

Wo der Wind weht...

geschrieben von Chris Frey | 2. März 2025

Dr. Lars Schernikau

[Linkedin](#) [Instagram](#) [Youtube](#) [Twitter](#)

[Alle Hervorhebungen aus dem Original übernommen]

Wind entsteht durch die Veränderung des Luftdrucks von Ort zu Ort als Reaktion auf die Sonneneinstrahlung.

Die Idee, Energie aus Wind zu gewinnen, ist nicht neu, denn die Windkraft wird seit Jahrtausenden genutzt, um Getreide zu mahlen, Wasser zu pumpen und Schiffe über das Wasser zu bewegen.

Die Erzeugung von Strom aus Windturbinen ist jedoch eine neuere Entwicklung. Praktische Windmühlen gibt es zwar schon seit Hunderten von Jahren, aber die thermodynamischen und betrieblichen Aspekte der modernen Windturbinen-Technologie wurden erst im letzten Jahrhundert entwickelt und sind etwas komplexer als die bloße Nutzung der kinetischen Energie des Windes und ihre Umwandlung in Elektrizität.

Wind ist eine globale Energiequelle, die auf 45 bis 100 TW geschätzt wird [1]. Dies kann mit dem durchschnittlichen Strombedarf der Menschheit von ~20 TW (~170.000 TWh/8.766h) verglichen werden.

Könnte also die geschätzte globale Windkraft im Prinzip den derzeitigen durchschnittlichen Strombedarf der Weltbevölkerung decken?

Richtig? ... Nun, nein, nicht wirklich.

Was ist so attraktiv an der Windenergie?... die gleiche Energie, die das mittelalterliche Europa Jahrhunderte lang antrieb. Vielleicht, weil sie scheinbar unbegrenzt zur Verfügung steht?...oder weil sie scheinbar „kostenlos“ ist?...oder weil sie scheinbar „sauber“ ist? Was macht das Thema Windkraft so komplex und anspruchsvoll und warum gibt es Kritiker wie mich?

Werfen wir einen kurzen Blick auf die globale Windkarte in Abbildung 1 unten, dann erkennt man gleich das erste Problem... dort, wo der Großteil der Weltbevölkerung lebt, scheint Wind knapp zu sein!

Wollen Sie mehr über Wind erfahren, dann lesen Sie weiter...

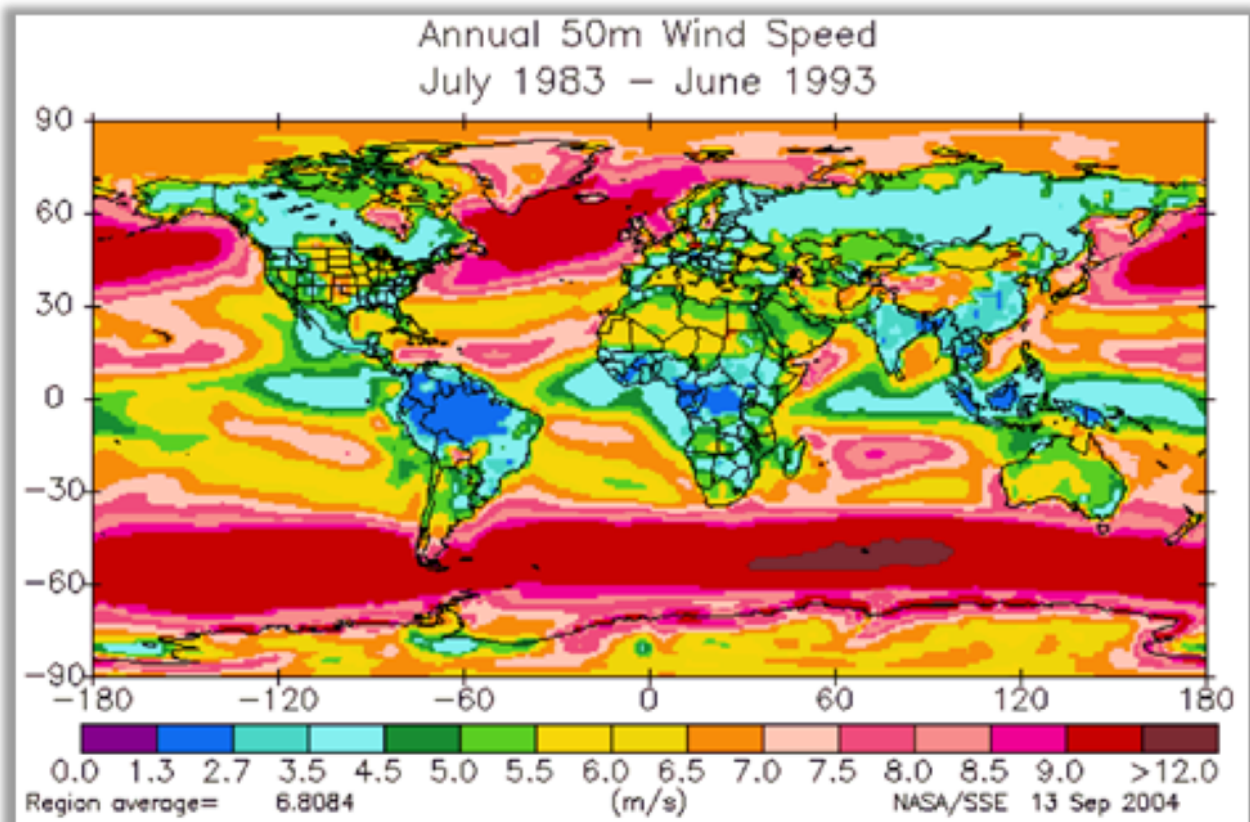


Abbildung 1: Mittlere Geschwindigkeit und Verteilung der globalen Windressourcen | Quelle: NASA 2022

1. Natürliche Nutzungsgrade, Auslastung und Umwandlungs-Effizienz

Wie die Solarenergie ist auch die Windenergie eine intermittierende, von der Natur (Wind) gespeiste Energiequelle, d. h. sie ist stark wetterabhängig und kann nicht wie die mit konventioneller Kohle, Gas oder Uran gespeiste Energie gesteuert werden. Wind oder Solar benötigen immer Reserve-Energiequellen wie Batterien, Wasserstoff und traditionelle Kraftwerke.

Der Bruchteil der Zeit, in welcher der Wind mit einer brauchbaren Geschwindigkeit weht, um eine Windturbine anzutreiben, wird als natürlicher Kapazitätsfaktor bezeichnet und ergibt einen geschätzten Durchschnittswert (%) pro Jahr. Weltweit liegt dieser Prozentsatz bei etwa 21-24 % (Abbildung 2), wobei in bestimmten Gebieten der europäischen Nordsee bisweilen sogar 45 % erreicht werden. In weiten Teilen Afrikas, Südasiens, Indiens und auch Chinas, wo Milliarden von Menschen leben und die Industrieproduktion in die Höhe schießt, erreicht der natürliche Kapazitätsfaktor für Wind oft nur einen einstelligen Wert.

