

Windkraft – ein Kampf gegen die Physik

Textform eines Vortrages

These

Die sichere Stromversorgung eines Industrielandes wie Deutschland durch „Erneuerbare Energien“ ist physikalisch unmöglich. Mehr noch ist es unmöglich die gesamte Energieversorgung, also die sogenannte Primärenergie (Strom, Verkehr, Wärme, Industriewärme) zu 100 % auf „Erneuerbare“ umzustellen. Wobei Strom (elektrische Energie) nur ca. 20 % der Primärenergie ausmacht. Die Konsequenz eines solchen Versuches, wird neben der Zerstörung der Kulturlandschaft durch Windräder, die Destabilisierung der Stromversorgung und damit einhergehend eine Deindustrialisierung des Landes sein. Gewiss glauben viele Menschen an die Segnungen durch die „Erneuerbaren“. Doch an etwas zu „glauben“ hat nichts mit der Realität zu tun. Woher erfahren Menschen, die meist keine Ausbildung in „irgendetwas mit Strom und Energie“ haben, von den Segnungen der „Erneuerbaren“, wenn nicht durch Politik und Medien? Doch aufgrund welcher Tatsachen kennen sich Politiker und Journalisten in Sachen Kraftwerk- und Energietechnik aus? Und warum kommen in der veröffentlichten Meinung nur meist staatlich alimentierte „Experten“ und „TV-Professoren“ vor, die teils hanebüchenen Unsinn erzählen, nie aber ausgewiesene Fachleute der Energietechnik oder Physik? Warum wurde der „Atomausstieg“ von einer Ethikkommission beschlossen, der zwar Bischöfe und Philosophen angehörten, jedoch kein einziger Energietechniker oder Kern-Physiker?

https://de.wikipedia.org/wiki/Ethikkommission_f%C3%BCr_eine_sichere_Energieversorgung

Was wir aktuell in Deutschland erleben, ist die historisch einmalige Politisierung einer (eigentlich) rein technisch relevanten Debatte. Wobei Politiker, Medien, „Klima-Kleber“, NGOs und Leute die „mediale Lufthoheit“ innehaben, welche weitgehend von einem physikalisch-technischen Hintergrund befreit sind. Jede offene Diskussion mit fachlich fundierter Kritik an der „Energiewende“ wird von Politik und Medien gescheut und „wie der Teufel das Weihwasser“ und aus dem Mainstream verbannt. Allenfalls finden Anhörungen mit „Feigenblatt-Charakter“ statt, bei denen eine, auf den Punkt gebrachte Diskussion, unmöglich ist. Hat dies etwas mit Fachdiskussion in einer „offenen Gesellschaft“ zu tun oder mit dem stringenten Vollzug einer politischen Agenda? Fragen über Fragen.

Die Illusion von der sicheren Stromversorgung durch Wind und Sonne

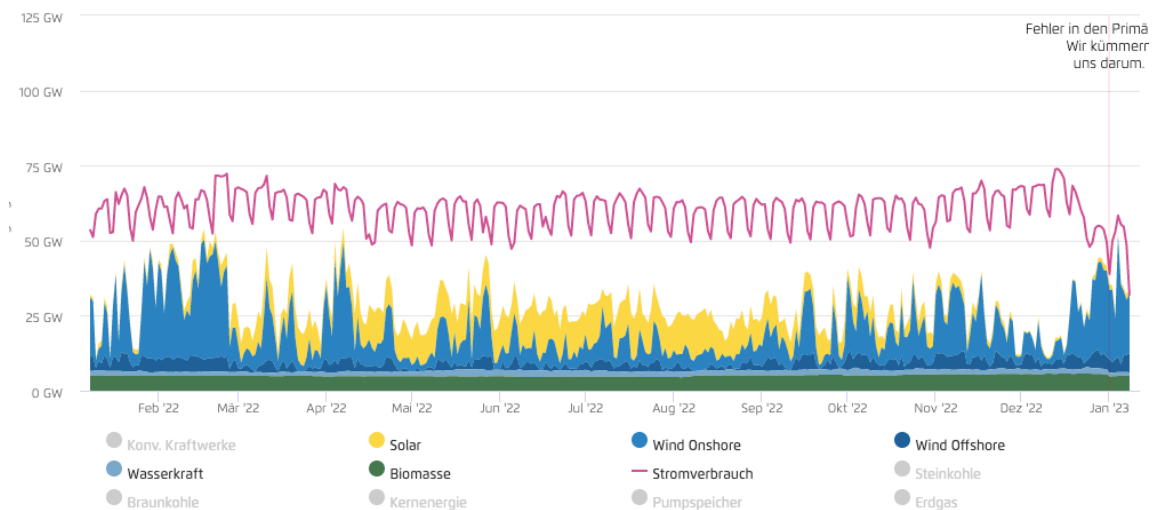
Die u. g. Abb. 1 stammt von der (mit reichlich Steuergeld ausgestatteten) hochhoffiziellen Agentur „Agora-Energiewende“. Die rote Linie ist der wöchentlich schwankende Stromverbrauch (Last) in Deutschland im Zeitraum eines Jahres, dargestellt als elektrische Leistung in GW (Gigawatt). Die Einspeisung durch Windkraft auf See (offshore) ist dunkelblau dargestellt, die Einspeisung durch Windkraft im Binnenland (onshore) hellblau und die durch Photovoltaik gelb. Leicht erkennbar sind die Zacken und Spitzen der Einspeisung von Wind- und Solarstrom, weil diese, je nach Wetter und Zufall, mal viel oder wenig Strom erzeugen, völlig losgelöst vom Bedarf. Die weiße Fläche zeigt die Leistung der konventionellen Kraftwerke (Kohle, Kernenergie, Gas, Öl), welche zu jedem Zeitpunkt den Ausgleich von Stromerzeugung und Stromverbrauch (Last) regeln müssen. Ansonsten gerät die Netzfrequenz (50 Hz +/-0,2 Hz) außer Kontrolle, was zur asynchronen Einspeisung der Sinusspannungen verschiedener Erzeuger und Regionen und damit zum Blackout führt. Wie die Grafik zeigt, haben wir es im Grunde mit vier Komponenten, man könnte auch sagen, mit

vier Stromversorgungen zu tun. Biogas und Wasserkraft speisen relativ konstant etwa 10 % des Bedarfes als Grundlast ein. Photovoltaik ist nur im Sommer relevant, im Winter steht die Sonne zu tief, selbst wenn sie scheint und die Solarzellen nicht gerade von Schnee bedeckt sind. Windkraft ist, sehr stark schwankend, meist im Winterhalbjahr verfügbar. Die Herausforderung für die konventionellen Kraftwerke besteht darin, stets positive oder negative Regelleistung aufbringen zu müssen, um das Stromnetz stabil zu halten. Nicht planbaren Regeleinriffe in das Stromnetz (Redispatch) belaufen sich auf mehrere pro Tag und verschlingen Milliarden EUR, während früher wenige Maßnahmen pro Jahr genügten.

