den Ausbaufaktoren der Tabelle 4.



Tagessummen Regeneratives Angebot und Bedarf gemäß Szenario „SKN-Agora-KNDE2045

Die Abbildung verdeutlicht, dass sowohl Überangebot wie auch Unterproduktionen nicht selten sind. Das Überangebot führt nicht zu einer Überproduktion, sondern muss abgeregelt werden, weil diese extremen Überschüsse niemand gebrauchen kann; natürlich nicht zum Schaden der Windkraftbauern. Die regenerative Unterproduktion muss gemäß den gesetzlichen Vorgaben komplett von den Backup-Gaskraftwerken ausgeglichen werden.

Gaskraftwerke sind immerhin schnell auf- und ab-regelbar und können daher mit der nicht planbaren Volatilität der Regenerativen vielleicht einigermaßen Schritt halten.

Das Management volatiler Regenerativer und der Backup-Kraftwerke sowie die Gewährleistung der Netzstabilität erfordern schon heute gigantische Anstrengungen.

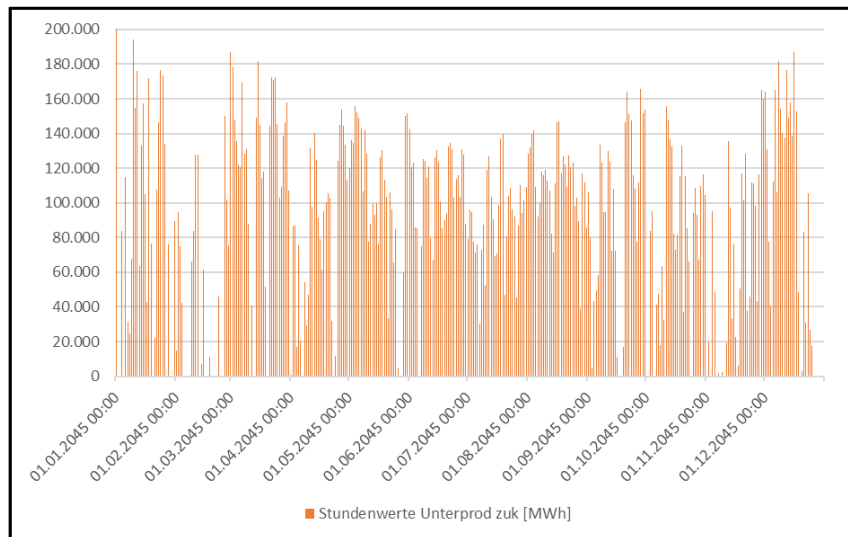
„Spitzenglättung“ zu tun. Erstere ergänzen und verbessern die Produktionsseite. Letzteres manipuliert die Bedarfsseite.

Die Kosten gehen derzeit bereits in große mehrstellige Millionensummen.

Die Frage, woher das nötige Gas herkommen wird, bleibt offen.

Die folgende Abbildung gemäß dem Szenario „SKN-Agora-KNDE2045“ aus Big 5 zeigt explizit die Stunden-Mittelwerte der benötigten Leistungen Backup-Gaskraftwerke [MW], d.h. für alle Stunden des Jahres die jeweilige Unterproduktion der Regenerativen, mithin genau die jeweils benötigte Stunden-Produktion der Gaskraftwerke zum Ausgleich der Unterproduktion.

Die im jeweiligen Stundenmittel benötigten Leistungen in MW entsprechen den jeweiligen Stunden-Produktionen in MWh.



Stundenwerte der benötigten Leistungen der Backup-Gaskraftwerke.

Man sieht, dass diese Leistungen im Maximum fast **193.000 MW oder 193 GW** erreichen können²⁶. Kostenschätzungen für neue Gaskraftwerke sind selten zu bekommen. Beispielsweise wird im Jahr 2018 von der Installation eines neuen Gas-Kraftwerkes mit Kraft-Wärmekoppelung in Leipzig berichtet²⁷ mit einer Leistung von 150 MW und Kosten in Höhe von 150 Millionen Euro, also pro 1 MW ein Kostenfaktor von 1 Million Euro.

Demnach würde ein Park von Backup-Gaskraftwerken mit 193 GW so etwa 193 Milliarden Euro Investition erfordern.

