

DAS PROBLEM MIT DEM “PRIMARY ENERGY FALLACY”

Die versteckten Kosten der Stromerzeugung unserer Zivilisation

Dr Lars Schernikau

Inhalt

1. Was ist Primärenergie und was ist der „Primary Energy Fallacy“?
2. „Kostenlose“ Energie ist nicht kostenlos! Gewinnung vs. nutzbare Energie
3. Wie viel bekommen wir wirklich?: Nutzbare Energie vs. investierte Energie energy vs. energy invested
4. Zusammenfassung: Der “Primärenergie-Irrtum” ist ein Irrtum
Links and Ressourcen

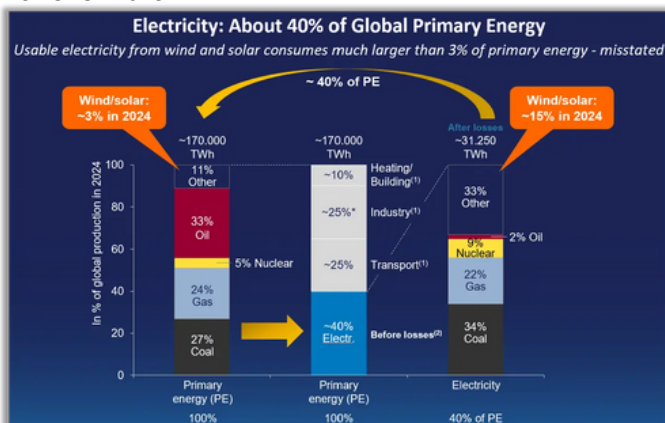
Wenn ihr mehr darüber erfahren möchtet, was der „**Primary Energy Fallacy**“ ist und warum ich glaube, dass es sich dabei, wenn man über „moderne Elektrizität“ nachdenkt, um eine fehlgeleitete Diskussion handelt, dann ist dieser Blogbeitrag genau das Richtige für euch!

Ich möchte eine Frage stellen, über die wir normalerweise wenig nachdenken, wenn wir einen Lichtschalter betätigen oder einen Tank füllen... und zwar: **Woher kommt die Energie eigentlich, um das System für das Licht oder den Diesel bereitzustellen?**

Natürlich sind Sonnenlicht, Wind und sogar Kohle und Gas theoretisch „kostenlos“, sie sind Energiequellen, die einfach in der Natur vorhanden sind und genutzt werden können... wobei einige mehr Einschränkungen unterliegen als andere. **Aber diese „Energiequellen“ in Energie umzuwandeln, die wir tatsächlich nutzen können, um die Schokoladenfabrik des Weihnachtsmanns zu betreiben oder unsere Weihnachtsbäume zu beleuchten? Das ist eine ganz andere Geschichte.**

Hier kommt der Begriff der **Primärenergie** ins Spiel. Es geht dabei nicht um den Strom, der auf unseren Rechnungen aufgeführt ist, sondern um die gesamte „Rohenergie“ eben die „primäre Energie“.

Abbildung 1: Strom verbraucht etwa 40 % der weltweiten Primärenergie, aber der Anteil von Wind- und Solarenergie ist unterrepräsentiert wir in diesem Artikel erklärt



die wir aus der Natur gewinnen, verarbeiten, umwandeln und liefern müssen, bevor wir etwas Nützliches daraus machen können, wie beispielsweise Strom rund um die Uhr, jede Sekunde, an 365 Tagen im Jahr, in der wir ihn brauchen. Wenn man Energie einmal auf diese Weise betrachtet, werden die Dinge viel klarer.

Wir hören oft, dass Solar- und Windenergie „sauber“ und im Grunde „kostenlos“ sind und keine Wärmeverluste wie Kernkraftwerke oder Gaskraftwerke verursachen. Aber um diese Wind- und Sonnenenergie in der realen Welt nutzbar und zuverlässig zu machen, müssen wir umfangreiche „Zusatzsysteme“ wie Batterien aufbauen, seltene Mineralien abbauen, Komponenten herstellen, Speicher bauen, das Stromnetz ausweiten, alles warten und schließlich entsorgen. **Es geht nicht nur um ein Solarpanel und eine leichte Brise, die über ein Turbinenblatt weht.**

Im Vergleich dazu stehen herkömmliche Brennstoffe wie Kohle, Gas oder Öl... Diese „verlieren“ zwar während der Verbrennung in Kraftwerken oder Motoren möglicherweise mehr Energie in Form von „nutzloser“ Wärme, aber die erforderliche Infrastruktur ist einfacher und die Anlagen halten viel länger: Ein durchschnittliches Kohle- oder Gaskraftwerk hat eine Lebensdauer von gut 30 bis 60 Jahren, ein Kernkraftwerk in der Regel sogar noch länger. Das ist nicht unerheblich und sollte berücksichtigt werden, wenn von „kostenloser“ Energie die Rede ist.