<https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/handelsblatt-energietagung-hochspannung-im-stromnetz/12862992.html>

An manchen Tagen müssen die konventionellen Kraftwerke sehr viel und an anderen Tagen wenig Leistung zum Ausgleich für wetterwendigen Wind- und Solarstrom aufbringen. Wir haben Windstrom weitgehend im Winter und Solarstrom weitgehend im Sommer, müssen aber beide Stromerzeuger das ganze Jahr finanzieren. Manche Leute halten dies für eine „intelligente Lösung“. Oft verdienen sie gut daran oder frönen damit ihrem „Glauben“. Früher hatten wir Kraftwerke, die regelbar und ganzjährig Strom lieferten. Andere Länder haben diese immer noch. Eine Grafik zur Stromeinspeisung für beliebige Zeiträume ist z. B. hier abrufbar. https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power_generation/11.02.2023/14.02.2023/today/

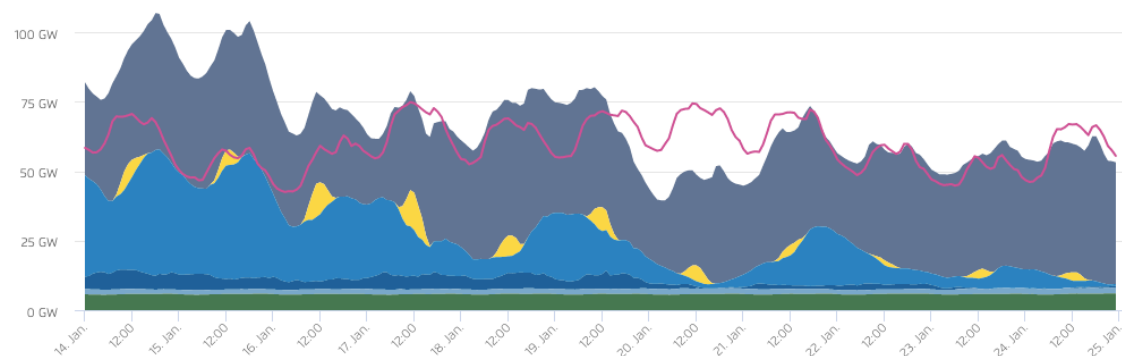
Abb. 1: Stromeinspeisung Januar 2022 – Januar 2023



Quelle: https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power_generation/08.01.2022/08.01.2023/today/

Abb. 2 zeigt die Einspeisung durch konventionelle Kraftwerke, hier in dunkelgrau, um auf ein zwangsläufiges Problem hinzuweisen. Vom 14.01. – 16.01. betrug die Kraftwerksleistung zeitweise über 100 GW (graue Fläche) bei einer Last zwischen etwa 50 – 70 GW (rote Linie).

Abb. 2: Stromeinspeisung vom 14.01. - 25.01.2022



Wenn die Kraftwerksleistung den Verbrauch (Last) signifikant übersteigt, muss Strom „verklappt“ werden, ansonsten geht die Netzfrequenz „durch die Decke“. Falls sich kein Abnehmer im Ausland findet, der bereit ist, einen angemessenen Preis für den Strom zu zahlen, wird der Strom nicht nur verschenkt, sondern es gibt für den „Käufer“ noch eine finanzielle Zugabe, bezahlt von den Stromkunden. Man nennt dies „negative Strompreise“. Doch könnte man die konventionellen Kraftwerke nicht einfach herunterfahren? Reden doch manche Leute (z.B. in Talk-Shows) davon, Kohlestrom würde das „Netz verstopfen“. Abseits vom physikalischen Unsinn, dass Strom, also bewegte Elektronen, etwas „verstopfen“ können, glauben manche Leute offenbar, dass man die Zehntausende Tonnen schweren Dampferzeuger eines Kohlekraftwerks einfach abschalten könne, wie etwa einen Gasgrill? Jedoch lassen sich Kraftwerke nicht unterhalb einer bestimmte Mindestleistung fahren. Und deren Leistung wird wenig später auch gebraucht, wenn etwa ab dem 23.01. die Einspeisung von Wind- und Solarstrom bis fast auf 0 GW fällt (in Worten NULL). Die Grafik offenbart auch, dass es zwischen dem 20.-21.01. zu wenig Stromeinspeisung gab (weiße Fläche unter der roten Linie). Etwa ab dem 19.01. begann der Wind zu schwächeln und auch die Spitze der Solareinspeisung fand (wenig überraschend) am Nachmittag ein Ende. Aus irgendeinem Grund, vielleicht wegen einer falschen Wetterprognose, waren die konventionellen Kraftwerke gerade dabei Herunterzufahren. Nun musste plötzlich Strom importiert werden, weil die Netzfrequenz auf einen gefährlichen Tiefstand hätte sinken können. Auf diesen Moment mögen die Betreiber von Pumpspeicherwerken (PSW) in Österreich und der Schweiz gewartet haben? Konnten sie doch kurz vorher mittels subventioniertem deutschem Strom Wasser in die Oberbecken ihrer PSW pumpen, wobei sie hernach ihren Strom teuer verkaufen konnten. Dies ist keine Beschwerde an diese Länder, ganz im Gegenteil, sie haben uns vor dem Blackout bewahrt, indem sie den immanenten Widersinn der deutschen Energiewende zu einem Geschäftsmodell gemacht haben. Dem Autor klingt noch eine Presse-Überschrift in den Ohren „Österreich profitiert von der deutschen Energiewende“. So wird der „deutsche Michel“ von den Medien „informiert“. Allerdings gehört dazu auch stets jemand, der all dies „glaubt“.

Technisch gesehen könnte man die Rotoren der Windräder auch „aus dem Wind“ drehen, um eine Überproduktion von Strom zu vermeiden. Doch dies würde den Profit, pardon den Ertrag, der Windmüller schmälern, weil es dann „nur“ eine Entschädigung für den nicht produzierten Strom (Phantomstrom) gäbe. **Rekord-Entschädigungen für Phantomstrom**
<https://www.nordschleswiger.dk/de/deutschland-schleswig-holstein-hamburg/rekord-entschaedigungen-fuer-phantomstrom>

Ultimativ aus dem Wind drehen muss man die Rotoren allerdings, wenn das 20-kV-Mittelspannungsnetz, in welche die Wechselrichter der Windräder einspeisen, diese Leistung, die dann auch nicht mehr gebraucht wird, nicht mehr aufnehmen kann. Sarkastisch könnte man fragen, ob der Netzausbau auch deshalb notwendig ist, um (voll vergüteten) Windstrom zu „negativen Strompreisen“ ins Ausland zu „verklappen“, pardon, zu exportieren?

