



Mensch. **Natur.** Wirtschaft.

KOMPENDIUM

für eine **vernünftige** Energiepolitik

INHALTSVERZEICHNIS

und Kernbotschaften

EINLEITUNG

S. 1

Die Energiewende ist nicht der Erfolg, als der sie dargestellt wird. Menschen, Ökosysteme und der Wirtschaftsstandort leiden - ohne, dass substantiell „gewendet“ wird. Diese Publikation beleuchtet unterschätzte Auswirkungen politisch forcierter Technologien und zeigt mensch-, natur- und wirtschaftsfreundliche Weichenstellungen auf.

PROBLEMAUFRISS

S. 4

Auf die Frage, wo der viele Strom denn herkommen soll, kann „Wind und Sonne“ nicht die Antwort sein, wenn man weiter von einer sicheren und naturverträglichen Versorgung ausgehen möchte.

TECHNISCHE ASPEKTE

S. 9

Eine Energiewende mit Wind und Sonne ist ohne Speicher nicht möglich und mit Speichern nicht bezahlbar. Die Abhängigkeit von schnell regelbaren Gaskraftwerken – und damit von russischem Gas – ist direktes Ergebnis dieser „Energiewende“-Politik.

ÖKOLOGISCHE ASPEKTE

S. 19

Die aktuelle Energiewende nützt dem Klima nichts, führt aber zwangsläufig in ein ökologisches Desaster.

WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

S. 31

Die gegenwärtige Energiepolitik vernichtet Volksvermögen, hemmt die technologische Entwicklung und schwächt den Wirtschaftsstandort.

GESUNDHEITLICHE ASPEKTE

S. 44

Das Vorsorgeprinzip ist bei politisch forcierten Technologien außer Kraft. Menschen werden einem Feldversuch ausgesetzt, den keine Ethik-Kommission genehmigen würde.

WAS JETZT ZU TUN IST

S. 51

Der Zeitgeist ist ein schlechter Ratgeber. Physikalische Gesetze müssen berücksichtigt, Innovationen gefördert und Technologieneutralität hergestellt werden. Die Energieeinsparung muss ins Zentrum rücken. Im Lichte des schrecklichen Krieges in der Ukraine ist rationales Vorgehen dringlicher denn je. Erneuerbare Energien schaffen keine Freiheit, sondern verlagern nur die Abhängigkeiten. Ideologische Scheuklappen gehören abgelegt. Die naiven Jahre sind vorbei!

ANSPRECHPARTNER UND LITERATUR

S. 58

Diese Quellen und Experten sind bei der Beleuchtung weiterer Hintergründe gerne behilflich.

Energiewende – wo wir wirklich stehen

Im März 2017 veröffentlichte das Bundeswirtschaftsministerium eine Broschüre, die verkündete, dass die Energiewende „eine Erfolgsgeschichte“ sei. Knappe fünf Jahre später bemängelte ein neuer Minister im selben Haus große Rückstände. Eine Verdreifachung der Ambitionen sei nötig – insbesondere gelte es den Ausbau von Windkraft drastisch zu beschleunigen und die Anlagenzahl zu vervielfachen. Der Windkraftausbau müsse von *„Hürden und Hemmnissen befreit“* und als *„ökologischer Patriotismus“* verstanden werden, forderte Bundesminister Habeck im Januar 2022. Beide Lesarten des bisher Erreichten widersprechen der Realität.

Die jeweiligen Schlussfolgerungen – *„weiter so“* bzw. *„ganz schnell viel mehr vom Selben“* – laufen dem eigentlichen Ziel einer nachhaltigeren Wirtschafts- und Lebensweise zuwider. Denn die Energiewende soll den Ausstieg aus der Nutzung von Kohle, Öl und Gas ermöglichen und den Ausstoß von Kohlendioxid drastisch reduzieren.

Gleichzeitig sollen der Kernenergieausstieg vollendet und damit Risiken dieser Technologie vermieden werden. Diese Ziele wurden bisher nicht einmal im Ansatz erreicht:

Die Energiewende wurde vor allem im Stromsektor vorangetrieben, auf den nur ein Fünftel des Energieverbrauchs entfällt. In den Sektoren Wärme/Kälte und Verkehr gab es kaum Erfolge. Und so ging in Deutschland der Ausstoß an Kohlendioxidemissionen kaum zurück, obwohl weit über hundert Milliarden Euro in den Ausbau von Solar- und Windenergie investiert wurden. Die eigenen Kernkraftwerke hat Deutschland zwar weitgehend außer Betrieb genommen, ist dafür aber umso stärker von denen der Nachbarländer abhängig. Extrem verstärkt hat sich auch der Bedarf von Gas-Importen – die geopolitischen Risiken dieser selbstgewählten Abhängigkeit wurden im Februar 2022 überdeutlich.

Die mit dieser Energiewende eingegangenen Zahlungsverpflichtungen werden uns noch für Jahrzehnte belasten. Trotz enormen Aufwands gerät die Versorgungssicherheit immer mehr in Gefahr. Gleichzeitig leiden Menschen, Tiere und Ökosysteme.



Mit diesem Kompendium möchten wir die energiepolitische Debatte um vernachlässigte bzw. ausgeblendete Aspekte bereichern und für vernünftige Weichenstellungen werben. Die bei Redaktionsschluss bekannten Pläne für eine Verdreifachung der Windkraft-Kapazitäten bis 2035 zeugen davon, dass wesentliche energiewirtschaftliche Zusammenhänge und Implikationen unbekannt oder unberücksichtigt sind: „**Viel hilft viel**“ **gilt nicht!**

„Aber wo soll der Strom denn herkommen?“ ist die Standardfrage, die sofort gestellt bekommt, wer sich kritisch zum Ausbau von Windkraft und Solarenergie äußert. Unser **Problemaufriss** stellt diese Frage in den Mittelpunkt. Noch mehr Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen sind nicht Teil der Antwort, sondern des Problems.

Vielfach wird behauptet, man benötige nur einen räumlich sinnvoll gesteuerten Zubau von Windkraftwerken („*irgendwo weht immer Wind...*“), intelligente Stromnetze und genügend Stromspeicher, um die physikalisch bedingten Schwächen des Wind- und Sonnenstroms ausgleichen zu können. Der **Beitrag zu den technischen Aspekten** zeigt, dass diese Hoffnungen unrealistisch sind. Auch die politischen Visionen zu Elektromobilität und Wasserstoffwirtschaft werden an physikalischen Gesetzen gespiegelt.

Wenn es dem Klimaschutz und der Umwelt dient, dann sollte uns kein Opfer und keine technische Herausforderung zu groß sein – diese weit verbreitete Einstellung gewann durch die Fridays-for-Future-Bewegung erheblich an politischer Relevanz. So ehrenwert sie auch sein mag, so beruht diese Einstellung leider auf falschen Prämissen, wie der **Beitrag zu den ökologischen Aspekten** aufzeigt. Denn statt des versprochenen Klimaschutzes bewirkt die gegenwärtige Energiepolitik eine Materialschlacht im Ökosystem. Lebensräume, Wälder, bedrohte Wildtiere bis hin zu zahlrei-

chen Insektenarten werden stark dezimiert. Diese Opfer sind umso tragischer, als sie vollkommen sinnlos sind! Die Anstrengungen zur Vermeidung von Kohlendioxidemissionen laufen nämlich weitestgehend ins Leere. Klimaschutz könnte viel effektiver, effizienter und naturschonender angegangen werden.

Die Energiewende sei ein „*Segen für den ländlichen Raum*“, befand der einstige Kanzleramtschef Altmaier vor einigen Jahren. Strukturschwache Regionen würden über die Energieproduktion zu neuem Aufschwung gelangen. Hohe Erwartungen werden in Technologieführerschaft bei Zukunftstechnologien und in einen grünen Beschäftigungsboom gesetzt. Der **Beitrag zu den ökonomischen Aspekten** misst diese Erwartungen an der Wirklichkeit. Es werden Schiefagen und Fehlanreize offengelegt, die erhebliche Risiken für Wachstum und Wohlstand in unserem Land bergen.

Von den sozialen Auswirkungen und den Einbußen an Gesundheit und Lebensqualität, die der Ausbau der „Ökostrom“-Anlagen mit sich bringt, bekommt man in den Metropolen wenig mit. Auf dem Land spielen sich Dramen ab, die den in Städten lebenden Mitbürgern weitgehend verborgen bleiben. Der **Beitrag zu den sozialen und gesundheitlichen Aspekten** nimmt diesen Missstand unter die Lupe.

Im Lichte der dargestellten Fakten und Zusammenhänge muss sich in der Energiepolitik einiges ändern. Wir haben daher abschließend **Forderungen** formuliert, die an die Bundesregierung und mögliche Nachfolger gerichtet sind.

Am Ende finden Sie zu allen Facetten der diskutierten Themen Ansprechpartner.

Als Unterstützer der Bundesinitiative **VERNUNFTKRAFT**. e.V. sind diese gerne bereit, mit Journalisten, Entscheidungsträgern und Multiplikatoren ihr Hintergrundwissen zu teilen.

Gemeinsam mit den in unseren Bündnissen engagierten **über 900 Bürgerinitiativen** wünschen wir uns eine Energiepolitik, die realistische Ziele verfolgt, überprüfbar

bleibt und insgesamt Mensch und Natur zugute kommt.

Dr. Nikolai Ziegler
Bundesinitiative VERNUNFTKRAFT.

Matthias Elsner
VERNUNFTKRAFT. Niedersachsen

Waltraud Plarre
Volksinitiative Rettet Brandenburg

Uwe Anhäuser
Bündnis Energiewende für Mensch und Natur Rheinland-Pfalz und Saarland

Norbert Schumacher
Freier Horizont
Mecklenburg-Vorpommern

Michael Eilenberger
Bundesverband Landschaftsschutz Sachsen

Rolf Zimmermann
VERNUNFTKRAFT. Hessen

Gerti Stiefel
Verein Mensch Natur
VERNUNFTKRAFT. Baden-Württemberg

Thomas Heßland
VERNUNFTKRAFT. Thüringen

Volker Tschischke
VERNUNFTKRAFT. Nordrhein-Westfalen

Jacob Fuhrmann
Gegenwind Saarland

Claudia Kühn-Sutiono
VERNUNFTKRAFT. Bayern

Dr. Susanne Kirchhof
VERNUNFTKRAFT. Schleswig-Holstein



„...aber wo soll der Strom denn herkommen?“

Die verlässliche Verfügbarkeit von Strom rund um die Uhr ist für Bürger der Bundesrepublik Deutschland eine Selbstverständlichkeit. Selbstverständliches wird oft wenig gewürdigt. Wer sich einmal näher mit der Bedeutung einer verlässlichen Stromversorgung für unsere hochkomplexe, hochtechnisierte Gesellschaft befasst hat, wird dieses hohe Gut zu schätzen wissen.

Es geht nicht nur um Komfort und Bequemlichkeit. Es geht nicht nur darum, eine für viele wertschöpfungsintensive Produktionsprozesse unerlässliche Randbedingung und damit einen zentralen Wettbewerbsvorteil unseres Landes als Industriestandort aufrechtzuerhalten. Es geht um nicht weniger als das Funktionieren unseres zivilisierten Zusammenlebens.¹

Seit der ersten Auflage dieser Schrift (9/2017) erfuhr die Frage, wo der Strom denn herkommen soll, eine nochmals verschärfte Brisanz: Für die „Dekarbonisierung“ der Stromproduktion wurden noch ambitioniertere politische Zielmarken definiert. Gleichzeitig

wurden massive Förderprogramme aufgelegt und aufgestockt, die einen drastischen Anstieg des Stromverbrauchs implizieren. Derweil wurden zahlreiche konventionelle Kraftwerke stillgelegt. Die seit November 2021 amtierende Bundesregierung setzt noch stärker als die vorherige auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien, mit Windkraft und Photovoltaik als „Säulen der Energiewende“.

Zum deutschen Primärenergieverbrauch von 12.193 Petajoule, bzw. 3.387 TWh, trugen die Erneuerbaren Energien 2021 16,1 % bei. Die mit relativ konstanter Auslastung betriebenen Biomassekraftwerke liefern davon knapp ein Drittel. Der größte Beitrag dazu geht auf Brennholz zurück.

Bislang wird ein Fünftel des gesamten Primärenergiebedarfs durch Strom bereitgestellt. Der Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Deckung des deutschen Stromverbrauchs betrug in 2021 42 %. Entsprechend sind die tatsächlichen Beiträge, die Windkraft und Photovoltaik als vermeintliche „Säulen der Energiewende“ leisten, sehr überschaubar: Alle Anlagen zusammen trugen 2021 gerade einmal 5,1 % zur Deckung des Energiebedarfs bei (siehe Abb. 1).

4

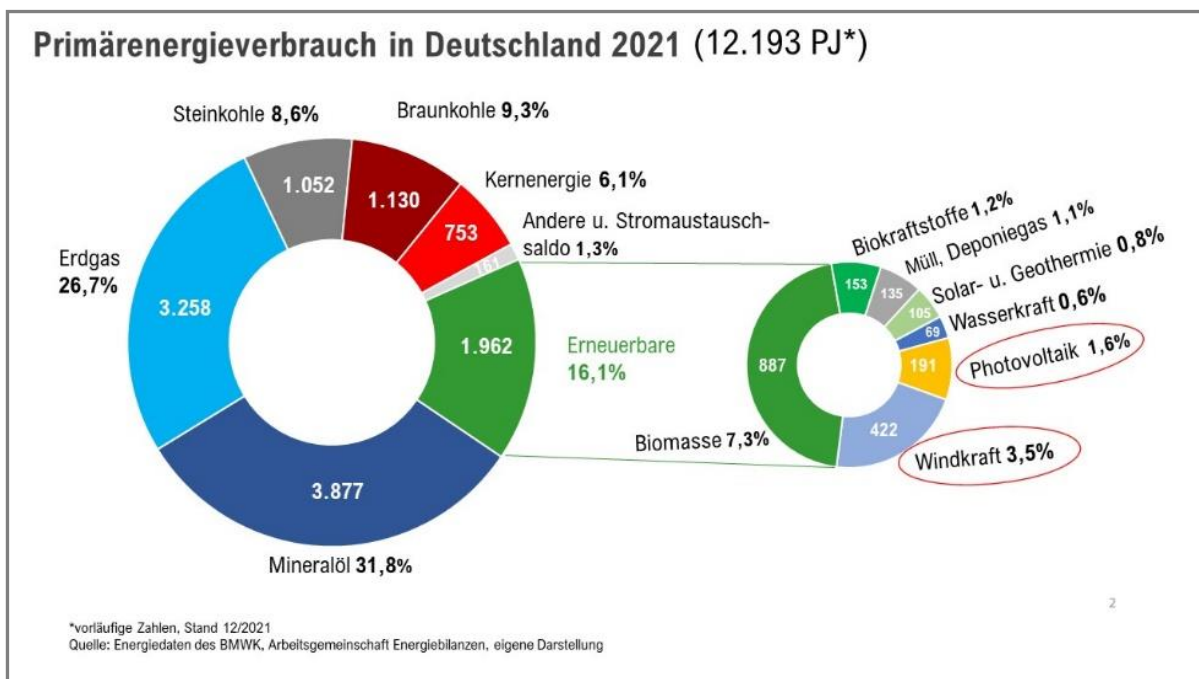


Abb. 1: Primärenergieverbrauch Deutschland (2021)

Bei der geplanten Dekarbonisierung der Volkswirtschaft mittels Elektrifizierung („Sektorkopplung“) ist eine zentrale Eigenschaft des Stroms zu berücksichtigen: Er muss millisekundengenau im Augenblick des Verbrauchs erzeugt werden. Strom ist die verderblichste Ware, die der Markt kennt. Die haarfeine, augenblickliche Balance zwischen Stromproduktion und Stromverbrauch wird von regelbaren Kraftwerken gewährleistet. Auf diesem Prinzip beruht jedes Stromnetz der Welt seit über hundert Jahren.

Nach dem Kohleausstiegsgesetz (August 2020) wird in Deutschland die Kohleverstromung bis 2038 schrittweise reduziert und beendet. Die Abschaltung der Kernkraftwerke ist nach geltender Rechtslage Ende 2022 abgeschlossen. Da die Stromproduktion aus Wind und Sonne regelmäßig auf Null abfällt, wird die Stabilität der Stromversorgung ohne entsprechende konventionelle Ersatzkraftwerke massiv gefährdet. Dessen ungeachtet sollen Windenergie- und Photovoltaikanlagen gemäß politischem Wunsch die Hauptlast der Stromversorgung übernehmen. Die Physik zeigt sich von diesem Wunsch allerdings unbeeindruckt.

In Deutschland waren zum Jahresende 2021 über 30.000 Windenergieanlagen (WEA) mit ca. 64.200 Megawatt Nennleistung installiert. Nennleistung bezeichnet die höchste Leistung, die unter optimalen Bedingungen (starke bis stürmische Windverhältnisse) dauerhaft zur Verfügung gestellt werden kann.

In Abb. 2 dokumentieren die dunkelblauen Flächen den zeitlichen Verlauf der gesamten Einspeiseleistung aller deutschen WEA im Dezember 2021. Die rote Linie bezeichnet die installierte Nennleistung aller dieser Anlagen (64.200 MW). Nicht einmal im windstarken Dezember wurde diese Nennleistung auch nur annähernd erreicht: Die Gesamtproduktion aller Anlagen belief sich auf 12.602 GWh (1 GWh = 1 Mio. kWh) was 26,4 % der Nennleistung entspricht. In mehr als der Hälfte des Monats bewegte sich die Einspeisung zwischen 10 % und 30 % der installierten Nennleistung aller Anlagen. In 11 % der Zeit (82 h) wurden Leistungseinspeisungen oberhalb von 50 % erreicht.

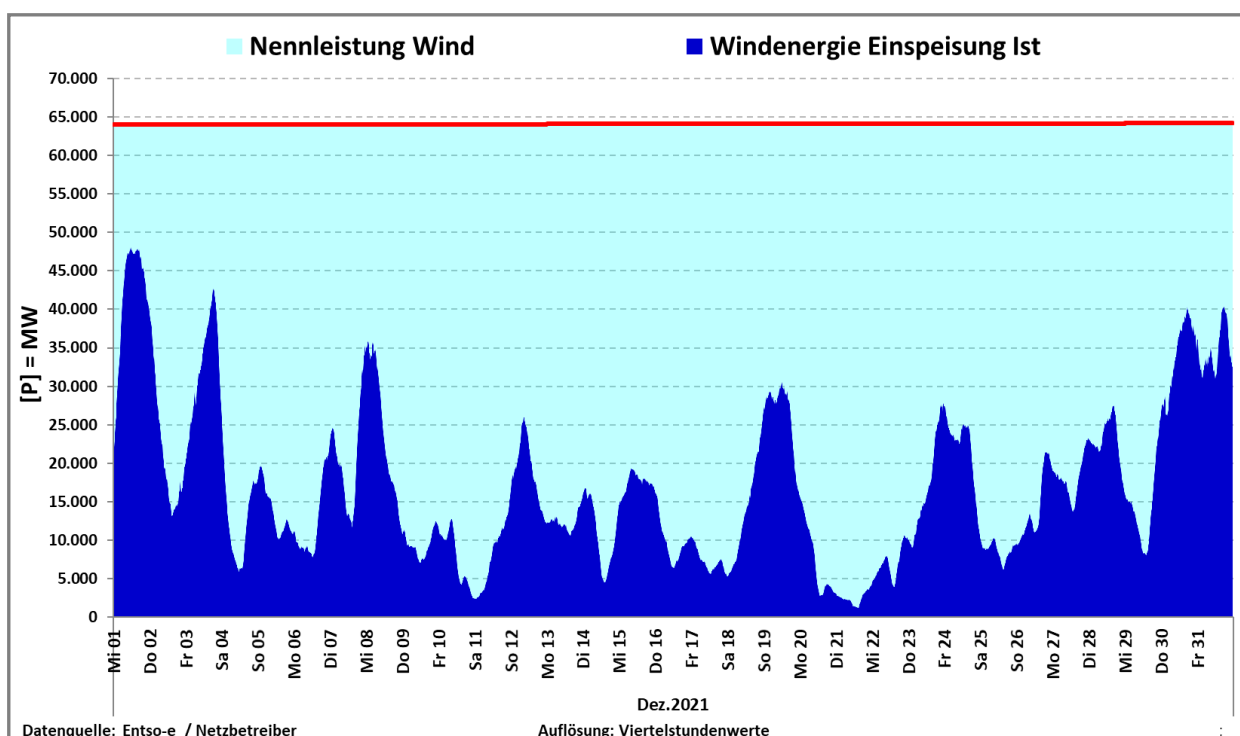


Abb. 2: Windenergie im Dezember 2021

Abb. 3 zeigt neben der Einspeiseleistung der Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen zusätzlich den Stromverbrauch (braune Kurve). Die hellgrüne Hintergrundfläche mit roter Begrenzungslinie gibt die installierte Nennleistung aller WEA und PV-Anlagen in Deutschland von 122.927 MW an.

Die maximale Einspeisung aller Kraftwerke lag im Dezember 2021 bei 76.316 MW, der Mittelwert bei 57.776 MW. Der Stromverbrauch lag bei 43 Milliarden kWh. WEA stellten 12,6 Milliarden kWh und PV-Anlagen 0,7 Milliarden kWh bereit.

Die minimale Einspeiseleistung aller PV- und Windenergieanlagen lag bei 1.927 MW. Dies entspricht 1,6 % der Nennleistung. Technisch ist das der Totalausfall aller dieser Anlagen!

Konventionelle Kraftwerke mussten die Netzstabilität zu jedem Zeitpunkt – teilweise über längere Zeiträume, z.B. kurz vor Weihnachten – praktisch in vollem Umfang mit bis zu 70.000 MW Einspeiseleistung absichern.

Der ständig unter 10 % abfallende Anteil der Energieerzeuger aus Wind und Sonne an der Leistungsbereitstellung ist das Kernproblem der Energiewende. Auch eine Vervielfachung der Windenergie-Anlagen von derzeit 30.000 auf dann über 100.000 Anlagen wird dieses nicht beheben. Während regelmäßig auftretender Schwachwindphasen und Flauteperioden liefern alle Anlagen nur wenig bzw. stehen ganz still. Ohne ausreichende Speicher können in Sturmphasen geerntete Energiebeträge nicht in die windarmen Zeiträume verschoben werden. Und für die Photovoltaik gilt: In der Nacht ist es meist dunkel und im Winter steht nur etwa 10 % der Einspeiseleistung der Sommermonate zur Verfügung.

Eine gesicherte Stromeinspeisung mit einem akzeptablen „Sockel“ an Einspeiseleistung ist nicht vorhanden. Angesichts der Größe von Hoch- und Tiefdruckgebieten ist nichts Anderes zu erwarten.