Eine etwas ältere Arbeit der Uni Stuttgart aus dem Jahr 2008 nennt eine Zahl von 480 EUR / kW, also knapp die Hälfte²⁸. Da heute etwa 30 GW Gaskraftwerke installiert sind, müssten also weitere 163 GW zugebaut werden. Obendrein müssen alle Gaskraftwerke bis 2045 wegen der Klimaneutralität „H2-ready“ sein. Da entsteht die Frage, ob die heute vorhandenen Kraftwerke überhaupt entsprechend ertüchtigt werden können oder ebenso komplett neu gebaut werden müssen.

Beim Zubau von 193 GW werden ca. **550 neue Gaskraftwerke der 300 MW Klasse benötigt.**

Bis 2038 müssten pro Jahr 40 neu in Betrieb gehen. Das wären 12 GW Leistung zusätzlich pro Jahr. Zum Vergleich: Im Jahre 2022 wurden 1,9 GW Erdgaskapazitäten²⁹ zugebaut.

In der Jahressumme würden ca. 318 TWh elektrischer Energie aus den Gaskraftwerken gebraucht, um die Unterproduktion der Regenerativen auszugleichen.

²⁶ **Apropos: 193 GW wären ungefähr die Leistung von 140 Kernkraftwerken (!)**

²⁷ www.lvz.de/lokales/leipzig/leipzig-koppelt-sich-bei-fernwaerme-vom-kraftwerk-lippendorf-ab-6YNTTA2D5RAVHBKWF4HCXR73A.html

²⁸ www.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/arbeitsberichte/downloads/Arbeitsbericht_04.pdf

²⁹ Agora Energiewende - Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2022

Auslastung der Backup-Gaskraftwerke

Die Backup-Gaskraftwerke könnten entsprechend ihrer installierten Leistung von 193 GW eine maximal mögliche Jahres-Produktion von ca. $193 \text{ GW} * 8760 \text{ h} = 1.690 \text{ TWh}$ erzeugen.

Definiert man als Jahres-Auslastung den Quotienten aus der zu erzeugenden Energie zur Deckung der Unterproduktion und der maximal möglichen Jahresproduktion, erhält man eine Jahres-Auslastung der Backup-Kraftwerke von 18% ($318 \text{ TWh} / 1.690 \text{ TWh}$).

Eine Investition mit 18,8% Auslastung erscheint sehr fragwürdig. Die Strom-Gestehungskosten (LCOE - Levelized Costs of Electricity)³⁰ dürften immens sein und die Verbraucherpreise weiter explodieren lassen, falls sich überhaupt dafür Investoren finden lassen.

Als abschließende Frage: An wie vielen Stunden des Jahres müssen überhaupt irgendwelche Backup-Gaskraftwerke eingesetzt werden? Dazu folgende Zahlen, wieder basierend auf den historischen Daten von 2022 und auf dem oben genannten „Big 5“-Szenario:

An 4535 Stunden des Jahres findet Unterproduktion der Regenerativen statt, das sind 52% aller Stunden des Jahres. Nur In diesen Stunden müssen Teile der Backup-Kraftwerke in der jeweils nötigen Menge eingesetzt werden.

In den restlichen 4.225 Stunden stehen alle Backup-Kraftwerke komplett still.

Benötigte Menge LNG

Im Jahr 2022 lag der Erdgasverbrauch in Deutschland bei ca. 89 Milliarden Kubikmetern. Davon wurden 4,8 Milliarden Kubikmeter in Deutschland gefördert, also knapp 5,4%³¹. Die deutsche Förderung ist seit Jahren rückläufig. Die Gas-Importe stammen nach dem russischen Import-Stopp zurzeit hauptsächlich aus Norwegen und den Niederlanden. Dabei lagern in Deutschland erschließbare Vorkommen von geschätzt 2,7 Billionen Kubikmetern³².

Wenn der Ausbau der Gaskraftwerke wie oben beschrieben tatsächlich erfolgen sollte, müssen sicherlich gewaltige zusätzliche Mengen an LNG (Liquified Natural Gas) über Großtankschiffe herantransportiert werden. Dazu werden als mögliche Lieferanten die USA und arabische Länder genannt. In den USA wird Gas vielfach durch Fracking gewonnen, eine Technik, die auch in Deutschland einsetzbar wäre, aber verboten ist³³.