Das Gegenteil von zu viel Strom ist natürlich zu wenig Strom. Doch für diesen Fall gibt es bislang die zeitweise Abschaltung (Lastabwurf) von Großverbrauchern, wie z. B. Aluminium-Hütten. Da konnte sich damals die Geschäftsleitung von Hydro-Aluminium noch so oft bei Kanzlerin Merkel beschweren, eine Aluminium-Hütte ist eine Immobilie, die kann man nicht wegtragen. Man könnte höchstens ein neues Werk z.B. in Ungarn bauen, da gibt es neben dem Rohstoff Bauxit auch Kernkraft die rund um die Uhr, bedarfsgerecht billigen Strom produziert. Ungarn hat gerade den Auftrag für ein weiteres (russisches) Kernkraftwerk erteilt, während in Deutschland abgeschaltet werden soll. Geht so die schleichende Deindustrialisierung Deutschlands? **Der Tag an dem der Strom knapp wurde**
<https://zeitung.faz.net/faz/wirtschaft/2019-01-12/Oef138ca4a91f74600c9c37e8a8d9a2d/?GEPc=s9>

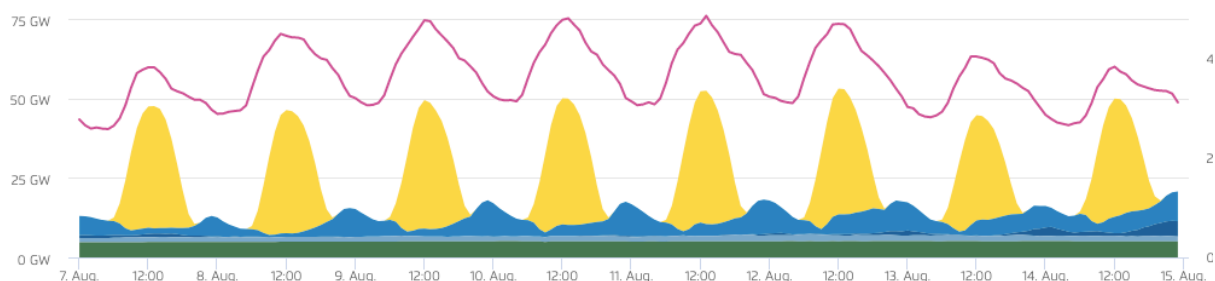
Abb. 3 zeigt ein paar schöne Sommertage im August, mit einem stabilen Hochdruckgebiet, stark schwächelndem Wind und viel Sonnenschein. Allerdings scheint auch hier nachts keine Sonne. Diese Feststellung mag profan klingen, ist es aber nicht. Hat doch der Autor noch keine Diskussion zu „Erneuerbaren“ erlebt, in dem nicht vehement der Ausbau der Photovoltaik propagiert wurde. Doch wie soll das funktionieren? Am ersten Sonnentag verabreden wir uns mit dem Nachbarn, ob er Kochen oder wir Wäsche waschen dürfen? Und am dritten Sonnentag darf dann ein anderer sein E-Auto laden? Oder warten wir alle auf die Herbststürme mit zu viel Wind? Noch zeigt die weiße Fläche unter der roten Linie die Einspeisung durch konventionelle Kraftwerke und wir konnten unserem gewohnten Leben nachgehen. Doch schon haben Robert Habeck und Olaf Scholz eine Überraschung für uns parat, das Smartmeter, auch als „intelligenter Stromzähler“ bekannt. Damit werden dann grüne Apparatschiks oder Künstliche Intelligenz (KI) darüber entscheiden, wann wir Kochen, Waschen oder Akkus laden dürfen und wann wir „Lastabwurf“ bekommen. Wer dies nicht glaubt, schaue sich „Achtung Reichelt“ auf S. 11 an. **Der grüne Öko-Sozialismus wird wahr.**

Von großen Stromspeichern redet schon lange niemand mehr, außer ein paar Träumer. Eine Tageserzeugung Strom sind etwas mehr als 1,77 TWh ($1,7 \cdot 10^9$ kWh). Das Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal (das größte in Deutschland) hat eine max. Leistung von 1060 MW und Wasser für 8 Stunden und kann damit eine Energie von 8,5 GWh liefern. Jeder kann sich ausrechnen, dass damit ein Tagesbedarf bei Dunkelflaute dem Äquivalent von ca. 200 PSW Goldisthal entspricht. Immer wieder berichtet die Presse nun von Batteriespeichern. Was ist davon zu halten? **Wie neue Stromspeicher bei der Energiewende helfen**

<https://www.mdr.de/nachrichten/thueringen/west-thueringen/wartburgkreis/strom-speicher-eisenach-energiewende-wartburg-100.html>

Der MDR schreibt: „60 Megawatt sind es, so viel wie 1.621 "Wartburg 353" zusammen. Der Strom reicht theoretisch einen Tag lang für 11.000 Zwei-Personen-Haushalte.“ Wer den Artikel technisch versteht, bemerkt zwei Dinge. Erstens handelt es sich um einen (relativ kleinen) Speicher, der sehr schnell positive und negative Regelleistung bereitstellen soll, um den „Zappelstrom“ aus Wind und Sonne zu kompensieren und somit die Netzfrequenz zu stabilisieren. Solche Speicher mindern damit (für viel Geld) ein Problem, das es ohne Energiewende samt Windrädern und Solarmodulen nicht gab. Zweites zeigt der MDR, dass Journalisten, selbst nach Jahren der Energiewende, den Unterschied zwischen Energie (kWh) und Leistung (W) offenbar immer noch nicht begriffen haben? Dies sei anhand der Abb. 3 erklärt.

Abb. 3: Stromeinspeisung vom 07.08. - 15.08.2022



Betrachtet sei die erste (gelbe) „Spitze“. Die Sonne geht auf und die Leistung (W - Watt), auf der Y-Achse als GW (Gigawatt) dargestellt steigt an, erreicht mittags ihr Maximum (knapp 50 GW) und nimmt bis zum Sonnenuntergang ab. Die Energie (Maßeinheit z.B. Kilowattstunden, kWh oder ein Vielfaches) ist das Produkt von Leistung und Zeit. In Abb. 3 ist dies die Fläche der (gelben) Kurve. Nachts, bis zum nächsten Sonnenaufgang ist die Leistung (P) aller

Solarmodule gleich NULL. Damit ist die durch Photovoltaik erzeugte Energie (E) in dieser Zeit (t) in der Nacht gleich NULL. Denn es gilt $E = P * t = 0 * t = 0$ (in Worten NULL).

Doch wie man an dem MDR-Beitrag, wie auch an anderen Presseartikeln sieht, wird immer wieder, mit der durch Windräder und Photovoltaik erzeugten Energie argumentiert.