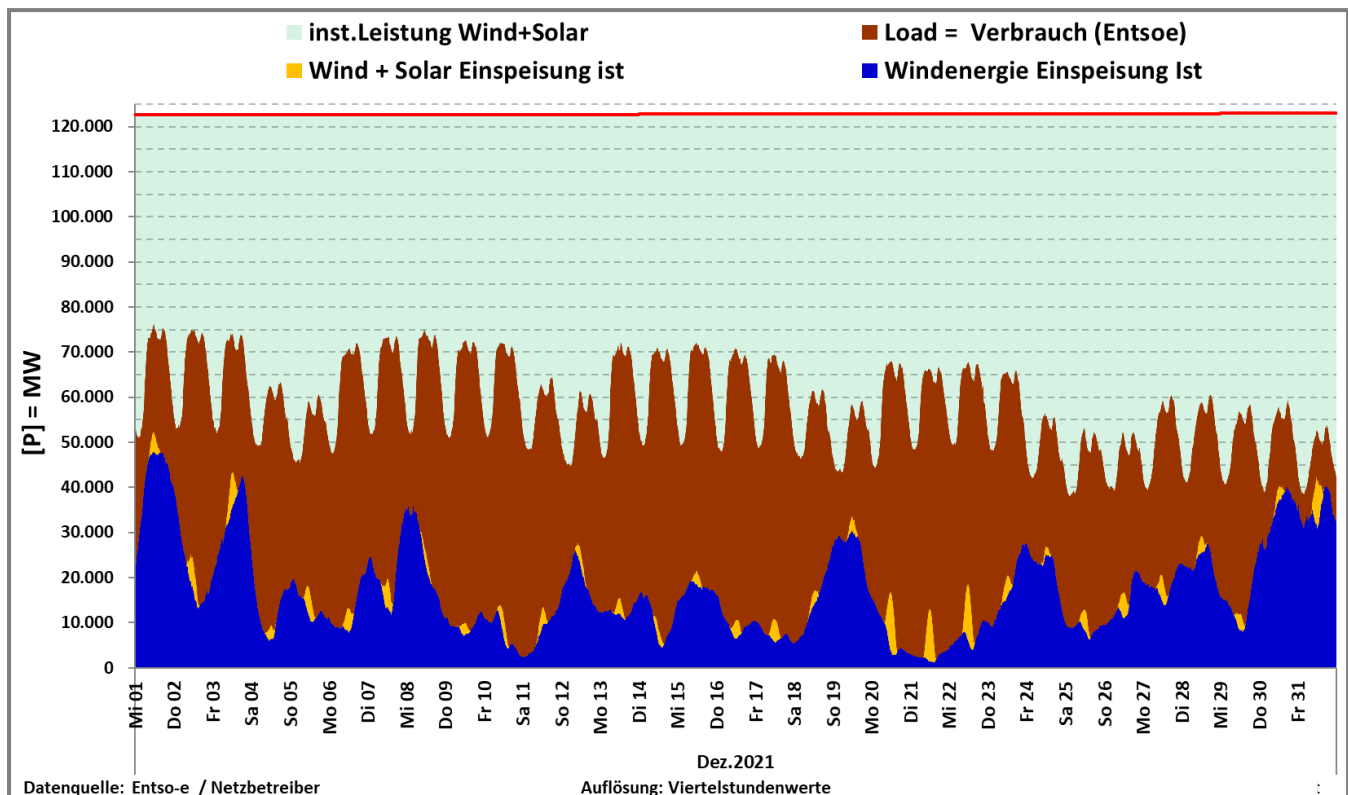


Abb. 3: Windenergie, Photovoltaik und Verbrauch

Die Bilanz des bisherigen Windkraft- und Photovoltaik-Ausbaus unterstreicht diesen Befund. Abb. 4 dokumentiert die Einspeisung aller deutschen WEA und PV-Anlagen zwischen 2010 bis Ende 2021 vor dem Hintergrund der rasant ansteigenden installierten Nennleistung:

Die „gesicherte Minimalleistung“ aller 30.000 Windenergie- und aller PV-Anlagen (zusammen über 600 Millionen m² Kollektorfläche) bleibt wegen der Wetterabhängigkeit trotz des starken Zubaus und insbesondere in den Wintermonaten mit höherem Stromverbrauch weiterhin nahe Null. Auch in Summe fallen Wind- und Solarenergie regelmäßig total aus. Ein gegenseitiger Ausgleich der Einspeisung der ist trotz weiträumiger Verteilung der Anlagen nicht erkennbar. Einen solchen Ausgleich gibt es nicht einmal im westeuropäischen Stromnetzverbund. Mittlerweile ist bewiesen, dass die Ausschläge und Schwankungen nur wachsen können.²

Die Differenz zwischen den mit Vorrang einspeisenden Wind- und PV-Anlagen und dem Stromverbrauch – die sog. „Residuallast“ – wird von konventionellen Kraftwerken gedeckt. Ende 2022 werden die letzten drei Kernkraftwerke abgeschaltet und weitere fossile Kraftwerke gehen vom Netz. Dadurch steht noch weniger Leistung zur Verfügung, mit der die Residuallast gedeckt werden könnte. Die Stabilität des Stromnetzes ist dann gefährdet.

Ebenso ist in Abb. 4 zu erkennen, dass mit steigender installierter Nennleistung der Windkraft- und PV-Anlagen (hellgrüner Hintergrund) die Spitzen der Einspeisung ebenfalls an Höhe gewinnen: Die Einspeise-Maxima reichen immer öfter an die Minima des Stromverbrauchs heran. Dies ist nicht etwa als Fortschritt zu bewerten, sondern reduziert die Regelbarkeit des Gesamtsystems.

7

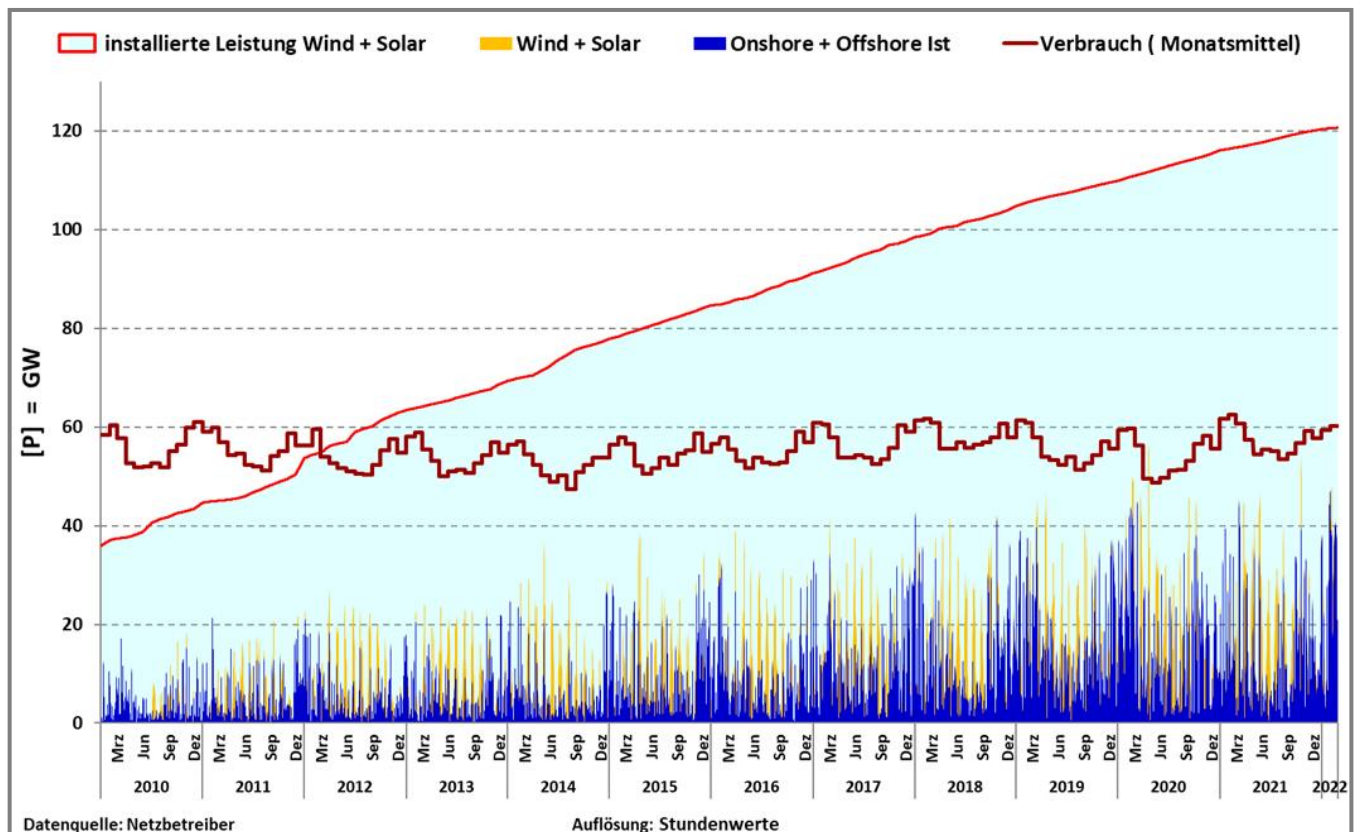


Abb. 4: Lastganglinien aller Windkraft- und Photovoltaikanlagen im Verhältnis zu installierter Leistung

Bisher war bei fehlender Einspeiseleistung von Wind und Sonne der komplette konventionelle Kraftwerkspark vonnöten, um den Stromverbrauch abzusichern. Notfalls auch mit Hilfe von unter Vertrag genommenen Ersatzkraftwerken im Ausland.

Bei weiter steigender volatiler Einspeisung werden die konventionellen Anlagen diese Pufferfunktion bald nicht mehr gewährleisten können. Das Risiko unzureichender Pufferung wird zur Regel. Kraftwerke können nun mal keinen negativen Strom erzeugen.

Auch die „Entsorgung“ von Strom im Ausland zur Reduktion der Überlappungsbereiche wird immer schwieriger, da sich unsere Nachbarländer mit Stromsperren (sog. „Phasenschiebern“) abschotten, um ihre eigenen Netze vor der unkalkulierbaren Stromschwemme zu schützen.

Überdies schwindet die zur kurzfristigen Netz-Stabilisierung zwingend erforderliche Schwungmassenreserve der Turbinen und Generatoren großer konventioneller Kraftwerke, was das Stromnetz zusätzlich stresst.

Bei weiter ansteigenden Einspeisungen der Windenergie- und PV-Anlagen, die vermehrt an den minimalen Stromverbrauch heranreichen werden, wird die Regelfähigkeit der konventionellen Stromerzeuger stark eingeschränkt. Frequenz und Spannung im Stromnetz können dadurch bedrohlich schwanken.

Eine vertiefte Analyse der Stochastik des Windstroms ergibt, dass die Schwankungen der Stromproduktion wesentlich größer sind als die Schwankungen der Augenzahlen beim Würfeln.³ Aber schon mit der Methode des genauen Hinsehens lässt sich erkennen, dass Sonne und Wind meistens entweder viel zu wenig oder viel zu viel liefern – und dass man sich auf nichts verlassen kann, außer auf den Zufall.

Ein Schnappschuss erfasst den Sachverhalt.



Abb. 5: Fahrzeug eines nordhessischen Speditionsunternehmens

Das Abschalten der Kernkraftwerke und das weitere Zurückfahren der Kohleverstromung in den nächsten zehn Jahren wird, trotz und wegen des geplanten Ausbaus von Windenergie- und Photovoltaikanlagen, zu einer Unterversorgung mit elektrischer Energie führen. Die Versorgungs- und die Netzsicherheit werden immer mehr gefährdet. Die Importabhängigkeit steigt.

Auf die Frage, wo der viele Strom herkommen soll, kann „Wind und Sonne“ nicht die Antwort sein, wenn man weiter von einer sicheren, bezahlbaren und naturverträglichen Versorgung ausgehen möchte.

Nachts scheint keine Sonne und Strom lässt sich nicht in Säcke packen

Soweit die im Problemaufriss erläuterten Zusammenhänge in der öffentlichen Diskussion vorkommen, wird ihnen meist mit dem Hinweis begegnet, dass es sich um Übergangsprobleme handle. Wer sich um Volatilität und Residuallast sorgt, hat die „neue Energiewelt“ noch nicht verstanden und ist altem Denken verhaftet – so der herrschende Tenor im medialen Diskurs.

Netzausbau, neue Speichertechnologien sowie gleichmäßiger Ausbau der Windenergie in der Fläche werden standardmäßig als Abhilfe für die skizzierten Probleme genannt. Zudem wurden in den letzten Jahren – mit erheblichen Steuermitteln unterlegt – nationale Strategien zu Wasserstoff und Elektromobilität entwickelt. Diesen wird eine Schlüsselrolle für den erfolgreichen Abschluss der Energiewende zugesprochen.

Nichts davon hält einer kritischen Prüfung stand.

Der zeitliche Verlauf des Windaufkommens führt neue Stromtrassen und „gleichmäßigen Windkraftausbau“ ad absurdum.

Abb. 6 zeigt die Einspeisung aller deutschen onshore (blau) und offshore (grün) Windenergieanlagen in den windreichen Dezember-Monaten 2010 bis Dezember 2021. Der hellblaue (onshore) und hellgrüne (offshore) Hintergrund gibt den Anstieg der installierten Nennleistung auf aktuell 64.170 MW wieder. Auffällig ist die offensichtliche Zufälligkeit der dargebotsabhängigen Leistungseinspeisung. Trotz massiver Ausweitung der Aufstellungsflächen unter Hinzunahme der Nord- und Ostsee und der binnen elf Jahren um den Faktor 2,4 erhöhten installierten Nennleistung ist keine Vergleichmäßigung der Einspeisung feststellbar. Die Täler bleiben (flächendeckende Windstille) und die Spitzen (deutschlandweiter Starkwind) steigen immer weiter an.

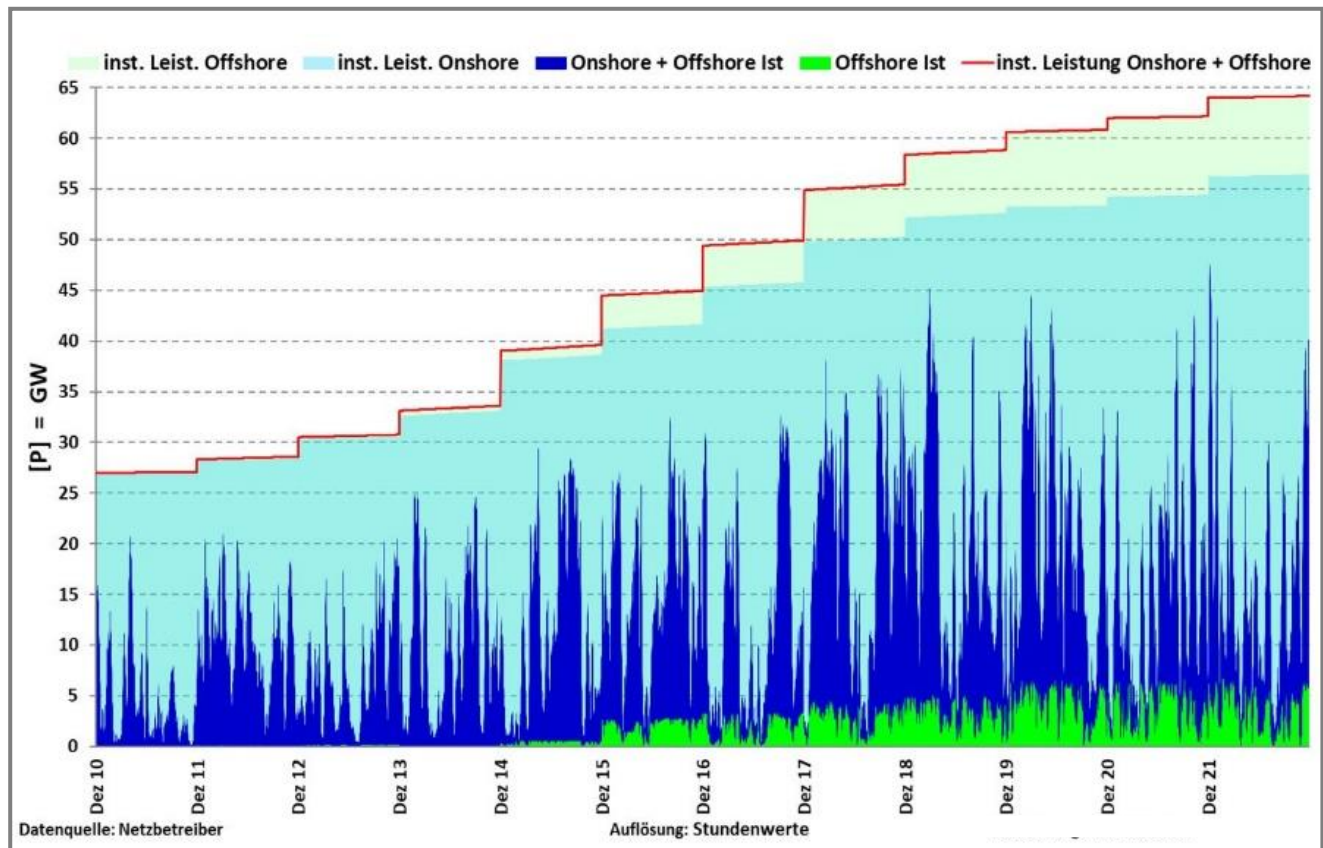


Abb. 6: Leistungseinspeisung aller deutschen Windkraftanlagen (onshore + offshore)

Dies trifft auch im europäischen Rahmen zu. Selbst ein europaweiter Windkraftausbau in Verbindung mit einem perfekt ausgelegten Stromnetz und entsprechend dimensionierten Koppelstellen brächte für das Problem der Flatterhaftigkeit keine Lösung.

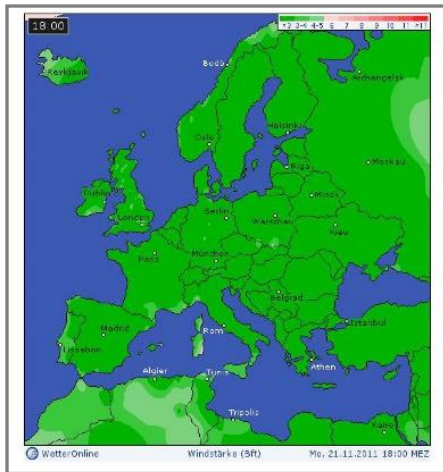


Abb. 7: Windkarte vom 21.11.2011, Windgeschwindigkeiten unter 3 m/s in dunklerem Grün

Bei bestimmten Großwetterlagen herrscht in ganz Europa Windstille. Abb. 8 zeigt die Einspeisungen der in Nord- und Ostsee installierten Windenergie-Anlagen in den jahreszeit-

lich bedingt windreichen Monaten Januar bis April 2021. Auch im Offshore-Verbund mit den Nachbarstaaten Belgien, Niederlande, Dänemark und Großbritannien fallen Zeiten hoher Leistung ebenso zeitlich zusammen wie Zeiten niedriger Leistung. Selbst im europäischen Maßstab kann wegen der meteorologischen Verhältnisse nicht mit einer Vergleichmäßigung der Leistungseinspeisung von WEA gerechnet werden.⁴ Ein Zubau an Produktionskapazitäten in der Fläche bewirkt keine Glättung der Erzeugung.⁵

Die Offshore-Anlagen erwirtschaften zwar höhere Erträge als ihre Onshore-Pendants, stehen bei Flaute aber ebenfalls still. Die verbreitete Vorstellung, Windkraftanlagen auf See könnten einen Beitrag zur sicheren Stromversorgung leisten, erweist sich als Irrtum. Offensichtlich treten die Leistungsspitzen der deutschen Windenergieanlagen gleichzeitig mit den Leistungsspitzen in den anderen europäischen Ländern auf. An Land wie auf See.

10

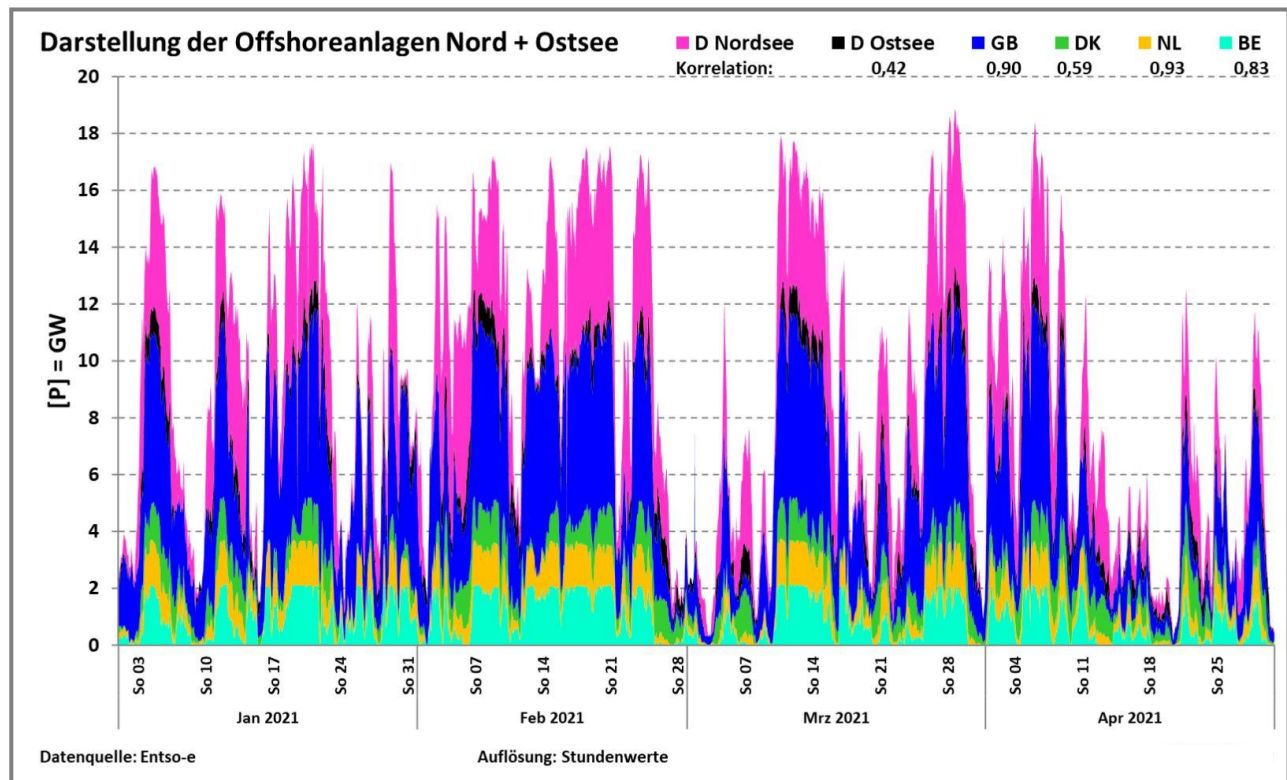


Abb. 8: Leistungseinspeisung der Offshore-Anlagen aus fünf europäischen Staaten

Dies ist der Größe der Tiefdruckgebiete geschuldet, die eine positive Korrelation der Windstromeinspeisungen zur Folge hat: Wenn in Deutschland zu viel Strom produziert wird, ist das bei unseren Nachbarn meist auch der Fall. Das gleiche gilt für Flauten. Bei PV-Anlagen ist die fehlende Vergleichmäßigung im Tag-Nacht Wechsel und im Wechsel der Jahreszeiten noch einsichtiger.

Bisher wurde die durch Wetterabhängigkeit bedingte Volatilität der Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen mit den Hinweisen auf den bisher verhinderten massiven Ausbau an Anlagen im gesamten Bundesgebiet und dem verschleppten Ausbau der Übertragungsnetze von Nord nach Süd kaschiert. Die in Abb. 6 und 8 dokumentierte Sprunghaftigkeit der Einspeisung aus 30.000 deutschen Windenergieanlagen ohne erkennbaren „Sockel“ führt zwangsläufig zur Frage nach dem Sinn zusätzlicher Nord-Süd-Stromtrassen, wenn kein Windstrom zur Einspeisung bereit steht. Reicht es aus, nur Überschüsse nach Süddeutschland zu transportieren?

Auf den Straßenverkehr übertragen entsprechen Süd-Link und dergleichen Projekte dem Bau von achtspurigen Autobahnen – für ein Verkehrsaufkommen, das während Zweidrittel des Jahres bequem über einen Fahrradweg abgewickelt werden könnte.

Dass die Leistungsschwankungen bei weiterem Zubau anwachsen müssen – anstatt abzunehmen, wie erhofft – stand von Anfang an fest: Ein zusammenhängendes Stromnetz fasst die Produktion vieler einzelner, letztlich zufälliger Stromerzeuger zusammen. Dabei addieren sich die zufälligen Schwankungen der Erzeuger nach einer mathematischen Gesetzmäßigkeit, die als Gleichung von Bienaymé bekannt ist. Sie besagt sinngemäß,

dass die Volatilität einer Summe aus positiv korrelierten zufälligen Größen immer nur anwachsen kann. Jeder Zubau an Erzeugungskapazitäten erhöht die Schwankungen. Und damit die Probleme!

Die Hypothese von der Glättung der Stromerzeugung durch einen Zubau in der Fläche ist einer der zentralen Irrtümer dieser Energiewende.⁶ Alle bekannten Probleme wie Stromexport, die Verklappung von Überschussstrom gegen Entsorgungsgebühr sowie die Abregelung von Anlagen werden durch den Zubau und die dadurch ansteigenden Leistungsspitzen weiter verschärft. Selbst bei einem europäischen Stromnetz auf Basis von WEA müsste stets ein hundertprozentiges Ersatzsystem immer zur Verfügung stehen, um die Sicherheit der Stromversorgung zu gewährleisten.

Nein, Frau Weiß - Speicher sind nicht in Sicht bzw. unbezahlbar

In Werbeanzeigen suggerierte ein großes Unternehmen der Energiewirtschaft bereits 2013, dass ein „Akku für grünen Strom“ bereitstünde, um die Zufälligkeit und Unpasslichkeit des Windstroms abzufedern.

Diese Botschaft war seinerzeit irreführend und ist 2022 immer noch unwahr.



Abb. 9: Werbeanzeige von EON (2013)

In der benötigten Größe ist ein „*Akku für grünen Strom*“ weder vorhanden noch darstellbar.

Eine stabile Stromversorgung setzt voraus, dass zu jeder Zeit die verfügbare Leistung der Stromerzeugung der benötigten Leistung des Stromverbrauchs entspricht. Daher ist es beim Zubau von hochvolatilen Erzeugern und gleichzeitigem Abschalten konventioneller Backup-Kraftwerke umso wichtiger, die Möglichkeit zur Energiespeicherung zu schaffen. Dies steht seit Beginn der Energiewende unverrückbar fest. Was wurde bisher im Bereich Speicherung erreicht?

Zur Ermittlung des notwendigen Speichervolumens (der erforderlichen Speichergöße) wird ein minimaler Speichervorhalt von 18 Tagen angesetzt. Diese Dauer wurde in einer Untersuchung über die vergangenen 35 Jahre ermittelt.⁷ Der Nettostromverbrauch in Deutschland betrug in den letzten Jahren etwas mehr als 520 Milliarden kWh (520 TWh). Daraus ergibt sich ein Speicherbedarf für elektrische Energie von 26 TWh. Wie kann dieser Speicherbedarf gedeckt werden?

Pumpspeicherkraftwerke?