- **natural capacity factor (nCF) x utilization = net load factor**

[natürlicher -Nutzungsgrad (nCF) x Auslastung = Nettolastfaktor]

Wenn wir also vom natürlichen Nutzungsgrad (oder Kapazitätsfaktor) sprechen, beziehen wir uns nur auf den von der Natur abgeleiteten Nutzungsgrad, nicht auf die technologisch oder betrieblich bedingte „**Auslastung**“ (oft als Betriebszeit, Anlagenauslastung oder PLF bezeichnet, mehr dazu [hier](#)). Mit anderen Worten: Wenn die Technik versagt oder ein Kraftwerk absichtlich abgeschaltet wird, verringert sich zwar die Auslastung, nicht aber der natürliche Nutzungsgrad. Das Produkt dieser beiden Größen bezeichnen wir als „**Nettolastfaktor**“.

Keiner dieser Begriffe hat jedoch etwas mit dem **Umwandlungs-Wirkungsgrad** zu tun, der das Verhältnis zwischen der (nützlichen oder nicht nützlichen) **Stromproduktion** einer Energie-Umwandlungsmaschine (Fabrik oder Anlage) und dem **Energie-Input** misst.

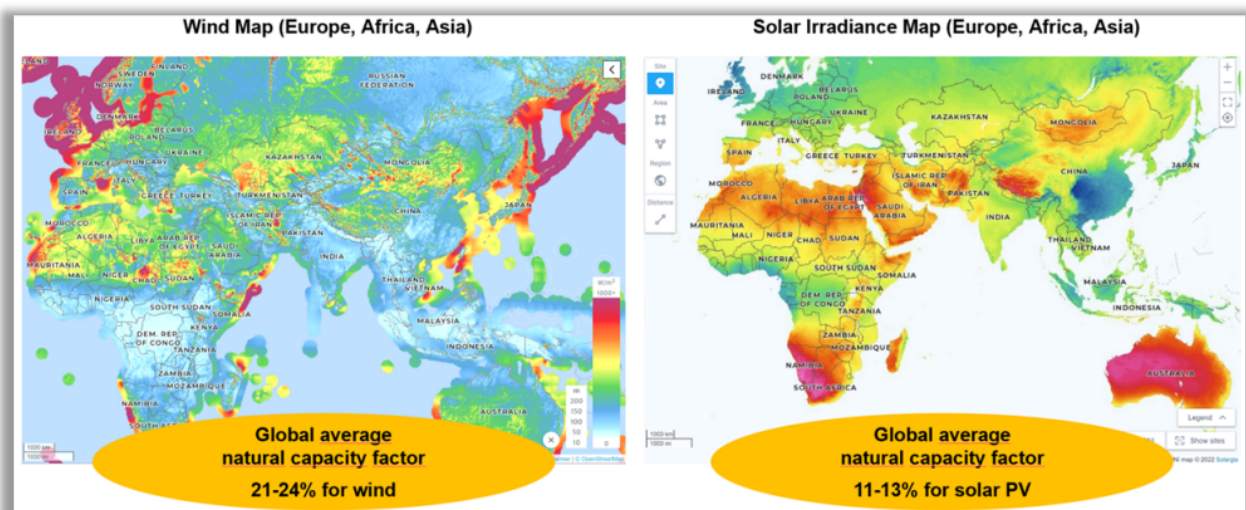
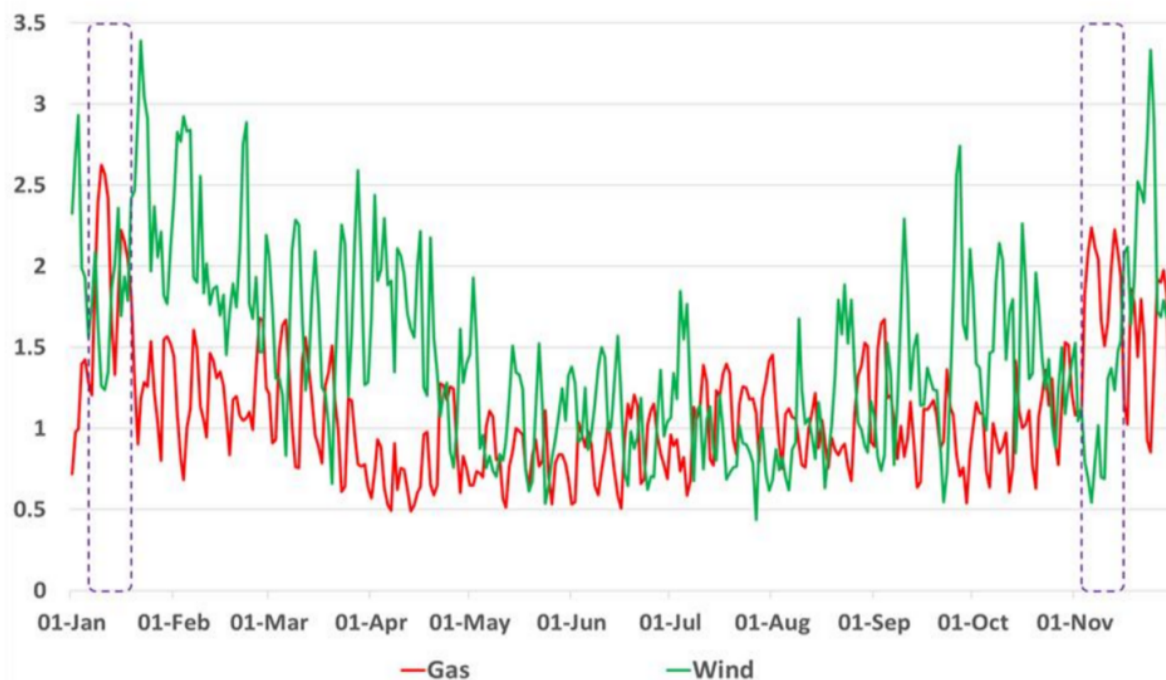


Abbildung 2: Globale durchschnittliche Kapazitätsfaktoren nach Carbajales-Dale et al. 2014. Quelle: Zugriff am 11. Februar 2022: Global Wind Atlas (Einstellung Mean Power Density – für die 10% windigsten in der Auswahlregion in 100 m Höhe), www.globalwindatlas.info; Global Solar Atlas, www.globalsolaratlas.info (Einstellung Direct normal irradiance, DNI)

Figure 9: Daily electricity generation from gas and wind in EU27 + UK (TWh/d)



Source: A. Honoré (OIES). Data calculated by this author using raw data from ENTSOE Transparency Platform, Gridwatch and NESO. Graph by the author.

Abbildung 3: Europäische Gas- und Winderzeugung 2024, Oxford Energy [2]

Der Umwandlungs-Wirkungsgrad ist also der Prozentsatz des einsatzfähigen Stroms, den ein Gaskraftwerk aus dem einströmenden Gas „erzeugt“, bzw. der Prozentsatz des intermittierenden Stroms, den eine Windturbine mit Hilfe von Wind „erzeugt“. Sowohl Gas als auch Wind sind Primärenergie, und weitere Einzelheiten findet man in meinem jüngsten Blogbeitrag über Primärenergie.