Physikalisch betrachtet ist dies ein Taschenspielertrick, der dem unbedarften Leser oder Zuschauer den Eindruck vermittelt, es käme auf die irgendwann und irgendwie erzeugte elektrische Energie an. Doch bei der Stromversorgung kommt es einzig und allein auf die generierte elektrische Leistung an, die zu jeder Sekunde der Last (Verbrauch) entsprechen muss. Man kann Betrachtungen zur Stromversorgung in Bezug auf Energie nur dann sinnvoll anstellen, wenn man es mit Stromerzeugern zu tun hat, deren Leistung man mit der Zeit regeln kann (wie Kraftwerke), oder die weitgehend konstant einspeisen (wie Biogas). Aber die Physik stört wohl den „Glauben“ und wird deshalb von Politik und Medien gemieden?

Die Illusion vom „Energimix“ durch Biogas und Wasserkraft

Die u. g. Abb. 4 und 5 zeigen aus der o. g. Abb. 1 die beiden Dunkelflauten im Dezember 2022 und Januar 2023. Deutlich zu sehen ist, wie die Einspeisung von Wind- und Solarstrom in der Zeit mehr als schwächelt. Wenn die konventionellen Kraftwerke (weiße Fläche) nach dem Willen der Regierung abgeschaltet und durch Windkraft und Solarzellen ersetzt sind, wird die Situation nicht besser. Denn selbst wenn man die Anzahl der Windräder und Solarzellen verdoppelt, bewirkt dies bei (fast) NULL Wind und (fast) NULL Sonne (fast) nichts. Auch Biogas (grün) und Wasserkraft werden hier mit ihrer relativ geringen und (kaum) regelbaren Grundlast-Einspeisung nichts ändern. Der Traum vom „klugen Energimix“ mit Biogas und Wasserkraft erweist sich mit einem kurzen Blick auf die Grafik als Wunschtraum.

Abb. 4: Dunkelflaute im Dezember 2022

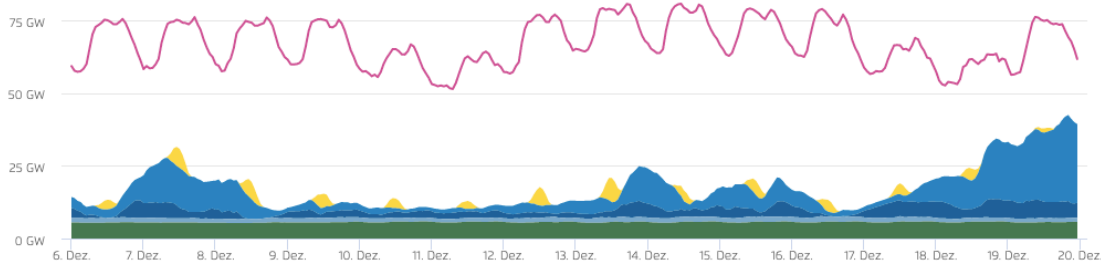
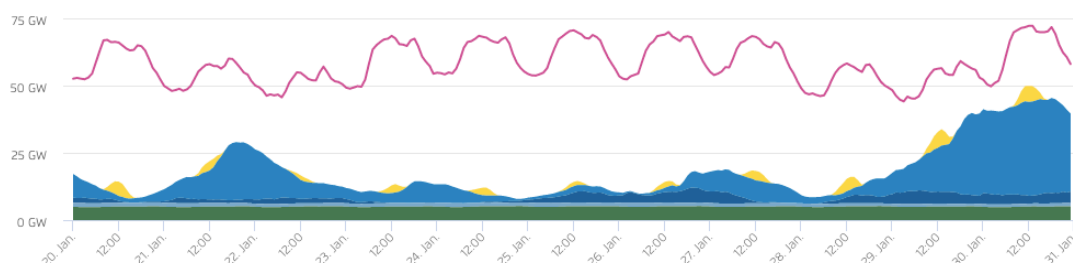


Abb. 5: Dunkelflaute im Januar 2023



Biogas trug mit ca. 5 GW und Wasserkraft mit ca. 1,2 GW zur Grundlast bei. In Summe also ca. 6 GW von durchschnittlich 60 GW gesamter Last, also mit einem Anteil von ca. 10%. Bereits ein Blick in die Landschaft mit den riesigen Flächen für Energiepflanzen offenbart, beim Biogas gibt es nichts signifikant zu steigern, ohne Ackerflächen für Lebensmittel zu opfern, gemäß dem Motto „Biogas statt Teller“. Aus dem Blickwinkel der Physik betrachtet

heißt dies, die Leistungsdichte (Ernte pro Hektar) ist viel zu gering, wie Abb. 5 zeigt. Die Leistungsdichte von Biogas beträgt in unseren Breiten nur etwa $0,2 \text{ W/m}^2$.

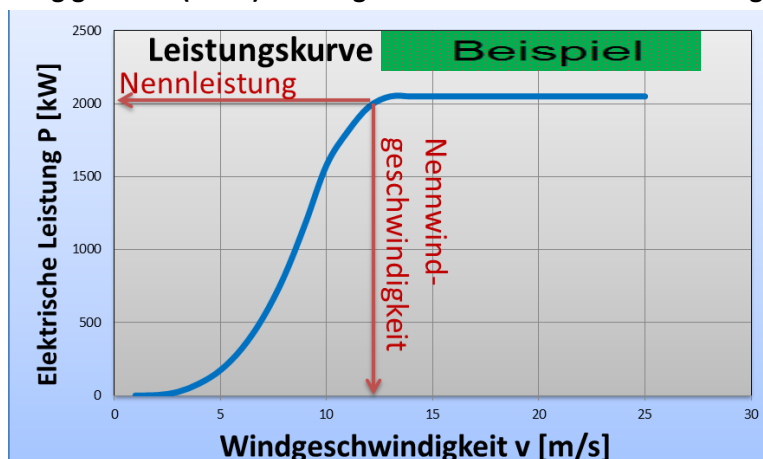
Der Ausweg – Energiepolitik durch einen „klugen Mix“?

Kann man die Effizienz der Windkraft nicht durch neue große Windräder steigern? Und kann man Wasserkraft nicht ausbauen oder „grünen Wasserstoff“ erzeugen? Wird Deutschland damit nicht zum Innovations-Motor für die Welt? All dies sind, von Politik und Medien, gern verbreitete Narrative, welche Politikern nützen, und die Menschen gern glauben möchten. Doch wie verhält es sich mit den physikalischen Fakten?