Pumpspeicherkraftwerke (PSKW) sind die effektivste großtechnische Variante zur Speicherung von Energie, die zur Stromversorgung genutzt werden kann. Das neueste und leistungsfähigste dieser Art befindet sich in Goldisthal (Thüringen). Mit zwölf Millionen Kubikmetern Wasser im Oberbecken und einer Gesamtlänge des Ringdamms von 3.370 Metern verfügt es über eine **Speicherkapazität von 8 GWh**. Die Baukosten betrugen **600 Millionen Euro**. Der durchschnittliche tägliche Strombedarf in Deutschland liegt mit 1420 GWh beim 180-fachen der Goldisthal-Kapazität.



Abb. 10: Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal

Für die Überbrückung einer achtzehntägigen Flaute wären damit rund 3.200 PSKW der Goldisthal-Klasse erforderlich. In Deutschland sind über 30 große und kleine PSKW verfügbar. Insgesamt sind Kapazitäten von ca. 9.000 MW am Netz.

Selbst die Turbinen des chinesischen „Drei-Schluchten-Damms“, des größten Wasserkraftwerks der Welt, könnten nur ungefähr ein Viertel der für Deutschland erforderlichen Leistung bereitstellen.



Abb. 11: Der Drei-Schluchten-Damm in China

Auf minimal eine Billion € Kosten würde sich der Bau dieser Pumpspeicher bei dem niedrigen Ansatz von 600 Millionen € pro Anlage summieren. Daraus wird deutlich, dass die Speicherung von Überschüssen der Stromerzeugung aus Windkraft und PV über Pumpspeicher als Backup für regenerative Anlagen ökonomisch nicht darstellbar ist.

Überdies fehlen in Deutschland die topographischen Voraussetzungen. PSKW zum Ausgleich der schwankenden Leistung über mehr als 12 Stunden sind eine Illusion.

Batterie-Speicherung?

Unter Volllast liefert eine Windenergieanlage mit einer Nennleistung von 5 MW in einer Stunde 5 MWh. Ein Batteriespeicher der Dimension 5 MW/5 MWh – wie jener, der zu 6,5 Millionen € Investitionskosten 2014 als europaweit größter in Schwerin den Betrieb aufnahm – kann also die in einer Stunde „geerntete“ Energie jener WEA speichern. Zwischen 2014 und 2016 wurden hierzulande die bis dahin größten Batteriespeicher mit Einspeiseleistungen/Energiespeichermengen unter 10 MW/10 MWh bei Kosten von ca. 1000 € pro kW bzw. kWh gebaut. Im Mai 2017 ging in Japan die aktuell mit 50 MW und 300 MWh weltgrößte Anlage in Betrieb. Im August 2017 wurde in Chemnitz eine Anlage mit 16 MWh eingeweiht. Die Investitionssumme betrug 10 Millionen €, was 625 €/kWh entspricht. Im Juli 2018 standen in Deutschland 42 Batteriespeicherkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 90 MW zur Verfügung. In privaten Haushalten dürfte zwischenzeitlich mehr als das Doppelte an Leistung installiert worden sein.

Die Beispiele zeigen, dass mittels Modulbauweise prinzipiell sehr große Speicher zur Verfügung gestellt werden können. Deren spezifische Kosten lagen in den letzten Jahren bei 1000 €/kWh, mit fallender Tendenz. Mit dem Ansatz von 1000 €/kWh errechnen sich für die Speicherung einer TWh (Milliarde kWh) Kosten von einer Billion €. Dies wäre gerade ausreichend, um den durchschnittlichen Strombedarf in unserem Land für 17 Stunden zu decken.



Abb. 12: Skizze eines „Batterieparks“

Zur Überbrückung von 18 Tagen Flaute im Winter würden Lithium-Batterien für die Speicherung von 26 TWh (26 Milliarden kWh) mit Kosten von 26 Billionen € benötigt. Selbst bei Effizienzgewinnen um 500 % in der Batterietechnik wären kaum darstellbare Billionen-Euro-Beträge notwendig.

Die Haltbarkeit dieser Batteriesysteme liegt im Bereich von 10 Jahren, die Investitionssummen wären also jeweils zeitnah wieder aufzubringen. Batteriespeicher zur Aufnahme der Leistungsschwankungen und zur Überbrückung der Flaute sind damit fern jeder ökonomischen und physikalischen Realität.

Um den in Deutschland in 10 Tagen verbrauchten Strom mit Lithium-Ionen-Akkus speichern zu können, müsste man außerdem die weltweite Jahresproduktion solcher Akkus aus dem Jahre 2013 (35 GWh) um den Faktor 750 steigern. Selbst die Tesla Gigafactory mit jährlich 500.000 Lithium-Ionen-Batterien liefert bei voller Auslastung nur einen Tropfen auf den heißen Stein. Dabei wurde die Verfügbarkeit der Rohstoffe nicht einmal betrachtet (vgl. S. 27f.).

Power-to-gas?

Nicht minder illusorisch ist die Produktion von „Windgas“ (Herstellung von Methan über den Sabatier-Prozess) als Speichermethode für diese gewaltigen Energiemengen.

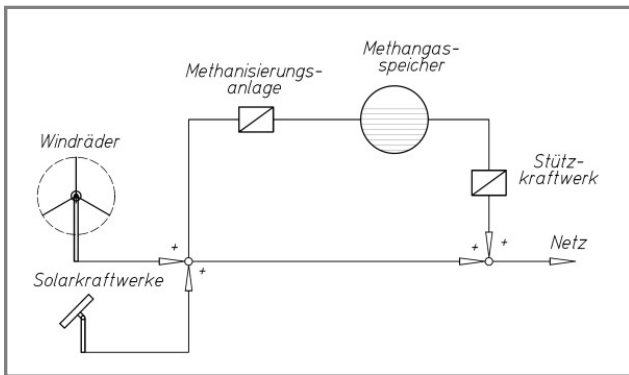


Abb. 13: Skizze des „Power-to-gas“-Konzepts

Aus dem mehrstufigen Prozess über Wasserstoff zu Methan für die Wiederverstromung in Gaskraftwerken resultieren enorme thermodynamisch vorgegebene Umwandlungsverluste, so dass unter günstigsten Voraussetzungen die Bereitstellung von ca. 20 % der ursprünglichen elektrischen Energie im Zuge der erneuten Stromerzeugung erreicht wird. Zur Kompensation dieser Verluste würde der Bedarf an weiteren Windenergie- und PV-Anlagen um mehr als 70 % ansteigen. Man müsste also die Erzeugungskapazitäten um über 70 % erhöhen, allein um die Verluste des Verfahrens bilanziell auszugleichen. Auch ohne den immensen Aufwand zum Bau der Methanisierungsanlagen und der Gaskraftwerke zu berücksichtigen, bewirken allein diese Verluste eine Verdoppelung der Kosten.

Immer wieder ist davon zu lesen, dass über Elektrolyse mittels Windstrom erzeugter Wasserstoff relativ problemlos im Erdgasnetz gespeichert werden könnte. Das deutsche Erdgasnetz hat ein Speichervolumen von 20 Milliarden m³. Bei Speicherung einer TWh über Wasserstoff mit dem spezifischen Energieinhalt (Heizwert) von 3 kWh/m³ errechnet sich ein äquivalenter Speicherbedarf von 333 Mio. m³. Bei einem Speicherbedarf von 50 TWh erhöht sich das Speichervolumen unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades von

70 % bei der Elektrolyse auf 23 Milliarden m³ und überschreitet somit die Speicherkapazität des vorhandenen Erdgasnetzes. Dies ist als Rechenexempel aufzufassen, da die Wasserstoffkonzentration im Erdgasnetz 5 % nicht übersteigen darf! Bei der Umwandlung von Wasserstoff in Methan resultieren weitere Verluste. Die Stromgestehungskosten lägen bei ca. 2 €/kWh.

Derzeit verfolgen einige Stadtwerke Speicherprojekte im Bereich von ein paar Megawattstunden. Das ist um den Faktor 100.000 zu wenig, um das Problem zu lösen.

Exkurs 1 – Wunderwaffe Wasserstoff?

Die Idee, mittels Windstrom Wasserstoff zu erzeugen und damit unabhängig von Energie-Importen zu werden, wurde schon vor knapp neunzig Jahren entwickelt. Der Kerngedanke fasziniert: Man nutzt regenerative Energieformen wie Wind und Sonne, wandelt diese Energie durch Elektrolyse in speicherbaren Wasserstoff und ersetzt damit fossile Gase. Die Produktion ist klimaneutral und verringert die Abhängigkeit von Importen. Diese Grundidee hat großen Charme, schließlich sind die Technologien heute sämtlich entwickelt und können schnell im großen Maßstab umgesetzt werden.

Für die Wasserstoff-Produktion gibt es verschiedene Methoden. Von den weltweit erzeugten etwa 500 Milliarden m³ stammt der Großteil aus fossilen Quellen (Erdgas, Erdöl) bzw. fällt in der chemischen Industrie als Nebenprodukt an. Die Wasser-Elektrolyse erfordert nur Wasser und Strom. Alle Verfahren haben gemein, dass sie viel Energie benötigen. Je nach Anlage und Einsatzbedingungen gehen 20-50 % der aufgewendeten elektrischen Energie verloren, wobei ein Teil davon noch in Prozesswärme umgewandelt werden kann, so dass bei der Elektrolyse ein Wirkungsgrad von unter 70 % resultiert. Eine Verbesserung darüber hinaus ist physikalisch ausgeschlossen. Der intermittierende Betrieb der Elektrolyseanlagen mit Sonne und Wind als Stromquelle verschlechtert den Wirkungsgrad zusätzlich.

Wasserstoff ist sehr energieintensiv in der Herstellung und nimmt bei Lagerung und Transport sehr viel Raum ein. Dies begrenzt seine Anwendungsmöglichkeit erheblich. Ein Zahlenbeispiel möge dies verdeutlichen:

Der Kerosinverbrauch des Frankfurter Flughafens liegt bei 5.4 Mio. m³ pro Jahr. Das entspricht einem Energiewert von 50 TWh. Wir unterstellen, es wäre

möglich, Flugzeuge mit flüssigem Wasserstoff zu betanken und die nötigen Technologien wären sämtlich vorhanden. Den genannten Energiebetrag stellen wir nun durch Elektrolyse zur Verfügung und nehmen, ganz optimistisch, einen Wirkungsgrad von 70% an. Für die Elektrolyse sind dann 71 TWh elektrische Energie erforderlich. Das entspricht 43% der gesamten Jahresproduktion aller Wind- und Solaranlagen in Deutschland zusammen. Die Jahresproduktion aller deutschen Wind- und Solaranlagen würde mithin gerade einmal ausreichen, um den Flugbetrieb in Frankfurt, Düsseldorf und München zu gewährleisten. Für die anderen deutschen Flughäfen bliebe nichts mehr übrig. Geschweige denn für alle anderen Prozesse und Verrichtungen, die hierzulande Energie benötigen.

Das Beispiel verdeutlicht, dass die Produktion von energetisch relevanten Wasserstoffmengen im Inland nicht möglich ist. Deshalb hat man das Ausland im Blick: Die Sonnenenergie in Nordafrika würde ausreichen, um auf vergleichsweise kleinen Flächen riesige Mengen an Wasserstoff durch Elektrolyse zu gewinnen. Diese Mengen müssen aber über große Distanzen transportiert werden. Am 27.5.2020 berichtete die FAZ über den Plan der letzten Bundesforschungsministerin:

„Karliczeks Plan sieht vor, deutsche Windräder, Meerwasserentsalzungsanlagen und Elektrolyseure ins Ausland zu liefern, etwa nach Afrika. Damit würde grüner Wasserstoff hergestellt und nach Deutschland verkauft. Die Ministerin sieht darin auch eine Chance für die Wirtschaft. „Wir wollen Weltmeister auf dem Gebiet des grünen Wasserstoffs werden“, sagte sie. „Wir wollen in Deutschland die Technologien erforschen, entwickeln und herstellen, die weltweit Standards setzen und das Potential haben für neue Exportschlager, Made in Germany. In Zukunft könnten bis zu 470.000 Stellen in der deutschen Wasserstoffwirtschaft entstehen.“

Der Plan beschwört ähnliche Mythen, wie sie bei Einführung und Ausweitung des EEG-Subventionssystems bemüht wurden (vgl. Abschnitt 4). In der Praxis birgt allerdings auch diese Import-Variante erhebliche quantitative Probleme:

Eckpunkte für einen Wasserstoffimport

Der folgenden Betrachtung wird der für Nordstream-2 geplante Energieimport von 600 TWh zugrunde gelegt. Diese willkürliche Vorgabe erlaubt den unmittelbaren Vergleich der Aufwände zur Produktion und zum Transport von „grünem“ Wasserstoff in energie-technisch relevanter Größenordnung. Der Ressourcenaufwand für Nordstream-2 spiegelt sich in beachtlichen Zahlen wieder: Rohrdurchmesser 1150 mm, Wandstärke 32 mm, Länge 1200 km, Rohrgewicht 0,91 t/m). Verbauter Stahl: 2,2 Mio. t. In einem

Artikel des BMBF⁹ geht man noch über den Wert von 600 TWh hinaus:

„...So geht das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion derzeit davon aus, dass Deutschland bis 2050 rund 45 Millionen Tonnen Wasserstoff importieren müssen.“

Dies entspricht einer Energie von 1500 TWh und liegt damit um den Faktor 2,5 über dem Nordstream-2-Wert, von dem wir im Folgenden ausgehen.

Gasförmiger Pipeline-Transport

Die nötigen Dimensionen der Pipelines bemessen sich nach dem Energiegehalt je Volumeneinheit. Die Energiedichten von Methan und Wasserstoff verhalten sich wie 10,9 zu 3,9, mithin erfordert eine Wasserstoffpipeline gegenüber der Erdgasleitung eine 2,8-fache Volumen-Übertragungskapazität.

Eine Pipeline von der algerischen Wüste nach München hätte eine Länge von 2900 km. Für den Transport von 600 TWh Wasserstoffgas unter ähnlichen Bedingungen wie in der Nordstream-Pipeline reichen zwei adäquat dimensionierte Pipelinerohre aus, wenn man die Strömungsgeschwindigkeit gegenüber Erdgas verdreifacht. Bei einer Länge von 2900km würden rund 5,2 Mio.t Stahl für die Rohrleitungen benötigt. Das ist ambitioniert, aber nicht völlig unmöglich. Den hierfür zu veranschlagenden fixen Kosten sind die Erzeugungskosten des Wasserstoffs hinzuzufügen. Selbst bei Stromerzeugungskosten von 2-3 ct/kWh müssen wegen des Energieverlustes in der Kette Elektrolyse, Verdichtung, Wiederverstromung von 20 % die Kosten mit dem Faktor 5 multipliziert werden. Mit 15 ct/kWh ist kein Stahlwerk, keine Kupfer- oder Aluminiumhütte wettbewerbsfähig zu betreiben.

Flüssig-Tieftemperatur-Transport

Der Flüssigtransport eines Energiebetrags von 600 TWh jährlich erfordert den Transport von 260 Mio. m³ flüssigem Wasserstoff. Legt man die Ladekapazität des größten in Planung befindlichen Tankers für flüssiges Erdgas (LNG) von 270.000 m³ zugrunde, entspricht das knapp 1000 Tankschiff-Ladungen pro Jahr. An jedem Endpunkt des Flüssigtransports müssen täglich rund drei Tankschiffe be- bzw. entladen werden. Stündlich müssen größenordnungsmäßig 30.000m³ flüssiger Wasserstoff auf oder aus den Schiffen gepumpt werden. Zur Orientierung: Den größten Flüssigwasserstoff-Tank der Welt betreibt die NASA in Cape Canaveral. Er hat ein Volumen von 5000 m³. Bei der Verflüssigung von Wasserstoff geht mehr als ein Viertel der Energie verloren. Die Verluste in der Gesamtkette sind wie bei der Pipeline-Variante oben.

Transport mit organischen Trägerflüssigkeiten

Um die Eigenschaften Explosivität und Flüchtigkeit des Wasserstoffs beherrschbar zu machen, wird die

Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHCR) - Technologie diskutiert. Diese chemische Speicherung von Wasserstoff in Trägerflüssigkeit ermöglicht Lagerung und Transport bei Umgebungsdruck (1 bar) und Normaltemperatur (20° C). Die Reduktion von Explosionsgefahr und Kühlbedarf wird mit einer Verschärfung des Volumenproblems erkauft.

Der Transport eines Energiebetrags von 600 TWh jährlich erfordert den Transport von 345 Mio. m³ der organischen Trägerflüssigkeit. Das entspricht der Transportkapazität von ca. 600 Tankschiff-Ladungen mit je 500.000 m³. Wenn an jedem Ende der Transportstrecke ein Dreimonats-Vorrat an LOHC Flüssigkeit für die Zwischenlagerung vorhanden sein soll, müssen rund 150 Mio. m³ LOHC-Trägerflüssigkeit vorgehalten werden. Das ist das Anderthalbfache des jährlichen deutschen Rohöl-Imports.

Man könnte auch den Flüssigtransport mit einer organischen Trägerflüssigkeit in einer Pipeline erwägen. Bei einer mittleren Strömungsgeschwindigkeit von 5km/h lassen sich in einem Rohr mit dem Querschnitt von Nordstream-2 jährlich 45 Mio. m³ LOHC transportieren. Für den Transport wären dann acht Leitungen je Richtung mit einem Stahlbedarf von 42 Mio. t erforderlich.

Nutzung „überschüssiger“ Energie zur Wasserstoff-Elektrolyse

Eine weitverbreitete Vorstellung besteht darin, dass man mittels Wasserstoff die „überschüssige“ Produktion von Windkraft- und PV-Anlagen elegant nutzen könnte. Leider verkennt diese Idee, wie stark die Wind- und PV-Stromproduktion schwankt: Die Überschussproduktion steigt mal auf Werte über 200.000 MW an. Trotzdem sinkt die überschüssige Leistung regelmäßig auf null. Eine genauere Analyse¹⁰ zeigt, dass für die Dauer von fünf Monaten im Jahr keine Überschüsse vorhanden sind. Für diesen Zeitraum würden sämtliche Elektrolyseanlagen mangels überschüssiger Leistung stillstehen. Wenn die Wind- und Solarkapazitäten gegenüber heute verfünffacht werden, entsprechen die Überschüsse einer Energiemenge von 320 TWh. Um diesen Betrag zu ernten, müssen Elektrolysekapazitäten von weit über 100.000 MW geschaffen werden. Aufgrund der Elektrolyseverluste von rund 30 % entspricht der elektrolysierte Wasserstoff einem Energiewert von maximal 220 TWh. Nach Speicherung und Wiederverstromung bleiben 65 TWh übrig. Das entspricht der Jahresproduktion von fünf Großkraftwerken. Erkauft würde diese marginale Strommenge durch eine Verfünffachung der Wind- und Solarleistung.

Fazit

Zwei fundamentale und unabänderliche physikalische Kenngrößen machen den Wasserstoff-Transport aufwändig: Die Gaskonstante und die Dichte

des flüssigen Wasserstoffs. Da die Gaskonstante ungefähr den vierzehnfachen Wert der Gaskonstante von Luft hat, bedarf es extrem hoher Drücke, um größere Mengen gasförmigen Wasserstoff zu speichern. Die extrem geringe Dichte flüssigen Wasserstoffs (zahlenmäßig entspricht sie der Dichte von Styropor) hat zur Folge, dass hunderte Millionen Kubikmeter zu transportieren sind, um nennenswerte Energiebeträge zu importieren.

Die Elektrolyse nennenswerter Wasserstoffmengen im Land scheitert aufgrund der geringen Energiedichte der strömenden Luft und der Sonneneinstrahlung letztlich am Flächenbedarf der erforderlichen Wind- und Solaranlagen. Grüner Wasserstoff aus deutschem Überschussstrom kann daher energie-technisch nur eine Nebenrolle spielen und verlagert die Importabhängigkeit nur in andere Länder. Der Import großer Wasserstoff-Mengen aus dem Ausland erweist sich als extrem aufwändig.

Im Kontext neuer Stromerzeugungstechnologien, die eine kontinuierliche Leistungsbereitstellung bei geringer Flächeninanspruchnahme erhoffen lassen (vgl. Abschnitt 6), ist eine größere Bedeutung von Wasserstoff perspektivisch denkbar.

Sonstige Optionen?

Regelmäßig wird von vermeintlich neuen bahnbrechenden Ideen berichtet. Ringwall-speicher, Betonkugeln auf dem Meeresboden und ähnliche Konzepte geistern immer wieder durch die Medien. Eine vertiefte Betrachtung erübrigt sich, da sie einfachen Plausibilitätsprüfungen nicht standhalten.

Oftmals wird auch die Förderung der **Elektromobilität** mit der Hoffnung begründet, dass eine große Flotte privater E-Fahrzeuge im Sinne einer „Schwarmintelligenz“ zum Ausgleich von Stromproduktion und Verbrauch beiträgt. Smart Meter würden genau dann zum Laden animieren, wenn die Produktion aus Sonne und Wind gerade ergiebig ist.

Diese Vorstellung wird halbwegs realistisch, wenn man den Fahrzeugbestand vervielfacht und den Besitzern der Fahrzeuge jede Autonomie bezüglich des Einsatzes nimmt. Eine erheblich zu verstärkende Fahrzeugflotte

müsste in den Wintermonaten netzdienlich stehen:

Sind die Akkus leer, kann man nicht fahren; sind sie voll, darf man nicht fahren, sonst steht die gespeicherte Energie nicht zum Ausgleich zur Verfügung. Die E-Autos müssten quasi immer am Netz hängen und bräuchten eigentlich keine Räder.



Abb. 14: Keine Lösung für das Speicherproblem

17

In Deutschland sind aktuell rund 48 Mio. PKW zugelassen, die jährlich 650 Mrd. Kilometer zurücklegen. Bei einem Stromverbrauch von rund 18 kWh auf 100 km Fahrleistung würde eine vollständig elektrifizierte PKW-Flotte jährlich rund 120 TWh Strom verbrauchen. Aufgrund der Verluste beim Laden in Höhe von 15 % erhöht sich der Strombedarf auf 138 TWh. Das entspricht ungefähr der aktuellen Jahresproduktion aller deutschen Windkraftanlagen (an Land und auf See) zusammen.

Bei einer Batterie-Ladepkapazität von 90 kWh je Fahrzeug kann die gesamte PKW-Flotte eine Speicherkapazität von 4,3 TWh bereitstellen. Angesichts eines täglichen Stromverbrauchs von 1,5 TWh wird klar, dass diese Speicherkapazität nur einen kleinen Beitrag zur Lösung des Speicherproblems leisten kann. Zu den ökologischen und sozialen Auswirkungen solcher Visionen in anderen Erdteilen siehe Seite 27f.

Exkurs 2: – Zukunft Elektromobilität?

Fast jeder weiß, dass die veraltete Dieseltechnologie durch die moderne E-Mobilität ersetzt werden muss. Kaum jemand weiß jedoch, dass das angeblich „moderne“ E-Auto erstmalig 10 Jahre vor dem ersten „veralteten“ Dieselauto gebaut wurde. Das „moderne“ E-Auto ist also 130 Jahre alt. Im Jahr 1900 wurden in den USA 40% aller Autos mit Dampf, 38% mit Elektromotor und 22 % mit Benzinmotor angetrieben. Die Deutsche Paketpost hatte noch in den 1950er Jahren E-Transporter in Dienst. Damals scheiterte das E-Auto am Akku und dessen geringer Reichweite. Selbstredend verursacht ein E-Auto weniger CO₂-Emission, wenn keine fossilen Energieträger genutzt werden und der gesamte Strom weltweit aus erneuerbaren Quellen gewandelt wird. Das heißt jedoch nicht, dass E-Autos umweltfreundlich wären. Die Klimafreundlichkeit von E-Mobilen hängt von mehr oder weniger physikalisch realistischen bzw. spekulativen Annahmen ab. Die tatsächliche von einem E-Mobil verursachte CO₂-Emission wird wesentlich durch folgende Parameter bestimmt: 1. tatsächlicher Bedarf an Elektroenergie für den Fahrbetrieb einschließlich Ladeverluste 2. Größe des Akkus für eine wettbewerbsfähige Reichweite 3. zusätzlicher Energieeinsatz für Herstellung und Entsorgung des Akkus sowie des Betriebs der Ladeinfrastruktur 4. mit der Bereitstellung der elektrischen Energie für (1. bis 3.) verbundene CO₂-Emission

Die große Begeisterung für E-Mobilität ist u.a. damit begründet, dass die Politik gegen die Naturgesetze definiert hat, E-Autos verursachten keine CO₂-Emission. Zunächst ist jedes in den Verkehr gebrachte E-Auto ein zusätzlicher Verbraucher von elektrischer Energie, die zusätzlich mit dessen Inbetriebnahme bereitgestellt werden muss. Da sich durch die Inbetriebnahme eines zusätzlichen E-Autos die Menge an Erneuerbaren Energien nicht erhöht, muss sie unvermeidbar aus zusätzlichen fossilen Energieträgern gewandelt werden. Denn auch Erneuerbare Energien können nicht zweimal verwendet werden: einmal zum Ersatz von fossiler Energie und dann noch einmal für den Antrieb eines E-Autos. D.h. E-Autos verändern selbst den theoretisch für die Rechnung angenommenen Strommix.