Das nächste Element der Gleichung, das es zu berücksichtigen gilt, ist der Standort... und da die bestehenden Windkraftanlagen bereits größtenteils die besten Standorte weltweit belegen und die Technologie an ihre physikalischen Grenzen stößt, könnte man logischerweise erwarten, dass **die durchschnittlichen „natürlichen Nutzungsgrade“ nun mit der Zeit abnehmen**. Dies steht im Gegensatz zu „Net-Zero“-Plänen, die oft davon ausgehen, dass die durchschnittlichen globalen natürlichen Kapazitätsfaktoren im Laufe der Zeit steigen werden (siehe IEA, McKinsey, BCG, IRENA und viele andere).

Die Netto-Energieeffizienz (oder eROI) von Windkraft ist in der Regel höher als die von Solarenergie, was nicht nur, aber hauptsächlich auf den höheren natürlichen Nutzungsgrad von Windkraft zurückzuführen ist (siehe Abbildung 2).

Interessant, aber nicht allgemein bekannt ist die Tatsache, dass die Windressourcen über große Gebiete hinweg korrelieren, oft über den

gesamten Kontinent, wie die Dunkelflauten im Winter 2024/2025 [2, Abbildung 3] und in früheren Jahren wie der europaweiten Dunkelflaute 1996/1997 zeigen.

Die Physik und damit auch die Ökonomie der Stromerzeugung mit Windkraftanlagen ist etwas komplexer, und ich denke, ich sollte im nächsten Abschnitt mehr darauf eingehen (den Sie überspringen können, wenn er zu technisch wird).

Bitte beachten Sie, dass große Teile dieses Blogs von Prof. Bill Smith und aus meiner ausführlicheren Studie über Wind stammen; Titel: „[An Introduction to Wind Energy](#)“, erhältlich bei Elsevier's SSRN [hier](#).

2. Windturbinen und ihre Funktionsweise

Praktische Windmühlen gibt es zwar schon seit Hunderten von Jahren, aber die thermodynamischen und betrieblichen Aspekte der Windturbinen-Technologie wurden erst im letzten Jahrhundert **von Betz abgeleitet, der den maximalen Umwandlungswirkungsgrad einer idealen Windturbine auf 59,2 % festlegte** (Betz 1926). Der Betz-Wirkungsgrad hat nichts mit dem natürlichen Nutzungsgrad zu tun, sondern optimiert die Energiegewinnung aus dem Wind, wenn der Wind tatsächlich weht. Daher zielen technische Verbesserungen darauf ab, diesem maximalen Betz-Wirkungsgrad der Windenergiegewinnung so nahe wie möglich zu kommen.

In der realen Welt arbeiten die Turbinen aufgrund verschiedener Verluste im Getriebe, im Inverter und in anderen Komponenten unterhalb dieser Grenze. Die neuesten Turbinen erreichen heute bereits einen Umwandlungswirkungsgrad von über 40 % und liegen damit nahe an den physikalischen Grenzen... **Man sollte also in den nächsten Jahrzehnten keine Wunder der Windtechnologie erwarten.**

Die Weibull-Windgeschwindigkeitsverteilung (Weibull 1951) ist ein berühmtes Diagramm, das die Wahrscheinlichkeit von Windgeschwindigkeit und Energiegewinnung darstellt. Man möchte seine Windturbine so viel wie möglich bei der höchsten Windgeschwindigkeit nutzen, aber die Natur setzt Grenzen. Die Weibull-Kurve ist die gestrichelte Linie in Abbildung 4 und folgt genau der typischen Verteilung der Windgeschwindigkeiten weltweit.

Die Windturbine extrahiert dann die Leistung P , die sich aus dem Volumenstrom der Luft durch die Turbine ergibt, multipliziert mit dem Betz-Wirkungsgrad C_p für die Windturbinenauslegung gemäß Gleichung 1, wobei ρ die Luftdichte, A die Rotorfläche der Turbine und V die Windgeschwindigkeit ist:

$$P = \frac{1}{2} C_p \cdot A \cdot \rho \cdot V^3$$

Die **kubische Abhängigkeit der Leistungsabgabe von der**

Windgeschwindigkeit (Gleichung 1) führt zu einem raschen Anstieg der elektrischen Energieerzeugung bei zunehmender Windgeschwindigkeit (Abbildung 4, siehe rote Linie).

Die Leistung einer Windkraftanlage ist – durch die Rotorform – so ausgelegt, dass sie bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit in die Sättigung geht, die zu Optimierungszwecken in der Regel bei 12 m/sec liegt. Nach Gleichung 1 **sollte eine Windturbine bei einer Windgeschwindigkeit von 17 m/sec 22-mal mehr Strom erzeugen als die gleiche Windturbine bei einer Windgeschwindigkeit von 6 m/sec**. Jenseits der Sättigungswindgeschwindigkeit wird die elektrische Leistung jedoch durch Anpassung der Rotorform und -ausrichtung nahezu konstant gehalten, um eine Zerstörung der Anlage zu vermeiden.

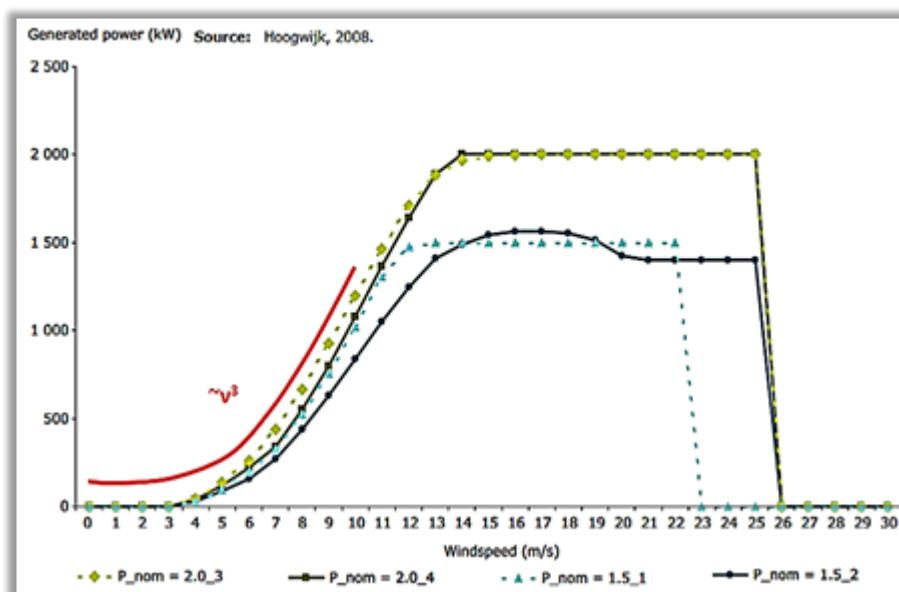


Abbildung 4: Leistungs-Geschwindigkeits-Kurve von vier bestehenden Windkraftanlagen. Quelle: Smith auf der Grundlage von Hoogwijk 2008 Hinweis: Die rote Linie, zur Verdeutlichung nach oben verschoben, zeigt die Leistungsabgabe für eine nicht ummantelte, isolierte Windenergieanlage (WEA) bei einer Weibull-Windgeschwindigkeitsverteilung