Das Verständnis der Primärenergie hilft dabei, die Wohlfühlstatistiken zu durchschauen und sich auf die Physik zu konzentrieren. Es hilft uns dabei, die Stromvollkosten (FCOE – full cost of electricity), Zeit, Geld und Materialien zu erkennen, die erforderlich sind, um eine Energiequelle wirklich nutzbar zu machen... und wenn man das einmal erkannt hat, kann man es nicht mehr übersehen.

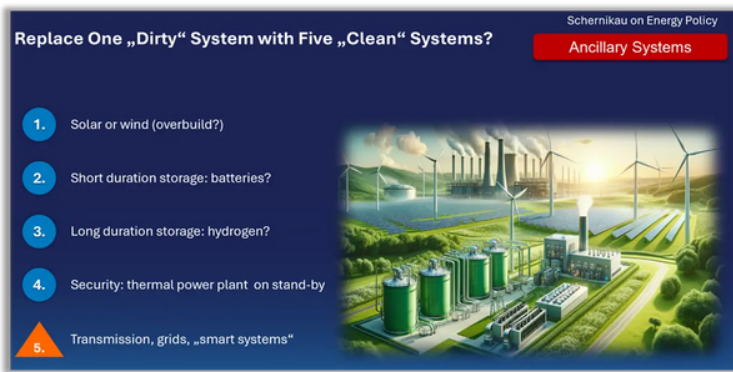
Deshalb lohnt es sich, **das eigentliche Problem mit dem “Primary Energy Fallacy” zu betrachten, der oft von Unterstützern von Wind- und Solarenergie!**

1. Was ist Primärenergie und was ist der „Primary Energy Fallacy“?

1. Primärenergie bezieht sich auf „rohe“, primäre, unverarbeitete Energie direkt aus der Natur, wie Kohle, Öl, Gas, Uran, fließendes Wasser, Sonnenlicht oder Wind.
2. Elektrizität oder Endenergie, die für den Transport verwendet wird, ist dagegen eine sekundäre Energieform, die größtenteils aus Primärenergiequellen gewonnen wird. Derzeit „verbraucht“ Elektrizität durchschnittlich etwa 40 % der weltweiten Primärenergie. (Abbildung 1) Der Rest wird für Transport, Heizung und Industrie benötigt.
3. **Elektrische Energie hat nur einen geringen Wert, für unser Stromnetz, wenn sie nicht die richtige Spannung, Stromstärke, Frequenz und Phase aufweist und nicht auf Anfrage verfügbar ist.**

Dies ist wichtig, weil Elektrizität oft als Endziel dargestellt wird, wobei der enorme Aufwand, der erforderlich ist, um dieses Ziel zu

Abbildung 2: Zusatzsysteme: Ein „schmutziges“ System durch fünf „saubere“ Systeme ersetzen?



erreichen, ignoriert wird.

Wir dürfen nicht vergessen, dass Strom eine Dienstleistung ist, die dem Verbraucher bereitgestellt wird – es handelt sich um kWh auf Abruf rund um die Uhr an 365 Tagen im Jahr, die z.B. von einem thermischen Kraftwerk geliefert werden, und nicht um ein Produkt (nur eine kWh, die z.B. durch Wind oder Sonne erzeugt wird).