Um 50 Millionen PKW mit EE zu versorgen, müsste nur für den Fahrbetrieb eine Kraftwerkskapazität zusätzlich bereitgestellt werden, die soviel CO₂-freie Energie liefern könnte wie alle heutigen Kernkraft- und Kohlekraftwerke zusammen. Die Umweltbelastung durch Millionen Ladesäulen und Gewinnung der Materialien sind dabei nicht berücksichtigt. Für das Recycling der Akkus muss eine Industrie aufgebaut werden, die alle wertvollen Materialien trennt und zurückgewinnt. Der emissionsfreie Betrieb hat erhebliche versteckte Nebenwirkungen. Technische Restriktionen haben ökonomische und ökologische Implikationen:

Der Golf 2,0 TDI kostet z.Z. 12.000 € weniger als die E-Variante, ist 60 km/h schneller und 500 kg leichter. Ein Golf ID3 mit 800 km Reichweite wäre 2.500 kg schwer, würde 30.000 Euro teurer sein und hätte keinen Kofferraum. Angesichts der enormen Kosten und des gigantischen Landschaftsverbrauchs für die Gewinnung von EE (vgl. Kasten 3) ist ein Ersatz der 50 Mio. fossil betriebenen Autos durch 50 Mio. E-Autos eine einfältige Vorstellung.

Sinnvoller wäre es, zunächst ein Gesamtbild des zukünftigen Mobilitätssystems zu entwickeln. Ein heutiges Auto wird nur 2 bis 3 % der Jahreszeit genutzt. Ein derart energetisch ineffizienter Betrieb mit erneuerbaren Energien ist undenkbar. Die im 19. Jahrhundert entwickelte E-Mobilität kann allenfalls in Kombination mit autonomem Fahren und künstlicher Intelligenz eine moderne Technologie werden: Womöglich könnten wenige Millionen autonom fahrender (E-)Autos dereinst den urbanen Individualverkehr bedienen und dabei nur einen Bruchteil der heutigen Infrastruktur (Verkehrs- und Parkflächen, Ladestationen usw.) benötigen. Frei werdende Flächen könnten dann neu genutzt, Parkraum in den Städten könnte klimafreundlich begrünt werden. Viel Ökologisches wäre denkbar.

Fazit:

Es ist nicht sinnvoll, den individuellen Kauf von E-Mobilen zu subventionieren und dafür die zugehörige Infrastruktur zu schaffen, wodurch noch mehr Flächen verbraucht und noch mehr Energie benötigt werden. Sinnvoller wäre es, technologieoffen zu fördern und dem Fortschritt Raum (und Zeit) zur Entfaltung zu geben.

Die (E-)Auto-Suggestionen verkennen das Ausmaß und die saisonale Natur des Speicherproblems.

Allerdings sind sie geeignet, uninformierte Teile der Öffentlichkeit zu erreichen und die **Lösbarkeitsillusion** zu nähren:

*„Rund um die Erneuerbaren Energien Branche ist ein regelrechter politisch-ökonomischer Komplex herangewachsen. (...) Alle Akteure in diesem Komplex verbindet ein Interesse: **Probleme der Energiewende müssen lösbar erscheinen, damit die Wind- und die Sonnenbranche weiter subventioniert werden.**“*

Aus der ZEIT vom 4.12.2014

Angesichts der Kosten und technischen und naturgesetzlich bestimmten Restriktionen sind Speicher nicht die Lösung der Energiewende. Die notwendigen Kapazitäten sind physikalisch, ökologisch und ökonomisch nicht realisierbar.

Dies gilt umso mehr, wenn der Fuhrpark von Verbrennungsmotoren auf Elektroautos umgestellt und im Wärmesektor die Einführung von Wärmepumpen vorangetrieben wird: Unser Energieverbrauch ist in den Wintermonaten besonders hoch, speziell wenn bei Inversions-Wetterlagen die PV-Anlagen wegen Bewölkung kaum Strom liefern und die WEA meist stillstehen. Die Wetterabhängigkeit der Stromerzeugung hätte damit unmittelbare und fatale Wirkungen auf den Mobilitätssektor. Ebenso wenig könnte man dann noch elektrisch heizen. Die „Sektorkopplung“ löst das Problem der Wetterabhängigkeit nicht, sie verstärkt es.

Eine „Energiewende“ mit Wind und Sonne ist ohne Speicher nicht möglich und mit Speichern nicht bezahlbar.

Klimaschutz? Leider nicht gegeben. Kollateralschäden dafür umso mehr.

Jede lokale Diskussion um die Errichtung von Windenergieanlagen und jedes energiepolitische Dokument der letzten drei Bundesregierungen enthält den Hinweis, dass die Energiewende dem Klimaschutz diene.

Oft in schrillen, häufig in moralisierendem Ton vorgetragen wird die These, dass der schnelle Ausbau „Erneuerbarer Energien“ angesichts der drohenden Apokalypse eine globale Verpflichtung sei. Besonders perfide Formen dieser These suggerieren sogar, dass der Verzicht auf den Ausbau von Windkraftanlagen in Deutschland bedeute, dass wir es mit „Milliarden von Klimaflüchtlingen“ zu tun bekämen.

Der aktuell (März 2022) als parlamentarischer Staatssekretärs aktive Oliver Krischer verstieg sich im Juli 2021 gar dazu, den seinerzeitigen Ministerpräsidenten von NRW wegen dessen moderaterer Windkraft-Politik für den weltweiten Tod von Menschen und Waldbrände in Kanada verantwortlich zu machen.¹⁰

Doch unabhängig von Häufigkeit und Spielart, in der die These vom „notwendigen Klimaschutz durch hiesigen Windkraftausbau“ vorgetragen wird: Sie ist grundfalsch. Denn

1) Deutschland trägt ausweislich der neuesten Zahlen von Statista.de zu den globalen CO₂-Emissionen 1,85 % bei. Egal, welche Politik hierzulande betrieben wird, wird dieser Anteil weiter sinken, weil allein die Zuwächse in China und Indien unsere gesamten CO₂-Emissionen übertreffen. Was in Deutschland jährlich insgesamt an CO₂ emittiert wird, entspricht ungefähr der Menge, die in China

alle 19 Monate neu hinzukommt. Wenn Deutschland morgen aufhörte zu existieren, so wäre dies in der globalen CO₂-Bilanz allein durch China nach gut 1,5 Jahren schon ausgeglichen. Aufgrund dieser Dimensionen ist es ausgeschlossen, dass man von Deutschland aus über den Wirkmechanismus CO₂-Emissionen einen Einfluss auf das Weltklima entfalten kann. Der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Lage erklärte 2019: *„Selbst wenn es gelänge, die Emissionen Deutschlands und der EU auf null zu senken, könnte dies somit global nur einen kleinen Beitrag leisten und den Klimawandel nicht aufhalten.“*¹¹

2) Wenn man sich von nüchternen Zahlen nicht irritieren lassen möchte und dennoch einen Effekt unterstellt, so kann die Windkraft trotzdem keinen messbaren Klimaschutz-Beitrag leisten: Sie wirkt allein im Stromsektor. Die „großen Brocken“ Verkehr und Wärme werden bisher kaum berührt. Dem Klima ist es jedoch egal, ob ein CO₂-Molekül aus dem Auspuff eines PKW, dem Kamin eines Kachelofens oder dem Schornstein eines Kraftwerks kommt. Der gesamte Energieverbrauch ist maßgeblich. Es geht also um 3,5 % (vgl. Abb. 1) von 1,85 %, also 0,06 % der globalen Emissionen, die unter theoretischen Idealbedingungen durch deutsche Windenergie- und PV-Anlagen beeinflusst werden können.

3) Faktisch führt der Windkraftausbau kaum zu CO₂-Einsparung. Stets müssen konventionelle Kraftwerke im Hintergrund bereitgehalten werden. Diese werden in den Stop-&-Go-Betrieb gezwungen, arbeiten dadurch unwirtschaftlich und verbrauchen mehr Brennstoff, als sie müssten.

4) Wer diese Tatsachen als Übergangserscheinungen abtut und auf noch subventioniert zu bauende, hocheffiziente und verlust-

arm regelbare Gaskraftwerke hofft, sollte die Existenz des europäischen Emissionshandelsystems zur Kenntnis nehmen. Seit 2004 legt es die Gesamtemissionen aller EU-Staaten fest – alle Emittenten der energetisch relevanten Industriezweige müssen innerhalb des gedeckelten Kontingents Emissionsrechte erwerben. Die Zertifikate werden an Börsen oder zwischen den Anlagenbetreibern frei gehandelt, wobei das Kontingent sukzessive verkleinert wird. Das System stellt im Prinzip sicher, dass das CO₂ - Reduktionsziel eingehalten wird und Emissionen an den Stellen eingespart werden, wo dies am kostengünstigsten möglich ist.

Leider nur im Prinzip, denn die Politik hat



Abb. 15: Das Emissionshandelssystem: Ein intelligenter Ansatz wird durch die deutsche Energiewende untergraben

sich zu Eingriffen in die Preisbildung entschlossen und das Instrument dadurch seiner Effizienz beraubt. Gleichwohl führen eventuelle Einsparungen im deutschen Stromsektor dazu, dass dort weniger Zertifikate benötigt werden, der Zertifikatspreis also sinkt. Damit wird es für Unternehmen in anderen Sektoren und Regionen weniger lohnend, in Emissionsvermeidung zu investieren. Plakativ ausgedrückt: In osteuropäischen Kohlekraftwerken werden im Zweifel Energie verschwendende Prozesse beibehalten, da es billiger ist, Zertifikate zu kaufen als zu investieren. Aber auch in Industriezweigen innerhalb Deutschlands verändert ein reduzierter Zertifikatspreis das Investitionskalkül. Man kann es drehen, wie man will: Am Ende bestimmt einzig das EU-

europaweit festgelegte Kontingent an Zertifikaten, wie viel CO₂ in Europa emittiert wird. Eine fiktive CO₂-Reduktion durch weitere Windenergieanlagen in Deutschland bleibt ohne Effekt auf die globalen Emissionen, sondern erhöht nur die Kosten der Emissionsvermeidung.

5) Selbst wenn man dies außer Acht lässt und unterstellt, dass (fiktive!) CO₂-Einsparungen in Deutschland sich tatsächlich in einer Emissionsreduktion ganz Europas niederschlagen, so muss man die Reaktion des Angebots berücksichtigen. Diesen Aspekt hat Professor Hans-Werner Sinn bereits 2008 als „*grünes Paradoxon*“¹² bekannt gemacht:

Europäische Länder geben viel Geld aus, um die Energieeffizienz zu verbessern, "grünen" Strom auszubauen, sparsamere Autos zu bauen und sonstige technische Lösungen zu entwickeln, mit denen sie ihre Nachfrage nach fossilen Brennstoffen drosseln können. Diese Nachfragepolitik ist aber so lange wirkungslos, wie andere Länder sich nicht beteiligen und die Ressourcenbesitzer ihr Angebot nicht kappen. Müssen die Ressourceneigentümer gar befürchten, dass die "grüne" Politik im Laufe der Zeit immer grüner wird und die Preissteigerungsrate der fossilen Brennstoffe verringert, beschleunigt diese sogar die Extraktion. Plakativ ausgedrückt:

Wenn Europa seinen Appetit auf fossile Energieträger zügelt, werden diese weltweit günstiger und entsprechend in anderen Teilen der Welt stärker nachgefragt. Wenn andere Teile der Welt ihren Appetit ebenfalls zügeln, werden die Scheichs ihre Ölvorräte möglichst schnell "versilbern" und an die Kunden bringen.



Abb. 16: „Grünes Paradox“: Nachfrageorientierte Einsparpolitik beschleunigt den Abbau fossiler Ressourcen

Solange die Angebotsseite nicht einbezogen wird, ist jede auf die Nachfrage nach fossiler Energie verengte "Klimapolitik" wirkungslos bis kontraproduktiv.

Kontraproduktiv, weil der als exzessiver Ausbau von Stromerzeugungsanlagen falsch verstandene „Klimaschutz“, immer größere Kollateralschäden an wichtigen Umweltgütern verursacht – und Ökosysteme gegenüber Risiken des Klimawandels verletzlich macht. Besonders offensichtlich ist dies bei der Windkraftansiedlung im Wald. Wälder speichern pro Jahr und Hektar rund 10 Tonnen CO₂. Wälder nehmen nicht am Emissionshandel teil und beeinflussen die Weltmarktpreise für fossile Rohstoffe nicht – ihre Leistungen werden also nicht durch die unter 4) und 5) beschriebenen Mechanismen konterkariert. Pro WEA wird mindestens ein Hektar Wald gerodet und dauerhaft ökologisch entwertet. Eventuelle Aufforstungen können das nicht ansatzweise ausgleichen, da alte Bäume in jeder Hinsicht ungleich wertvoller als Neupflanzungen sind.

Für Deutschland prognostizierte negative Effekte einer globalen Erwärmung bestehen in häufigeren Überschwemmungen und Dürren.

Ursprünglicher Wald bietet den besten Erosionsschutz. Waldboden reinigt und speichert Wasser.

Im Lichte all‘ dessen ist die Behauptung, dass wir die Energiewende und einen beschleunigten Windkraft-Ausbau dringend bräuchten, um den Klimawandel aufzuhalten, nur als schlechter Scherz zu verstehen. Einen tödlichen Beiklang erhält dieser, wenn man zudem die handfesten ökologischen Schäden taxiert, die der Ausbau der “Energiewende-Technologien” mit sich bringt.

Flächenverbrauch der Erneuerbaren Energien bedingt Biodiversitäts-desaster

Sei es Waldvernichtung, „Vermaisung“, die Zerstörung von Lebensräumen oder die direkte Tötung – alle diese Ergebnisse des massiven Ausbaus der Erneuerbaren Energien sind letztlich der **geringen Energiedichte** geschuldet. Deren Konsequenz ist ein immenser **Flächenverbrauch**:

Neben der Zufälligkeit ist das Kernproblem der Wind- und Sonnenenergie, dass sie in sehr diffuser (nicht konzentrierter) Form anfällt. Wer mit dem Fahrrad gegen den Wind fährt, bekommt eine Ahnung davon: Gegenwind von 3 m/s lässt den Mantel etwas flattern, erschwert das Strampeln aber kaum. Wasser hingegen, das uns mit gleicher Geschwindigkeit entgegenfließt, reißt uns unbarmherzig hinfort. Strampelnd lässt sich dem Wind viel leichter trotzen als paddelnd dem Wasser.

Die Kraft des Wassers ist also vergleichsweise konzentriert, die des Windes breit in der Fläche verteilt. Das „Einsammeln aus der Fläche“ erledigt bei der Wasserkraft ein weitverzweigtes System aus Rinnsalen, Bächlein, Flüsschen und Strömen.

Wer die Kraft des Windes „einfangen“ möchte, muss die mühsame Arbeit des Verdichtens selbst erledigen - mit ganz vielen Sammelstationen und Leitungen, die diese verbinden.

Rinnsale, Bächlein, Flüssen und Ströme müssen sozusagen mittels 250 Meter hohen Industrieanlagen, Strommasten und Drähten nachgebaut werden. Zwangsläufig werden weitgehend intakte Naturräume zu Industriezonen und Rückzugsmöglichkeiten sukzessive zerstört.¹³

Die Energiewende lässt für Natur keinen Platz.



Abb. 17: Naturschutz wird Makulatur

Exkurs 3 – Was sind schon zwei Prozent?

Die Bundesregierung hegt die Absicht, 2 % der Fläche Deutschlands für Windkraftanlagen bereitzustellen. Diese kleine einstellige Zahl – gern mit dem Hinweis kombiniert, dass „98 % Prozent ja frei bleiben“ suggeriert, dies sei nicht viel. Weiß man aber, dass das gesamte Straßennetz „nur“ 2,6 % ausmacht, dass sämtliche Industrie- und Gewerbeflächen „nur“ 1,7 % bedecken und dass sämtliche Tagebaue, Gruben und Steinbrüche „nur“ 0,4 % der Landesfläche beanspruchen, so bekommt man eine Ahnung, dass 2 % sehr viel sind.

Die Fachagentur für Windkraft an Land empfiehlt, WEA mit 3 Rotordurchmessern seitlichem Abstand und mit 5 Rotordurchmessern Abstand hintereinander anzuordnen. Folgen wir gedanklich dieser Empfehlung mit modernen Anlagen (Rotordurchmesser = 160 m) und ordnen diese in einem Raster 500x800 m an, so können im Schnitt 3 solcher Anlagen auf einem km² untergebracht werden. Die energetische Jahresproduktion dieser drei Anlagen liegt dann in der Summe bei 30 GWh. Auf 2 % der Landesfläche lassen sich daher nicht mehr als 220 TWh Windstrom gewinnen, zumal rund die Hälfte dieser Fläche bereits mit Windkraftanlagen bebaut ist. Das bedeutet, dass wir allein für das 2%-Ziel die Inanspruchnahme des Landes durch Windkraftanlagen nahezu verdoppeln müssen. Dies liefe den Geboten der EU-Biodiversitätsstrategie und des „Green Deal“ diametral entgegen. Konfliktarme und ertragreiche Flächen sind nämlich längst bebaut. Solarenergie ändert das Flächendilemma nicht grundsätzlich: Pro km² Solarfläche lassen sich 100 GWh jährlich gewinnen. Legt man den Brutto-Stromverbrauch im Corona-Jahr 2021 von 570 TWh zugrunde, beträgt der Flächenbedarf bei unverändertem Strommix für Onshore-Windkraftanlagen 11.300 km² und für Solaranlagen 1500 km². Das entspricht ca. der halben Fläche Hessens bzw. des Saarlands. Vor dem Hintergrund eines Endenergiebedarfs von 2.300 TWh erweist sich die vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung endgültig als Illusion. Sie bleibt auch bei massiver Ausweitung der Flächen unerreichbar.

Fazit:

2 % mag für Nicht-Fachkundige harmlos klingen, impliziert aber die flächendeckende Industrialisierung unserer letzten Naturräume und Landschaften. Denn der Einwirkungsbereich von 250 Meter hohen Windenergieanlagen geht um ein Vielfaches über den bloßen „Stellplatz“ hinaus.⁵⁸ Man stelle sich ein Stück frisch gebackenen Pflaumenkuchen vor und bestreue es mit Salz. So, dass 98 % der Oberfläche frei davon bleiben und sich „nur auf 2 %“ der Pflaumen Salzkörner ablagern. Guten Appetit.

Der Flächenfraß, den die Fixierung auf volatile und diffuse Energiequellen zwangsläufig bedingt, steht **der Biodiversitätsstrategie der EU diametral entgegen**. Dort heißt es:

„Zum Wohle unserer Umwelt und unserer Wirtschaft und um die Erholung der EU von der COVID-19-Krise zu unterstützen, müssen wir mehr Natur schützen. Zu diesem Zweck sollten mindestens 30 Prozent der Landesfläche und 30 Prozent der Meere in der EU geschützt werden. Dies entspricht einem Plus von mindestens 4 Prozent der Land- und 19 Prozent der Meeresgebiete im Vergleich zu heute. Das Ziel steht voll und ganz im Einklang mit dem, was als Teil des weltweiten Rahmens für die biologische Vielfalt für die 4 Zeit nach 2020 vorgeschlagen wird.“

Kommissionsmitteilung „Mehr Raum für Natur in unserem Leben“ vom 20.5.2020¹⁴

Als geeignete Flächen zur Umsetzung des 30%-Flächenanteils werden Naturschutzgebiete, Nationalparks, FFH- und Vogelschutzgebiete, Naturparke, Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenreservate genannt. Diese Flächen müssten für Windkraftanlagen zwingend tabu bleiben – sind es in Deutschland aber lange nicht mehr. Bei Redaktionsschluss dieser Schrift bemüht sich die Bundesregierung, diesen Tabubruch über das juristische Vehikel der vermeintlichen *“öffentlichen Sicherheit”* zu legalisieren und zum neuen Standard zu erheben.¹⁵

Dabei hat bereits die Verdoppelung der Anzahl der Windkraftanlagen seit 2011 (vgl. Abb. 4) **Flora und Fauna** erheblich geschadet: Das Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung geht von **250.000 getöteten Fledermäusen im Jahr** aus. Pro WEA werden im Durchschnitt zehn tote Fledermäuse – darunter zahlreiche Zugfledermäuse aus Osteuropa – gefunden. Die deutschen WEA gefährden Fledermäuse bereits auf Populationsebene. Neben der direkten Kollision und dem sog. Barotrauma – Luftdruckunterschiede vor und hinter den Windkraftanlagen führen zu

inneren Organverletzungen wie u.a. dem Zerreißen der Lungen – kommt es dort, wo der Ausbau der Windenergie im Wald betrieben wird, zusätzlich zu Lebensraumverlusten durch die Veränderung wichtiger Jagdhabitate oder durch den Schwund wertvoller Quartiersbäume.



Abb. 18: Fledermaus in ihrer natürlichen Umgebung

Nicht nur lokale Populationen sind bedroht, sondern auch ziehende Arten, für die die Windparks auf den Gipfeln der Mittelgebirge oft zu einer tödlichen Barriere werden. Fledermäuse bekommen maximal ein, nur selten zwei Jungtiere pro Jahr, die sie erfolgreich aufziehen können. Hohe Schlagopferzahlen können deshalb durch eine Erhöhung der Fortpflanzung nicht ausgeglichen werden, weshalb lokal ganze Populationen vom Aussterben bedroht sind. Bei ungebretem Ausbau und überwiegend ungeregeltem Betrieb von WEA werden die Fledermauspopulationen dramatisch einbrechen. Damit würde Deutschland massiv gegen die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU verstoßen, die gebietet, alle Fledermausarten in einem „günstigen Erhaltungszustand“ zu bewahren. Der Bundesverband für Fledermauskunde weist daraufhin, dass das Ausmaß der Tötungen durch Windkraftanlagen noch immer unterschätzt wird und dass technische Vorkehrungen (Abschaltautomatik) nur sehr bedingt Abhilfe schaffen können.¹⁶ Forscher des Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung fanden bezüglich der Raufhautfledermaus

heraus, dass besonders viele weibliche und junge Tiere an Windkraftanlagen verenden. Eine hohe Anfälligkeit von Jungtieren könnte die Widerstandsfähigkeit der Art gegenüber Umweltstressoren wie Klimawandel oder Lebensraumverlust zusätzlich einschränken.¹⁷

Das Michael-Otto-Institut verzeichnet in seinen Untersuchungen **jährlich 100.000 erschlagene Greifvögel**. Auch hier scheint die Dunkelziffer um ein Vielfaches höher zu sein. Unter dem Titel „Lizenz zum Töten“ widmete die Fachzeitschrift „Naturpark“ diesem Thema einen Grundsatzartikel. Demnach gilt insbesondere für den Rotmilan, dass die Umsetzung der aktuellen Ausbauziele die Ausrottung seiner Art bedeuten würde.¹⁸

Zu ähnlich dramatischen Einschätzungen gelangte die im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums an der Universität Bielefeld durchgeführte Feldstudie „PROGRESS“ die abschätzt, was der Betrieb von immer mehr WEA bei Vogelarten anrichtet. Selbst weit verbreitete Arten wie der Mäusebussard verenden so oft an WEA, dass dies bestandsgefährdend werden kann.

Greifvögel sind deshalb so betroffen, weil sie an der Spitze der ökologischen Nahrungskette stehen, über eine lange Lebenszeit und eine geringe Reproduktionsrate verfügen. Die Auswirkungen auf den Bestand werden daher erst mit zeitlichem Abstand sichtbar.¹⁹



Abb. 19: Von Windenergieanlage getöteter Rotmilan

Vögel werden aber nicht nur erschlagen. Windkraftanlagen greifen auch massiv in ihr Verhalten ein. Rotmilan und Schwarzstorch nutzen den Luftraum über dem Wald zur Balz oder zur Revier-Abgrenzung. Auch Vogelarten, an die man im ersten Moment nicht denkt, sind betroffen. Beispielsweise wurde nachgewiesen, dass in Gebieten mit Windrädern die Zahl der Spechte um die Hälfte sinkt.²⁰

Besonders stark ist das Kollisionsrisiko, wenn WEA im Brut- und Nahrungshabitat von Greifvögeln errichtet werden. Daher hat die Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten im „Helgoländer Papier“ Abstandsempfehlungen zwischen Brutplatz und WEA erarbeitet. Leider finden diese nur unzulänglich Einzug in die Energiepolitik der Bundesländer. Die Expertise der führenden Avifaunisten Deutschlands wird ignoriert. Ihre alarmierenden Befunde werden seitens der Windkraftindustrie und ihr nahestehender Institutionen und Personen sogar systematisch verzerrt und verharmlost. Populär ist der Hinweis, dass „im Straßenverkehr“, „an Fenstern“ oder „durch Katzen“ viel mehr Vögel zu Tode kämen, Windkraftanlagen also vernachlässigbar seien. Diese schiefen Vergleiche blenden den Unterschied zwischen Individuen, Populationen und Arten gänzlich aus. Zwar ist jeder Spatz, der an einer (Windschutz-)scheibe oder in Katzenkrallen verendet, bemitleidenswert bzw. sind entsprechende Todesfälle nach Kräften zu vermeiden.