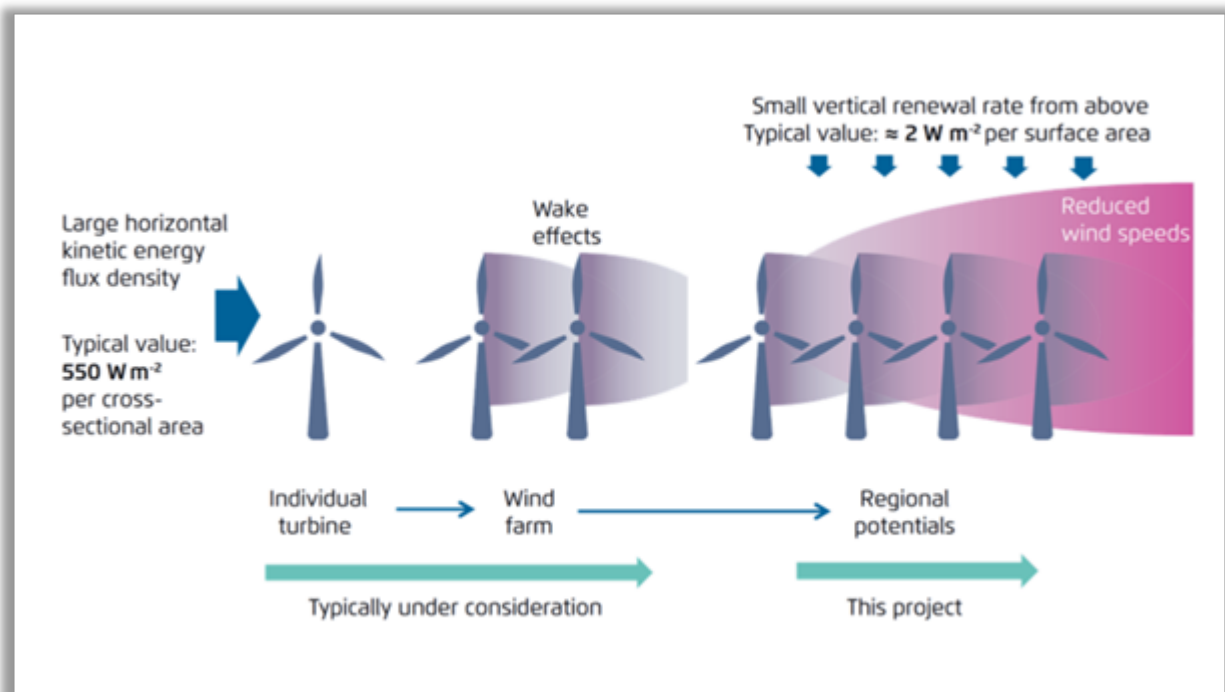


Abbildung 5: Veranschaulichung des Nachlaufeffekts und der Energierate der Wiederherstellung (ERR)

Diese notwendige technische Manipulation führt logischerweise zu einem Verlust an Effizienz. Die Rotorsteuerung ermöglicht den Betrieb der Anlage bei Windgeschwindigkeiten bis 25 m/s, ohne sie zu zerstören. Wenn die Windgeschwindigkeit über ~25 m/s ansteigt, wird die Turbine in der Regel abgeschaltet, um ihre Zerstörung zu vermeiden.

Logischerweise kann bei Windgeschwindigkeiten unter 5 m/s nur wenig Strom erzeugt werden. Eine Windturbine könnte leicht so konstruiert werden, dass sie bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s mit einem höheren natürlichen Nutzungsgrad betrieben werden kann, aber der Energieertrag wäre geringer. **Eine effiziente Windturbine ist der Kompromiss zwischen der Wahrscheinlichkeit der Windgeschwindigkeiten (Weibull-Windverteilung) und der Optimierung der Energieausbeute.**

Nachlaufeffekt (Wake Effect): Der stromabwärts gerichtete Nachlaufeffekt von Windparks wurde bereits wissenschaftlich eingehend untersucht [3]. Ein natürlicher Verlust des Nutzungsgrades zwischen 20 und 50 % kann aufgrund von Windunterdrückung und rotorinduzierten Wirbeln nach der ersten Turbinenreihe auftreten. **Um Nachlaufverluste zu minimieren, wird in Windkanalstudien ein Abstand von 15 Rotordurchmessern empfohlen** [4].

Bestehende Windparks erfüllen diese Optimierungskriterien nur selten. Die Anzahl der Turbinen pro km² nimmt mit dem Durchmesser der Windturbinenrotoren ab, wenn diese größer werden. Das bedeutet, dass **die entnehmbare Leistung pro km² trotz technologischer Verbesserungen annähernd konstant bleibt, da größere Windturbinen in größeren Abständen aufgestellt werden müssen.** Die Zahl liegt bei 1-2 MW/km², nicht mehr.

Die Technik kann dies NICHT ändern!

Beispiel: Der neue französische Offshore-Windpark Banc de Guérande mit einer installierten Leistung von 480 MW auf nur 78 km², was mehr als 6 MW/km² entspricht [5]. Laut Wikipedia erzeugte dieser Windpark im Jahr 2024 nur 1.333 GWh oder arbeitete mit einem geschätzten natürlichen Nutzungsgrad von 32 %, wobei keine Abstriche gemacht wurden. Das ist nur ein Bruchteil der 45-50%, die vor der Inbetriebnahme versprochen wurden [6].

Man bedenke, dass zu viele Windturbinen, die dicht beieinander stehen, den Wind buchstäblich zum Erliegen bringen würden. Die Energierückgewinnungsrate ERR bestimmt, wie schnell der Wind von der Natur aus der Atmosphäre wieder aufgefüllt werden kann... und das ist auf die gleichen 1-2 MW/km² begrenzt (oder 1-2 W/m², sogar die „Energiewende“-Unterstützung der deutschen AGORA bestätigt 2 MW/km²), Abbildung 5.