„Nutzbare“ Elektrizität hat vier Hauptmerkmale, von denen keines durch Windkraftanlagen oder Solarzellen allein aufgewiesen wird, aber z.B. durch jedes einzelne Kraftwerk, das mit Turbinen funktioniert:

- **Spannung** → Systemstärke; oder Netzsteifigkeit
- **Frequenz** → Leistungsbilanz; oder das momentane Gleichgewicht zwischen Leistungsbedarf und -angebot (in Deutschland 50 Hz)
- **Phase** → Synchronismus; zeitliche Abstimmung der Wechselspannung
- **Laststrom** → der tatsächlich fließende Strom im Netz

Der formulierte Begriff "Primary Energy Fallacy" bezeichnet die Vorstellung, dass die gesamte Primärenergie aus fossilen Brennstoffen durch eine gleichwertige Menge „erneuerbarer“ Energie aus Wind und Solar ersetzt werden muss. Es wird gesagt, dass dies nicht notwendig sei, da **ganz grob zwei Drittel der Primärenergie während der Umwandlungsprozesse als Abwärme „verloren“ gehen und Wind und Solar ja bereits „direkt“ Elektrizität erzeugen.**

Das Missverständnis entsteht durch die Annahme, dass Wind- und Sonnenenergie ohne „Zusatzsysteme“ und ohne Verluste (sekundäre oder tertiäre Energieform) nutzbaren Strom erzeugen, während Kohle, Gas und Uran zwar einen hohen Energiegehalt haben, aber bei der Verarbeitung „thermische Verluste“ von ~60–70 % aufweisen. Dieses irrtümliche Primärenergie-Argument wird in leicht abgewandelter Form für die Stromerzeugung und auch für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (ICE) verwendet.

Daher, lautet das Argument wie folgt, man sollte Primärenergie nicht vergleichen oder überhaupt betrachten. Denn, **so wird uns gesagt, Wind und Sonne seien „praktisch unbegrenzt“ und liefern uns nutzbaren Strom oder nutzbare Endenergie mit einer 2- bis 3-mal höheren Effizienz als Öl, Kohle oder Gas.** Allerdings ist diese Aussage leider falsch!

Um es klar zu sagen: Es ist richtig, dass Kohle, Gas und Öl thermische „Verluste“ erleiden, und es ist richtig, dass Wind und Sonne Strom mit geringen thermischen „Verlusten“ erzeugen. Aber

es gibt noch so viel mehr zu betrachten und einzurechnen, was dieses Argument ungültig macht!

- **Behaupteter Primary Energy Fallacy 1:** „Die Umwandlung von Gas und Kohle in Strom führt zu einem Verlust von etwa 60 %. Das bedeutet, dass eine Einheit Primärenergie aus Wind oder Sonne zwei Einheiten aus Gas/Kohle ersetzt.“
- **Behaupteter Primary Energy Fallacy 2:** „Die Umwandlungsverluste während des Endverbrauchs in Verbrennungsmotoren (ICE) sind ebenfalls hoch. Elektromotoren sind wesentlich effizienter. Die meisten Automotoren „verlieren“ 70 % der Kraftstoffenergie, was bedeutet, dass der Strom eines E-Autos drei Einheiten Benzin/Diesel ersetzt.“

es gibt noch so viel mehr zu betrachten und einzurechnen, was dieses Argument ungültig macht!

Der "Primary Energy Fallacy" basiert auf grundlegend falschen Annahmen über die Nettoenergieeffizienz von Wind- und Solarenergie auf Systemebene. Richtig ist, dass die aus Wind- und Sonnenenergie gewonnene nutzbare Endenergie (d. h. Strom oder Transport) **auf Systemebene WENIGER nettoenergieeffizient und daher WENIGER primärenergieeffizient ist als Öl, Kohle oder Gas.**

Hinweis: Die Primärenergieberichterstattung von Energieagenturen wie der IEA oder des Energy Instituts ist irreführend, da es den Eindruck entsteht, dass Wind- und Solarenergie nur einen kleinen Teil der Primärenergie verbrauchen, während in Wirklichkeit ein viel größerer Anteil der Primärenergie erforderlich ist, um Wind- und Solarenergie für den Verbrauch nutzbar zu machen. Weitere Einzelheiten finden Sie in meinem Artikel „Warum Primärenergie immer noch König ist“. Es ist vielleicht zu viel verlangt, dass die Energieagentur ihre Rechnungslegung anpasst, d. h. auch die gesamte „graue Energie“ (embedded energy) einbezieht, da dies sehr komplex ist und je nach Region variiert. Bitte beachten, dass das hier beschriebene Konzept in den Primärenergiestatistiken verborgen bleibt und nicht offensichtlich ist. Viele, wenn auch nicht alle Primärenergie-Studien gehen von einer Systemeffizienz von nahezu 100 % aus, bei der die eingehende Sonnenenergie in nutzbaren Strom umgewandelt wird.