Windkraft

Gewiss kann man Windräder größer bauen. Dies ist vor allem eine Frage der Statik von Fundament und Turm, und den auf den Rotor wirkenden Kräften. Größere Windräder erfordern größere Abstände und nehmen sich gegenseitig den Wind in noch größeren Höhen weg. Doch liefern größere Windräder auch eine größere „Energieernte“, weil sie mit größeren Rotorflächen mehr Leistung haben? In der Landwirtschaft rechnet man Ernterträge in Dezitonnen pro Hektar. Um etwas vergleichen zu können, benötigt man eine Bezugsgröße. Ein Stück Holz schwimmt, unabhängig davon, ob es groß oder klein ist, im Wasser. Weil seine Dichte (das Verhältnis von Masse zu Volumen) kleiner ist, als die Dichte des Wassers. Doch bei der Windkraft, genügt es, kleine und große Windräder miteinander zu vergleichen und zu glauben, große Windräder seien effizienter? Welch ein Trugschluss, denn man kann auch die Leistung von Windrädern nur in Bezug auf die Rotorfläche oder Landschaftsfläche vergleichen. So kommt man zur Leistungsdichte des Windes als primäre Energiequelle für jedes Windrad. Diese hängt allein von der durch den Wind dargebotenen Energie bzw. Leistung ab. Um die Formel zu erklären, sei gesagt, dass die Leistungsdichte (P_d) pro Quadratmeter Rotorfläche von der Dichte (ρ) der Luft und der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit (v) abhängt. Die Formel lautet $P_d = \frac{1}{2} \rho v^3$. Die Konsequenz für das Dargebot an Windleistung ergibt zeigt Abb. 6.

Abb. 6: Abhängigkeit der (Wind)-Leistung von der dritten Potenz des Windgeschwindigkeit



Bildzitat: <http://gegenwind-weinheim.de/wordpress/tatsaechliche-leistung-von-windkraeftanlagen-nur-5-der-nennleistung-in-baden-wuerttemberg/>

Anmerkung: Die Beschriftung der Ordinate (y-Achse) ist hier nicht relevant.

Diese Abhängigkeit bedingt, dass sich die Leistungsdichte des dargebotenen Windes bei Halbierung der Windgeschwindigkeit auf $1/8$ (entspricht $\frac{1}{2} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2} = 1/8 = 12,5\%$) verringert. Beispiel: Der Wind biete dem Windrad bei einer Windgeschwindigkeit (v) eine Leistung von 1000 W/m^2 Rotorfläche dar. Dann verringert sich die dargebotene Windleistung bei Halbierung der Windgeschwindigkeit ($\frac{1}{2} v$) auf 125 W/m^2 Rotorfläche.

Schachwindanlagen im Binnenland haben typisch Nennwindgeschwindigkeiten von 11 m/s, was etwa 40 km/h oder Windstärke 6 entspricht. Bei 11 m/s ist der Eintrag von Windleistung 815 W/m² Rotorfläche. Der max. Wirkungsgrad eines Dreiflügel-Windrades ist max. 0,48. Von der vom Wind dargebotenen Leistung von 815 W/m² könnten also max. 391 W/m² vom Windrad in elektrische Energie umgewandelt werden. Die Leistungsdichte einer typischen „Schwachwindanlage“ liegt (lt. Angaben eines Herstellers) nur bei ca. 200 W/m² Rotorfläche. Dies liegt daran, dass der höchste Wirkungsgrad (0,48) von den Konstrukteuren nicht auf den Bereich der höchsten Windgeschwindigkeit (11 m/s), sondern auf den Bereich der häufigsten Windgeschwindigkeiten (5 – 8 m/s) gelegt wurde. Die Hersteller haben schon alles optimiert.

Die „Ausnutzung“ der installierten Nennleistung der Windkraft beträgt in Deutschland ca. 20,8 % (entspr. ca. 1800 Volllaststunden). Die Rechnung für 2017 lt. Abb. 7 lautet:

mittlere Leistung 11.720 MW / installierte Nennleistung 56.164 MW = 20,8%

Für 21 Länder in Europa (inkl. offshore Anlagen) beträgt die „Ausnutzung“ ca. 24%, s. Abb.7.

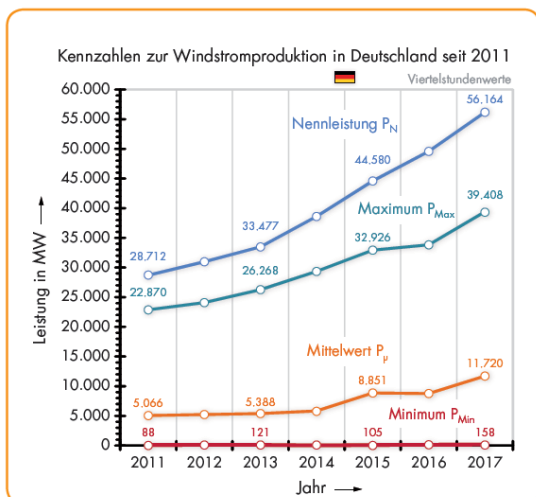
Bei einer „Ausnutzung“ von 20% liegt die praktische mittlere Leistungsdichte von Windrädern im Binnenland in der Größenordnung von nur 40 W/m² Rotorfläche. Die Konsequenz:

Mit einem Quadratmeter Rotorfläche eines Windrades von Tausenden Tonnen Stahl auf einem Fundament von Tausenden Tonnen Stahlbeton könnte man lediglich eine 40 Watt-Glühbirne rund um die Uhr betreiben, falls der Windstrom gespeichert werden könnte.

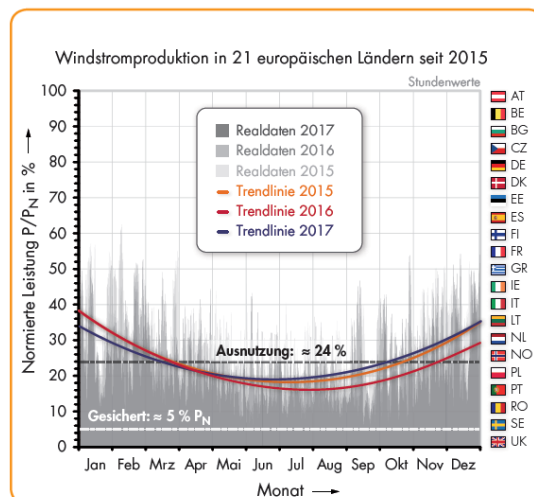
Bei einer Stromerzeugung von etwas über 600 TWh/a (Terrawattstunden pro Jahr) entspricht dies etwa **200 Pumpspeicherwerken** Goldisthal (dem größten in Deutschland).

Diese Dimension liegt jenseits aller Möglichkeiten der Realisierung. Die Grafik links unten zeigt, dass die gesicherte Leistung der Windkraft stets nahe NULL lag, unabhängig von der Anzahl der Windräder und deren installierter Nennleistung. (Rechnung für 2017: 158 MW / 56.164 MW = 0,28%). Die Behauptung „Irgendwo weht immer Wind“ mag zwar stimmen, aber die daraus generierbare Leistung beträgt in Deutschland weniger als 0,3% und in Europa weniger 5% der installierten Nennleistung (rechte Grafik). Und trotzdem propagieren und forcieren Politik und Medien den weiteren Ausbau der Windkraft als „Allheilmittel“.

Abb. 7: Grad der „Ausnutzung“ von Windkraft in Deutschland und Europa (8760 Stunden/Jahr = 100%)



Quellen: BMWi, BWE, ÜNB, eigene Berechnungen



Quellen: ÜNB, ents-e, eigene Berechnungen

Zur Physik der Windkraft inkl. Berechnungen siehe auch den Artikel des Autors:

„Windräder bremsen den Wind - und beeinflussen das Mikro-Klima“

https://www.nordthueringen.de/daten/mm_objekte/2022/02/630761_0222_46369953

Warum ist die Windkraft ineffektiv?