Zu LNG-Importen folgende Umrechnungen und Abschätzungen:

1 Tonne LNG hat ein Volumen von $2,2 \text{ m}^3$ und umgerechnet **13 MWh Heizenergie**.

1 m^3 LNG wiegt 0,45 Tonnen und hat 6 MWh **Heizenergie**.

Bei geschätzten 40 % Wirkungsgrad für die Umwandlungskette: Entladung aus dem Tankschiff, Re-Gasifizierung, Transport, Speicherung im Erdgasnetz, Umwandlung von Heizenergie in elektrische Energie erhält man:

1 Tonne LNG hat ein Volumen von $2,2 \text{ m}^3$ und 5,2 MWh **elektrischer Energie**. Entsprechend hat 1 m^3 LNG mit dem Gewicht von 0,45 Tonnen und 2,4 MWh **elektrischer Energie**.

Mit dem Fassungsvermögen eines LNG-Großtanker kann man 250.000 m^3 LNG oder umgerechnet 100.000 Tonnen³⁴ transportieren.

Daraus folgt, dass für die benötigte Gesamtmenge LNG pro Jahr für 318 TWh etwa 61,2 Millionen Tonnen LNG zu transportieren sind³⁵. Für die benötigte Gesamtladungen pro Jahr ca. sind 612 Tankladungen erforderlich. All diese Großtanker fahren mit „schmutzigem“ Schweröl!

³⁰ www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html

³¹ www.bveg.de/die-branche/erdgas-und-erdoel-in-deutschland/erdgas-in-deutschland/

³² www.bveg.de/die-branche/erdgas-und-erdoel-in-deutschland/erdgasreserven-in-deutschland/

³³ www.bveg.de/die-branche/erdgas-und-erdoel-in-deutschland/fracking-in-deutschland/

³⁴ de.wikipedia.org/wiki/Tanker

³⁵ $318 \text{ TWh} / 5,2 \text{ MWh pro Tonne} = 61,2 \text{ Millionen Tonnen}$.

Schlussfolgerung

Da bis 2038 entsprechend der bisher gesetzlichen Vorgaben nach den Kernkraftwerken auch alle Kohlekraftwerke vom Netz gehen sollen, müssten in den 14 Jahren bis dahin insgesamt ca. 550(!) neue Gaskraftwerke der 300-MW-Klasse gebaut werden bei der angenommenen Bedarfsverdreifachung durch Sektor-Koppelung. Das sind fast 40 neue Gaskraftwerke dieser Klasse jedes Jahr bis 2038. Wenn man dieses Ziel erst 2045 erreichen will (Klimaneutralität), hätte man pro Jahr mehr als 26 solcher Kraftwerke zu bauen.

Wegen der extremen Volatilität der Regenerativen müssen diese Kraftwerke im Durchschnitt im Stundentakt zwischen der „Leistung Null“ und „Leistung maximal“ gesteuert werden.

Bei der oft extrem schlechten Auslastung der Kraftwerke als Backup ergibt sich die Frage, wer diese Investitionen erbringen soll, bzw. was die Strom-Gestehungskosten solcher Anlagen wären. Letztendlich wird dies auf die Verbraucher durchschlagen.

Eine kleine Nebenrechnung für die Anzahl der benötigten Tanker:

Angenommen, jeder Tanker braucht für einen Zyklus einen Monat: Beladen, Hinfahrt, Entladen, Rückfahrt, dann könnte ein Großtanker pro Jahr 12 Ladungen liefern. Dann müsste Deutschland eine Flotte von 612/12 entsprechend 51 Großtankern exklusiv für sich chartern.

Nach einer anderen Quelle gibt es zurzeit weltweit etwa 640 solcher LNG-Tanker mit einer Gesamtkapazität von 104 Millionen Kubikmetern³⁶.

Dann hätte jeder solche LNG-Tanker im Schnitt eine Kapazität von 162.500 Kubikmeter.

Daraus folgt: Ein durchschnittlicher LNG-Tanker mit einer Ladungskapazität von 162.500 m³ entsprechend 73.000 Tonnen transportiert LNG für 374 GWh elektrische Energie.

Für den Jahres-Bedarf von 318 TWh bräuchte man dann ca. 850 durchschnittliche Tankladungen und bei 12 Zyklen pro Tanker pro Jahr eine Flotte von 71 Tankern, also 11 % der Weltflotte exklusiv für Deutschland.