2. "Kostenlose" Energie ist nicht kostenlos! Gewinnung vs. nutzbare Energie

Abbildung 3: Systemübersicht über Wind- und Solar- + Batteriesysteme





Das Energy Institute 2025, ehemals BP, berichtet 2024 [1] irreführend, weil es keine effektivere Berichtsoption gibt, was erforderlich ist, um „nutzbaren“ Strom zu erzeugen..

- 4.655 TWh Primärenergie aus Sonne und Wind werden in 4.623 TWh Wind- und Solarstrom umgewandelt (dabei wird fälschlicherweise von einer Effizienz von fast 100 % ausgegangen).
- 8.500 TWh Primärenergie aus Kernkraft werden in 2.800 TWh Kernstrom umgewandelt (unter Berücksichtigung der Wärmeverluste).
- Wir können diese einfache Kennzahl nicht für Kohle oder Gas angeben, da nur ein Teil der Kohle und des Gases in Strom umgewandelt wird. Ein erheblicher Teil der Kohle und des Gases als Primärenergie wird in Wärme oder industrielle Energie umgewandelt und für chemische Umwandlungszwecke (z. B. Stahlherstellung oder Düngemittel) verwendet.

Kohle, Gas, Sonnenlicht und Wind sind in der Natur kostenlos verfügbar, aber ihre Umwandlung in nutzbare, zuverlässige Energie, die rund um die Uhr an 365 Tagen im Jahr verfügbar ist, kostet immer Energie, Materialien, Geld und menschliche Kreativität. **Nur Strom mit der richtigen Spannung, Frequenz, Phase und Stromstärke ist nutzbar.** Diese Anforderungen werden von Solarpanels oder Windkraftanlagen nicht erfüllt, wohl aber von Kraftwerken, die Turbinen antreiben..

Kohle oder Gas enthalten bereits konzentrierte Energie im Brennstoff selbst. Um den Brennstoff nutzbar zu machen, müssen wir ihn abbauen, transportieren und in einem Kraftwerk verbrennen, was wiederum erhebliche Mengen an Stahl, Beton und Maschinen erfordert. Etwa **60 % der Energie des Brennstoffs geht bei der thermischen Umwandlung verloren**, und die Lieferkette für den Abbau und Transport verbraucht zusätzliche Energie. Dennoch hat ein Kohle- oder Gaskraftwerk eine Betriebsdauer von etwa **30 bis 60 Jahren** und liefert stabile, regelbare Energie von einem einzigen Standort aus, wobei der Bedarf an Infrastrukturersatz relativ gering ist, aber ein kontinuierlicher Zufluss von brennbarem Brennstoff erforderlich ist.

Wind- und Solarenergie hingegen basieren auf diffuser Energie. Ihr „Treibstoff“, Sonnenlicht und Wind, ist kostenlos und „erneuerbar“, aber von geringer Energiekonzentration. Um ihn nutzbar zu machen, müssen über eine riesige industrielle Kette viel mehr Energie und Materialien eingebracht werden. Außerdem muss der von ihnen gelieferte Strom auf die richtige Spannung, Frequenz, Phase und Stromstärke „aufbereitet“ werden. Das bedarf wiederum noch umfangreiche „Zusatzsysteme“ wie z.B. Speicher, die auch berücksichtigt werden müssen.

Im Mittelpunkt *der „Energiewende-Problematik“ zu Wind- und Solarenergie stehen drei zentrale Themen.* Diese behandle ich ausführlich in meinem Artikel *„Sind Wind- und Solarenergie der Herausforderung gewachsen?“.*

(a) Energiedichte & (b) Intermittenz & (c) Betriebslebensdauer

Das Argument lautet, dass wir über Technologien verfügen, um die oben genannten Probleme in Bezug auf geringe Energiedichte, kurze Lebensdauer und Unbeständigkeit zu überwinden.

„Intelligente“ Systeme, Speicher oder Lastmanagement werden oft als Lösungen genannt... Schauen wir uns einmal an, wie sich dies in Bezug auf Kosten und Primärenergie auswirkt.