Der zweite relevante Parameter in der Formel für die Leistungsdichte des Windes ist die **Dichte der Luft** ($1,204 \text{ kg/m}^3$ bei 20 C auf Meereshöhe). Diese ist im Vergleich zur Dichte des Wassers (1000 kg/m^3) um den Faktor 830 geringer. Gleichzeitig liegt der praktische Wirkungsgrad einer Wasserturbine zwischen $0,9 - 1,0$. Auch ist bei einer Wasserturbine die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers konstant, da diese von der Fallhöhe des Wassers und damit vom Druck bestimmt wird. Damit kann für jeden Einsatzzweck die optimale Form der Turbine (Pelton-, Kaplan-, Francis-Turbine), und damit der maximale Wirkungsgrad gewählt werden. Dies ist bei einer Windturbine anders, da diese über den Windbereich mehrerer Windstärken ($3 - 6$ Beaufort), also von ca. 3 m/s Einschaltwindgeschwindigkeit bis ca. $10 - 12 \text{ m/s}$ Nennwindgeschwindigkeit betrieben wird. Da die Rotoren eines modernen Windrades wie der Tragflügel eines Flugzeuges funktionieren, ist die Aerodynamik der Rotoren auf die, für den Einsatzort typischen Windverhältnisse (Weibull-Verteilung), optimiert. Der max. Wirkungsgrad einer typischen Schwachwindanlage liegt damit etwa im Bereich von $5 - 8 \text{ m/s}$ Windgeschwindigkeit und kommt dem max. möglichen Wirkungsgrad von $0,48$ für Dreiflügler sehr nahe. Damit gibt es kein weiteres Potential zur Optimierung. Außerhalb der optimalen Windgeschwindigkeit ist der Wirkungsgrad niedriger, jedoch bei wenig häufiger Windgeschwindigkeit. Windräder sind ertragsoptimiert, und trotzdem beträgt ihre mittlere Leistungsdichte (im Binnenland) nur ca. 40 W/m^2 Rotorfläche. Und dies ohne die Möglichkeit der großtechnischen Speicherung von Windstrom. Fazit:

Die physikalische Ursache für diese vergleichsweise geringe Leistungsdichte von Windrädern ist die geringe Dichte der Luft. Diese Tatsache verbannt das polit-mediale Gerede vom hohen Entwicklungspotential und der Steigerung der Effektivität von immer größeren Windrädern in den Bereich der Wunschvorstellungen. Größere Windräder benötigen größere Rotorflächen. Sie mögen damit in größeren Höhen auch höhere Windgeschwindigkeiten nutzen, gleichzeitig nehmen sie sich aber in den größeren Höhen auch gegenseitig den Wind weg. Damit sinkt ihre Leistungsdichte bei großflächigem Windkraftausbau unter 1 W/m^2 Landschaftsfläche, was einen exorbitanten Flächenbedarf bedingt.

NEUE STUDIE AUS JENA: DAS POTENZIAL UND DIE GRENZEN DER WINDKRAFT

<https://www.mdr.de/wissen/energiewende-potenzial-und-grenzen-der-windkraft-100.html>

Nähere Berechnungen zum exorbitanten Flächenbedarf der Windkraft, s. den Artikel des Autors: **Windkraft – erklärt auf einem Bierdeckel**

https://www.thlemv.de/wp-content/uploads/2022/08/Windkraft-erklart-auf-einem-Bierdeckel_Dipl.-Phys.-Boehme_freigegeben.pdf

Ein Windrad ist wegen der geringen Dichte der Luft und dem geringeren Wirkungsgrad mindestens um den Faktor 1600 ineffektiver als eine Wasserturbine. Dies erklärt die riesige Zahl von Windrädern, die bereits jetzt in unserer Landschaft stehen, und zu denen nach dem Willen der Regierung noch viele hinzukommen sollen. Die u. g. Fotos zeigen eine kleine Pelton-Wasserturbine mit einem Durchmesser von weniger als 20 cm mit einer Dauerleistung von 48 W . Dies steht im Vergleich zur mittleren Leistung von 40 W/m^2 Rotorfläche eines Windrades. Wobei beim Windrad der Strom wetterbedingt generiert wird und nicht gespeichert werden kann. (Fotos: privat, Dank dem Bastler)



Die o. g. Fotos werfen die Frage auf, ob man die Wasserkraft als „Erneuerbare“ ausbauen und in jedem Fluss eine Turbine installieren sollte? Hierzu ein paar Fakten.

Das Wasserkraftwerk der Saale in Bad Kösen hat eine Leistung 0,38 MW und kostete 6 Mio. EUR inkl. Fischtreppe. Die Leistung ist trotz der Wassermassen der Saale relativ bescheiden, weil die Fallhöhe, und damit die potentielle Energie des Wassers am Kraftwerk, gering ist.

<https://www.mz.de/mitteldeutschland/burgenlandkreis/wasserkraft-in-bad-kosen-viel-saft-aus-der-saale-1614223>

Das Pumpspeicherwerk Goldisthal (max. 12 Mio m³ Wasser im Oberbecken) hat eine max. Leistung von 1.060 MW bei einer Fallhöhe von 350 m. Aufgrund der großen Fallhöhe wird eine große potentielle Energie gespeichert und die Turbinen mit hohem Druck (35 bar bei 350 m Fallhöhe) und hoher Geschwindigkeit und folglich mit hoher kinetischer Energie angetrieben. Das noch in Betrieb befindliche Kernkraftwerk ISAR-II hat eine Leistung von 1.410 MW und das Braunkohlekraftwerk Lippendorf bei Leipzig (das modernste in Europa) hat eine Leistung von 1.750 MW. Das Wasserkraftwerk am Assuan-Staudamm in Ägypten hat eine Leistung von 2.100 MW. Diese Zahlen und die Tatsache, dass die großen Flüsse in Deutschland (Rhein, Elbe, Donau, Oder) freifließend sind, mögen den Enthusiasmus für einen signifikanten Ausbau der Wasserkraft in Deutschland etwas dämpfen. Viel mehr als eine teure Modernisierung alter Anlagen (inkl. Fischtreppe) wird kaum möglich sein.

https://izw.baw.de/publikationen/dresdner-wasserbauliche-mitteilungen/0/Anderer_Das%20Wasserkraftpotenzial%20in%20Deutschland.pdf

Ausweg „grüner“ Wasserstoff?