3. Die Umgebung

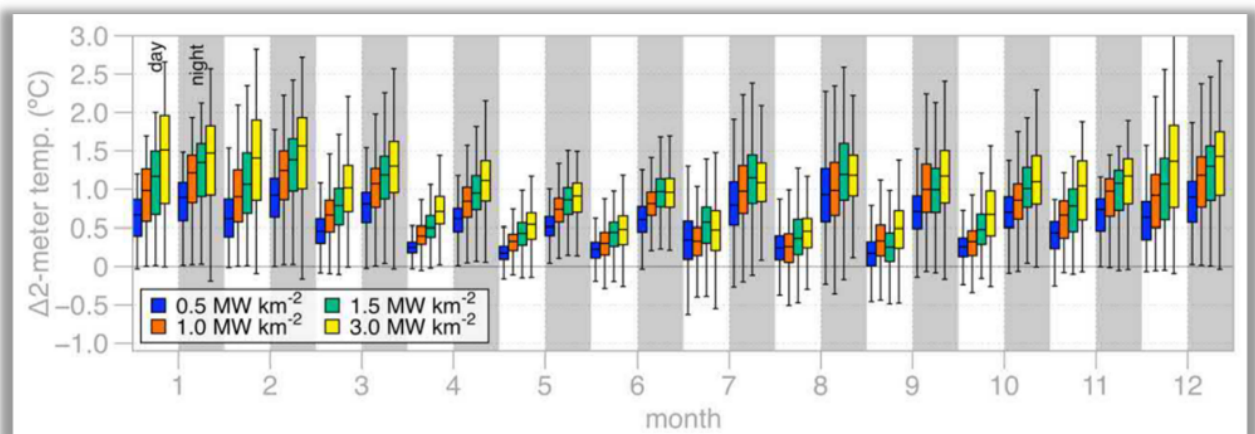


Abbildung 6: Auswirkungen großer Windparks auf die Erwärmung. **Anmerkung:** Tag- und Nacht-Dreijahresmittel der monatlichen 2-m-Lufttemperaturdifferenzen über der Windparkregion zwischen verschiedenen Turbinendichten und der Kontrollsimulation. Die vertikale Linie ist das 1,5-fache des Interquartilsbereichs, und der Kasten stellt das 25., 50. und 75. Perzentil dar. Quelle: Miller und Keith 2018, ergänzendes Material, Abbildung 7

Wir verstehen, dass alle Energiesysteme den positiven Effekt haben, der Menschheit die Energie zu liefern, die sie nicht nur zum Überleben, sondern auch zur Entwicklung benötigt. **Alle Energiesysteme,**

einschließlich Kohle, Gas, Wasser, Kernkraft und ja, auch Wind und Sonne, haben negative Auswirkungen auf unsere Umwelt.

Die Umwelt- und Sicherheitsauswirkungen der Windenergieerzeugung werden nicht nur durch die Windturbinen selbst verursacht, sondern auch durch die Hilfssysteme, die erforderlich sind, um den von ihnen erzeugten Strom „nutzbar“ zu machen, wie im nächsten Abschnitt erläutert wird. ***Man muss auch die Energie und die Rohstoffe berücksichtigen***, die für den Bau der Turbinen und, was noch wichtiger ist, der Hilfssysteme benötigt werden. Diese beinhalten Zement, Stahl, Glasfaser, Aluminium, Kupfer und hundert weiteren Komponenten, die zu erhalten ohne Kohle, Öl und Gas nicht möglich ist.

Darüber hinaus haben netzgekoppelte Windkraftanlagen Auswirkungen auf

- Vögel, Insekten und andere Tierarten,
- Magnetfelder und Infraschall (Beispiel Bellut-Staek 2024 [7]), und
- das Klima

Verschiedene Forscher haben Messungen und Modellierungen von Klimaeffekten in großen Windparks durchgeführt und diese in der wissenschaftlichen Literatur veröffentlicht (siehe [1], [8], [9] und Abbildungen 5 und 6). Das eindeutige Ergebnis: ***„Groß angelegte US-Windkraftanlagen würden eine Erwärmung verursachen, deren Ausgleich etwa ein Jahrhundert dauern würde“*** (Science Daily 2018, Abbildung 7). In großem Maßstab erwärmen große Windparks das Klima, was auch für die Solarenergie gilt.

Lu et al. 2020 [10] haben beispielsweise den globalen Temperaturanstieg und die Verschiebung der innertropischen Konvergenzzone (ITCZ) nach Norden beschrieben, die durch großflächige Solaranlagen in der Sahara verursacht werden. Devitt et al. 2020 [11] wiesen ebenfalls nach, dass Solar-PV im Netzmaßstab zu einer Erwärmung führt. Ein vollständiger Ausbau zur Deckung des Strombedarfs gemäß „Net-Zero 2050“ könnte die globale Temperatur um mehr als ein Grad Celsius erhöhen und damit den angeblichen Nutzen der Dekarbonisierung zunichte machen.

Groß angelegte Windparks haben Auswirkungen auf die Bewölkung, den Niederschlag und die Stauung von Luftmassen, was alles zu unerwünschten Klimafolgen führt.



This research was funded by the Fund for Innovative
Climate and Energy Research

The key messages in the Harvard article are

- the transition to wind or solar power in the U.S. would require five to 20 times more land than previously thought

Schernikau Smith 2023: Energy Restoration Rate ERR 1,5 – 2 MW/km²

- ... neglected to accurately account for interactions between turbines and atmosphere
- ... average wind power density —rate of energy generation divided by encompassing area of the wind plant —up to 100 times lower than estimates by some leading energy experts
- If your perspective is next 10 years, wind power actually has — in some respects — more climate impact than coal or gas...**If your perspective is next thousand years, then wind power has enormously less climatic impact than coal or gas**
 - Harvard researchers found that warming effect of wind turbines in the U.S. was larger than effect of reduced emissions for first century of its operation.
- We find that generating today's US electricity demand (0.5 TWe) with wind power would warm Continental US surface temperatures by 0.24°C. Warming arises, in part, from turbines redistributing heat by mixing the boundary layer.

"The direct climate impacts of wind power are instant, while the benefits of reduced emissions accumulate slowly"

Sources: Miller, Lee, and David Keith. "Miller Keith 2018 - Climatic Impacts of Wind Power." *Joule* 2 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.09.009>

Abbildung 7: „Windenergie in großem Maßstab in den USA würde eine Erwärmung verursachen, die erst in etwa einem Jahrhundert ausgeglichen wäre“, Science Daily 2018, Miller Keith [8]

4. Kosten und Wertschöpfungsketten

Von intermittierenden „erneuerbaren Energien“ wie Wind- und Solarenergie wird behauptet, sie seien kostengünstig und würden die Stromrechnung des Durchschnittsbürgers senken. Dass dies leider nicht der Fall ist und dass diese Annahme auf den **unangemessenen Stromgestehungskosten (LCOE)** beruht, ist inzwischen allgemein bekannt (Emblemsvag 2025, jüngste Studie, die sich auch auf einige meiner Arbeiten bezieht [12]). Ich habe wiederholt über dieses Thema geschrieben und veröffentlicht (siehe hier), und auch die akademische Presse äußert sich zunehmend zu diesem Thema.