Zunächst einmal wird bei den nötigen **„Energie und Rohstoffinvestitionen“** deutlich, dass der für Wind- und Solaranlagen erforderliche massive Überbau einen **direkten Einfluss auf diese Energie und Rohstoffinvestitionen hat, die für den Bau der Anlagen benötigt werden, mit denen die „kostenlose“ Wind- und Sonnenenergie aus der Natur „gewonnen“ wird.** Dieser Energie- und Rohstoffaufwand übersteigt bei weitem den Aufwand für den Bau konventioneller Kraftwerke oder die Förderung von „kostenloser“ Kohle, Gas, Öl oder Uran, die zur „Verbrennung“ zur Verfügung stehen. Dies und mehr wird in den „Fehlerberechnungen zur Primärenergie“ und natürlich auch in allen Berichten zur Primärenergie völlig außer Acht gelassen.

Zweitens „Zusatzsysteme“: Es liegt auf der Hand, dass eine Vielzahl von Hilfs- oder Zusatzsystemen erforderlich ist, um Wind- und Solarenergie in unsere bestehenden Systeme zu integrieren und die natürlichen Nachteile von Wind- und Solarenergie, nämlich geringe Energiedichte, kurze Lebensdauer und Unbeständigkeit, zumindest teilweise zu überwinden. Diese Systeme sind erforderlich, um Wind- und Sonnenenergie in Strom mit der richtigen Spannung, Frequenz, Phase und Stromstärke umzuwandeln. Solche Systeme werden in keiner Berichterstattung oder Berechnung berücksichtigt, da dies einfach zu kompliziert ist.

Zu diesen erforderlichen Zusatzsystemen gehören:

- 1) Ein umfangreiche **Überbauung** (sie erinnern sich an hundertfach?) um den niedrigen natürlichen Nutzungsgrad zu überwinden, der zu einer geringen Auslastung führt, sowie die Herausforderungen der Intermittenz und der Unvorhersehbarkeit zu bewältigen und jegliche Speicher zu laden
- 2) **Kurzzeitspeicher** z.B. in Form von Batterien zur Überwindung kurzfristiger Schwankungen und zum Ausgleich des Netzes
- 3) **Langzeitspeicher** z.B. in Form von Wasserstoff zur Überbrückung von Tagen und Wochen mit unzureichender kombinierter Wind- und Solarstromerzeugung
- 4) **Reserve-Kraftwerke**, die bei Bedarf in Bereitschaft stehen oder den Langzeitspeicher Wasserstoff verbrennen sollen; in Deutschland werden bis 2030 12-20 GW Gas benötigt
- 5) Ein sehr viel komplexeres und größeres **Übertragungsnetz und eine aufwendigere Netzinfrastruktur**

Diese 5 Systeme sind alle erforderlich, um ein bestehendes Kohle-, Gas- oder Kernkraftwerk zu ersetzen und Wind- und Solarstrom für den Verbrauch nutzbar zu machen. Sie haben eine **niedrige Auslastung (sie werden nicht viel genutzt), was zu Kostensteigerungen und Nettoenergieineffizienz beiträgt.**

Darüber hinaus haben diese 5 Systeme – mit Ausnahme der konventionellen Kraftwerke – eine kurze Lebensdauer, sodass sie alle paar Jahre ersetzt werden müssen, also viel häufiger als herkömmliche Kraftwerke allein (Abbildung 2). Eine ähnliche, aber dennoch modifizierte Logik gilt für Verbrennungsmotoren im Vergleich zu Elektrofahrzeugen, die ich hier erläutere: „EVs für alle: Auswirkungen von Elektrofahrzeugen auf Stromversorgungssysteme und Lieferketten“.

Jeder dieser Schritte verbraucht mehr Primärenergie, die oft in anderen Ländern wie China gewonnen oder produziert wird und in den nationalen Energiestatistiken oder der Argumentation zum „Primary Energy Fallacy“ völlig unberücksichtigt bleibt.

Kurz gesagt: **Jede Form von Energie, die wir verbrauchen, erfordert eine Energieinvestition, um nutzbar zu werden.**

Die Kosten von Kohle und Gas liegen in ihrem Brennstoffkreislauf und ihrem kontinuierlichen Brennstoffbedarf, während die Kosten von Solar- und Windenergie in ihrer geringen Energiedichte, ihrer Unbeständigkeit und ihrer kurzen Lebensdauer sowie den daraus resultierenden Auswirkungen auf das System liegen. Dies erinnert uns daran, dass „kostenlose“ Energie immer mit Kosten verbunden ist und sich direkt auf die Nettoenergieeffizienz auswirkt.