Dass allerdings Vertreter bedrohter Greifvogelarten durch diese Ursachen zu Tode kommen, dürfte höchst selten sein. Mit gleicher Logik wäre die Bedrohung von Löwen, Tigern und Leoparden durch Wilderer zu relativieren: Schließlich werden im Straßenverkehr viel mehr „Katzen“ getötet als durch Schusswaffen.

In seinem preisgekrönten Fachaufsatz „Von der Energiewende zum Biodiversitäts-Desaster“ hat der Ornithologe Martin Flade bereits 2011 die fatalen Auswirkungen der auf den Ausbau von Windkraft, Photovoltaik und Biomasse verengten Energiepolitik beschrieben.²¹ Raps- und Maismonokulturen dominieren die Felder und Fluren. Damit gehen drastische Bestandseinbußen bei Pflanzen und Tieren einher. Durch den Rückgang von Insekten wird vielen Vögeln die Nahrungsgrundlage entzogen; auch brüten sie kaum in intensiv bewirtschafteten Maisfeldern. Rebhühner, Wachteln, Kiebitze, Feldlerchen und Goldammern sieht man nur noch selten. Artenarmut, Gewässerbelastung und unkontrollierte Methanaustritte sind Resultate exzessiver Biomasse-Verstromung.

Aber auch der Windkraft wird eine potentiell sehr hohe Relevanz für das **Insektensterben** und damit biologische Kreisläufe beigemessen. Modellierungen des DLR-Instituts für Technische Thermodynamik zufolge sterben pro Tag 5,3 Milliarden Insekten an deutschen Windkraftanlagen.²² Während der warmen Jahreszeit entstünden Verluste von mindestens 1200 Tonnen, was etwa einer Billion Insekten entspricht. Über die quantitative Bedeutung dieser Ergebnisse lässt sich debattieren, die Schlussfolgerung der Autoren

„Abschließend muss gesagt werden, dass die hier theoretisch berechneten Verluste dringend empirisch verifiziert und umfassende Maßnahmen zum Monitoring und zur Vermeidung von Insektenschlag an Windkraftanlagen getroffen werden müssen (...). Der anhaltende Verzicht auf einen Verträglichkeitsnachweis von Windkraftanlagen gegenüber im Luftraum migrierender Fluginsekten nach mehr als 30 Jahren Ausbau der Windenergie (...) steht im Konflikt mit dem in Artikel 20a des Grundgesetzes verankerten Vorsorgeprinzip.“²²

erscheint jedenfalls sehr plausibel.

Energiewirtschaftlich den an Land gebauten Pendants kaum überlegen (vgl. S. 10), schädigen **Offshore-Windkraftanlagen** Meeres-säuger, Vögel, Fische und Lebensgemeinschaften am Meeresboden. Die Schallbelastung beim Rammen der Fundamente kann u.a. Schweinswale verletzen und vertreiben. Auch Zugvögel werden beeinträchtigt. Ihre Routen werden zerschnitten, Rast- und Nahrungsgebiete gehen verloren, es drohen Kollisionen. Ein erst ab 2021 (!) untersuchtes Umweltrisiko stellt der **Eintrag von Schwermetallen und Chemikalien** über Korrosionsschutz und Betriebsmittel ins Meerwasser dar.²³

Das **Vordringen von Windkraftanlagen in den Wald**, - viele Jahrzehnte lang nach dem Gebot der Nachhaltigkeit bewirtschaftet und für jedwede Industrie tabu - war vor wenigen Jahren noch unvorstellbar. Mit erheblichen Auswirkungen auf das Ökosystem werden riesige Gruben ausgehoben und mit mehreren tausend Tonnen Stahlbeton gefüllt. Die Effekte auf Tierwelt, Böden und Wasserkreisläufe sowie auf Ästhetik und Naturerlebniswert der bewaldeten Mittelgebirgslandschaften sind katastrophal. Zerschneidung und Rodung entwerten Wälder in ihrer Funktion als Lebensräume und ziehen weitere Folgen nach. Darunter leiden störanfällige Tierarten – von Rothirsch bis Schwarzstorch und Seeadler. Aber nicht nur der Verlust von Fauna ist ein Problem.



Abb. 20: Windkraft-Baustelle im Naturpark Kaufunger Wald

Die Schneisen setzen den Wald Wind und Hitze aus. Wälder wachsen so, dass möglichst große Flächen bedeckt, ein möglichst geschlossenes Kronendach ausgebildet und Waldränder minimiert werden. Je größer Waldgebiete sind, desto ausgeprägter wird ihre biologische und klimatische Funktionstüchtigkeit. Waldökosysteme schützen sich gegen Austrocknung und großflächige Hitze- oder Sturmschäden. Mit dem Ausbau von Windkraftanlagen in Wäldern werden Trassen und Wege gebaut. Wertvolle Waldböden gehen verloren und werden verdichtet. Die Wasserspeicherfähigkeit wird reduziert, das Ökosystem unterirdisch zerschnitten. Im Hinblick auf Extremwetterereignisse und den Hochwasserschutz, die im Zuge des Klimawandels häufiger bzw. wichtiger werden, ist dies besonders fatal. Der Biologe und „Naturschutz-Professor“ Pierre Ibisch formulierte eine eingängige Quintessenz:

„Wälder sollten nicht Strom produzieren, sondern Wald-Ökosystemleistungen. Das tun sie eindeutig am besten, wenn sie das machen können, wofür sie im Rahmen der Evolution optimiert wurden: Sonnenenergie in Biomasse umwandeln, humusreiche und wasserspeichernde Böden aufbauen sowie sich selbst und die Landschaft kühlen. Dafür benötigen sie keine Technik.“²⁴

Diese verdichtete der Buchautor und Forstwissenschaftler Peter Wohlleben²⁵ zu:



Abb. 21: Schlagzeile aus der Stuttgarter Zeitung vom 6.8.2021

Leider nimmt dieser „Irrsinn“ im Jahr 2022 richtig Fahrt auf.

Über diese unmittelbaren und konkreten Schäden an Fauna, Flora und Ökosystemen hinaus sind bei der Ökobilanz einer voll auf

Windkraftausbau setzenden Politik noch **globalere und langfristige Effekte** in den Blick zu nehmen:

Ökologischer Fußabdruck der „grünen Transformation“

Wie ausgeführt, verursacht die physikalisch bedingt geringe Energiedichte der „Energiewende-Technologien“ in Verbindung mit den politischen Ambitionen, einen wachsenden Strombedarf damit decken zu wollen, zwangsläufig eine **Materialschlacht in den Ökosystemen** (vgl. Exkurs „Flächenbedarf“). Das Material, das dabei zum Einsatz kommt, steht hierzulande allerdings nur begrenzt zur Verfügung und muss in großem Umfang importiert werden. Aufgrund der schieren Massen der benötigten Rohstoffe sowie der geologischen und politischen Gegebenheiten in den Herkunftsländern verursacht die deutsche Energiewende-Politik erhebliche ökologische Probleme in anderen Ländern und Erdteilen.

26



Abb. 22: Artikel-Bild des SPIEGEL vom 29.10.2021

Unter dem Titel „Raubbau im Namen der Umwelt“ warf der SPIEGEL ein Schlaglicht auf diese ökologischen Schattenseiten der „grünen“ Transformation.²⁶

„Eine Windkraftanlage besteht aus Zement, Sand, Stahl, Zink, Aluminium. Und tonnenweise Kupfer: für Generator, Getriebe, Umspannstation und endlose Kabelstränge. Rund 67 Tonnen finden sich in einer mittelgroßen Offshore-Turbine. Um diese Menge Kupfer zu gewinnen, müssen Bergleute fast 50.000 Tonnen Erde und Gestein bewegen, das entspricht dem fünffachen Gewicht des Eiffelturms. Das Geröll wird geschreddert, zermahlen, gewässert, gelaugt. Viel zerstörte Natur für ein wenig Grünstrom.“²⁶

Der internationalen Energieagentur zufolge übersteigt der Rohstoffbedarf von „sauberen“ den von konventionellen Technologien um Größenordnungen: Ein typisches Elektroauto benötigt sechsmal mehr Mineralien als ein konventionelles Auto, eine Onshore-Windkraftanlage neunmal mehr Mineralien als ein Gaskraftwerk.²⁷ Da aber Wind und PV weniger Volllaststunden liefern, unterzeichnet dies deren tatsächlichen Rohstoffbedarf deutlich: In Bezug zum erzeugten Strom ist dieser gegenüber Kernenergie, Kohle und Gas um ein Vier- bis Fünffaches höher anzusetzen. Berücksichtigt man die Volatilität und die Notwendigkeit, dieser mit Speichertechnologien zu begegnen, so ist eine weitere Multiplikation (mindestens Faktor 2) erforderlich.

Die benötigten Bodenschätze variieren nach Technologie. Lithium, Nickel, Kobalt, Mangan und Graphit sind entscheidend für Leistung, Langlebigkeit und Energiedichte von Batterien. Wollte man beispielsweise die aktuelle deutsche PKW-Flotte elektrifizieren, würde dies das Fünffache der Weltjahresproduktion von Kobalt (aktuell 125.000 Tonnen) erfordern. Das Metall stammt zu großen Teilen aus dem Kongo, wo es oft unter Lebensgefahr und teilweise in Kinderarbeit gefördert wird. Seltene Erden sind für Dauermagnete, die in Windturbinen und Elektromotoren zum Ein-

satz kommen, unerlässlich. Stromnetze benötigen große Mengen an Kupfer und Aluminium. Neben physischen Engpässen aufgrund unzureichender Abbaukapazitäten birgt die Konzentration der Angebotsseite erhebliche Unwägbarkeiten: Die Märkte für „Energiewende-Metalle“ sind wenig diversifiziert und von nur bedingt demokratischen Staaten dominiert.

Die **ökologischen Kollateralschäden der Rohstoffgewinnung** sind aufgrund der schier Massen und der im Vergleich zu fossilen Energieträgern meist schwierigeren, energie- und materialintensiven Abbaumethoden sehr groß. Beispielsweise müssen zur Gewinnung von Kupfer beträchtliche Mengen Gestein und Erde bewegt und anschließend zermahlen werden. Beim Abbau seltener Erden wird CO₂ freigesetzt. Dem SPIEGEL zufolge entweichen bei der Gewinnung einer Tonne Neodym (Bestandteil vieler Windkraftanlagen) 77 Tonnen CO₂ – 35 mal mehr als bei der Produktion einer Tonne Stahl.²⁶

Die Gewinnung von Kupfer und Lithium erfordert hohen Wassereinsatz, wobei die Vorkommen zum Großteil in ohnehin sehr trockenen Gebieten liegen. Über 50 % der heutigen Lithiumproduktion ist in Gebieten mit großer Wasserknappheit konzentriert. Etwa 80 % der Kupferproduktion in Chile erfolgt in Trockengebieten. Im Zuge des Klimawandels wird der Abbau somit zum Problemverstärker. Neben der Wasserknappheit sind große Förderregionen wie Australien, China und Afrika auch anderen Klimarisiken ausgesetzt, darunter extreme Hitze oder Überschwemmungen. Durch die gesteigerten energieintensiven Bergbau- und Verarbeitungsaktivitäten sind zusätzliche Treibhausgasemissionen sowie Verluste an biologischer Vielfalt und Degradierung von Luft-, Wasser- und Bodenqualität zu erwarten.

Selbst der tropische Regenwald bleibt von der deutschen Energiewende nicht verschont:



Abb. 23: Schlagzeile aus der WELT vom 10.01.2022

Das biegsame und harte, zugleich aber leichte und widerstandsfähige Balsaholz wird für die immer länger werdenden Rotorblätter von Windkraftanlagen verwendet. Für ein Rotorblatt zwischen 80 und 100 Meter Länge werden rund 15 m³ Holz benötigt. Allerdings setzen nicht alle Windkraftanlagen-Hersteller auf Balsaholz, als Alternative wird auch Kunststoff verwendet. Insofern sei dieser Aspekt nur als Randnotiz erwähnt. Er ist aber symptomatisch für das Phänomen unbeachteter ökologischer Gesamtzusammenhänge.

Toxische Materialien: Entsorgungsproblematik und gefährliche Einträge in die Biosphäre

Weitere Bestandteile moderner Windkraftanlagen sind ebenfalls sehr problematisch: Über die **ungeklärte Entsorgung** der in Flügeln verbauten carbonverstärkten Kunststoffe (GFK/CFK) zeigte sich das Umweltbundesamt im November 2019 besorgt.



Abb. 24: Schlagzeilen aus FAZ und WELT vom 1./2.11.2019

Fehlende technische und finanzielle Möglichkeiten des Recyclings sind allerdings nur ein Teil des Problems: Bereits 2014 wies das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr auf „Gefährdung durch lungengängige Carbon-

faserbruchstücke nach Bränden“ hin. Diese Gefährdung wird weiter ausgeblendet (mehr dazu in Kap. 5). Aber auch im Normalbetrieb tragen Windkraftanlagen über den Abrieb von Kunststoff zu einer **schleichenden Degradierung** ihrer Umgebung bei:

Durch UV-Strahlung, Wind, Temperaturwechsel, Blitzeinschläge und großflächige Insektenverklebungen sind Rotorblätter anfällig für Erosion. Dies konkretisiert sich durch Risse und ähnliche Verschleißerscheinungen an den Oberflächen. Je höher die Anlagen, desto umfangreicher und problematischer ist diese Erosion, denn sie bedingt **Eintrag von toxischem Mikroplastik** in die Böden. Gegenüber anderen Emissionsquellen von Mikroplastik mag das Phänomen quantitativ gering erscheinen. Anders als bspw. beim Reifenabrieb, der in der Nähe des Emissionsorts Straße verbleibt und in weit geringerem Maße in Böden gelangt, bedingt die luftgetragene Verbreitung des Rotorblatt-Abriebs aber ein besonderes, bislang untererforschtes, Risiko. Erste Untersuchungen haben die Mengen abgeschätzt, die von den Oberflächen verloren gehen. Sie erreichen pro Rotorblatt schon nach wenigen Jahren über 100 kg, was Millionen von Mikropartikeln impliziert.²⁸

Von besonderer Bedeutung ist eine Freisetzung von Bisphenol A (BPA) aus Epoxy-Harz. Zu dieser Substanz erklärt das UBA: „Das Umweltbundesamt begrüßt die Entscheidung der EU, die Chemikalie Bisphenol A nun auch aufgrund ihrer hormonellen Wirkungen auf Tiere in der Umwelt als besonders besorgniserregend anzuerkennen.“²⁹ Im Dezember 2021 hat die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit die Risiken der Substanz neu bewertet und empfohlen, die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge um den Faktor 100.000 zu senken. Das zeigt die Brisanz flüchtiger BPA-Ausgasungen, die auch aus erodierten Flügeln von WEA stammen können.

Diese Mikropartikel werden im Umkreis von bis zu 1 km verteilt, da sie nur bei Wind und seinen Folgen vom Rotor abgelöst werden, und kontaminieren so den Boden kontinuierlich und additiv. Im Zuge des geplanten Ausbaus immer höherer Anlagen wird der Windkraft-Anteil an den Mikropartikel-Emissionen weiter wachsen. Dass dies über die gesamte Betriebszeit eine signifikante Umweltgefährdung im Sinne einer **Vergiftung von Böden** bedingt, muss befürchtet werden.

Mögliche Effekte von Eingriffen in Luftströmungen

Im Verhältnis zur Landesfläche ist Deutschland das am dichtesten mit Windkraftanlagen überzogene Land der Welt. Seit 2008 hat sich die Anlagen-Dichte mehr als verdoppelt. In etwa innerhalb dieses Zeitrahmens erlebte Deutschland immer länger anhaltende Dürren sowie ein auffällig verändertes Niederschlagsmuster: Angekündigte Niederschläge blieben oftmals aus oder kamen nur als Nieselregen und kurze Schauer. Der ergiebige sommerliche Landregen blieb über Jahre nahezu aus. Zumeist wird diese Entwicklung allein dem Klimawandel zugeschrieben. Weitere, unmittelbar menschengemachte Ursachen werden selten in Betracht gezogen.

Dabei ist es mittlerweile unstrittig, dass gruppierte Windenergieanlagen über die Vermengung von Luftmassen das Mikroklima beeinflussen und vor allem nachts zu einer lokalen Erwärmung beitragen. Die Erkenntnis geht u.a. auf die Ingenieure Miller und Keith von der Harvard Universität zurück. Deren Ergebnissen aus Untersuchungen an 28 Windenergieparks in den USA zufolge übersteigt die lokal gemessene Erwärmung der Luft die rechnerisch vermiedene Erwärmung durch verringerte Emissionen über lange Zeiträume: Es würde ungefähr ein Jahrhundert dauern, den gemessenen Wärmestau-Effekt durch rechnerische Reduzierungen der Treibhausgasemissionen auszugleichen.³⁰ Der

Universitätszeitschrift zufolge deuten die Forschungsergebnisse darauf hin, dass Windparks - in großem Maßstab installiert - auch zu einem aktiven Akteur im lokalen Klimasystem werden.



Abb. 25: Schlagzeile aus Harvard Gazette vom 4.10.2018

Insbesondere der geplante weitere Ausbau könnte großräumigere atmosphärische Strömungen beeinflussen, was Phänomene wie langanhaltende Trockenheit, überregionale Dürren, Starkregen und Änderungen in Flora und Fauna begünstigen könnte. Anekdotische Evidenz dazu erreichte uns von Waldbesitzern und Winzern, die nach der Errichtung von Windkraftanlagen in der Nähe ihrer Forste bzw. Weinberge verminderte bzw. verschlechterte Ernten verzeichnen.

Der wissenschaftliche Dienst des Bundestages hat sich im Dezember 2020 um eine Zusammenschau der Erkenntnisse bemüht, dabei allerdings stark auf eine einzige Studie und vor allem die Kritik an dieser fokussiert. Dennoch heißt es, man könne die Hypothese aufstellen, dass windkraftbedingte nächtliche Erwärmung zu Austrocknung in der Umgebung der Anlagen führen kann. Gegebenenfalls spiele dieser Effekt aber nur in feuchten Bodenregionen eine Rolle und sei im Vergleich zur einstrahlungsbedingten Verdunstung tagsüber gering. Tatsächlich sei der Effekt, durch Windräder kalte Luftschichten nach oben zu tragen und so eine Erwärmung bodennaher Regionen zu erreichen, länger bekannt und werde in der Landwirtschaft eingesetzt.³¹

Für Offshore-Anlagen hat ein Team des Helmholtz-Zentrums Hereon belegt, dass sich benachbarte Windparks mitunter gegenseitig ausbremsen. Strömt Wind durch einen großen Offshore-Park, verlangsamt er sich.

Im Lee der Anlagen entstehen atmosphärische Wirbelschleppen, die sich durch verringerte Windgeschwindigkeit, spezielle Druckverhältnisse und erhöhte Luftturbulenz auszeichnen. Unter stabilen atmosphärischen Bedingungen breitet sich die Bremswirkung demnach bis zu 70 km aus. Diese wiederum vermindert die Durchmischung des Wassers und kann darüber durchaus biologische Wirkungen entfalten.³²

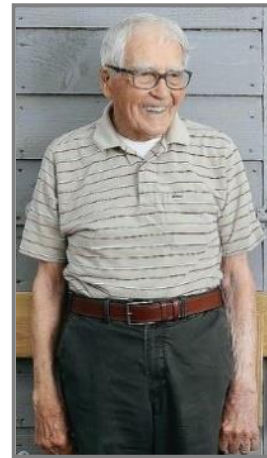


Abb. 26: Pressemitteilung des Helmholtz-Zentrums vom 21.2.2022

Gesicherte Erkenntnisse zu diesem Themenkomplex sind noch vergleichsweise dünn. Gleichwohl ist die Vorstellung, dass eine immer dichtere Bebauung unseres Landes mit 250 m hohen Windkraftanlagen, d.h. eine immer weitreichendere Abschöpfung der kinetischen Energie der Luftströmungen ganz ohne Wirkung auf Luftaustausch, Bodentemperatur und Wetterlagen bleibt, eher begründungsbedürftig als ihr Gegenteil.

Wenn man den Überlegungen von Acatech zur Sektorkopplung folgte und eine Verfünfachung der installierten Windkraft-Nennleistung anstrebte,³³ entspräche dies rund 60.000 Anlagen neuester Bauart mit einem Rotordurchmesser von 150 m. Gleichmäßig in der noch nutzbaren Fläche von rund 300.000 km² über Deutschland verteilt, hätten diese Anlagen einen mittleren Abstand von 2300 m. Dabei entsprechen 1000 km² Rotorfläche sieben gespannten Netzen mit 150 m Höhe, die sich auf einer Länge von Freiburg bis Flensburg quer durch Deutschland erstrecken. Diese Flächen bewirkten einen massiven Eingriff in die Luftströmung über Deutschland, weil die entnommene Strömungsenergie keine vernachlässigbare Größe mehr wäre.³⁴

Die 102-jährige Lebensweisheit des britischen Naturwissenschaftlers James Lovelock



“Wir verstehen bei unseren Eingriffen in die Biosphäre nicht gut genug, was wir tun. Es gibt immer unbeabsichtigte Nebenwirkungen. Leider ist das derzeitige Wissenschaftssystem nicht darauf ausgerichtet, die Gesamtzusammenhänge zu verstehen.”

Aus Interview mit dem SPIEGEL (Ausgabe 5/2000)³⁵

und das Vorsorgeprinzip legen dringend nahe, ein besseres Verständnis der möglichen atmosphärischen Wirkungen zu erarbeiten - von den Acatech-Empfehlungen ist in jedem Fall Abstand zu nehmen.

Ökologische Gesamtschau

Vieles von dem, was als Klimaschutz verkauft wird, ist schlicht Etikettenschwindel. Dass der Ton immer alarmistischer und die „Klimakatastrophe“ mitunter zur Kaschierung von Politikversagen heraufbeschworen und herangezogen wird, ist bei der Suche nach wirksamen und praktikablen Lösungen für die mannigfaltigen Herausforderungen sehr hinderlich, wie namhafte Klimaschutz-Experten unlängst bemerkten.³⁶

Was den Windkraftausbau betrifft, gibt es jedenfalls **zwischen Klima-, Natur- und Artenschutz keine Zielkonflikte**: Alle Aspekte des Nachhaltigkeitsgedankens legen nahe, ihn zu unterlassen und bessere Alternativen zu ergreifen.

Die aktuelle „Energiewende“ nützt dem Klima nichts, führt aber zwangsläufig in ein ökologisches Desaster.

Der Strompreis - ein besonderer Standortfaktor

Der Ausbau der erneuerbaren Energien ging mit dem Versprechen einher, dass die damit verbundenen Kosten handhabbar bleiben und langfristig sogar sinken würden. „Wind und Sonne schicken keine Rechnung“ hieß es seitens der Befürworter des rasanten Ausbaus der entsprechenden Anlagen. Der seinerzeitige Bundesumweltminister Trittin prognostizierte im Jahr 2004, dass die Energiewende den Durchschnittshaushalt nicht mehr als eine Kugel Eis monatlich kosten werde.

Die Realität fiel leider anders aus. Die Haushaltspreise stiegen unaufhörlich und erreichten im Januar 2022 mit 36,19 ct/kWh ein neues Rekordniveau (s. Abb. 27). Ohne die teilweise Übernahme der EEG-Umlage durch den Bundeshaushalt wäre der Preis noch höher gewesen. Im Vergleich zu 2004 – dem Jahr der Eiskugelprognose – hat sich der Haushaltsstrompreis im Januar 2022 exakt verdoppelt.

Ähnlich drastisch sieht es beim Industriestrompreis aus. Dieser stieg 2021 erstmals auf über 20 ct/kWh, um dann im Januar 2022 ein Rekordniveau von 26,64 ct/kWh zu erreichen (Abb. 26). Europaweit wies Deutschland im Jahr 2021 den höchsten Haushaltsstrompreis auf, gefolgt von Dänemark, das ebenfalls einen hohen Windstromanteil im Strommix hat. Wie Abb. 26 zeigt, ist nur ein geringer Teil durch Beschaffungs- und Vertriebskosten bedingt. Hier macht sich für den Stromkunden bemerkbar, dass in Deutschland entschieden wurde, die Förderung der Erneuerbaren Energien fast ausschließlich über den Strompreis darzustellen:

Ins Auge springt die EEG-Umlage, die im Jahr 2021 6,5 ct/kWh ausmachte, wobei der Staat 3,15 ct/kWh zuschoss. Die EEG-Umlage kommt dadurch zustande, dass EE-Anlagenbetreibern feste Vergütungen zugesagt wurden: Betreiber von Windkraft-, PV- und Biomasseanlagen erhalten ab Inbetriebnahme einen auf 20 Jahre fixierten Garantierpreis pro kWh. Die Differenz wird über die Stromkosten auf (nahezu) alle Verbraucher abgewälzt.