Der Hauptgrund, warum Wind (und Sonne) im Netzmaßstab am teuersten sind und mit höheren Kapazitätsanteilen immer teurer werden, ist (a) die **geringe Energiedichte**, (b) die **kurze Betriebsdauer** [13] und (c) die **Intermittenz**. Um all dies zu überwinden, muss man so viel mehr bauen und berücksichtigen, von dem ein Teil regelmäßig ersetzt werden muss [14]:

1. Starke **Überdimensionierung** zum Ausgleich des niedrigen natürlichen Nutzungsgrads, der Energieverluste und zum Laden der Speicher
2. **Kurzzeitige Energiespeicherung** (Batterien?) zum Ausgleich kurzfristiger Schwankungen
3. **Langfristige Energiespeicherung** (Wasserstoff?) zur Überwindung tage- und wochenlanger langsamer Windgeschwindigkeiten, die sich über Kontinente hinweg erstrecken

4. **Wärme­kraftwerke** als Reserve (in Zukunft mit Wasserstoff?)
5. Eine viel größere und komplexere **Netzintegrations-Infrastruktur**.

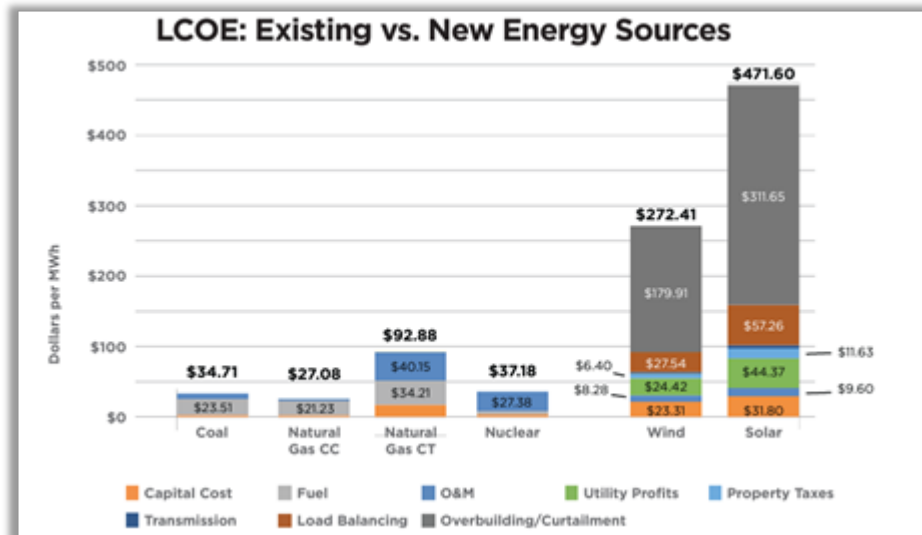
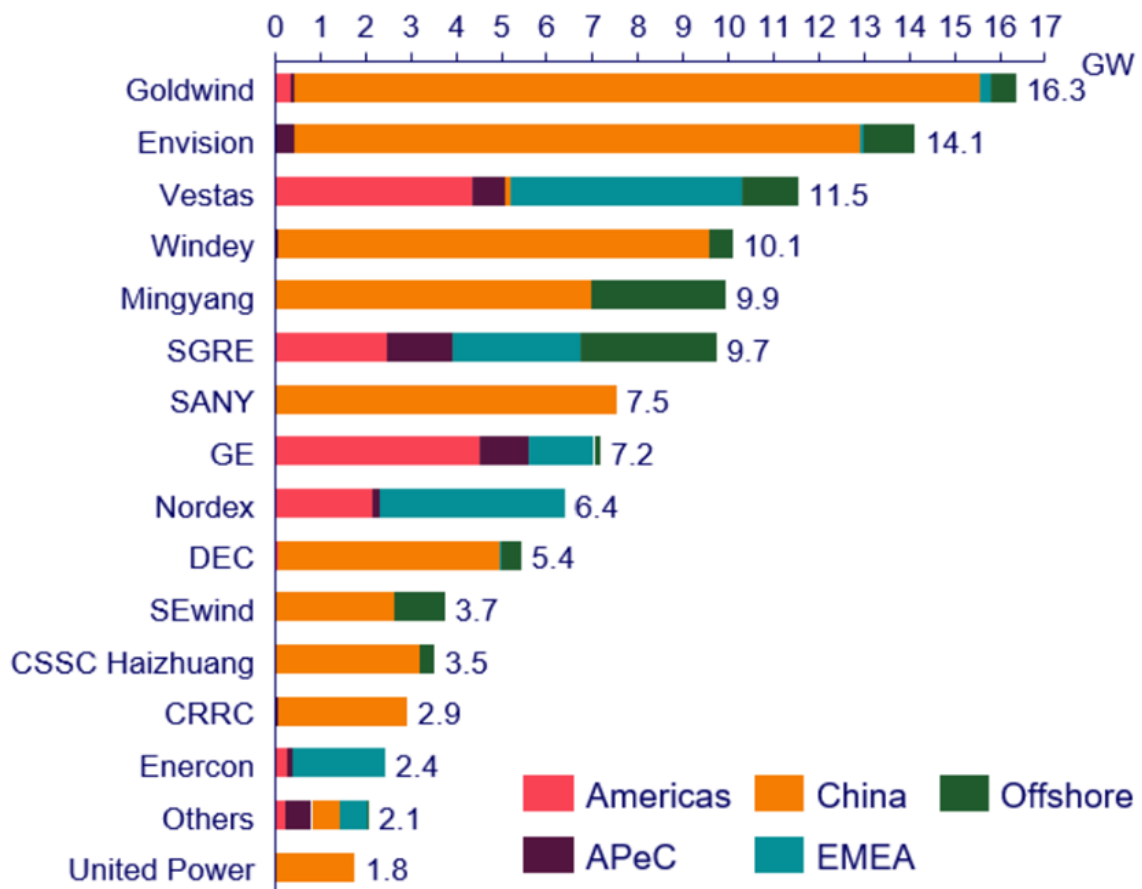


Abbildung 8: Stromkosten... ein umfassenderer Blick.
Quelle: Orr und Roling 2024 [14]

Anmerkung: Der Lastausgleich ist der Preis für die Batteriespeicherung. Die Kosten für die Überdimensionierung und Drosselung sind so hoch, weil es billiger war, Wind- und Solarenergie zu überdimensionieren und zu drosseln, als mehr Batteriespeicher zu bauen.

Global top 15 OEMs: Market share 2023 (GW)



Source: Wood Mackenzie

Abbildung 9: Die 15 größten Hersteller von Windkraftanlagen

Eine weitere interessante Herausforderung ist die Frage der Lieferketten. China kontrolliert bereits den größten Teil der Lieferketten sowie der Herstellung von Elektrofahrzeugen und Solarzellen. An zweiter Stelle folgt die Windkraftindustrie, in der China die größten Turbinen am schnellsten und zu den niedrigsten Kosten baut. [15]. Die überwiegende Mehrheit der Hersteller von Windturbinen befindet sich heute in China (Abbildung 9) und produziert und vertreibt weltweit.