3. Wie viel bekommen wir wirklich?: Nutzbare Energie vs. investierte Energie

Nicht alle Energiequellen bieten das gleiche „Preis-Leistungs-Verhältnis“ ... oder den gleichen Nutzen für das Land, die Materialien, das Geld und die Zeit, die wir in sie investieren. Man könnte leicht annehmen, dass mit der Installation eines Solarpanels oder einer Windkraftanlage die Arbeit getan ist. Betrachtet man jedoch die erforderlichen Zusatzsysteme und wie viel nutzbare Energie jedes System tatsächlich während seiner Lebensdauer verbraucht und „produziert“, wird die Sache komplizierter.

In diesem Abschnitt möchte ich einige **wichtige Kennzahlen wie natürlicher Nutzungsgrad (oder natürlicher Kapazitätsfaktor), Lebensdauer und Energiedichte veranschaulichen** (nur veranschaulichen, da es hier nicht um Genauigkeit, sondern um das Konzept geht), **um zu zeigen, wie unterschiedlich Solar-, Wind- und Kohle- (oder Gas-) Energie in der Praxis sind.** Ich möchte euch zeigen, warum manche Systeme häufiger ausgetauscht werden müssen, warum andere massiv ausgebaut werden müssen und warum beispielsweise ein einzelnes Kohle- oder Gaskraftwerk in Bezug auf Zuverlässigkeit, Bezahlbarkeit und Langlebigkeit immer noch ganze Netzwerke aus Wind- und Solaranlagen sowie deren erforderliche Zusatzsysteme übertreffen kann.

Metrisch	Kohle/Gas (Thermisch)	Atomkraft	Solar-PV (Netzanschluss)	Wind (On/Offshore)
Lebensdauer (in der Praxis)	30–60 Jahre (verlängerbar)	40–70 Jahre (mit Modernisierungen)	Durchschnittlich 12–15 Jahre (Repowering ~15)	10–20 Jahre
Natürlicher Kapazitätsfaktor (Nettolastfaktor hängt von der Auslastung ab)	98+%	98+%	10–25%	15–40% (Offshore höher)
Einsatzfähigkeit	Vollständig	Voll (Grundlast, gleichmäßige Leistung)	Intermittierend	Intermittierend
Energie-Kapitalrendite (eROI, Gesamtsystem) [9][10]	25-30 : 1	>75 : 1	5 – 10 : 1 (niedriger mit Speicherung auf Systemebene)	10–20 : 1 (niedriger mit Speicherung auf Systemebene)
Materialbedarf für Kapazität (pro TWh) [11]	Sehr gering ~1–2 kt Stahl, 0,1 kt Kupfer	Niedrig ~2–4 kt Stahl, 0,2 kt Kupfer, hoher Betonanteil	Sehr hoch ~340–560 kt Stahl, 5–170 kt Kupfer, Seltene Erden, Silicon + was für alle Zusatz-Hilfssysteme erforderlich ist [1]	Sehr hoch ~30–50 kt Stahl, 3–6 kt Kupfer, Seltene Erden + was für alle Zusatz-Hilfssysteme erforderlich ist [1]
Materialbedarf für den Betrieb	Sehr hoch, aber niedrige Kosten pro TWh	Sehr niedrig	Nahe Null	Nahe Null
Ersatzhäufigkeit (pro Zeitraum von 40 Jahren)	1×	1×	Angenommen, es werden 3× vollständige Wiederherstellungen durchgeführt.	Angenommen, es werden 2× vollständige Wiederherstellungen durchgeführt.
Abfall / Entsorgung Komplexität	Mäßig (Aschebehandlung)	Hohe Eindämmung, aber geringes Volumen	Groß angelegte Entsorgung / Recycling?	Groß angelegte Entsorgung / Recycling?
Gesamtkosten des Systems	Sehr niedrig, relativ konstant	Niedrig, sinken mit zunehmender Anzahl	Sehr hoch, steigen mit zunehmender Anzahl	Sehr hoch, steigen mit zunehmender Anzahl

Schauen wir uns einmal an, was wirklich nötig ist, um jede dieser Quellen in eine zuverlässige Energiequelle zu verwandeln.