Benötigte Menge Wasserstoff

Mit den gesetzlich festgelegten Dimensionen, dass Deutschland bis 2045 Klimaneutralität erreichen muss, bedeutet dies Folgendes für die Backup-Gaskraftwerke:

Erdgas kann ab 2045 nicht mehr verfeuert werden, sondern nur noch grüner, d.h. mit Wind und PV erzeugter Wasserstoff.

Obwohl aktuell auch noch eine angedachte deutsche Wasserstoff-Wirtschaft diskutiert wird, muss man vorerst davon ausgehen, dass dieser Wasserstoff für die Backup-Gaskraftwerke weitestgehend importiert werden muss. Dabei bleibt hier die Frage außen vor, wie dieser importierte Wasserstoff innerhalb Deutschlands in den vorhandenen Erdgasspeichern und -leitungen verteilt werden kann oder inwieweit Wasserstoff aus dem Ausland durch neu zu bauende Pipelines herantransportiert werden kann. Nord Stream 1 und 2 lassen grüßen! Unter der nicht unplausiblen Annahme, dass Wasserstoff in flüssiger Form über Tankschiffe herantransportiert und über geeignete Terminals entladen werden muss, ergeben sich folgende Abschätzungen:

Umrechnungen zu flüssigem Wasserstoff³⁷:

1 Tonne LH2 hat ein Volumen von 14,1 m³ mit 39,5 MWh **Heizenergie**,

1 m³ LH2 wiegt 70,8 kg mit 2,8 MWh Heizenergie.

³⁶ www.fluessiggas1.de/lng-tanker-die-wichtigsten-fakten-im-ueberblick

³⁷ www.linde-gas.at/de/images/1007_rechnen_sie_mit_wasserstoff_V111_tcm550-169419.pdf

Bei geschätzten 40 % Wirkungsgrad für die Umwandlungskette: Entladung, Re-Gasifizierung, Transport, Speicherung im Erdgasnetz, Umwandlung von Heizenergie in elektrische Energie: 1 Tonne LH2 entspricht 16 MWh **elektrischer Energie**.

1 m³ LH2 hat ein Gewicht von 70,8 kg mit 1,1 MWh elektrischer Energie.

Neu zu entwickelnde Tanker-Typen sollen angeblich ab 2027 ein Fassungsvermögen von 37.500 Kubikmetern entsprechend 2.660 Tonnen flüssigem Wasserstoff bereitstellen^{38 39}.

Daraus folgt:

- Bei der benötigten Gesamtmenge pro Jahr für 318 TWh bedeutet dies 318 TWh / 16 MWh pro Tonne und somit 20 Millionen Tonnen, beziehungsweise in Volumeneinheiten für die
- benötigte Gesamtmenge pro Jahr für 318 TWh entsprechend 318 TWh / 1,1 MWh pro m³ und somit 290 Millionen m³,

Für die benötigten Tankladungen pro Jahr entsprechend 290 Millionen m³ / 37.500 m³ braucht man 7.730 Tankladungen pro Jahr. Dies sind jetzt! 640 exklusiv für Deutschland fahrende Tankschiffe, deren Bautyp vielleicht ab 2027 verfügbar ist.

Der Unterschied von Wasserstoff zu LNG ist, dass Wasserstoff pro Gewichtseinheit deutlich mehr Energiegehalt hat, aber pro Volumeneinheit deutlich weniger.

Man sieht an diesen Zahlen, dass der gerade so gehypte Traum vom grünen Wasserstoff eine weitgehende Luftnummer ist.

Und noch eine Zahl zum Überangebot

Die nach eigenen Angaben weltweit größte Elektrolyse-Anlage entsteht zurzeit in Leuna mit 24 MW Leistung (Stromverbrauch) und 3.200 Tonnen Jahres-Produktion von grünem Wasserstoff, Investition von rund 60 Millionen Euro.⁴⁰

Nach der Zeitreihe in der Abbildung „Tagessummen Regeneratives Angebot und Bedarf gemäß Szenario „SKN-Agora-KNDE2045“ kann man ein Überangebot von etwa 200 GW Leistung annehmen. Dazu müsste man fast **8.500 Leuna-Anlagen** installieren mit einer Investition von rund 500 Milliarden Euro ohne Berücksichtigung der sonstigen Infrastruktur für Speicherung und Transport des Wasserstoffs. Diese Anlagen laufen aber mit sehr schlechter Auslastung von im Mittel unter 30% im Jahr. Es ist eine interessante Frage, ob sich überhaupt Investoren für eine solche Geldverschwendung finden lassen, es sei denn der Steuerzahler darf mal wieder ran.