Geopolitisch gesehen ist die zunehmende Abhängigkeit der Welt von China bei den Produktionskapazitäten für Wind-, Solar- und Elektrofahrzeuge natürlich ein Problem. Ein Beispiel für Seltene Erden sind kritische Rohstoffkomponenten, die für Dauermagnete in Windturbinen verwendet werden, und die Versorgung mit diesen Magneten wird ebenfalls weitgehend von China kontrolliert.

Es könnte nützlich sein zu wissen, dass China bereits 2010 ein vorübergehendes Embargo für die Ausfuhr von Seltenerdmetallen nach Japan

verhängt hatte [16] und 2024 die Ausfuhr von Gallium, Germanium, Antimon und anderen Metallen in die USA verbot, nachdem die US-Regierung versucht hatte, den Verkauf fortschrittlicher Computerchips an China zu blockieren.

5. Aktuelle Marktlage, Offshore und Onshore

Die Ablehnung großer netzgebundener Windprojekte lässt sich am besten an den Offshore-Windprojekten der letzten Monate und Jahre ablesen. Offshore-Windkraft hat höhere natürliche Nutzungsgrade als Onshore-Windkraft, die in der Regel immer noch weit überschätzt werden, wie in Abschnitt 2 zu sehen war. Offshore-Windkraftanlagen sind jedoch mit *weitaus größeren Herausforderungen in Bezug auf den Bau, die Wartung, die Betriebsdauer und die Netzintegration verbunden*, ganz zu schweigen von den zusätzlichen Umweltproblemen im Zusammenhang mit dem Leben im Meer (Wale und andere).

Robert Bryce berichtete, dass „Big Wind existenziell bedroht ist“, Ørsted und Shell massive Offshore-Verluste verbuchen, Enel Berufung gegen das Osage County-Urteil einlegt [17]. Es gibt schier endlose Berichte über die Probleme, mit denen **Ørsted, Enel, Enercon, Nordex, Vestas, BP, Shell, Siemens Gamesa, Equinor, General Electric** und viele andere konfrontiert sind (einige Quellen dazu hier [18]). Die Probleme begannen wahrscheinlich schon vor 2-3 Jahren, noch vor dem politischen Wandel in den USA. Anfang 2025 stellte Trump die Unterstützung für Offshore-Windprojekte in den USA komplett ein.

Climate & Energy | Grid & Infrastructure | Wind | Clean Energy | Commercial Strategy

Wind power giants find little shelter from sector troubles

By Christoph Steitz, Stine Jacobsen and Jacob Gronholt-pedersen

February 7, 2024 3:31 PM GMT+1 · Updated 2 months ago



Abbildung 9a: Reuters, 2024, [18]

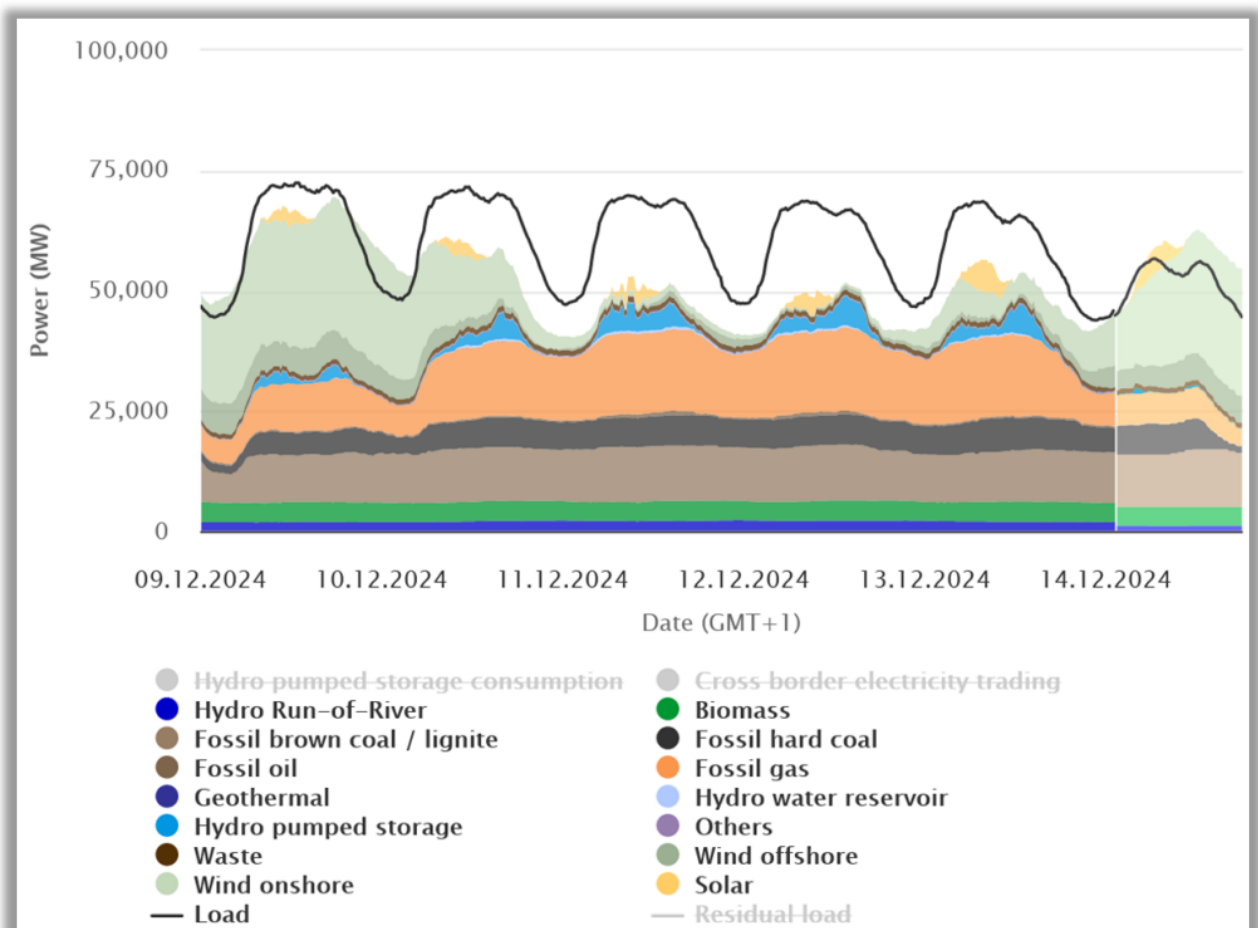


Abbildung 10: Deutschlands „Dunkelflaute“ vom 11. bis 14. Dezember 2024. Deutschland war auf Importe angewiesen, da Kohle und Gas anscheinend mit maximaler Kapazität betrieben wurden, aber die Nachfrage nicht decken konnten. Quelle: Energy Charts

Das norwegische Unternehmen Equinor, ein führender Entwickler von „erneuerbaren“ Energien, hat sich kürzlich aus Offshore-Windprojekten in Vietnam, Spanien und Portugal zurückgezogen und dies mit untragbaren Kosten begründet. In ähnlicher Weise hat Shell seine Anteile an Projekten in Massachusetts, Südkorea, Irland, Frankreich ... verkauft, und die Liste ist fast endlos [18].