Solarenergie

- Natürlicher Kapazitätsfaktor: ~10 % in Deutschland, ~25 % in Kalifornien, Australien, Südafrika (Bolson et al. 2022 [2])
- Energie-Dichte: begrenzt auf 5–7 MW/km² (oder W/m² [3, 4]), Überbauungsbedarf – wenn Sie 10 Tage lang in Deutschland erzeugte Solarenergie in Speichern mit einer Nettoenergieeffizienz von 80 % für den Gebrauch bereitstellen möchten, müssten Sie 10 x 1,25 x 10 = 125x überbauen ... Wenn Sie eine Wasserstoffspeicherung mit einer Nettoenergieeffizienz von 20 % verwenden, würde sich diese Zahl auf das 500-fache erhöhen ... Ja, **es ist eine hundertfache Überdimensionierung erforderlich**.
- Lebensdauer: In der Regel 12–15 Jahre im Netzmaßstab, weit weniger als die angegebenen 25–30 Jahre, mit einer Austauschrate, die etwa 3-4 Mal höher ist als bei Kohle- oder Gaskraftwerken (Libra et al. 2023 [5], siehe auch [6, 7]).
- Mining, Verarbeitung, Transport und Fertigung: Mit fossilen Brennstoffen betrieben, beispielsweise Öfen für Silicon

Windenergie

- Natürlicher Kapazitätsfaktor: ~22 % im globalen Durchschnitt, in guten Regionen können über 35 % erreicht werden (Bolson et al. 2022 [2] und siehe tatsächliche vs. geplante natürliche Kapazitätsfaktoren aus Großbritannien [8])
- Energie-Dichte: Begrenzt auf 1–2 MW/km² [3]
- Lebensdauer: begrenzt, insbesondere offshore, oft nur 10–20 Jahre, mit einer Austauschrate, die etwa 2- bis 4-mal höher ist als bei Kohle- oder Gaskraftwerken (IER 2024 [6])
- Mining, Verarbeitung, Transport und Fertigung: Fossil befeuert, insbesondere Öfen für Silizium

Kohle- (oder Gas-)Kraftwerk

- Natürlicher Kapazitätsfaktor: 98+ %, einsetzbar, auf Abruf verfügbar. Die Auslastung ist viel geringer, möglicherweise sogar unter 60 %.
- Betriebsdauer: 30–60 Jahre mit Upgrades.
- Infrastruktur: Ein einziges Gas- oder Kohlekraftwerk kann ein ganzes System aus Wind- und Solarenergie, Speichern und Netz-Upgrades ersetzen.
- Die Kohle muss während des gesamten Betriebs abgebaut und transportiert werden.

Hinweis zu eROI: Die eROI- oder Nettoenergieeffizienzwerte basieren auf den angegebenen Berichten. Es ist zu beachten, dass für zuverlässigere eROI-Werte auf Systemebene weitere Forschungsarbeiten erforderlich sind. Die angegebenen Werte sind daher nur als Richtwerte und zur Veranschaulichung zu verstehen. In unserem Buch „Unbequeme Wahrheiten über Strom und die Energie der Zukunft“ wird eROI ausführlicher behandelt.

4. Zusammenfassung: Der “Primary Energy Fallacy” ist ein Irrtum

Hier ist, was ich hoffe, dass Sie aus diesem Blogbeitrag mitnehmen...

„Der Primary Energy Fallacy“ ist selbst ein Irrtum, da er auf unangemessenen Annahmen beruht.

Uns wird oft gesagt, dass Solar- und Windenergie sauber, kostenlos, effizient und die Zukunft sind. Aber wenn man sich einmal genauer ansieht, was nötig ist, um **diese Wind- oder Solarstrom in zuverlässigen, rund um die Uhr verfügbaren Strom mit der richtigen Spannung, Frequenz, Phase und Stromstärke umzuwandeln**, ist die Sache gar nicht so einfach. Ja, Sonne und Wind sind kostenlos, genau wie Kohle oder Gas, aber um sie in großem Maßstab nutzbar zu machen, sind sehr große Mengen an Infrastruktur, Energie, Geld und Rohstoffen erforderlich.

Aus diesem Grund ist das Konzept der **Primärenergie** so wichtig. Es zwingt uns dazu, das Gesamtbild zu betrachten, von der Rohstoffgewinnung bis zur nutzbaren Leistung, und nicht nur den Strom, der auf dem Zähler angezeigt wird. Es hilft zu erklären, warum konventionelle Brennstoffe wie Kohle, Gas oder Kernenergie trotz ihrer offensichtlichen Nachteile immer noch mehr Energie pro Investitionseinheit liefern und warum der weltweite Primärenergieverbrauch trotz oder gerade wegen der zunehmenden Verbreitung von Wind- und Solarenergie weiter steigt.