Die Farbe, welche unser „grünes Marketing“ dem Element Wasserstoff (Symbol H) oder dem Gas Wasserstoff (H₂) zuordnet, hat nichts mit deren physikalischen Eigenschaften zu tun. Das Element Wasserstoff (H) bindet sich gern mit Seinesgleichen zu (H₂) oder mit anderen Elementen, wie z.B. mit Sauerstoff (O) zu Wasser (H₂O). Es gibt auch andere Verbindungen, doch allen ist gemein, dass sich Wasserstoff nur „widerwillig“ und unter Aufwendung von Energie aus diesen Verbindungen lösen lässt. Dies bedingt einen physikalischen Wirkungsgrad, der durch Technik nicht überwunden werden kann. Hier setzt oft das prinzipielle Missverständnis von Menschen an, die „glauben“, die (deutsche?) Ingenieurtechnik könne genau dies tun. Der Kampf gegen die Physik ist ein Glaubenskampf.

Wasserstoff hat etwa die 3-fache Energiedichte wie Benzin oder Diesel. Allerdings nur, wenn er in flüssiger Form oder als Gas unter sehr hohem Druck steht. Flüssig wird Wasserstoff nur, wenn man ihn unter Minus 253 Celsius (20 K) kühlt. Dazu braucht es sehr viel Energie, wie auch für die Kompression unter hohem Druck. Nur so kann man H₂ platzsparend speichern oder lagern. Das Wasserstoffmolekül (H₂) ist sehr klein und möchte überall hindurch diffundieren, selbst durch Stahl. Wobei es in Stahl gern Schaden anrichtet, welcher als „Wasserstoffversprödung“ gefürchtet ist. Deshalb braucht es z. B. zum Transport teure Spezialbehälter. Die wertvollste Energieform ist die elektrische Energie (Strom), da sie leicht zu transportieren und universell einsetzbar ist. Möchte man den aus Strom (und Wasser) gewonnenen „grünen“ Wasserstoff (bei Bedarf) wieder zu Strom machen, bietet sich eine Spitzenlast-Gasturbine an. Bis dahin hat man den „grünen“ Wasserstoff mittels Elektrolyse durch Windstrom erzeugt, ihn gespeichert (komprimiert oder in anderen teuren Speichern gebunden), um ihn in der Gasturbine wieder in Strom zu wandeln. In dieser Systemkette multiplizieren sich alle praktischen Wirkungsgrade der einzelnen Schritte, wobei der Systemwirkungsgrad (wegen der Mathematik) stets kleiner ist als der kleinste Wirkungsgrad in der Prozesskette. Der Wirkungsgrad einer Spitzenlast-Gasturbine (die erst auf den Betrieb mit Wasserstoff umgestellt werden muss) ist ca. 0,35. Auf dem Weg von der Elektrolyse über die Speicherung bis zur Rückverstromung des Wasserstoffs sind also nur Wirkungsgrade viel kleiner als 0,35 zu erwarten, eher weit unter 0,2. Dies würde in „grünem“

Wasserstoff gespeicherten Strom mindestens um den Faktor 5 gegenüber dem eingesetzten Windstrom verteuern. Gern wird dann argumentiert, der Windstrom koste nichts, weil die Windräder ohnehin da seien. Windräder die von den Stromkunden bezahlt wurden, und für deren Grundstück jedes Jahr Pacht gezahlt wird, liefern also kostenlosen Strom? Jedenfalls nach grüner Logik? Dem „grünen“ Hütchenspiel der „Glaubenskongregation“ sind im Öko-Sozialismus keine Grenzen gesetzt, weder durch die Physik noch durch die Ökonomie. Andere Länder sehen dies anders. Das Standardverfahren zur Wasserstoff-Gewinnung ist die Dampfreformierung von Erdgas. Japan lässt Wasserstoff billig mittels Kohle (durch partielle Oxidation) in Australien erzeugen. Bei beiden Verfahren entsteht Kohlendioxid (CO_2), aber das ist ein anderes Thema. China hat den ersten Hochtemperatur-Kernreaktor, der nicht nur Strom erzeugen kann, sondern auch Wasserstoff durch die „Zerlegung“ von Wasser in der heißen Zone ($> 900 \text{ C}$). Hierbei entsteht kein Kohlendioxid (CO_2). Gemäß Medien könnte man den Eindruck gewinnen, Wasserstoff durch Elektrolyse sei etwas völlig Neues und total Innovatives, mit dem wir zum Technologieführer aufsteigen. Dabei zeigten Chemielehrer ihr „Knallgas-Experiment“ mit Wasserstoff, den sie mit zwei Elektroden im Becherglas erzeugten hatten schon lange. Wasserstoff ist also (zusammen mit Sauerstoff) also auch noch höchst explosiv. Doch warum hatte bisher niemand eine großtechnische Wasserstoff-Technologie zur Speicherung von Strom umgesetzt? Könnte dies am Verhältnis von Aufwand und Nutzen, also an den Kosten liegen? Und an Zeit und Dimension zur großtechnischen Umsetzung? In einer Marktwirtschaft setzt sich durch, was einen höheren Nutzen bringt als das Bisherige und/oder billiger ist. Im Sozialismus, so auch im grünen Öko-Sozialismus, ist dies anders. Hier wird planwirtschaftlich entschieden, was tu tun ist. Doch dies muss sich im Wettbewerb gegen jene durchsetzen, die Marktwirtschaft betreiben. Was in der Praxis des Sozialismus bisher immer gescheitert ist. Auch der „grüne“ Wasserstoff müsste sich im weltweiten Wettbewerb noch durchsetzen. Doch was ist, falls dies z. B. gegen China nicht gelingt?

Nicht jeder mag praktische Erfahrung mit dem Sozialismus haben. Deshalb Beispiele, wie man Hungersnöte und Wirtschaftskatastrophen durch Planwirtschaft erzeugt. Damit hat China die größten Erfahrungen. Alles begann dort mit der „Anti-Rechts-Bewegung“. Wem kommt das bekannt vor?

- China „Der Große Sprung nach vorn“, samt Verlagerung der Stahlproduktion in Mini-Hochöfen auf Bauernhöfe und der „Ausrottung der vier Plagen“ inkl. der Jagd auf Spatzen
https://www.planet-wissen.de/geschichte/diktatoren/mao_zedong_gnadenloser_machtmensch/pwiechinauntermao100.html

Zusammenfassung wichtiger Fakten und Zahlen

- Windkraft hängt von der **kinetischen Energie** ab, die der Wind darbietet.
- Um verschiedene Windräder zu vergleichen muss man sie mit **Bezugsgröße** vergleichen. Diese ergeben sich **pro Quadratmeter** Rotorfläche oder Landschaftsfläche. Daraus ergibt sich die **Leistungsdichte** (Maßeinheit W/m^2)
- Die Leistungsdichte der strömenden Luft wird durch deren **geringe Dichte** begrenzt.
- Der physikalische **Wirkungsgrad** eines Dreifüglers beträgt maximal **0,48**.
- Die vom Wind **bei 11 m/s** dargebotene **Leistungsdichte** beträgt **$815 \text{ W}/\text{m}^2$** Rotorfläche.
- Die daraus **max. generierbare Leistungsdichte** beträgt folglich **$391 \text{ W}/\text{m}^2$** Rotorfläche.
- Die **typische Leistungsdichte** einer **Schwachwindanlage** beträgt **$200 \text{ W}/\text{m}^2$** Rotorfläche, entspr. **Nutzungsgrad** der Windkraft von ca. 20% entspricht dies einer **40-W-Glühbirne**
- Wind- und Solarstrom können **nicht** in großtechnischer Dimension **gespeichert** werden.
- **Nennleistung** erreichen Windräder nur ab **Windstärke 6**.
- Leistungsdicht pro Landschaftsfläche sinkt auf $< 1 \text{ W}/\text{m}^2$ durch gegens. Wind-Wegnahme

Konsequenz: Nach **Abschaltung** konventionelle **Kraftwerke**, muss der Verbrauch entspr. der Stromerzeugung zwingend durch teilweisen **Lastabwurf** begrenzt werden.