31

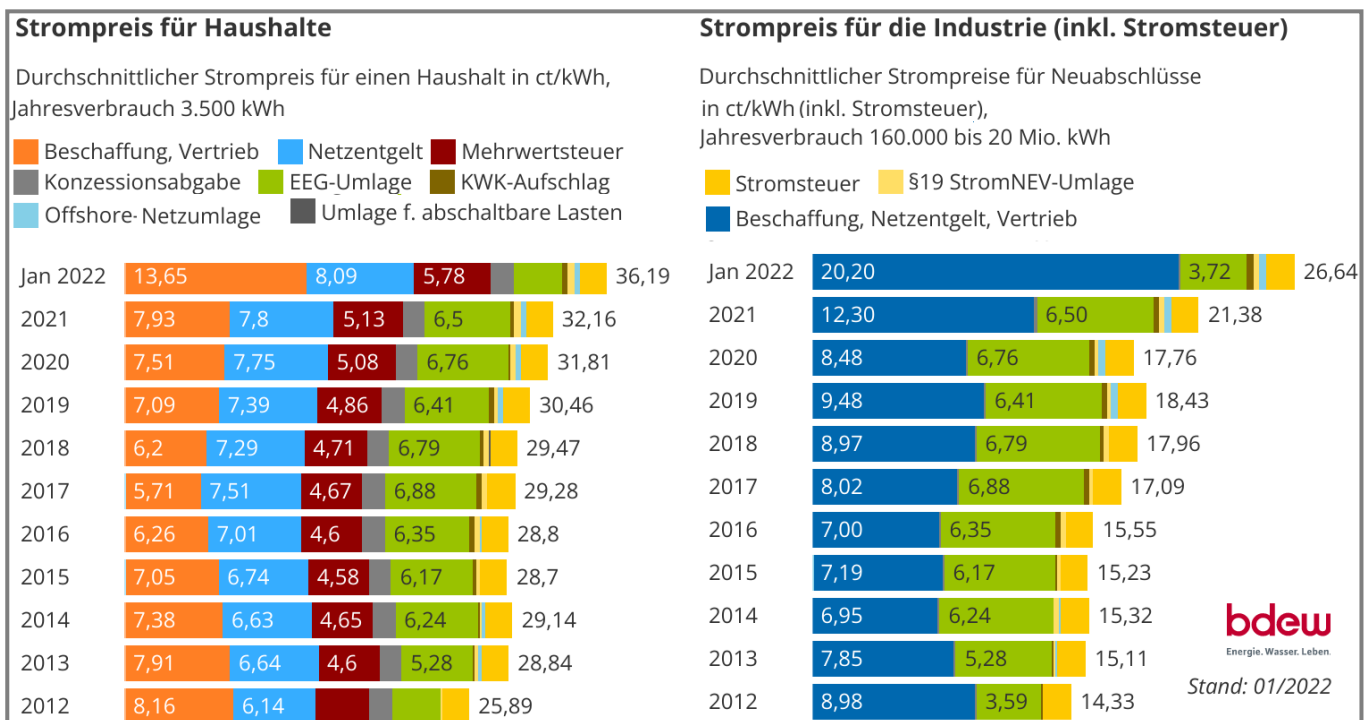


Abb. 27: Entwicklung der Haushalts- und Industriestrompreise (Quelle: BdeW³⁷)

Außerdem wird den Produzenten die Abnahme des produzierten Stroms garantiert – egal, ob es dafür einen Bedarf gibt oder nicht. **Im Zeitraum 2000-2020 wurden von allen Stromverbrauchern 244 Milliarden Euro an die EEG-Profitoren gezahlt.**³⁸

Ursprüngliches Ziel des EEG war es, Wind- und Solarkraftanlagen eine Anschubfinanzierung zugeben – in der Annahme, dass diese bald marktfähig sein würden. Noch 2011 prognostizierte das DIW, dass in 2020

„die EEG-Umlage als Bestandteil des Verbraucherpreises dann real mit 3,64 Cent pro kWh nur wenig höher als gegenwärtig [2011] sein wird.“³⁹

Das Gegenteil trat ein: Statt 3,64 wurden es 6,7 Cent pro kWh.

Seit Beginn der 2020er Jahre fallen nun viele Windkraftanlagen aus der 20-jährigen Förderung und es trat ein, was viele Experten befürchtet hatten: Selbst unter den derzeit hohen Strompreisen ist ein Weiterbetrieb ohne EEG-Umlage nicht wirtschaftlich – diese Anlagen blieben ein reines Zuschussgeschäft.³⁹



Abb. 28: Bericht aus RBB Radio vom 7.9.2021⁴⁰

Das Konstruktionsdefizit des EEG bestand in der Kombination aus Garantiepreis und Einspeisevorrang. Diese Kombination führt dazu, dass immer wieder auf dem Strommarkt Ungleichgewichte geschaffen werden, welche zu stark sinkenden Strompreisen, im Extremfall zu negativen Strompreisen führen. Man spricht auch von einem „**Kannibalisierungseffekt**“:

In Zeiten von viel Wind und/oder Sonnenschein produzieren alle Windkraft- und PV-Anlagen Überschüsse und sorgen für einen Angebotsüberhang und sinkende Börsen-

strompreise. In einem funktionierenden Markt würden Stromerzeuger ihre Anlagen herunterfahren, sobald der Strompreis unter die Grenzkosten ihrer Erzeugung sinkt. Ein neues Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage würde sich einstellen. Auf dem deutschen Strommarkt stellt sich dieses jedoch nicht ein, weil Betreiber von EE-Anlagen ihre garantierte Vergütung erhalten. Selbst im Falle von Negativstrompreisen erhält eine Vielzahl der Erzeuger (Details regelt §51 EEG) ihre Einspeisevergütung.

Immerhin sinkt in 2022 die EEG Umlage erstmals wieder auf 4,657 ct/kWh. Davon tragen der Bundeshaushalt 0,934 ct/kWh und die Stromkunden 3,723 ct/kWh, wobei Letztere aus dieser Senkung wenig Vorteile ziehen. Verantwortlich für den Rückgang der Umlage ist nämlich der drastische Anstieg der Börsenstrompreise, welcher sich bei den Verbrauchern in Form von steigenden Strompreisen niederschlägt. Ob der Rückgang der durch die EEG-Umlage bedingten Zahlungen Bestand haben wird, hängt von der weiteren Entwicklung des Strompreises ab.

Der von der Bundesregierung geplante weitere Ausbau der Erneuerbaren Energien zu Lasten gesicherter Erzeugung wird sowohl zu starken Schwankungen der erzeugten Strommengen als auch der Strompreise führen. Von höheren Schwankungen werden die Anlagenbetreiber doppelt profitieren – in Monaten mit hohen Preisen können die unter dem EEG 2017 geförderten Betreiber diese voll vereinnahmen. In Monaten mit durch den Kannibalisierungseffekt bedingt geringen Preisen sind sie durch ihre garantierte Mindestvergütung abgesichert.

Das ist in etwa so, als ob ein Aktienbesitzer einen hohen Monatsgewinn voll vereinnahmen kann, im Verlustfall jedoch von der Gesellschaft eine Mindestrendite verlangen kann. Verlierer sind in dieser Systematik im-

mer die Verbraucher. Besonders auffällig wurde dies im Februar 2022, als die Windkraftbranche – erheblich von den Kriegsfolgen profitierend – ohne jedes Risiko und jedwede Zusatzleistung massive Gewinne erzielte, während die Stromverbraucher unter massiv gestiegenen Preisen litten.⁴²



Abb. 29: Zeitungsmeldung vom 13.02.2022

Ende Februar 2022 beschloss die Bundesregierung, die **EEG-Umlage** nicht mehr über den Strompreis, sondern **aus dem Bundeshaushalt** zu finanzieren. Details sind bei Erstellung dieser Unterlage nicht bekannt. Es ist jedoch zu befürchten, dass die die **Anlagenbetreiber einseitig begünstigende, Systematik** nicht korrigiert wird.

33

Es ist nicht nur die EEG-Umlage ...

Neben der direkt den Anlagenbetreibern zukommenden EEG-Umlage werden die Verbraucher auch durch **systemische Kosten** des Ausbaus der Erneuerbaren Energien belastet, die sich in Abb. 26 in den Netzumlagen widerspiegeln. Diese werden sich im Rahmen des geplanten Zubaus der erneuerbaren Energien weiter erhöhen. Ein wesentlicher Faktor dabei ist, dass das Stromversorgungssystem durch die unregelmäßige Erzeugung von Wind- und Solarstrom unter zunehmenden Stress gerät. Die Aufgabe der Übertragungsnetzbetreiber, eine konstante Spannung von 50 Hz aufrechtzuhalten, wird mit jeder weiteren wetterabhängig und privilegiert einspeisenden Anlage schwieriger. Um der zunehmenden Volatilität Herr zu werden, muss immer wieder in die Erzeugungsleistung eingegriffen werden, um Leitungsabschnitte vor einer Überlastung zu schützen. Droht an einer

bestimmten Stelle im Netz ein Engpass, so werden Kraftwerke diesseits des Engpasses angewiesen, ihre Einspeisung zu drosseln, während Anlagen jenseits des Engpasses ihre Leistung erhöhen müssen. Der Bedarf an „**Redispatching**“ – so der Fachbegriff – sowie die damit verbundenen Kosten werden im Gleichschritt mit dem Windkraftausbau weiter zunehmen. Dies ist aber nicht der einzige Kostenfaktor. Als schnell wachsender Kostentreiber kommt der „**Phantomstrom**“, euphemistisch auch als „**Einspeisemanagement**“ bezeichnet, hinzu. Es tritt auf, wenn Teile des Netzes durch Überproduktion – insbesondere in sonnen- und windstarken Zeitabschnitten – überlastet sind und dadurch die Netzstabilität gefährdet ist. Dann werden Anlagen vom Netz genommen, wobei jedoch deren Betreiber Vergütungen für den nicht produzierten Strom erhalten, der dann durch die Verbraucher zu bezahlen ist.



Abb. 30: Zeitungsmeldung vom 26.10.2017

Wie Abb. 31 zeigt, hat sich parallel mit dem Windkraftausbau die Menge an abgeregeltem Strom erheblich erhöht, auf > 6.000 GWh in 2020. Dies ist fast ausschließlich Windstrom und nur zu einem sehr geringen Teil Solarstrom und Biomasse geschuldet.

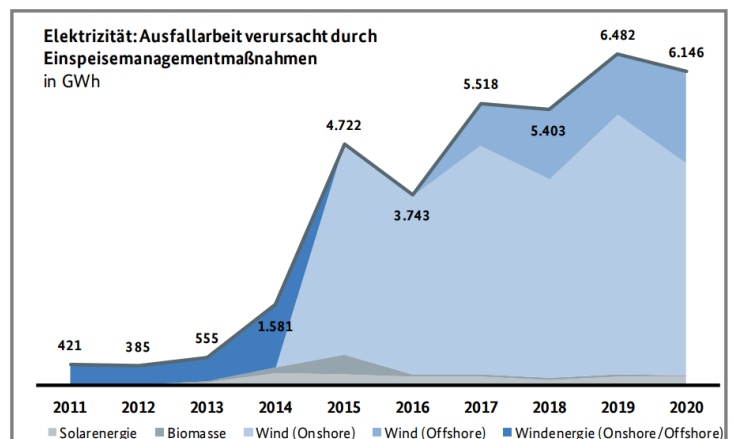


Abb. 31: Ausfallarbeit durch Einspeisemanagement (Quelle: BNetzA)⁴⁰

Ein dritter wesentlicher Faktor der Systemkosten ergibt sich aus der Notwendigkeit, Kapazitäten regelbarer Stromerzeugung vorzuhalten, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Hierbei wird unterschieden zwischen **Netzreserve**, Kapazitätsreserve und der Sicherheitsbereitschaft.⁴³ Das Prinzip ist, dass inaktive bzw. zur Stilllegung vorgesehene Kraftwerke in Betriebsbereitschaft bleiben und insbesondere im Winter auf Anforderung der Netzbetreiber kurzfristig bei Engpässen einspringen. Nach der geplanten Abschaltung der letzten deutschen Kernkraftwerke und der vorgesehenen Erhöhung der Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien zu Lasten gesicherter Stromerzeugung wird die Bedeutung dieser Reservekraftwerke zunehmen. In Summe wurden 2020 für alle Netzingpassmaßnahmen 1,4 Mrd € ausgegeben, die über die Netzzumlagen an die Verbraucher weitergegeben wurden.

Ein großer Kostenblock steht den deutschen Stromkunden größtenteils noch bevor:

Die Kosten für den **Ausbau der Stromnetze**. Dieser scheint notwendig, weil der Ausbau der Windenergie zu einem Nord-Süd-Gefälle in der Stromerzeugung führt. Dieses entsteht dadurch, dass die Windstromerzeugung hauptsächlich im Norden erfolgt, so dass dort an windstarken Tagen tendenziell ein Stromüberangebot besteht, während der Süden insbesondere nach der geplanten Abschaltung der letzten Kernkraftwerke Lieferbedarf hat. Dieser Strombedarf Süddeutschlands soll gemäß politischem Willen durch leistungsfähige Stromtrassen aus dem Norden befriedigt werden. Die Investitionskosten für diese Stromtrassen inkl. Anbindung der Offshore-Erzeuger beziffern die Netzbetreiber gegenwärtig auf ca. 110 Mrd €.⁴⁴ Die Fertigstellung der Südlink-Trasse, die Norddeutschland mit Baden-Württemberg und Bayern

verbindet, wurde ursprünglich für Ende 2022 geplant: Pünktlich zur Abschaltung der letzten Kernkraftwerke sollte die im Süden entstehende Stromlücke durch norddeutschen Windstrom aufgefüllt werden. Dass dieser Plan in physikalisch-technischer Hinsicht nicht aufgeht, ist der Stochastik der Windstromproduktion geschuldet (vgl. auch S.11):

Im Jahresdurchschnitt verhalten sich alle Windkraftanlagen an jedem 10. Tag so, als wären sie nicht vorhanden. Für die Dauer von 36 Tagen fällt die Windstromproduktion de facto aus. An jedem 4. Tag, also zusammengezählt für drei Monate, liegt die Stromproduktion unter 10% der installierten Leistung. Zum Ersatz der kontinuierlich zur Verfügung stehenden Erzeugung sind die Trassen also nicht geeignet.

Das Problem sind nicht die fehlenden Leitungen, sondern die zu langen Leitungen derer, die sie durchsetzen und die physikalisch-technischen Hintergründe ausblenden.

Neben den Kosten und der generellen Fragwürdigkeit dieser Großprojekte scheint zweifelhaft, ob diese überhaupt realisiert werden können. Zwischenzeitlich wurde das Zieltatum für Südlink auf 2026, dann auf 2028 verschoben und selbst 2028 wird inzwischen von der Netzentur „mit einem Fragezeichen versehen“ – die FAZ schreibt, dass Deutschland ein nächstes "Großprojektdebakel" bevorsteht.⁴⁵ Ein solches würde auch die Kosten der vorstehend beschriebenen Netzingpassmaßnahmen in die Höhe treiben. Es droht die Situation, dass im Norden große Mengen Windstrom abgeregelt werden müssen, die der Stromkunde bezahlen muss, während im Süden große Reservekapazitäten vorgehalten und im Engpassfall zum Einsatz gebracht werden, was der Stromkunde ebenfalls bezahlt.

Alle diese Faktoren haben eine Strompreisentwicklung zur Folge, die nur eine Richtung kennt: Bergauf.

Bewegten sich die deutschen Haushaltstrompreise 1999 noch im europäischen Mittelfeld, so sind sie mittlerweile die höchsten in Europa. Eine soziale Schieflage ergibt sich daraus, dass einkommensschwache Haushalte einen besonders hohen Anteil für Strom ausgeben müssen, mithin also am stärksten betroffen sind.



Abb. 32: SPIEGEL-Meldung vom 7.10.2020

Von Befürwortern der Energiewende wurde in der Vergangenheit häufig behauptet, dass sich die Entwicklung der Haushaltstrompreise umkehren werde, sobald sich die Erneuerbaren Energien durchgesetzt hätten.

Es ist jedoch fraglich, ob die deutschen Strompreise in den nächsten Jahren wieder sinken werden. Verantwortlich hierfür ist neben den hohen Kosten für Erneuerbare auch ein zweiter Effekt, nämlich der gewaltige **Rohstoffpreisanstieg seit Mitte 2021**.

Eine kurzfristige Ursache ist, dass vor allem in Asien nach dem Ende der Corona-bedingten wirtschaftlichen Delle die Nachfrage nach fossilen Rohstoffen stark anstieg, aber nicht mehr durch das Angebot gedeckt werden konnte, sodass vor allem die Preise für Gas und Kohle exorbitant anstiegen. Ein langfristiger, struktureller Grund für den Preisanstieg ist der steigende Rohstoffbedarf für „grüne“ Energieerzeugung und Elektromobilität, auch als „**Greenflation**“ bezeichnet.

WIRTSCHAFT

Energiewende heizt Preise an

Experten warnen vor "Greenflation"

09.01.2022, 09:57 Uhr



Abb. 33: ntv-Meldung vom 9.1.2022

Hier wirken zahlreiche Effekte zusammen: Zum einen werden Rohstoffe, die für die Energiewende benötigt werden, knapp und damit teuer. Dies betrifft nach Angaben des Instituts der Deutschen Wirtschaft insgesamt 22 chemische Elemente, vor allem Kupfer, Platin und Lithium. Kupfer wird in großen Mengen für Windräder benötigt, Platin wird für die Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse benötigt und Lithium für Batterien von Elektrofahrzeugen.⁴⁶

Es gibt jedoch noch einen weiteren, besonders Deutschland betreffenden Effekt: Die erzwungene Abkehr von bislang billigen, traditionellen Energiequellen zwingt die Wirtschaft, auf teurere Energieträger auszuweichen, wobei sich das Problem ergibt, dass sich durch die Abkehr von der Kernenergie und der Kohle die Produktionskosten deutlich erhöhen.

All dies trifft deutsche Stromkunden hart, denn selbst bei weiterem Ausbau der Erneuerbaren Energien wird Deutschland noch sehr lange von den nun teuer gewordenen fossilen Stromquellen abhängig bleiben. So wurde 2021 ein neuer Rekord der Stromerzeugung aus fossilen Quellen aufgestellt, da insbesondere die Windkraftanlagen wetterbedingt in der Erzeugung einbrachen.

Bundesweite Stromerzeugung

Kohle überholt Windkraft wieder

Stand: 11.06.2021 13:53 Uhr

tagesschau

Abb. 34: Meldung der tagesschau vom 11.6.2021

Ab 2022 wird sich die Abschaltung der letzten Kernkraftwerke bemerkbar machen. Deren wegfallender Beitrag wird noch lange durch höheren Output fossiler Quellen zu kompensieren sein. Dasselbe gilt für den von der Bundesregierung beabsichtigten Ausbau der Elektromobilität und der häuslichen Wärmeversorgung über Wärmepumpen. Zu guter Letzt kommt hinzu, dass aufgrund mangelnder Speicherkapazitäten die fossilen Stromquellen auch als Reservekraftwerke eine zunehmende Bedeutung haben werden. Dem trug die aktuelle Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag dadurch Rechnung, dass in den nächsten Jahren in Deutschland Gaskraftwerke gebaut werden sollten, um den wachsenden Strombedarf und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Damit werden aber hohe Gaspreise zunehmend auf den deutschen Strompreis durchschlagen und die Kosten der privaten Verbraucher weiter treiben.

Ein weiterer Treiber der Greenflation sind die Preise der CO₂-Emissionsrechte. Diese steigen nicht zuletzt auch dadurch, dass der Verbrauch fossiler Stromerzeugungsquellen 2021 signifikant zugenommen hat. Dies war eigentlich anders geplant: Die Einführung und die anschließende jährliche Verknappung der Menge handelbarer CO₂-Zertifikate sollte eigentlich dazu führen, dass CO₂-intensive Stromproduktion durch CO₂-arme Produktion substituiert wird. Dies tritt jedoch nicht ein, da die Erzeugung der fossilen Erzeuger gebraucht wird, um Versorgungsengpässe zu vermeiden. In dieser Situation werden dann auch Rekordpreise für CO₂-Emissionsrechte einfach über den Strompreis an den Verbraucher weitergegeben – eine steuernde Wirkung kann nicht stattfinden, solange die fossilen Erzeuger weiter gebraucht werden. Bewegten sich die Preise der CO₂-Emissionsrechte bis 2018 noch unter 10 €/t, so wurde Anfang

2022 die Marke von 90 €/t überschritten. Diese verteuern Braunkohlestrom bei einem Ausstoß von 820 g/kWh um ca. 7,5 ct / kWh, Strom aus Gaskraftwerken bei einem Ausstoß von 490 g/kWh um 4,5 ct / kWh.

Aus all‘ diesen Gründen müssen sich die Verbraucher auf weiter steigende Strompreise einstellen. Im Januar 2022 betrug die Teuerungsrate für Energieprodukte dem statistischen Bundesamt zufolge +20,5 % zum Vorjahr. Eine Entwicklung, die ökonomischen und sozialen Sprengstoff birgt.



Abb. 35: Zeitungsmeldung vom 1.2.2022

...und der Zukunft zugewandt? Trugschluss Technologieführerschaft

Die Energiewende wird oft als Modernisierungs- und Innovationsprogramm bezeichnet. Unser Land würde zum Taktgeber der weltweiten Technologieentwicklung, lautet die Devise. In grün-inspirierten Broschüren mögen „Wind und Solar“ als die „Gewinner“ gefeiert werden – die reale Welt ist davon nur bedingt beeindruckt und die deutsche Energiewende findet im globalen Wettbewerb keine Nachahmer.

Im globalen Wettbewerb werden sich aber nur diejenigen Technologien durchsetzen, die sich weltweit als wirtschaftlich erweisen, nicht diejenigen, die Ministerialbeamten am besten gefallen. Langfristige Wettbewerbsvorteile kann man sich nur im Wettbewerb erarbeiten. Dieser wird aber gezielt ausgeschaltet:

Auf Basis heute verfügbarer Techniken werden Preise und Mengen in einem politischen Prozess unter maßgeblichem Einfluss der Produzenten dieser technischen Lösungen festgelegt. Hier setzt die 2021 ins Amt gekommene Bundesregierung den Weg ihrer Vorgänger fort, indem sie im Interesse der Solar- und Windstromlobby bis 2030 den Ausbau der Erneuerbaren Stromerzeugung auf 80 % der Stromnachfrage plant und konkurrierende, auch CO₂-arme Technologien wie Kernkraft oder CCS ausschaltet. Ein Vorgehen, das eher an Planwirtschaft als an marktwirtschaftliche Prinzipien erinnert.

37

Übertragen auf die Automobilindustrie wäre dies so, als hätte man im Jahr 1945 die Losung ausgegeben, dass bis zum Jahr 2000 80 % der Deutschen einen PKW haben müssen. Den damals technisch zur Avantgarde gehörenden Volkswagen Käfer hätte man zum Standard erklärt und im Rahmen eines zweijährlichen Konsultationsprozesses unter Beteiligung des Verbandes der Automobilindustrie die Höhe der zur Zielerreichung notwendigen Kaufprämien festgesetzt. Im Ergebnis führen wir immer noch Fahrzeuge auf dem technischen Stand des VW Käfer. Mit Sicherheit hätten die Unternehmen die eine oder andere Innovation verpasst und mit ihren Fahrzeugen niemals Weltruhm erlangt.

Glücklicherweise hat man sich seinerzeit für die soziale Marktwirtschaft entschieden, die den Ideen- und Impulsgeber „Wettbewerb“ nutzt.



Abb. 36: Technologieführer im Abseits

Zum Vorteil der Unternehmen, die sich im Wettbewerb behaupteten und zum Wohl der Konsumenten, die aus einer Vielzahl guter, günstiger, innovativer, auch unter Umweltaspekten stetig verbesserter Produkte auswählen können. Welche Produkte zukünftig nachgefragt und welche Wirtschaftszweige dann florieren werden, kann nicht per Fördergesetz entschieden werden – schon gar nicht, wenn dieses von dessen Profiteuren stark beeinflusst wird.

Die Misere der deutschen Photovoltaik-Industrie, die rapide internationale Marktanteile verlor und Pleiten zu verkraften hatte, hatte dieses Problem verdeutlicht. Die hiesige Subventionspraxis war der Hauptgrund für den Verlust an Wettbewerbsfähigkeit dieser Branche.⁴⁷ Sie ist Vorbote dessen, was in anderen künstlich gepöppelten Sparten der „Erneuerbaren“ zu erwarten ist. Langfristig müssen sich Unternehmen im internationalen Wettbewerb behaupten. Dazu müssen deutsche Unternehmen, deren Vorteil eher in der Innovationsfähigkeit als bei den Arbeitskosten liegt, an der Spitze der technologischen Entwicklung stehen. Dazu nehmen ihnen die Subventionen aber den Anreiz. Dies zeigt sich auch in der Windkraftindustrie:

Das Prinzip der Kannibalisierung der Preise führt dazu, dass bei zunehmendem Windkraftausbau immer mehr Zeitintervalle auf-

treten, in denen in Folge hoher, nicht zum Bedarf passender Windstromerzeugung sehr geringe oder gar negative Marktpreise auftreten. In einer freien Marktwirtschaft würde dies Druck auf die Erzeuger ausüben, zu diesen Zeiten entweder ihre Anlagen vom Netz zu nehmen oder aber Speichertechnologien zu entwickeln, die es ihnen ermöglichen würden, ihre Stromeinspeisung in Zeiten schwächerer Windausbeute und damit höherer Strompreise zu verlagern. Die Systematik der EEG-Umlage eliminiert allerdings genau diesen marktwirtschaftlichen Innovationsanreiz und sorgt dafür, dass der Anlagenbetreiber seine Anlagen einfach weiterlaufen lässt. Die Allgemeinheit zahlt für die unwirtschaftliche Überproduktion. Die Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) wies darauf bereits 2014 hin.⁴⁸



Abb. 37: Auszug aus Gutachten der Expertenkommission Forschung und Entwicklung (2014)

Oft wird vorgebracht, Erneuerbare Energien benötigten eine Anschubfinanzierung, um später am Markt bestehen können. Solche Lernkurven sind auch in anderen Industrien zu beobachten und kein Subventionsgrund: Der Siegeszug des Computers wurde nicht durch die staatliche Förderung der Massenproduktion von Vakuumröhren ausgelöst. Es gab keine Subventionsprogramme mit dem Ziel, dass bis 1960 alle Bewohner der westlichen Welt riesige Computer in ihren Kellern stehen haben. Ebenso wenig wurden Steuern auf Schreibmaschinen eingeführt. Der rasante Fortschritt wurde durch enorme Investitionen in Forschung und Entwicklung angestoßen - diese wiederum angetrieben durch den Wett-

lauf im Weltall -, welche Transistoren, integrierten Schaltkreisen, Festplatten und anderen großen Innovationen den Weg ebnete. Das ermöglichte es privaten Unternehmen - wie z.B. IBM, Nixdorf und Apple -, Geräte herzustellen, die der Verbraucher tatsächlich kaufen wollte. Genau dieser marktwirtschaftliche Anreiz fehlt jedoch, wenn die Bundesregierung nur noch einseitig auf Erneuerbare setzt und diese weiterhin subventioniert.