Fazit

Wenn Zahlen nicht mitspielen!

Träumereien und Utopien lassen sich nicht verwirklichen, wenn physikalisch-technischer Gegebenheiten, mathematische Analysen und Statistiken ganz deutlich eine andere Sprache sprechen. Aber auch wenn in den nächsten 10-20 Jahren alle technischen Voraussetzungen gegeben wären: Die Volatilität von Wind und Sonne kann der Mensch nicht beseitigen.

Für diese Utopien geben wir in Deutschland unseren Natur- und Umweltschutz auf, entstellen wir unsere Heimat und machen uns zu Sklaven des Auslands.

³⁸ de.wikipedia.org/wiki/Wasserstofftanker

³⁹ efahrer.chip.de/news/400000-h2-tankfuellungen-pro-schiff-jetzt-kommen-die-neuen-super-tanker_107979

⁴⁰ www.energie.de/et/news-detailansicht/nsctrl/detail/News/in-leuna-entsteht-die-groesste-pem-elektrolyse-anlage-der-welt

www.infraleuna.de/topmenu/news/news-detail/milliarden-investitionen-in-leuna

Anhang:

Zeitreihen und Summenwerte – oder auch Lügen mit Statistik

Eine häufig zu findende Aussage ist folgende: „Da wir im Jahr 2022 bereits über mindestens 35% des Strom-Bedarfes aus Wind und PV erzeugt haben, müssen wir diese Anlagen in Deutschland nur noch etwa verdreifachen und schon haben wir damit dann den gesamten Strom-Bedarf mit Wind und PV abgedeckt“.

Und um das zu erreichen, müsste man den Ausbau der „erneuerbaren Stromerzeugung“ in Deutschland nur massiv vorantreiben. Und Schuld hat der Bürger, der dies nicht verstehen will, beziehungsweise eine „Fossile Lobby“, die versucht, es zu verhindern.

Dies ist ein klassisches Beispiel für die bewusste oder unbewusste (aufgrund von Unkenntnis) Manipulation mithilfe statistischer Methoden – man könnte durchaus auch von „So lügt man mit Statistik“ sprechen und ein besonderer Fall sind die Größen „Mittelwert“ und Summenbildung, wie ein einfaches Beispiel zeigt: Eine Person A besitzt 100.000\$ und eine Person B besitzt 0\$, im „Mittel“ besitzen beide 50.000 \$. Wieviel Brot kann Person B sich kaufen?

Natürlich können Summen- und Mittelwert-Bildung je nach Anwendungsfall eine sinnvolle Methode sein, um Erkenntnisse zu gewinnen oder Zusammenhänge anschaulich dazustellen. In diesem Fall aber ist die oben zitierte Aussage völlig irreführend, wie die anschließend gezeigte Abfolge von Zeitreihen-Graphiken pro Jahr, pro Quartal, pro Monat, pro Woche, pro Tag, pro Stunde deutlich aufzeigt. Es sind immer dieselben Produktionsdaten, jedoch mit zunehmend feinerer zeitlicher Auflösung dargestellt, die die Auswirkungen der Volatilität des generierten Stromes klar und deutlich zeigen.

Die Grafik „Pro Jahr“ zeigt den gleichen Sachverhalt wie die Grafik „Pro Stunde“, nämlich die Strom-Produktion aus Wind und PV für 2022 aufsummiert in ganz Deutschland nach Agora⁴¹. Die Abbildungen 12 -16 zeigen die gleichen Daten der Strom-Produktion in Zeitreihen mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung.

Die Täuschung besteht in folgender „Argumentation“:

Die Graphik „Pro Jahr“ zeigt, dass übers ganze Jahr betrachtet die Summe der Stromerzeugung aus Wind und PV bereits mehr als 35% des Jahresbedarfes ausmacht und daher müssen - so die Behauptung - die Wind- und PV-Anlagen nur noch verdreifacht werden und schon wäre der gesamte deutschen Strombedarf des Jahres komplett regenerativ erzeugt.