Was den “Primary Energy Fallacy” zu einem Irrtum macht, ist, dass er nur den Verbrennungsteil betrachtet, nicht aber die Systemebene, die einzige relevante Methode zum Vergleich verschiedener Stromerzeugungssysteme. Auf Systemebene betrachtet sind Wind- und Solarenergie ein Rückschritt für die Menschheit hin zu einem System mit geringer Nettoenergieeffizienz, das uns der Energie beraubt (weitere Einzelheiten finden Sie in unserem begutachteten Artikel Schernikau et al. 2022 „**Full Cost of Electricity „FCOE” and Energy Returns „eROI”**“ [12]).

Solarpanels und Windkraftanlagen halten nicht so lange, wie man denkt, sie müssen viel häufiger ersetzt werden als Kohle- oder Kernkraftwerke und erfordern einen enormen Überbau. Wind- und Solarenergie „produzieren“ auch keinen für unsere Stromnetze nutzbaren Strom, da Spannung, Frequenz, Phase, und Laststrom derzeit nicht den Netzanforderungen entsprechen. Das bedeutet mehr Abbau, mehr Produktion, mehr Transport und letztendlich mehr Abfall. Und da all dies mit Umweltkosten verbunden ist, die durch die Gewinnung von Rohstoffen und die zunehmende Herausforderung der Entsorgung alter Rotorblätter und Solarmodule entstehen, möchte ich Sie fragen: **Was genau ist die Motivation hinter dem Vorantreiben von Wind- und Solarenergie?**

Was noch schlimmer ist: Ein Großteil dieser Anstrengungen und Energien wird in den nationalen Statistiken nicht einmal angemessen berücksichtigt, da bei der Bewertung der Stromkosten eines Landes die Stromgestehungskosten (LCOE) anstelle der Gesamtstromkosten (FCOE) herangezogen werden.

Kurz gesagt: Je mehr ich mich damit beschäftigt habe, desto klarer wurde mir, dass die Natur uns die Ressourcen zwar kostenlos zur Verfügung stellt, ihre Umwandlung in etwas, auf das wir uns tatsächlich verlassen können, jedoch immer teuer, aufwendig und energieintensiv ist.

Ob Kohle oder Sonnenlicht – es gibt keine kostenlose Kilowattstunde, die für uns nutzbar ist.

Links und Ressourcen

- [1] Statistical Review of World Energy – ([Link](#)) page 62
- [2] Bolson et al 2022: Capacity Factors for Electrical Power Generation from Renewable and Non-renewable Sources." Proceedings of the National Academy of Sciences 119, no. 52 (2022): e2205429119. – ([Link](#))
- [3] Miller, Lee M., and David W. Keith. "Miller Keith 2019 – Observation-Based Solar and Wind Power Capacity Factors and Power Densities." Environmental Research Letters 13, no. 10 (2019): 104008. – ([Link](#))
- [4] Schernikau, Lars, and William Smith. "How Many Km2 of Solar Panels in Spain and How Much Battery Backup Would It Take to Power Germany." SSRN Electronic Journal, ahead of print, April 2021. – ([Link](#))
- [5] Libra et al 2023: Reduced Real Lifetime of PV Panels – Economic Consequences." Solar Energy 259 (July 2023): 229–34. – ([Link](#))
- [6] IER: Wind Turbines and Solar Panels Are Aging Prematurely." February 2024. – ([Link](#))
- [7] V, Nikky. "Broker's Key Takeaways From kWh Analytics' 2025 Solar Risk Assessment." kWh Analytics, July 2, 2025. – ([Link](#))
- [8] Heffer, Greg. "Ed Miliband Admits Wind Farms Will Generate Less Power than Thought." Mail Online, October 2025. – ([Link](#))
- [9] World Nuclear Association, Energy Return on Investment, updated 3 December 2024. – ([Link](#))
- [10] Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants by D. Weißbach et al. (2013) – ([Link](#))
- [11] World Nuclear Association (2024), Mineral Requirements for Electricity Generation – ([Link](#))
- [12] Schernikau, Dr Lars, William Smith, and Rosemary Prof. Falcon. "SSRN: Full Cost of Electricity 'FCOE' and Energy Returns 'eROI.'" Journal of Management and Sustainability 12, no. 1 (2022): p96. – ([Link](#))