Ein Esel und ein Pferd – oder wie die Energiewende funktioniert

Sachverhalte erfasst man oft besser durch eine Metapher. Das Prinzip der Energiewende lässt sich am Beispiel von einem Esel und einem Pferd erklären.



Bildzitate: www.photocommunity.de s



shutterstock

Die Energiewende: Regierung und Ideologie wollen das Pferd durch den Esel ersetzen.

Das Narrativ: Das Pferd sei schlecht für das Klima, der Esel aber sei gut.

Der Bauer: wird gezwungen sein Pferd durch einen Esel zu ergänzen und dann zu ersetzen.

Die Praxis: Wenn der störrische Esel keine Lust zum Arbeiten hat, muss das Pferd ran.

Das Privileg: Vorrangig verdient der Esel, das Pferd ist Lückenbüßer (Aschenputtel-Effekt)

Fazit: Früher hatte der Bauer ein Pferd. Heute braucht er einen Esel und ein Pferd, oder die Arbeit kann nicht getan werden. Durchfüttern muss er aber nun beide. Die Politik propagiert den „klugen Mix“, mehrere Esel zu haben. Es gelte „zufällig sind nicht alle Esel störrisch“. Ohne Pferd wird der Bauer hungern und frieren und allein mit dem Esel auch.

Die Zukunft: Wenn kein Wind weht und/oder keine Sonne scheint, gibt es keinen Strom.

Die Lösung: Intelligente Stromzähler (Smartmeter) entscheiden, **ob** wir Strom bekommen.

Motto: „Wir schaffen das“

Motivation: Wir retten die Welt vor dem (vorgeblichen) „Klima-Killer“ und Lebensgas zur Photosynthese der Pflanzen, dem Kohlendioxid (CO₂). Leider tun wir dies ziemlich allen, denn z.B. China hat das Pariser Klima-Abkommen zwar unterschrieben, ist nach §4/4 ein Entwicklungsland und kann tun und lassen, was es will. Indien usw. übrigens auch.

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17853paris_agreement.pdf

Fragt man Politiker (Bundestag) persönlich danach, erhält man zur Antwort:

„Wir müssen Vorbild sein“. **Dann ist ja alles klar?**

Oder ist dies der grüne Öko-Sozialismus, wie bei „**Achtung Reichelt**“ behauptet wird?

Verbrenner-Verbot macht Autofahren zum Luxus-Gut /

Regierung bestimmt bald, wann Sie tanken dürfen!

<https://www.youtube.com/watch?v=GntMgRdlHIE>

Anmoderation durch Julian Reichelt: „Heute endet das Zeitalter des Verbrennungsmotors, der uns frei und reich gemacht hat. Es beginnt endgültig das Zeitalter einer grün-sozialistischen Ideologie, die uns Glückseligkeit verspricht., aber nichts als Armut bringt.“

Fazit: Intelligente Stromzähler (Smartmeter) werden verpflichtend, E-Autos können nur dann geladen, oder Waschmaschinen nur dann angestellt werden, wenn genügend Strom da ist. Dazu übermitteln die Smartmeter unsere Daten an eine Behörde, die durch einen grünen Apparatschik geleitet wird, um zu entscheiden, ob wir Strom beziehen dürfen.

Wie froh bin ich, dass diese „Verschwörungstheorien“ nun von Robert Habeck und Olaf Scholz bestätigt wurden. Aber so hatten wir uns doch alle die Energiewende und Klimaretterung vorgestellt. Oder etwa nicht? Und auf den Verbrennungsmotor verzichten doch alle gern? **Noch Fragen?**

Dann einfach das o.g. Video mit O-Ton von Habeck und Scholz anschauen.

PS: Endlich haben Robert Habeck und Olaf Scholz die sozialistische Katze aus dem Sack gelassen. Wenn auch ARD/ZDF die Sache noch in die buntesten Farben tauchen. Aber bunt sollte es doch sein?

Mit freundlichem Gruß

Dieter Böhme

Anlage: **Ein Blick in die Landschaft. Und ein Blick in die Zukunft?**



Dahl (Stadtbezirk von Paderborn) in Nordrhein-Westfalen



End of Landschaft - Film | Trailer

<https://www.youtube.com/watch?v=TCIKa61Cxc>

Foto: Vernunftkraft

Disclaimer

Auf die Inhalte verlinkter Seiten hat der Autor keinen Einfluss und kann dafür keine Haftung übernehmen. Der Artikel soll Anregungen zum Selberdenken geben. Denken ist eine Tätigkeit, die in der Vergangenheit oft den Medien als „Dienstleistung“ überlassen wurde, die jedoch für jeden Einzelnen immer (überlebens-)wichtiger wird.

Die Informationen des Autors sind einseitig, was daran liegt, dass gelistet wird, was in den Staats-Medien und im Mainstream nicht vorkommt. Die Bundeszentrale für Politische Bildung postuliert zum Thema Journalismus: „*Journalisten betreiben Aufklärung, indem sie alle verfügbaren Fakten und Hintergründe darlegen und die Menschen selbst entscheiden lassen, was richtig und was falsch ist.*“ <https://www.bpb.de/themen/medien-journalismus/krieg-in-den-medien/130697/was-ist-propaganda/>

Die Informationen des Autors dienen dazu, die Leser selbst entscheiden lassen, ob ihnen Journalisten dazu alle verfügbaren Fakten und Hintergründe darlegen. Auch hat der Autor nicht den Anspruch, eine „Meinung“ zu vermitteln, sondern möchte durch seine ergänzenden Informationen einen Beitrag zur Meinungsbildung der Leser beitragen. Meinung entsteht durch Verbindung von Punkten im Kopf der Leser. Der Autor beruft sich dabei auf Artikel 5 Grundgesetz.

Für sachliche Kritik und Hinweise ist der Autor aufgeschlossen. Die Ausarbeitung darf in Eigenverantwortung weitergegeben werden.

Wer Tippfehler findet darf sie behalten.

Wer keine Infos von mir erhalten möchte, sende mir eine kurze mail.