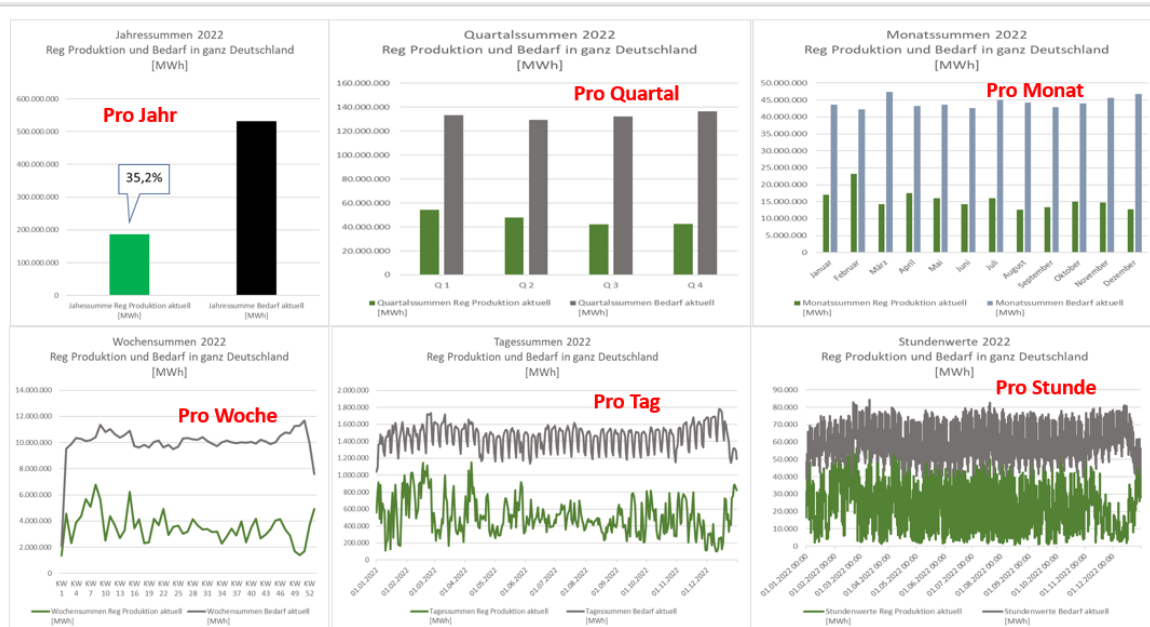
Das ist ein fataler Fehlschluss, denn:

Spätestens in den Graphiken „Pro Tag und „Pro Stunde“, also in detaillierterer

Betrachtungsweise, sieht man unzweideutig, dass:

- die Volatilität immer mehr zutage tritt,
- es viele Tage bzw. Stunden im Jahr gibt, an denen praktisch null Strom regenerativ erzeugt wird.

⁴¹ Agorameter: <https://www.agora-energiewende.de/>; Die entsprechenden Daten von SMARD unterscheiden sich von den Agora-Daten nur marginal.



Es hilft eben nicht, wenn morgens der Wind mit 10 m/s weht und abends nicht, also mit 0 m/s, dass also an diesem Tag der Wind rechnerisch im Mittel mit 5 m/s weht, weht er nicht und kein „Windmacher“ wird daran etwas ändern.

Die regenerative Produktion schwankt zwischen Stundenwerten „fast gleich Null“ und Stundenwerten „fast gleich dem gesamten Bedarf“. Da hilft auch eine noch so große Vervielfachung nichts: tausendmal Null ist immer noch Null.

Hinzu kommt, dass mit zunehmender Vervielfachung von Wind und PV auch die Überangebote - das Angebot ist größer als Bedarf - zunehmen, so dass aberegelt werden muss. Auch dadurch wird die tatsächliche Produktion und damit die Bedarfsdeckung reduziert. Bei einer Verdreifachung von Wind und PV gibt es keine Bedarfsdeckung von 100%, sondern von nur knapp 80% und dies wohlgernekt nur in der Jahressumme.

Die Behauptung der Energiewender vom Anfang dieses Abschnittes platzt damit wie eine Seifenblase.

Nun gibt es sicher eine große Anzahl von Forschungen und Entwicklungen zum Thema Batteriespeicher und Wasserstoffherzeugung, die zu begrüßen sind. Bei näherer Prüfung sieht man, dass es sich gegenwärtig in der Regel um Prototypen handelt, die keineswegs den geforderten Dimensionen eines Industriestaates genügen. Auch alle gegenwärtig bestehenden Möglichkeiten erreichen diese Anforderungen nicht.