Die Tatsache, dass viele Windkraftanlagen genau dann unprofitabel werden und abgebaut werden müssen wenn die Förderung nach 20 Jahren ausläuft (s. Abb. 27), belegt, dass Windkraftanlagen trotz Anschubfinanzierung nicht wirtschaftlich sind.

Grüne Arbeit, gute Arbeit?

Auf großen Plakaten und in Anzeigen zog die Energiewende-Politik noch im Herbst 2015 vor sich selbst den Hut und feierte sich für „230.000 zukunftsfähige Arbeitsplätze“.



Abb. 38: Anzeige des BMWi (2015)

Die Legende vom „Jobmotor“ Energiewende wird regelmäßig kolportiert, die Entwicklung der Beschäftigung im Sektor ist aber ernüchternd: Nach einem Höchststand von 410.000 im Jahr 2011 ist die Bruttobeschäftigung auf 300.000 im Jahr 2019 zurückgegangen, wie die Agentur für Erneuerbare Energien mitteilt.

Wobei diese Größe ohnehin wenig Aussagekraft hat, da sie von den Entzugseffekten (Umsätze, Fachkräfte) unter denen im gleichen Zug anderen Branchen leiden, abstrahiert. Eine Branche, die nicht unter Innovationsdruck steht, sondern bequem über die gesamte Lebensdauer ihrer Anlagen staatliche Förderung einstreichen kann, schafft selten dauerhafte Arbeitsplätze. Würde man noch einrechnen, wieviele Arbeitsplätze durch die dirigistische Verdrängung von Mitbewerbern und deren Zulieferern verloren gegangen sind und noch verloren gehen, wäre die Bilanz noch schlechter. Auch müsste betrachtet werden, welcher Arbeitsplatzeffekt entstanden wäre, wären die gewaltigen Mittel in andere, wirklich zukunftssträchtige Branchen geflossen. Ungeachtet der empirischen Validität ist die These vom „grünen Jobmotor“ auch theoretisch fragwürdig. Aus ökonomischer Sicht gibt es keinen Grund, sich über vermeintliche „Beschäftigungszuwächse“ zu freuen:

Wenn dieselbe Anzahl Kilowattstunden, für die man „in der alten Energiewelt“ 100 Leute beschäftigen musste, in der „neuen Energiewelt“ den Einsatz von 300 Leuten erfordert, so ist die „Neuerung“ nichts anderes als ein massiver Einbruch der Arbeitsproduktivität. Beschäftigung zu fördern, ist kein sinnvolles Ziel der Energiepolitik. Sonst müsste die Stromerzeugung auf Rudergeräte, Laufbänder und Hometrainer umgestellt werden. Wenn man nicht nur auf kurzfristige, konjunkturelle, sondern auf Wachstumseffekte abstellt, so ist nicht nur der Umfang, sondern auch die Art der ausgelösten Investitionen relevant. Andernfalls läuft man Gefahr, der „Broken Window Fallacy“ zu unterliegen. Dieser zufolge wäre als wirtschaftspolitische Sofortmaßnahme ein großer Stein möglichst kraftvoll durch das nächstgelegene Fenster zu werfen.

Das würde dem Glaser einen großen Auftrag und damit Einkommen bescheren, wovon dieser wieder einen Teil verausgabte und beispielsweise beim Konditor wieder Einkommen generieren würde, welcher davon wiederum einen Teil beim Fleischer abgeben würde, worauf ein virtuoser Zirkel entstehen, am Ende alle bessergestellt und das Sozialprodukt gesteigert würde.

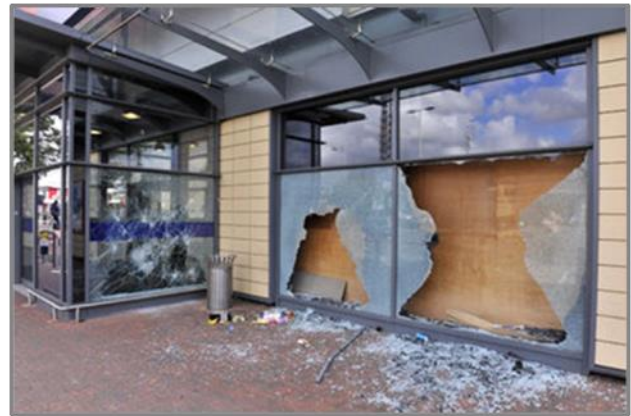


Abb. 39: Kein gutes Investitionsprogramm

Die Analogie zum „Modernisierungsprogramm Energiewende“ ist augenscheinlich. Was bleibt, ist eine problematische Perspektive für den Standort Deutschland. Dies wird auch von Wirtschaftsforschern thematisiert: So warnte Ifo-Präsident Clemens Fuest auf dem Leibniz-Wirtschaftsgipfel 2022, dass die Energiewende nicht den deutschen Wohlstand steigern werde: *„Von 100 €, die wir ausgeben, kommen vielleicht ein oder zwei Euro uns zugute.“*⁴⁹

Professor Stefan Kooths vom Kieler Institut für Weltwirtschaft sagt, die Transformation sei kein Wachstumsprogramm, die Wachstumsraten der deutschen Wirtschaft gingen bald zurück. Ende des Jahrzehnts rechne er noch mit 0,5 % Wachstum. Zugleich nähmen die Verteilungskonflikte zu.⁴⁹ Solche Prognosen decken sich mit Warnungen aus der Wirtschaft, insbesondere den energieintensiven Branchen.

Neben der ungünstigen Perspektive für die Energiepreise kommt für diese Industrien hinzu, dass die geforderte Umstellung auf klimaneutrale Produktion den Strombedarf drastisch erhöhen wird.



Abb. 40: Zeitungsmeldung vom 17.02.2022

So rechnet ThyssenKrupp vor, dass sich allein für sein Stahlwerk am Standort Duisburg der Energiebedarf von derzeit 4,5 auf 45 TWh verzehnfachen würde. Dies entspricht dem 4,5-fachen Strombedarf Hamburgs.⁴⁶ Wie solche Mengen bei einer gleichzeitigen Transformation der Erzeugung in Richtung von Wind- und Solarstrom sichergestellt werden sollen, ist eine schwierige Frage. Für die saarländische Stahlindustrie findet sich die nahe- liegende Antwort im Nachbarland Frankreich.



Abb. 41: Zeitungsmeldung vom 26.08.2021

So kaufte die Stahl-Holding Saar (SHS), zu der die Dillinger Hütte und Saarstahl gehören, zwei Stahlwerke in Frankreich, die im Elektrolichtbogen Spitzenstahl mit CO₂-neutraler Bilanz erstellen können. Die Technologie hierfür soll in Deutschland Ende 2022 abgeschafft sein.

Das **ernüchternde Fazit für die deutsche Volkswirtschaft** wurde 2019 vom Wall Street Journal mit der Überschrift „Die dümmste Energiepolitik der Welt“ gezogen.⁵⁰



Abb. 42: Das Wall Street Journal vom 29.01.2019

Die „Energiewende vor Ort“

Wer mit den im EEG genannten Technologien Strom produziert, darf darauf vertrauen, dass seine Erzeugung über 20 Jahre eingespeist wird. Die Suche nach ertragreichen Standorten wird Windstromproduzenten zusätzlich dadurch erleichtert, dass die fixierten Preise pro kWh an „schlechten“ Standorten im Grundsatz höher sind als an „guten“.

Dieses intuitiv als Unfug erkennbare Prinzip (EEG 2021, § 36h) wird damit begründet, dass ein so zu erreichender „gleichmäßiger Ausbau in der Fläche“ eine Verringerung der Volatilität bewirke – eine grundfalsche Vorstellung. Auf diese Weise schafft das EEG Investitionswilligen eine komfortable Umgebung. Und dennoch:

Selbst in dieser komfortablen Umgebung und auf rein betriebswirtschaftlicher Ebene hält die Windkraft häufig nicht, was sie verspricht. Davon werden regelmäßig arglos investierende Privatanleger kalt erwischt, wie das Beispiel der Anfang 2022 insolvent gegangenen „Green-City AG“ zeigt.



Abb. 43: Meldung der Süddeutschen Zeitung vom 2.2.2022

Hauptproblem für Anleger ist die asymmetrische Risiko- und Chancenverteilung: Planer, Erbauer und Grundstücksverpächter kommen stets auf ihre Kosten. Die Betreiber und Investoren tragen das volle Risiko. Vor einem möglichen Gewinn sind aus den erzielten Umsätzen zunächst Pachtkosten, Versicherungen, Wartungskosten, Reparaturen, Rückstellung für den Rückbau, Geschäftsführung, Verwaltungskosten, Zinsen und Gewerbesteuer zu bestreiten.

Windenergie-Projekte haben also einen starren Kostenrahmen, der vor dem ersten Spatenstich festliegt. Der Gewinn wird dagegen praktisch allein durch den Jahresstromertrag bestimmt. Durch noch so schlaues Marketing kann dieser nicht beeinflusst werden. Er ist von den Launen des Wetters abhängig. Für die Rentabilität ist der kubische Zusammenhang zwischen Windstärke und Stromerzeugung maßgeblich: Eine Verdopplung / Halbierung der Windgeschwindigkeit verändert die Erzeugung um den Faktor acht. Kleinste Soll-Ist-Abweichungen beim Wind schlagen sich in heftigen Abweichungen bei der Stromerzeugung und damit bei den Erlösen nieder.

Damit ist der Investor darauf angewiesen, dass die im Windgutachten angegebenen Prognosen für die Windgeschwindigkeiten auf einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren auch so eintreten. Wenn die mittleren Windgeschwindigkeiten zu hoch berechnet wurden, ist ein wirtschaftlicher Betrieb auch bei überhöhten Vergütungen nicht möglich. Ein Beispiel unseriöser „Euphorie-Planung“ ist der 2019 herausgegebene Windatlas Baden-Württemberg, der Windhöffigkeiten flächendeckend und systematisch zu hoch ausweist.

Ein andere Frage ist, ob sich die laufenden Kosten auch so verhalten, wie es in den Prospekten versprochen wird. Eine Studie aus Großbritannien zeigt, dass die operativen Kosten von Windkraftprojekten im Zeitverlauf ansteigen – ein Effekt, der so manchen Kapitalanleger auf dem falschen Fuß erwischen könnte.⁵¹

Wer eine Beteiligung an Windkraftanlagen eingeht, bürdet sich ein unternehmerisches Risiko auf. Wie hoch die Risiken sind, zeigt eine Studie von Finanzwende Recherche, die für den Zeitraum von 2011 bis 2021 Anlegerverluste von knapp 2 Mrd. € durch „ökologische Investments“ auflistet.⁵²

Die Investition in WEA auf der Grundlage von Windgutachten grenzt an Zockerei. Wer sich als Geldgeber darauf einlässt, hat das selbst zu verantworten. Wer jedoch in einer Kommune wohnt, deren Vertreter den Verheißungen der Projektierer und Planer zugänglich sind, der wird quasi an den Roulette-Tisch gezwungen.



Abb. 44: Rien ne va plus – nichts geht (mehr) ohne Wind

Sauberer Strom aus der Nachbarschaft?

Wenn Kommunen in die erneuerbare Energieerzeugung einsteigen, geschieht dies oft nach anderen Maßgaben und Motiven als bei privaten Unternehmen. Statt nüchterner Kalkulation mit spitzem Bleistift und reinem Gewinnstreben sind die – meist nicht mit Privatvermögen haftenden – kommunalen Entscheider geneigt, weitere Aspekte (u.a. Prestige) einzubeziehen.

Oft sind kommunale Entscheider nicht nur Investoren, sondern gleichzeitig auch Verpächter von Flächen. Ein Umfeld, das hohe und sichere Pachteinahmen bei Null Risiko verspricht, wenn jemand gefunden wird, der eine politisch gewollte Investition tätigt, schafft einen **Nährboden für Interessenkonflikte**.

Dem leistete u.a. die hessische Landesregierung Vorschub: Durch Änderung der Kommunalverfassung ermutigt sie ihre Gemeinden, sich auf dem Gebiet der „erneuerbaren Stromerzeugung“ zu engagieren. In besonders fragwürdigen Fällen werden hochverschuldete Kommunen, die unter dem finanziellen Schutzschirm des Landes stehen, explizit ermuntert, weitere Schulden aufzunehmen, um mit Bürgerenergiegenossenschaften im landeseigenen Wald Windkraftanlagen zu errichten.

Bürgerwindparks als Akzeptanzbeschaffer?

Um die betriebswirtschaftliche Rentabilität von „Windparks“ ist es trotz exzellenter Rahmenbedingungen oft schlecht bestellt. Projekte werden häufig zu optimistisch geplant, da Projektierer in der Regel an der Umsetzung des Projekts, nicht an dessen Erfolg verdienen.

Auch das politische Kalkül, über „Beteiligung an den Gewinnen“ Akzeptanz für den Windkraftausbau zu schaffen, geht nur bedingt auf.

Am konsequentesten wurde dies bislang in Mecklenburg-Vorpommern umgesetzt. Seit 2016 müssen dort alle Investoren den Anrainern in einem Fünf-Kilometer-Radius 20 % Prozent Anteile anbieten. Bereits im Mai 2017 zeichnete sich ab, wohin die Reise gehen würde:

„Ein Jahr nach Inkrafttreten des neuen Gesetzes zur Beteiligung an Windparks haben Gemeinden und Bürger bisher kein einziges Mal Gebrauch von der Regelung gemacht. Wenn Bürger und Kommunen den Aufbau neuer Windparks tatsächlich positiv im Geldbeutel spüren, dann steige auch die Akzeptanz der neuen, großen Windräder, so die Vorstellung der Landesregierung.“

Doch bisher lässt diese Möglichkeit die Gemeinden und Bürger völlig kalt. Sie verzichten darauf, Anteile an neuen Projekten zu erwerben.“

NDR, 2017

Offenbar folgen auch vier Jahre später nur wenige Menschen den Lockangeboten.⁵³



Abb. 45: Meldung aus der Ostsee-Zeitung vom 17.07.2021

Dies kann auch als Indiz für gute volkswirtschaftliche Intuition sowie einen intakten moralischen Kompass gelesen werden. Denn am Befund der Wirtschaftsweisen aus 2012⁵⁵

Der alles dominierende, rasante Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten ist maßgeblich für die Probleme der Umsetzung der Energiewende. (...) Hier wird zu Lasten des Gemeinwohls das Motto „je mehr und je schneller, desto besser“ verfolgt.

Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, 2012

hat sich nichts substantiell geändert.

Wer sich an Windprojekten beteiligt, bereichert sich am von der Allgemeinheit zwangsweise generierten Umlagevolumen und schädigt mitunter auch direkt die Mitbürger im Umfeld.

Hier sind die **Entwertung von Eigenheimen**,⁵⁶ die oft einem Angriff auf die Altersvorsorge gleichkommt,

Windkraft vernichtet Immobilienwerte **WELT**
31.01.2019
Viele stören sich am Anblick von Windrädern. Nun ist nachgewiesen: Die Verspargelung kostet Immobilieneigentümer auch bares Geld. Der Wert der Objekte fällt umso stärker, je näher die Anlage dran ist. Entscheidend ist auch die „Mikrolage“.

Abb. 46: Meldung der WELT vom 31.01.2019

sowie das Untergraben von auf **Tourismus** und **Landschafts-genuss** gestützten Geschäftsmodellen zu nennen.⁵⁷

Einfluss von Windenergieanlagen auf die Entwicklung des Tourismus in Hessen
ZEITSCHRIFT FÜR WIRTSCHAFTS-GEOGRAPHIE
THE GERMAN JOURNAL OF ECONOMIC GEOGRAPHY
Den Ausbau der Windenergie begleitet ein weites Spektrum an negativen Effekten. Neben der Emission von tonalem Schall oder der Gefahr für die Avifauna werden Windenergieanlagen immer häufiger für ihre landschaftsüberprägende Eigenart kritisiert. Diese primär durch die Bauhöhe sowie Rotorbewegung herbeigeführte Tatsache steht in direktem Gegensatz zur naturnahen Landschaftserfahrung, wie sie vorwiegend in den deutschen Mittelgebirgslagen im Rahmen der touristischen Naherholung erlebt wird. Allerdings gibt es bisher wenige Untersuchungen zum potentiellen Einfluss der Windkraftanlagen auf den Tourismus und diese sind zumeist wenig repräsentative Fallstudien. Der vorliegende Artikel schließt diese Lücke mit einer quantitativen empirischen Untersuchung der Beziehung von Windkraftanlagen und regionalem Tourismus in Hessen. Die Ergebnisse bestätigen die Existenz eines schwachen, aber signifikanten negativen Effekts des Windkraftanlagen-ausbaus auf den Tourismus.

Abb. 47: Ausschnitt aus Fachzeitschrift (2018)⁵⁷

Eine Akzeptanzsteigerung ist durch solche Beteiligungsmodelle nicht zu erwarten. Eher eine fragwürdige Komplizenschaft mit fehlgeleiteten Zielsetzungen. Derart, dass friedliche Dorfgemeinschaften in Profiteure und Geschädigte gespalten werden.

Die gegenwärtige Energiepolitik vernichtet Volksvermögen, hemmt die technologische Entwicklung und schwächt den Wirtschaftsstandort.

Auf lokaler Ebene leistet sie einer Casino-Mentalität Vorschub.

Auf schlechte Nachbarschaft! Nebenwirkungen und Risiken der „Energiewende-Technologien“

Jener Teil unseres Landes, der oft als ländlicher Raum bezeichnet wird, hat sich in den letzten Jahren erheblich verändert: Kaum ein Landstrich, der nicht bereits durch Windenergieanlagen geprägt oder von entsprechenden Planungen betroffen ist. Der massive Flächenbedarf dieser Art der Stromerzeugung verwandelt Landschaften und Lebensräume zunehmend in unwirtliche Produktionsstätten.⁵⁸



Abb. 48: Ein Dorf im Vogelsbergkreis (Foto: Hermann Dirr)

Für die dort lebenden Menschen hat dies erhebliche Folgen. Die vor Ort erlebbaren destruktiven Wirkungen auf Fauna, Flora und Lebensqualität riefen während der letzten drei Legislaturperioden einen wachsenden gesellschaftlichen Widerstand hervor, der sich heute in mehr als 900 Bürgerinitiativen manifestiert.

Diejenigen, die sich den entsprechenden Bauvorhaben entgegenstellen, geraten dabei zwangsläufig in Konflikt mit denjenigen, die sich Pachteinnahmen oder andere finanzielle Vorteile versprechen.

So trägt die Energiewende systematisch Unfrieden in die Dörfer und Städtchen. Aus guten Nachbarn werden Widersacher, nicht selten sogar erbitterte Feinde. Mitunter entzweiten Windkraft-Vorhaben gar Familien und Vereine. Das soziale Miteinander – für viele sinnstiftend und Motiv für die Wohnortwahl – wird durch das Anreizsystem des EEG systematisch untergraben.⁵⁹



Abb. 49: Ein Dorf in Südniedersachsen (2015)

Landschaft ist nicht nur Wirtschaftsraum sondern immer auch kulturell geprägter Lebensraum, der den dort wohnenden oder sich erholenden Menschen in einzigartiger Weise **Heimat, Naturschönheit und Ruhe** und damit eine nicht hintergehbare Gegenwelt zur Hektik in den sozial und technisch dominierten Siedlungsräumen bietet.⁶⁰

Die Belastungen von Bewohnern durch die massive Beeinträchtigung ihrer Heimatlandschaft sind vielfältig. Deren **technische Überprägung** führt zum Verlust natürlicher Maßstäbe und der landschaftlichen Weite, zur Horizontverschmutzung und Verunstaltung exponierter Geländestrukturen.

Dass Windenergie-Anlagen die Attraktivität von Regionen erheblich reduzieren, wird von einschlägigen Lobbygruppen zwar regelmäßig bestritten, ist aber durch neuere Forschung

und reale Erfahrung klar belegt.⁵⁷ Anekdotische Evidenz liefern Dörfer im Hunsrück, in denen die Übernachtungszahlen parallel zur Errichtung von WEA stark gesunken sind, während in benachbarten, weniger belasteten Gebieten an Rhein und Mosel die Gästezahlen zunahmen.

Schmerzlich wirkt die Störung der Nachtlandschaft und ihres Friedens durch permanente oder temporäre Blinklichter. Neben den psychologischen Auswirkungen des Verlusts von Heimat und (nächtlicher) Stille, der optischen Bedrängung sowie der Belästigung durch Schlagschatten und hörbaren Lärm ist zu den Lebensqualität raubenden und potentiell krank machenden Effekten der Windkraft das Phänomen des unhörbaren Infraschalls zu zählen.

Infraschall – das stille Risiko des Windstroms

"Ich fühle, was Du nicht hören kannst." So beschreiben Anwohner von Windkraftanlagen oft ihre Beschwerden, ausgelöst durch die Emission von Infraschall in Form charakteristischer Pulse. Je nach Einwirkdauer und individueller Konstitution können diese Schäden an verschiedenen Strukturen des Körpers auslösen.

Um welchen Schall geht es?

Hörbarer Schall entsteht beim Durchschneiden der Luft durch die Rotorflügel (bei aktuellen Anlagen erreichen deren Spitzen bis zu 400 km/h) und als Maschinengeräusch der Turbine. Er wird als Lärm wahrgenommen und kann bei längerer Exposition Stresswirkungen auslösen. Eine chronische Einwirkung birgt auch die Gefahr bleibender Gehörschäden. Vor diesen Wirkungen sollen die Vorschriften der TA Lärm schützen, die für Wohngebiete Grenzwerte des Schalldrucks von 35 Dezibel (nachts) und 50 Dezibel (tags) festlegt (dB(A), s.u.). Der hörbare Lärm von

WEA kann technisch reduziert werden, etwa durch Einstellung der Turbine und der Rotorflügel, oder bauliche Maßnahmen. Die WHO hat in ihren *Noise Guidelines* 2018 einen durchschnittlichen Lärmpegel von weniger als 45 dB empfohlen und festgestellt, dass bereits zur Einschätzung gesundheitlicher Risiken durch hörbaren Lärm aus WEA qualifiziertere Daten erforderlich sind.

Problematischer ist die unhörbare Komponente der Schall-Emission von WEA: Wenn ein Rotorflügel den Mast passiert (etwa 1-2 Mal pro Sekunde), entsteht durch Kompression der Luft eine Druckwelle. Der Betrieb einer WEA erzeugt deshalb periodische Pulse mit einer Grundfrequenz zwischen 1 und 2 Hz und Wellenlängen zwischen ca. 340 m und 170 m. Diese Emissionen, einschließlich der meisten Oberschwingungen, gehören zum Infraschall, dem Frequenzbereich unterhalb von 16 Hz. Sie werden von Menschen nicht bewusst wahrgenommen und daher zunächst nicht als Gefahr registriert. Dennoch werden sie im Körper als Stressor bewertet und beantwortet.⁶¹ Aufgrund seiner langen Wellen wird Infraschall durch Bauwerke oder Schallschutzmaßnahmen kaum gedämmt.⁶²

Zur Reichweite von Infraschall aus Windenergieanlagen

Infraschall hat in der Luft eine weit größere Reichweite als Hörschall. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat die Emission von 1,5 MW- und 5 MW-Anlagen noch in mehr als 10 km Abstand erfasst.^{63/64} Auch internationale Messungen bestätigen Reichweiten des Infraschalls aus WEA von mehreren Kilometern.

WEA erzeugen auch Vibrationen des Untergrunds. Diese Wellen liegen ebenfalls im Infraschall-Bereich und werden bei geeignetem Untergrund sogar über größere Entfernungen transportiert (ähnlich den Schwingungen eines Erdbebens). Ein vibrierender Unter-

grund (Körperschall) kann in einem entfernten Gebäude mit dem luftgeleiteten Infraschall interagieren, wobei Verstärkungen möglich sind.