Andererseits wird die Onshore-Windkraft nicht nur zu einem Schandfleck, sondern erzeugt auch während der berühmten „Dunkelflaute“ nicht viel Energie. Deutschland erlebte die „Dunkelflaute“ mehrmals während des letzten Winters 2024/2025, als das Land auf Stromimporte zurückgreifen musste, da Kohle und Gas anscheinend mit maximaler Kapazität liefen, aber die Nachfrage nicht decken konnten, siehe Abbildung 10.

6. Zusammenfassung

Obwohl die Windenergie nicht neu ist, wurden elektrische Windturbinen erst im letzten Jahrhundert entwickelt. **Die Behauptung, dass Windenergie im Netzmaßstab kostengünstig ist, scheint ein Mythos zu sein.** Die Kosten

der Windenergie für ein Land (auf Systemebene) steigen tatsächlich mit einer höheren Durchdringung... und das Gleiche gilt für die Solarenergie.

Außerdem nehmen die Umweltauswirkungen von Windturbinen mit zunehmender Marktdurchdringung zu. Es liegt auf der Hand, dass es kein „Netto-Null“ gibt, da die Lebenszyklus-Emissionen der Windenergie weit von Null entfernt sind (auch wenn die Grenzemissionen nahe bei Null liegen), wenn man die erforderlichen Reservekapazitäten, Speicher, Übertragungen und Überbauungen berücksichtigt. Wir wissen, dass der Umweltschutz über Treibhausgase hinausgeht und dass **Nachhaltigkeit auch wirtschaftliche Nachhaltigkeit beinhaltet**.

Es ist an der Zeit, dass wir anfangen, das Gesamtbild zu betrachten und uns selbst gegenüber ehrlich zu sein... **Wind- und Solarenergie sind NICHT die Lösung für unsere Energieprobleme, sie verschärfen sie.**

Was also sollen wir jetzt tun?

Unser **Buch** „Unbequeme Wahrheiten... über Strom und die Energie der Zukunft“ ([hier](#)) endet mit einer einfachen Empfehlung:

Wir fordern die Energiepolitiker auf, sich wieder auf die drei Ziele der Energiepolitik zu konzentrieren, und zwar in dieser Reihenfolge: **(1) Energiesicherheit, (2) Bezahlbarkeit der Energie und (3) Umweltschutz**. Daraus ergeben sich zwei Wege für die Zukunft der Energie:

(1) Investitionen in Bildung und Grundlagenforschung, um den Weg zu einer neuen Energierevolution zu ebnen, in der die Energiesysteme nachhaltig von fossilen Brennstoffen entwöhnt werden können, wobei die Energieverfügbarkeit pro Kopf steigt.

(2) Parallel dazu muss die Energiepolitik **Investitionen in konventionelle Energiesysteme (Öl, Kohle, Gas, Kernkraft) unterstützen**, um deren Effizienz zu verbessern und die Umweltbelastung durch die Energieerzeugung für unser Leben zu verringern, zumindest bis die Neue Energierevolution verwirklicht ist.



Links and Resources

[1] Adams Keith 2013: Are Global Wind Power Resource Estimates Overstated? *Environmental Research Letters* 8, [link](#)

[2] European Dunkelflauten 2024/2025: [Swiss News](#), [Oxford Energy](#)

[3] Akhtar et al 2021, Wake Effect: Accelerating Deployment of Offshore Wind Energy Alter Wind Climate and Reduce Future Power Generation Potentials." *Scientific Reports* 11, [link](#)

[4] Meneveau and Meyers. 2011. Better Turbine Spacing for Large Wind Farms." *ScienceDaily*. February 2011, [link](#)

[5]

https://www.offshorewind.biz/2017/05/16/court-rejects-environmental-appeal-against-parc-du-banc-de-guerande-offshore-wind-farm/?utm_source=chatgpt.com

[6] If the wind farm was expected to generate **20%** of Loire-Atlantique's electricity of 12-13 TWh: Expected annual generation = $0.20 \times 12.5 \text{ TWh} = 2.5 \text{ TWh}$; which means 48% capacity factor because $480 \text{ MW} \times 8760 \text{ hours/year} = 4.2 \text{ TWh}$. [link](#)

[7] Bellut-Staeck 2024: Chronic Infrasound Impact Is Suspected of Causing Irregular Information via Endothelial Mechano-Transduction and Far-Reaching Disturbance of Vascular Regulation in All Organisms." *Medical Research and Its Applications*, [link](#).

[8] Miller, L. and Keith, D. 2018, Climatic Impacts of Wind Power, *Joule* 2, [link](#)

[9] Fitch, Anna 2015, Climate Impacts of Large-Scale Wind Farms as Parameterized in a Global Climate Model, Journal of Climate 28, no. 15, Aug 2015, [link](#)

[10] Lu et al. 2020, Impacts of Large-Scale Sahara Solar Farms on Global Climate and Vegetation Cover, Geophysical Research Letters 48, no. 2, [link](#)

[11] Devitt et al. 2020, authored by D. A. Devitt, M. H. Young, and J. P. Pierre, Assessing the Potential for Greater Solar Development in West Texas, USA, Energy Strategy Reviews 29, May 2020, [link](#)

[12] Emblemisvåg 2025: Rethinking the 'Levelized Cost of Energy, A Critical Review and Evaluation of the Concept." Energy Research & Social Science, [link](#)

[13] IER 2024: Wind Turbines and Solar Panels Are Aging Prematurely, [link](#)

[14] Orr, Isaac, and Mitch Rolling 2024, EnergyBadBoys: Why Nuclear Is Cheaper than Wind and Solar." Substack newsletter, [link](#)

[15] Politico 2023, Europe Lost to China on Solar – Now It's about to Do the Same with Wind." [link](#); and Recharge News 2024, "China's Mingyang Lined up by EU Developer to Supply 18MW Offshore Wind Turbine" [link](#); and NZZ 2024, "Erst Solarzellen, jetzt Windräder? China drängt mit einer neuen Flut auf den Weltmarkt." [link](#)

[16] Rare Earth metal geopolitical pressure from China, [Amid Tension, China Blocks Vital Exports to Japan – NYT](#) and [China Banned Exports of Rare Minerals to the US](#)

[17] Robert, Robert. 2025. "Ill Wind, US Wind Situation." Substack newsletter, [link](#)

[18] various sources on wind companies' problems: [EE News](#), [Reuters on Denmark](#), [FT on BP](#) selling wind, NPR on Orsted, [Telegraph](#) on Shell and Siemens Gamesa, MSN on Shell, [Reuters](#) on failing wind giants, [Energy News](#) on Sweden and wind, [Energate](#) on Vestas, [OsageNews](#) on Enel, Various news on other suppliers of wind turbines to Germany inc. Enercon, Nordex, Senvion, etc [here](#)

Link: <https://unpopular-truth.com/2025/02/21/where-the-wind-blows/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE