

Windräder – mit der Energieerzeugung zurück ins Mittelalter (Teil 1)

geschrieben von Prof. Dr. Horst-joachim Lüdecke | 23. Mai 2026

Gesendet am 17. Mai 2026 im Kontrafunk „Audimax“

Windräder in Deutschland

Seit undenklichen Zeiten nützen Menschen die Windenergie. So machten große Segelschiffe ab Ende des 15. Jahrhunderts die Entdeckung der neuen Welt möglich. Erst der überlegene Motorantrieb ließ sie verschwinden. Die Nutzung von Windmühlen ist ab dem 7. Jahrhundert in Persien historisch belegt. Im Gegensatz zu großen Segelschiffen erlebten Windmühlen eine Renaissance als riesige Windturbinen zur Stromerzeugung. Die Gründe dafür waren nicht technisch-wirtschaftlich, sondern irrational. Windräder konnten in Deutschland nur eingeführt werden mit künstlich erzeugter Furcht vor Klimaschädigung durch menschgemachtes CO₂, mit der Ersetzung neutraler Energiefachleute durch fachfremde Aktivisten, mit hohen Subventionen für Windradinvestoren und schließlich mit Hilfe der Planwirtschaft.

Der öffentlich-rechtliche Rundfunk und die großen Medien wie FAZ, Süddeutsche, SPIEGEL und weitere halfen dabei kräftig mit. Anstatt kritisch zu berichten, machten sie sich in freiwilliger Selbstgleichschaltung zu Regierungsmedien und propagierten die Energiewende. Großstadt-Journalisten brauchten schließlich kein Riesenwindrad vor ihrer Haustür zu befürchten. Deswegen wird hier im Folgenden mit ÖRR die Gesamtheit aller voreingenommenen Medien bezeichnet. Erwartungsgemäß konnte die Energiewende ihre Versprechen nicht einhalten, und ein tiefer Graben klafft nun zwischen Windrad-Profiteuren, naiven Klimagläubigen, rot-grünen Revolutionären und dem ÖRR auf der einen Seite und neutralen Energiefachleuten, echten Naturschützern und geschädigten Windrad-Anrainern auf der anderen Seite.

In diesem Streit werden unzählige Argumente für und gegen Windräder und die Energiewende vorgebracht. Stellvertretende Beispiele für pro: Die Energiewende und insbesondere Windräder seien unabdingbar für „Klimaschutz“, weil sie CO₂ einsparen; die Energiewende würde einen deutschen Haushalt monatlich nur eine Kugel Eis kosten; der Wind stelle keine Rechnung; die deutsche Energiewende würde weltweit Vorbild werden. Und nun Beispiele für kontra: Kein Land der Welt würde die deutsche Energiewende kopieren; Windräder erzeugten weltweit den teuersten Strom; Wetterabhängiger Windradstrom sei für unser Stromnetz ungeeignet; der Materialaufwand von Windrädern stünde in keinem akzeptablen Verhältnis zu ihrer erzeugten Energie; Windräder würden Landschaften entstellen, viele Insekten, Fledermäuse und Vögel töten, und Anrainer durch Infraschall gesundheitlich schädigen.

Im Gegensatz zu den umstrittenen Windturbinen wurden die Einführung des Motorantriebs für Schiffe und die Nutzung von Kohle-, Gas und Mineralöl generell als Fortschritt begrüßt. Technische Verbesserungen wurden dem Markt überlassen, weil dessen Urteilskraft unerreichbar ist – nur Sozialisten wollen das nicht wahrhaben. Bei auftauchenden Fehlern erzwang der Markt schnelle Abhilfe wie im Ruhrgebiet vor 40 Jahren als Alarm wegen gesundheitsschädlichen Smogs aus Kohlekraftwerken ausgerufen wurde. Man baute unverzüglich moderne Filter in die Schornsteine von Kohlekraftwerken ein und erließ Vorschriften zur industriellen Rauchgasentschwefelung. Danach sank der Ausstoß von Staub und Schadstoffen dramatisch ab und ist heute kein ernsthaftes Thema mehr.

Jede technische Methode hat Vor- und Nachteile. Energiepolitische Entscheidungen, die diese nicht sorgfältig abwägen und nur eine einzige Sicht vertreten, sind auf Dauer nicht erfolgreich. Daher bevorzugt diese Vorlesung zur Bewertung von Windrädern die Vergleiche mit anderen Methoden der Stromerzeugung, wobei die Kriterien „technische Eignung“, „Wirtschaftlichkeit“ und „Umweltschutz“ sind. Vertreten wird dann die Bevorzugung derjenigen Methoden, die bei rationaler Abwägung ihrer Vor- und Nachteile positive Höchstwerte ergeben. So hatte es auch die deutsche Energiepolitik bis noch vor wenigen Jahrzehnten gehalten und deshalb Deutschland zu einem der erfolgreichsten Industrieländer weltweit gemacht.

Über lange Zeit fast unbemerkt änderte sich in den westlichen Ländern die Einstellung zur technisch-naturwissenschaftlichen Vernunft. Ab der Jahrtausendwende wurde der Paradigmenwechsel sichtbar. Ideologien, faktenbefreites Wunschdenken, Moralismus, und platter Unsinn wurden zur Regel. So wurde die Dekarbonisierung Deutschlands zum grundgesetzbewehrten Staatsziel. Sie ist wegen der nur 1,5 % weltweiten CO₂-Emissionen Deutschlands zwar physikalisch **unwirksam**, wird uns bis 2045 aber **sehr wirksame** Zehntausend Milliarden oder 10 Billionen Euros kosten (hier). Ein entsprechendes Schicksal ereilte auch die deutsche Energieinfrastruktur. Sorgfältige Planung und Praxistests von neuen Verfahren wurden unterlassen, und faktenfreies Wunschdenken leitete eine bis jetzt anhaltende Zerstörungsphase ein. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz setzte 2000 die Energiewende in Gang. Alle deutschen Kernkraftwerke, unsere wertvollsten Grundlastkraftwerke, wurden mit entsprechenden Beschlüssen von 2002, 11 und 13 zu festgelegten Zeiten abgeschaltet und zur Verhinderung späterer Weiternutzung konsequent zerstört. Dabei gingen insgesamt mehr als ein Drittel der deutschen Stromleistung verloren. Wollte man sie in Form von Gas- und Dampfkraftwerken wieder ersetzen, würde dies realistisch weit mehr als ein Jahrzehnt dauern.

Bei der Abschaffung der Kernkraftwerke wurde die Sicherheitsliste „**Todesfälle pro Terawattstunde Strom**“ von Methoden der Stromerzeugung ignoriert. Am sichersten sind „Solar, Kernenergie, Wind und Wasserkraft“ mit Kernenergie auf Platz zwei – zu finden in „our world in data“ der Oxford Universität (hier), beim Schweizer Paul Scherrer Institut (hier),

der Fachpublikation von The Lancet 370.9591 (2007): 979-990 und schließlich in Statista (hier). Die CO₂-Freiheit von Kernkraftwerken wurde ebenfalls ignoriert. Mit unzähligen Falschbehauptungen über die Kernenergie spielte der ÖRR eine unwürdige Hauptrolle. Der Höhepunkt der ÖRR-Propaganda war eine assoziative Montage, welche die 18.500 Opfer des japanischen Tsunami von 2011 der Havarie des Kernkraftwerks von Fukushima in die Schuhe schob, obwohl es keinen einzigen Strahlentoten gab.

Im Sommer 2020 begann schließlich der Ausstieg aus der Kohlenutzung mit dem Ziel schrittweise die wirtschaftlichste Methode der Stromerzeugung Deutschlands zu zerstören. Das bereits an Größenwahn grenzende Endziel der Energiewende ist CO₂-freier Strom im Wesentlichen nur aus Windrädern und Solarzellen, der über Sektorenkoppelung den gesamten deutschen Energieverbrauch stemmen soll. Dabei kann die Energiewende noch nicht einmal Strom **bedarfsgerecht** liefern. Ohne Nachbarländer die uns bei Strommangel mit Strom aus Kernkraftwerken versorgen und ihn uns bei Stromschwemme gegen Aufpreis abnehmen, wären in Deutschland längst die Lichter ausgegangen.

Unübersehbare Ergebnisse dieser absurden Entwicklung gibt es bereits: Wie von allen unabhängigen Fachleuten vorhergesagt, funktioniert die Energiewende nicht und ist zu einem bodenlosen Kostenloch von aktuell über 36 Milliarden Euro pro Jahr für das Energiewende-Gesamtsystem geworden. Diese Zahl nannte am 7. April 2026 die Bundesministerin für Wirtschaft und Energie Katherina Reiche in einem FAZ-Gastbeitrag. Als Folge von Klimaschutz und Energiewende fiel Deutschland von den weltweit höchsten Plätzen der globalen Wettbewerbsskala erfolgreicher Industrienationen herunter ins Mittelmaß. Der Abstieg, verursacht durch CO₂-Bepreisung, Energiewende und einer erstickenden Bürokratie wie jeder Planwirtschaft, geht stetig weiter. An der Chimäre „Klimaschutz durch Dekarbonisierung“ wird dennoch festgehalten.

Stellvertretendes Beispiel von Dysfunktionalität ist die Subventionierung von Windrädern. Sie betrug 2025 16,5 Milliarden Euro als Zuschuss aus dem Bundeshaushalt. 20 Jahre lang erhält jeder Windradinvestor für seinen Strom eine Einspeisevergütung zwischen 6 und 12 Cent/kWh. Verrückt wird es, wenn zuviel Windenergie eingespeist wird und der Strompreis auf Null oder negativ geht. Dann wird dem Windrad-Betreiber trotzdem die Differenz zur Einspeisevergütung aus dem Klima- und Transformationsfond des Bundes erstattet. Geschädigt ist der wehrlose Wohnungsmieter über den CO₂-Preis beim Betrieb seiner Öl- oder Gasheizung und der Autofahrer beim tanken. Oft wertlos, weil überschüssigen Windstrom zu subventionieren ist ein Musterbeispiel für die planwirtschaftliche Umverteilung von Verbrauchern mit knapper Kasse hin zu kapitalstarken Investoren und lässt an die berühmten Schildbürgerstreiche denken. Eine weitaus umfangreichere Zusammenstellung solcher Inkonsequenzen, Schäden und schlichten Irrsinns der Energiewende bietet der empfehlenswerte Youtube-Kanal des emeritierten Professors Dr. Andreas Schulte für Forstwirtschaft und

Waldökologie der Uni Münster. Seine Vorträge finden sich im Internet beim googeln von „Cum tempore Andreas Schulte“.

Heute lehnen 85 % der Weltbevölkerung Klimaschutz und vor allem eine Energiewende nach deutschem Vorbild ab. Nur noch 15 % mit Deutschland als Vorreiter setzen auf Deindustrialisierung, genauer auf industriellen Selbstmord. Deutsche Bemühungen die Welt von Windrädern zu überzeugen hatten statt Resonanz nur nachsichtigen Humor. Sogar der ÖRR kann den Niedergang der deutschen Industrie, die hohe Zahl an Firmenpleiten, die massive Verlagerung von Unternehmen ins Ausland und die Arbeitsplatzverluste nicht mehr verschweigen.

Laut einer im Februar 2026 veröffentlichten Allensbach-Umfrage im Auftrag der FAZ ist der Rückhalt für die Energiewende in Deutschland deutlich gesunken. Befürworteten bis 2022 noch etwa die Hälfte der Bürger den schrittweisen Ersatz fossiler Energieträger, ist es Anfang 2026 nur noch rund ein Drittel. Gemäß einer Studie der Bertelsmann Stiftung, ebenfalls 2026, stieg der Anteil von Unternehmen, die „Klimaschutz“ eine immer geringere Priorität beimessen, in einem Jahr von 14 % auf aktuell 60 %.

Eine rationale Energiepolitik, die die erstickende CO₂-Bepreisung, die Energiewende und 90 % unnützer Bürokratie unverzüglich beendet, wäre mit einem einfachen Federstrich sofort möglich, die deutsche Politik müsste es nur wollen. Damit wäre sogar die EU einverstanden, weil es sie ohne Deutschland nicht gäbe. Historisch setzt sich irgendwann immer die Vernunft durch. Ein „Zur-Vernunft-zurück“ ist daher nur eine Frage der Zeit. Ob aber dann die angerichteten Schäden in Deutschland noch zu beheben sind, ist keineswegs sicher.

Nach diesen Vorinformationen zur deutschen Energiewende im Allgemeinen und Windrädern im Besonderen geht es in der Vorlesung jetzt zu den physikalischen und technischen Fakten von Windrädern und ihren Auswirkungen auf Stromerzeugung, Wirtschaft und Umwelt. Es wird sich zeigen, dass Windräder an insgesamt **drei Fundamentalmängeln** leiden, von denen **zwei naturgesetzlich** und daher **unbehebbar** sind. Nur der verbleibende dritte Mangel könnte in Zukunft mit noch ungewisser Technologie etwas abgemildert, aber nicht völlig beseitigt werden.

Zum Windradprinzip

Es gibt zwei Typen von Windrädern, den Widerstandsläufer und den Auftriebsläufer. Beim Widerstandsläufer erzeugt meist die Öffnung einer Kugelhalbschale, dem Wind entgegengestellt, eine nutzbare Widerstandskraft. Solche Halbschalen, ausgerichtet und kreisförmig um eine Drehachse montiert, ergeben einen Halbschalenrotor, der Rotationsenergie aus Wind erzeugt. Die älteste bekannte Windenergieanlage in Persien verwendete dieses Prinzip.

Moderne Windräder nutzen dagegen die wirksamere Auftriebskraft eines

Flugzeugflügels, dessen charakteristisches Profil mit breiter Abrundung an der Vorderseite, scharfer Rückkante und besonderen Kurven für die Ober- und Unterseite aus Abbildungen bekannt ist. Die Auftriebskraft basiert auf dem um 1902 erstellten Theorem des deutschen Mathematikers Martin W. Kutta und des russischen Physikers Nikolai J. Joukowski zusammen mit dem dritten Newtonschen Gesetz ($Actio = Reactio$) und ist gleichermaßen für Flugzeugflügel wie für Windradflügel gültig. Speziell beim Windrad kommt noch ein weiteres Gesetz hinzu, auf das später noch eingegangen wird. Das Windrad mit seinen drei Flügeln macht aus Wind Rotationsenergie. Daraus erzeugt der angeschlossene Generator Strom, drei Flügel, weil dies der beste Kompromiss von Windausbeute, Stabilität und Kosten ist.

Nun zum Strom aus Wind: Die 50 Hz Frequenz in unserem Wechselstromnetz muss in engsten Grenzen verbleiben, ansonsten droht Blackout. Weil Wind extrem fluktuiert, sorgt bei jedem Windrad eine aufwendige Elektrotechnik dafür, dass der erzeugte Flatterstrom, wenn schon nicht bedarfsgerecht, so doch zumindest technisch passend ins Netz eingespeist wird. Der vom Windrad-Generator erzeugte Wechselstrom wird dabei zuerst in Gleichstrom umgewandelt und anschließend in einem Zwischenkreis geglättet. Ein Inverter wandelt ihn wieder in Wechselstrom zurück, dessen Frequenz, Phase und Spannung exakt aufs Stromnetz abgestimmt sind. Dazu wird eine Phasenregelung verwendet, die kontinuierlich die Werte des angeschlossenen Netzes misst. Schließlich wird der phasensynchrone 50 Hz Strom hochtransformiert und ins Mittelspannungsnetz eingespeist. Diese Kette macht Windrädern jedoch Netzstabilisierung durch Rückspeisung der Rotationsenergie ihrer sich drehenden Flügel unmöglich. Bei den klassischen Dampfturbinen-Kraftwerken als Grundlastkraftwerken, zu denen auch Kernkraftwerke gehören, erfolgt dagegen die wichtige Netzstabilisierung physikalisch von selbst durch die extrem hohe Rotationsenergie ihrer Dampfturbinen. Mit jedem Windrad und jeder Photozelle **mehr** und jedem **Grundlastkraftwerk weniger** verliert daher das Stromnetz an überlebenswichtiger natürlicher Trägheit. Auf diese wichtige Problematik wird später noch einmal eingegangen.

Kenngrößen von Windrädern und von Windradstrom

Bevor es weitergeht zuerst die wichtigsten Daten zur Erzeugung und Verbrauch von Energie, speziell von elektrischer Energie und insbesondere der aus Windrädern: Weltweit kommen in allen Industrieländern wie auch in Deutschland etwa 80 % der verbrauchten **Gesamtenergie** aus Kohle, Erdöl und Erdgas. Das wird sich langfristig auch nicht ändern. Erst nach vielen Jahrzehnten wird der jetzt noch relativ kleine Urananteil immer größer geworden sein und die fossilen Energieträger zurückdrängen. Weltweit kommen aktuell nur 1 % der Gesamtenergie aus Wind und ebenfalls nur 1 % aus Photovoltaik. 2024 und 2025 in Deutschland war Windstrom mit 4,5 % an der Gesamtenergie nur wenig höher. Dieser kleine Wert könnte irritieren, weil der ÖRR viel größere 30 % nennt. Diese 30 % beziehen sich aber nur auf den

elektrischen Strom und nicht auf die Gesamtenergie Deutschlands. Strom hat weltweit, so auch in Deutschland, nur etwa 15 % Anteil an der Gesamtenergie. Die 4,5 % Stromanteil an der Gesamtenergie werden daher zu 30 % Anteil am Strom. Leider überlesen die meisten bei den Zahlenangaben des ÖRR, was sie genau bedeuten, so dass heute fast jeder irrtümlich glaubt, dass etwa 30 % der deutschen Gesamtenergie aus Wind kämen. Vom ÖRR wird es zudem auffällig vermieden die maßgebenden Zahlen von 4,5 % Wind und 2 % Photovoltaik an der Gesamtenergie zu nennen.

Bis jetzt war hier von Energie die Rede. Verwendet man die **Energiedichte** als Energie pro Gewicht sind in der Vorlesung bevorzugte Vergleiche einfach wie zum Beispiel der eines E-Autos mit einem Diesel-Auto: Eine Ionen-Lithium Batterie hat die Energiedichte von 0,2 Kilowattstunden Energie pro Kilogramm, Dieseltreibstoff hat dagegen den Wert 5,3 unter Berücksichtigung des Carnot-Verlustes des Dieselmotors. Das ist das 26-fache der Batterie bei gleichem Tankgewicht und erklärt die geringe Reichweite von E-Autos. Die 5,3 Energiedichte von Diesel werden später noch einmal benötigt.

Bei strömender Flüssigkeit und Gasen sind Vergleiche etwas umständlicher, weil dort nicht die Energie, sondern die **Leistung** als **Energie pro Zeit** in Watt die maßgebende Größe ist. Weil leider oft Energie mit Leistung verwechselt wird, ist erst einmal dieser Irrtum zu beseitigen.

Die Bewegungsenergie eines festen Körpers ist proportional zu seiner Masse und zum Quadrat seiner Geschwindigkeit. Die Leistung von Fluiden in Rohrströmungen ist dagegen proportional zur Fluid-Dichte, zum Rohrquerschnitt und zur dritten Potenz der Strömungsgeschwindigkeit. Das gilt für alle Strömungsmaschinen, von Windrädern über Wasserturbinen bis hin zu Ventilatoren. Zur besseren Wahrnehmung wird die Leistung von Fluiden hier kurz als „v-hoch-3-Gesetz“ bezeichnet. Die von einer Strömungsmaschine gelieferte elektrische Energie ist schließlich das Produkt ihrer Leistung-mal-Zeit. Weil sich die Flügel von Windrädern nicht in einem Rohr sondern in freier Luft drehen, weisen nur Windräder noch die weitere Besonderheit auf, dass sich ihre Leistung aus dem v-hoch-3-Gesetz mindestens um den Faktor 0,59 verringert. Der deutsche Strömungsforscher Albert Betz veröffentlichte 1920 diesen oberen Grenzfaktor, der heute als **Betzches Gesetz** bezeichnet wird.

Auch der Verwirrung stiftende Begriff „**Nennleistung** von Windrädern“ ist zu erläutern, denn Windradhersteller und auch der ÖRR sprechen immer nur von der Nennleistung. Bei Nennleistung würde man vielleicht an eine zeitgemittelte Windradleistung denken. Die Nennleistung ist aber etwas ganz Anderes, nämlich die Höchstleistung des Windrads bei maximaler Windgeschwindigkeit von stürmischen knapp 50 km/h, wobei diese Grenze vom Windrad-Generator gesetzt wird. Bereits ab etwa 30 km/h Windgeschwindigkeit fängt man damit an die Windrad-Leistung zu drosseln. Die Nennleistung kommt im wirklichen Betrieb kaum vor. Neben der Nennleistung ist man vermutlich auch von der einzig wirklich wichtigen

Leistung eines Windrads überrascht, ihrer **jahresgemittelten** Leistung. Windräder liefern bei Flaute nämlich keinen Strom, sondern verbrauchen sogar ein wenig für die Aufrechterhaltung ihrer Hilfssysteme. Die jahresgemittelte Windradleistung Onshore und gemittelt über ganz Deutschland beträgt nur etwa **20 %** der Nennleistung, Offshore kann sie bis zu 40 % erreichen.

Das v-hoch-3-Gesetz erklärt, warum die jahresgemittelte Windradleistung so klein ist. Beim halben Wert der Windgeschwindigkeit liefert das Windrad nicht, wie man irrtümlich vermuten könnte, die halbe Leistung, sondern nur ein Achtel oder 12,5 % von ihr, weil die dritte Potenz von 1/2 ein Achtel ist. Das v-hoch-drei-Gesetz belohnt große Windgeschwindigkeiten extrem und bestraft kleine Windgeschwindigkeiten ebenso extrem. Windräder in Schwachwindgebieten wie etwa dem Odenwald sind daher absolut widersinnig.

Bevor es mehr in die Details von Windrädern geht, einige anschauliche Vergleiche: So wird man kaum vermuten, dass bereits das Betanken eines Dieselautos im Vergleich mit der Leistung eines Windrads interessante Erkenntnisse liefert. Ein großes Standard Windrad wie die E 126 mit 7,6 Megawatt Nennleistung liefert Onshore nur 1,5 Megawatt reale gemittelte Leistung als die bereits erwähnten 20 % der Nennleistung. Die E 126 wiegt rund 3500 Tonnen, dazu kommt ihr Stahlbetonsockel etwa gleichen Gewichts. Sieben E 126 liefern $7 \times 1,5 = 11$ Megawatt bei insgesamt 50.000 Tonnen Aufwand an Stahl, Beton und weiterem Material. Auf der anderen Seite fördert der Zapfhahn einer Tankstelle etwa 0,7 Liter Diesel pro Sekunde oder 2000 Kilogramm pro Stunde. Multipliziert mit der bereits erwähnten Energiedichte des Dieseltreibstoffs von 5,3 Kilowattstunden-pro-Kilogramm (inklusive Carnot-Verlust des Dieselmotors), ergeben sich die gleichen 11 Megawatt Leistung wie von sieben E 126 Windrädern, bloß ohne 50.000 Tonnen Material in Landschaft und Waldböden.

Weitere anschaulichen Vergleiche: Um die 100 km Windräder im Mindestabstand hintereinander liefern die gleiche jahresgemittelte Leistung wie ein einziges großes Kohle- oder Kernkraftwerk, letztere aber wetterunabhängig. Die inzwischen mehr als 30.000 Windräder hierzulande enthalten so viel Stahl wie 20 Millionen PkW. Kraftwerke werden über 60 Jahre alt, Windräder nur 20 Jahre.

Für die nun vorgenommenen genaueren Vergleiche von Windrädern mit anderen Methoden der Stromerzeugung ist die **Leistungsdichte** als Leistung pro Fläche der passende Schlüssel. In den meisten Fachveröffentlichungen und auch hier wird als Fläche die von der jeweiligen Methode benötigte Bodenfläche genommen. Wie groß ist aber die Bodenfläche eines Windrads? Bei der Antwort ist zu beachten, dass Windräder fast nie alleine sondern immer zu mehreren in sogenannten Windparks aufgestellt werden, um den verfügbaren Platz optimal zu nutzen und die Unterbodenverlegung von Elektrokabeln zu optimieren. Die gegenseitigen Abstände von Windrädern dürfen dabei wegen Leistungsminderung durch gegenseitigen

Windkannibalismus nicht zu klein werden. Der Platzbedarf jedes Einzelwindrads als optimaler Kompromiss ist dabei die achtfache Länge des Rotordurchmessers in Hauptwindrichtung mal der fünffachen Länge senkrecht dazu. Dies sind bei der schon erwähnten E 126 mit ihren 127 m Rotordurchmesser rund 600 Tausend Quadratmeter oder 60 Hektar als sogenannte „geschützte“ Bodenfläche des Windrads. Es sei vorab schon einmal der überraschend kleine Wert der Windradleistungsdichte von grob **3,6 Watt** pro Quadratmeter Bodenfläche genannt, gültig für 2024, Onshore Deutschland, jahres- und ortsgemittelt. Er wird hier später noch belegt.

Noch eine Anmerkung zum Begriff Windpark: Diese vermutlich von Herstellern und dem ÖRR durchgesetzte Bezeichnung ist angesichts der von Windrädern zerstörten Landschaften und angesichts von Windrad-Anrainern, deren Häuserwerte in den Keller rauschen, nicht akzeptabel. Man sollte die sprachliche Vergewaltigung der Realität, Windräder mit einem Erholungspark zu assoziieren nicht akzeptieren, sondern zutreffend den Begriff **Windindustrie-Fläche** verwenden.

Weil zur korrekten sachlichen Beurteilung von Windrädern der ungewohnte Begriff Leistungsdichte kaum vermieden werden kann, ist die allgemeine Unkenntnis über Windradfakten nachvollziehbar und leider nur schwer zu beheben. Die letzte Instanz, die diese Beurteilung aber immer liefern wird, ist die Triade von extremen Stromkosten, Landschafts- und Naturzerstörung sowie Blackout-Gefahr. Leider macht es eine erhebliche technische Unkenntnis der Bevölkerung den Windradprofiteuren und dem ÖRR zu leicht, der Bevölkerung nicht vorhandene positive Eigenschaften von Windrädern vorzugaukeln und ihre Schäden herunterzuspielen.

Die Sonne macht den Wind

Woher kommt eigentlich die Windenergie? Sie ist umgewandelte Sonnenenergie, oder genauer, eine atmosphärische Wärmekraftmaschine erzeugt den Wind. Sie nutzt die unterschiedliche Aufheizung der Erdoberfläche durch die Sonne. Dabei entstehen zwei Wärmereservoirs, die Tropen als warmes Reservoir und die beiden Erd-Pole als das kalte. Die Wärmekraftmaschine wird durch den Wärmetransport zwischen den Tropen und den beiden Erd-Polen angetrieben. Die zugehörigen physikalischen Details liefert die Thermodynamik und insbesondere der Carnot-Prozess.

Es ergeben sich nun drei Fragen: Welcher Anteil der auf die Erdoberfläche ankommenden Sonnenenergie ist Windenergie, welcher Anteil davon kann höchstens von Windrädern genutzt und wieviel davon wiederum kann höchstens zu elektrischer Energie umgewandelt werden? In einigen Fachveröffentlichungen wird dabei die gesamte Erdoberfläche betrachtet, ohne lokale und meteorologische Unterschiede zu berücksichtigen. Aus den Energiewerten, den 8760 Jahresstunden und der Gesamtoberfläche der Erde erhält man dann die jahres- und ortsgemittelten Leistungsdichten in Watt pro Quadratmeter Bodenfläche. Die Fachpublikation von Alex Kleidon, MPI für Biochemie in Jena, „Physical limits of wind energy within the atmosphere and its use as renewable energy: From the theoretical basis

to practical implications." *arXiv preprint arXiv:2010.00982* (2020), wählte diesen Weg und kam zu folgenden Ergebnissen: Die Sonne erzeugt 342 Watt Leistung pro Quadratmeter Boden, davon werden nur 0,006 % dieser 342 Watt zu Wind, und aus Windrädern bleiben schließlich nur noch 0,5 Watt pro Quadratmeter elektrische Leistung übrig. Die zweite Fachveröffentlichung von Lee Miller und Mitautoren, Miller, Lee M., et al. „Two methods for estimating limits to large-scale wind power generation.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112.36 (2015): 11169-11174. kommt dagegen auf 1,1 Watt elektrische Leistung pro Quadratmeter Boden aus Windrädern, weil dort nur über eine große Region in den USA gemittelt wurde und auch etwas andere Voraussetzungen als die von Kleidon verwendet wurden. Die Ergebnisse beider Publikationen stützen sich auf theoretische Berechnungen, Simulationen mit Atmosphären-Modellen und auf Messungen. Speziell für Deutschland kann man es sich aber sehr einfach machen, weil alle erforderlichen Leistungsdaten aus den bereits vorhandenen Windrädern und ihren Stromlieferungen vom Umweltbundesamt und dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme frei herausgegeben werden. Man erhält dann für Deutschland-Onshore-2024 die schon erwähnte orts- und jahreszeitgemittelte Windrad-Leistungsdichte von grob **3,6 Watt pro Quadratmeter**. Grob, weil die Gesamtgröße der deutschen Windenergie-Flächen nicht genau bekannt ist.