Exkurs 4 – was sagen dB-Werte aus?

“Schall” bezeichnet mechanische Schwingungen und Wellen in einem elastischen Medium (z.B. in Luft, Wasser oder Untergrund). Die von einer WEA emittierte Schallenergie wird als Schalldruck in Pascal (Pa) gemessen und ihr Pegel in Dezibel (dB) angegeben. Dezibel ist die Einheit einer logarithmischen Skala, deren Nullpunkt 20 µPa beträgt (die menschliche Hörschwelle bei 1000 Hz). Eine Änderung von 20 dB verändert den Schalldruck um das 10-fache, von 6 dB um das Doppelte.

Bei akustischen Messungen werden oft Schalldrücke bei niedrigen Frequenzen und Infraschall ganz oder teilweise ausgefiltert, um der Empfindlichkeit des Hörens nahezukommen. Diese “Bewertungen” werden als dB(A), dB(C), dB(G) u.ä. bezeichnet. Zur Charakterisierung von Infraschall ist jedoch die Kenntnis des objektiven, unbewerteten Schalldrucks erforderlich (auch als dB(Z) bezeichnet).

Für die Einschätzung eines Gesundheitsrisikos sind die Absolutwerte des Schalldrucks nicht hinreichend. Ein Beispiel für nutzlosen Dezibel-Fetischismus war im Frühjahr 2021 zu erleben: Die Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR) veröffentlichte nach heftiger Kritik eine Korrektur früherer Messwerte. In einer Publikation aus 2017⁶³ waren die Pegel des Infraschalls aus WEA auf Grund eines systematischen Fehlers um 36 dB zu hoch angegeben (das entspricht dem 63 fachen Schalldruck). Diese Meldung löste zahlreiche Kommentare von interessierter Seite aus, die mit dem Pegel des Schalldrucks zugleich die Gesundheitsgefahr verringert sehen wollten. Messwerte ändern jedoch nicht die Realität – wie ein Thermometer mit falscher Skala nicht die anliegende Temperatur ändert. Weder die Reichweite des Infraschalls aus einer beliebigen WEA noch die Beschwerden von Anwohnern wurden durch die Korrektur verändert. Auch die korrigierten Daten⁶⁴ zeigen, dass Infraschall-Peaks aus WEA noch in mehr als 10 km Entfernung vorhanden sind.

Infraschall als Gesundheitsrisiko

Infraschall ist Bestandteil unserer Umwelt und wird oft zusammen mit niederfrequentem Hörschall emittiert. Natürliche Quellen sind z.B. Gewitter, Meeresbrandung oder Wind in einer Gras- oder Waldlandschaft. Diese Emission ist ungefährlich, weil sie als unstrukturiertes, “statistisches” Rauschen auftritt. Die technische Zivilisation hat zahlreiche Infraschall-Quellen geschaffen, etwa durch Straßenverkehr, Flugzeugtriebwerke, Industriemaschinen oder vibrierende Haushaltstechnik. Von solchen Emissionen kann bei längerer Einwirkung eine Gesundheitsgefahr ausgehen, besonders wenn sie periodische Änderungen beinhalten.

Der Infraschall aus aktiven Windenergieanlagen wird – im Unterschied zu anderen Quellen – in Form der schon genannten, rhythmischen Pulse emittiert, die dem Hintergrundschall (dieser ist messbar bei ruhender Anlage) überlagert sind (Abb. 48). Anwohner erklären, dass bereits nach wenigen Tagen starke Schlaf- und Konzentrationsstörungen auftreten, gefolgt von Angst- und Schwindelanfällen, verringerter Atemfrequenz und weiteren Stressantworten.

Bei Einwirkung über Wochen und Monate entsteht im Gehirn eine permanente Alarmsituation, die durch den Anstieg des Stresshormons Cortisol gekennzeichnet ist. Sie führt u.a. zu Blutdruckanstieg, psychischer Labilität und erhöhtem Infarktrisiko. Auch bei Berücksichtigung individueller Unterschiede in der Empfindlichkeit und von modifizierenden Faktoren wie Geländestruktur, Vegetation und Windaufkommen zeigt die Erfahrung, dass bei hoher Exposition für die weitaus meisten Anwohner ein erhebliches Gesundheitsrisiko besteht.

Entscheidend für negative Wirkungen auf den Menschen ist nicht das Maximum des

Schalldrucks, sondern die Höhe und Steilheit der Druckpulse (peaks).

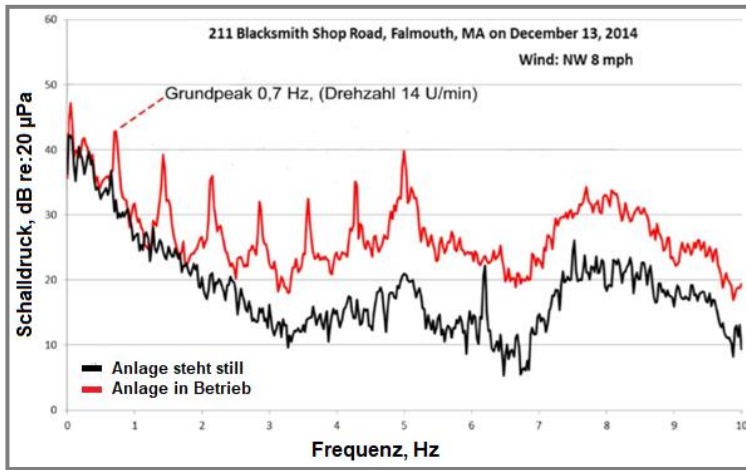


Abb. 50: Frequenzmessungen im Haus von Anwohnern, 420 m bis zur nächsten WEA. Die Druckpulse aus der aktiven Anlage (rote Kurve) führen zu Gesundheitsproblemen, bei stehendem Rotor (schwarze Kurve) entstehen ähnliche Schalldrücke, aber keine Beschwerden (Pegel in Dezibel, vereinfacht aus Bahtiarian und Beaudry).

Die medizinische Forschung hat die Spezifika der Infraschall-Pulse aus WEA noch nicht ausreichend untersucht. Es liegen jedoch Experimente mit vereinfachtem (meist sinusförmigem) Infraschall an Testpersonen und Versuchstieren vor. Diese haben Hinweise geliefert, dass Infraschall generell auf mehreren Ebenen des Säugetierorganismus als Stressor bewertet und beantwortet wird.⁶¹

Auf **zellulärer Ebene** wurde u.a. die Störung von Membranprozessen nachgewiesen. Dies äußert sich z.B. in einer geringeren Effizienz von Zellen des Herzmuskels.

Die **Signalsysteme im Innenohr** bieten mehrere Angriffspunkte für Infraschall: Durch Aktivierung der Äußeren Haarzellen in der Cochlea werden niederfrequenter Schall und Infraschall verstärkt. Im Gleichgewichtssystem entsteht ein "falscher" Bewegungsreiz, der wegen fehlender Abstimmung mit visuellen Eindrücken und den Druckrezeptoren von

Muskeln und Gelenken zum Wahrnehmungskonflikt führt (ähnlich der Seekrankheit).

Das **Herz-Kreislauf-System** reagiert mit einem Abfall der Herzfrequenz bei steigendem Blutdruck und vermindertem Herzzeitvolumen. Das Bild einer beginnenden Herzinsuffizienz stellt sich ein.

Im **Gehirn** von Testpersonen bewirkt Infraschall eine Aktivierung bestimmter Bereiche, ohne dass ein bewußter Höreindruck entsteht. Diese Areale sind an der Kontrolle autonomer Funktionen (z.B. Atemfrequenz und Blutdruck) und an der emotionalen Kontrolle beteiligt.⁶⁵ Derartige Kontrollfunktionen sind bei Anwohnern von WEA häufig gestört.

Die Zusammenschau der Krankheitssymptome von WEA-Anwohnern mit den aktuell verfügbaren Ergebnissen der experimentellen Medizin spricht für ein erhebliches Gesundheitsrisiko der Infraschall exponierten Personen. Gleichwohl ist weitere Forschung dringend erforderlich, um wahrscheinliche Kaskaden sicher aufzuklären.

Dessen ungeachtet erfordern es die Grundsätze präventiver Medizin, gesundheitliche Bedrohungen im Entstehen zu erkennen und abzustellen, bevor Schädigungen eskalieren. Ein erhebliches Hindernis ist das von Behörden und Planungsgremien fälschlich bemühte Argument, Infraschall aus WEA sei schon deshalb harmlos, weil sein Schalldruck erheblich unterhalb der Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle des Menschen liegt.

Diese Schwellenwerte sind allein am Hören orientiert und bezeichnen Schalldrücke, die 50 % (Hörschwelle) oder 90 % (Wahrnehmungsschwelle) der Bevölkerung nicht hören. Es ist längst bekannt, dass etwa die Signalsysteme im Innenohr extrem geringe Änderungen des Luftdrucks registrieren.⁶¹

Bei allen Versuchen, die Gefahr von Infraschall-Emissionen auf Grund gering erscheinender Schalldrücke zu verharmlosen, ist auch zu beachten, dass ein kurzzeitig beherrschbarer Stressor durch wiederholte Anwendung hohes Gefahrenpotenzial gewinnen kann:

“Ein Wassertropfen, der auf die Stirn eines Menschen fällt, ist für sich genommen eine Bagatelle. Tropft aber alle 30 Sekunden ein Wassertropfen auf die Stirn eines Menschen, so kann es sich um eine Methode der Folter handeln.”

Roos/Vahl (2021)⁶¹

Nocebo? Schäden lassen sich nicht wegdiskutieren

Seitens der Windindustrie und ihr nahestehender Wissenschaftler wird oft behauptet, Stressreaktionen und Gesundheitsschäden von Anwohnern beruhten auf Voreingenommenheit gegenüber Windanlagen. Es handele sich quasi um „eingebildete Krankheiten“, denen keine triftige medizinische Ursache zugrunde läge (Nocebo-Effekt). Diese Aussage ist interessengeleitet und unzutreffend. Bei der Konfrontation von Bürgern mit Windanlagen (z.B. auch bei optischer Bedrängung) mögen psychisch bedingte Reaktionen gelegentlich beteiligt sein. Sie erklären jedoch nicht die Erkrankungen bzw. Risiken, die von objektiv festgestellten Angriffspunkten u.a. im Gleichgewichtssystem und im Gehirn ausgehen. Auch Windkraft-Enthusiasten sind nicht vor Gesundheitsschäden gefeit. Der Akustiker Steven Cooper hat schon 2014 Beschwerden von Anwohnern dokumentiert, die den Windpark nicht vor Augen hatten. Cooper ließ sie ihre Symptome mit genauem Zeitpunkt notieren und stellte fest: die Symptome waren am stärksten, wenn die Windanlagen besonders aktiv waren.⁶⁶ Von Anwohnern bevorzugte

Plätze in ihrem Haus erwiesen sich als Stellen mit niedrigerer Infraschall-Belastung.⁶⁷ Schließlich sprechen auch Stress- und Vermeidungsreaktionen von Haus- und Wildtieren gegenüber WEA gegen die Nocebo-These. ^{Zitate in 61 und 78}

Behörden und Vorschriften sehen über Risiken hinweg

Für Infraschall im Frequenzbereich unter 8 Hz gibt es derzeit keine gültige Schutz- bzw. Messvorschrift, weil die TA Lärm (s.o.) und die ihr zu Grunde liegende DIN 45680 Messungen nur oberhalb dieser Frequenz vorschreiben. Damit wird der besonders gesundheitsgefährdende Bereich des Infraschalls aus Windanlagen nicht verbindlich erfasst. Versuche zur Ausdehnung der Messvorschrift bis 1 Hz blieben bisher erfolglos.

Das Einzige, was schützt, ist Abstand

In den letzten Jahren wurden Fakten erhärtet, die zu größerer Vorsicht gegenüber dem Infraschall aus WEA mahnen sollten: u.a. die Reichweite von mehreren km, die Wahrnehmung ähnlicher Frequenzen im Unterbewußtsein und die Häufung von Erkrankungen im Umfeld von WEA. Das Abklingen gesundheitlicher Schäden mit steigender Entfernung von WEA ist schon seit Jahren dokumentiert.⁶⁸

2021 hat ein französisches Gericht festgestellt, vermutlich erstmals in der EU, dass unter den Stressfaktoren, die auf Anwohner von WEA einwirken, der Infraschall aus diesen Anlagen eine wesentliche Rolle spielt.⁶⁹

Für die Gesundheitsprävention ist wesentlich, dass die Abstände zur WEA mit der Anlagenhöhe wachsen, da mit der Länge der komprimierten Luftsäule die Emission zu niedrigeren Frequenzen verschoben wird und die Reichweite steigt.

Deshalb stellt die bayerische **10H-Regelung** (ein Mindestabstand der zehnfachen Anlagenhöhe zwischen Windkraftanlagen und Wohnstätten) – da, wo sie tatsächlich eingehalten wird – eine erste Annäherung an das Notwendige dar. In Polen, den USA und Großbritannien haben sich z.B. Abstandsregelungen durchgesetzt, die diesem nahekommen.

Von den meisten deutschen Landesregierungen und der Windkraftindustrie werden die Gesundheitsrisiken des Infraschalls aus WEA weiter verharmlost. Es wird angeführt, dass mit größeren Abständen, z.B. mit dem medizinisch begründeten Mindestabstand der zehnfachen Anlagenhöhe, die ehrgeizigen Ausbauziele nicht erreichbar seien. Selbst wenn die Gesundheitsgefahr pauschal bewertet wird (ohne zwischen Infraschall und niederfrequentem Hörschall zu unterscheiden), weisen medizinische Befunde, experimentelle Studien und Tierversuchen auf ein erhebliches Gesundheitsrisiko für Anwohner und Nutztiere hin.⁷⁰

Angesichts der vielfältigen ökologischen und wirtschaftlichen Probleme des Windstroms (vgl. Kapitel 3 und 4) stellt sich eher die Frage, in welchem Umfang auch gesundheitliche Opfer zumutbar sind.⁷¹

Eiswurf und fliegende Bauteile - die Masse bringt Gefahr

Bei entsprechender Witterung schleudern die Rotoren von Windenergieanlagen kiloschwere Eisblöcke mitunter mehrere hundert Meter weit. Diese Gefahr ist technisch kontrollierbar. Die schiere Anzahl der Gefahrenquellen – die aktuellen Pläne implizieren zigtausende weitere Anlagen – lässt aber stark befürchten, dass Schäden durch Eiswurf oder schleudernde Bauteile nicht dauerhaft zu vermeiden sind.

Materialversagen ist Windenergieanlagen nicht wesensfremd, wie durchaus häufige Berichte über abgeknickte Masten und Flügel dokumentieren.

Erneut Flügel von Windrad abgebrochen - Gutachten steht noch aus

Stand: 01.03.2022 20:06 Uhr

NDR

Abb. 51: Meldung des NDR vom 01.3.2022

Die Bundesregierung lehnt es jedoch weiterhin ab, für 250 m hohe Industrieanlagen dieselben gesetzlichen Sicherheitsüberprüfungen einzufordern, die an wesentlich kleineren Gefährdungsquellen regelmäßig

WIRTSCHAFT 19.08.2018 **ANGEBLICH KEINE GEFAHR**

WELT

Bundesregierung lehnt TÜV-Pflicht für Windräder ab

vollzogen werden.

Abb. 52: Meldung aus der WELT vom 19.8.2018

Erwartet werden dürfte, dass der Gesetzgeber Risiken, die er in anderem Kontext erkannt hat, auch bei Windenergieanlagen adressiert: Asbest ist seit Bekanntwerden seines karzinogenen Potentials geächtet.

CFK - im Brandfall brandgefährlich

Die in Rotoren verbauten carbonfaser-verstärkten Kunststoffe (CFK) bergen ein potentiell Risiko, das dem von Asbest vergleichbar ist. Bereits 2014 machte das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr auf Gefährdung durch lungengängige Carbonfaserbruchstücke nach Bränden aufmerksam.

Die tragischen Abstürze zweier Eurofighter und eines Hubschraubers ließen diese Gefahren im Sommer 2019 real werden (Abb. 53).



Abb. 53: Meldung aus der FAZ vom 7.5. 2020

Die Unfälle warfen ein Schlaglicht auf schlummernde Risiken, die von schätzungsweise 10.000 Windenergieanlagen ausgehen, in deren Rotorblättern ebenfalls CFK-Materialien verbaut sind:

- Brandbekämpfung durch Feuerwehren ist wegen der Höhe unmöglich
- Umweltbehörden, Genehmigungsbehörden und Hilfskräfte haben keine belastbaren Informationen über verbautes CFK - Material und dessen Gefahren
- Die Zivilbevölkerung ist nicht über die Gefahren im Brandfall informiert
- Hersteller verweigern Information und stufen die verbauten Materialien als Betriebsgeheimnis ein
- Selbst die „normale“ Entsorgung und das Recycling der CFK-Materialien sind ungelöst

Wenn WEA in Brand geraten, muss man sie „kontrolliert abbrennen“ lassen. Die Flugasche besteht aus Kleinstpartikeln, die in die Lunge eindringen und Krebs verursachen können.

Die Pläne der Bundesregierung sehen vor, dass es fast überall in der Nähe von Siedlungen große Ansammlungen von WEA geben wird, stets höher und an exponierten Standorten errichtet. Dass Blitzeinschläge und dadurch Brände häufiger werden, liegt nahe. Katastrophenschutzpläne existieren nicht.

Alle diese Themen offenbaren ein Muster: Risiken werden ausgeblendet oder heruntergespielt, wenn ihre ergebnisoffene Analyse politische Pläne zu gefährden droht.



Abb. 54: Häufige Praxis im Umgang mit Gesundheitsrisiken

Beim Windkraftausbau werden Millionen von Menschen einem Feldversuch ausgesetzt, den keine Ethik-Kommission genehmigen würde.

A. DEN IRRWEG VERLASSEN

Die Bilanz der letzten zehn Jahre Windkraftausbau (Abb. 55) zeigt, dass das Motto „viel hilft viel“ nicht gilt:

Von 2010 bis April 2022 wurde die installierte Leistung (hellblaue Hintergrundfläche) stetig erhöht – es wurden immer mehr Windkraftanlagen aufgestellt. Offensichtlich steigen die Schwankungen durch den Zubau immer weiter an, ohne dass sich ein Sockel an gesicherter Leistung ausbilden kann. Gleichzeitig wachsen die zeitlichen Leistungsänderungen, die sogenannten Gradienten, an. Das immer weiter schrumpfende System aus konventionellen Kraftwerken muss auf anwachsende Gradienten reagieren. Dadurch wird die Stabilität des Stromnetzes immer stärker gefährdet.

Vor dem Hintergrund

- abnehmender Grenzerträge des Ausbaus (die ertragreichen Flächen sind längst bebaut)

- immer stärkerer Gefährdung der Systemstabilität (vgl. Abschnitt 2) und
- immer größerer Schädigung von Flora und Fauna (konfliktarme Flächen sind längst aufgebraucht)

sieht ein bei Redaktionsschluss dieser Schrift zirkulierender Gesetzentwurf die

VERDREIFACHUNG

der Windkraftkapazität binnen acht Jahren vor. Um dies zu ermöglichen, sollen Arten-, Natur- und Landschaftsschutz sowie andere im Wege stehende „Hemmnisse“ passend gemacht werden. Die Auswirkungen auf Natur, Landschaft und Lebensqualität, die diese Vorhaben bedeuten, möchten wir uns gar nicht ausmalen.

Es seien allein die energiewirtschaftlichen Implikationen der Planungen illustriert: Was wäre, wenn die Bundesregierung ihr Ziel einer Verdreifachung der Windkraft- und Photovoltaikkapazität bereits erreicht hätte, lässt sich einfach durch Verdreifachung der Produktionsdaten aus 2021 und 2022 ermitteln.

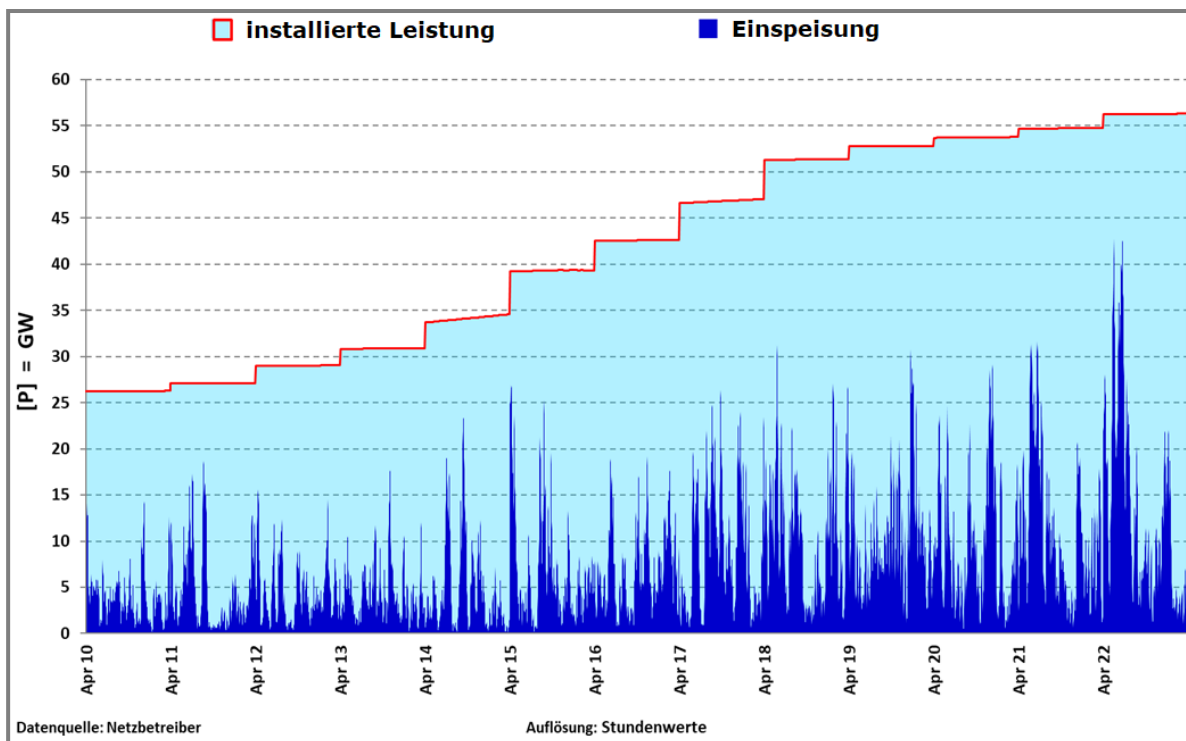


Abb. 55: Bilanz des Windkraftausbaus der letzten 12 Jahre (2010-2022, onshore)

In Abb. 56 sind die tatsächlichen Einspeiseleistungen aller deutschen Windkraft- und Photovoltaikanlagen in hellem Grün, die aktuell installierte Kapazität dieser Erzeugungsarten mit dünner roter Linie und der tatsächliche Stromverbrauch in braun dargestellt.

Die Anlagen trugen an einigen Tagen durchaus nennenswert zur Bedarfsdeckung bei. Besonders am 13., 20. und 28. Juni sowie am 14., 21. und 25. Februar. An vielen Tagen war ihr gesamter Beitrag allerdings marginal. Am 6., 7., 9., 12., 14., 25. und 26. Juni sowie am 3., 12. und 27. Februar lieferten alle zusammen praktisch nichts. Der benötigte Strom wurde komplett von konventionellen Kraftwerken (inklusive Kernkraft und Kohle aus dem benachbarten Ausland) geliefert.

In der Idealwelt der Bundesregierung – bei einer verdreifachten Erzeugungskapazität von Wind- (onshore und offshore) und Solarstrom – hätte sich bei gleichem Wetter und gleichem Bedarf die in dunklerem Grün/mit breiterer Linie dargestellte Situation ergeben:

In den windstarken und sonnenreichen Phasen wären die geschaffenen Kapazitäten theoretisch in der Lage, über den Bedarf hinaus zu produzieren. Entsprechende Stromverbrau-

cher, die diese überschüssige Leistung in der Größenordnung von 100.000 Megawatt (Abb. 56) aufnehmen können, sind aber nicht vorhanden. Hier stehen die Planungen der Bundesregierung im Widerspruch zum Kirchhoffschen Knotensatz, einem fundamentalen physikalischen Gesetz, nachdem Stromproduktion und Stromverbrauch immer gleich sein müssen. Ohne die entsprechenden Verbraucher verbleibt nur die Abschaltung von Anlagen. Und abgeschaltete Anlagen leisten keinen Beitrag zur Einsparung von CO₂. Das Gesamtsystem wird sich kannibalisieren. **Die aktuelle Planung der Bundesregierung verstößt gegen die Physik!** Das Stromnetz wird destabilisiert und die Notwendigkeit, Strom zu Negativpreisen zu verklappen oder Windstromproduzenten für Nicht-Produktion zu entschädigen, wird häufiger entstehen.

In den Phasen, in denen alle Anlagen mangels Wind und Sonne so gut wie nichts produzierten, hätte auch bei verdreifachter Kapazität kaum mehr Wind- und Solarstrom zur Verfügung gestanden. Die Abhängigkeit von zuverlässig zur Verfügung stehendem Strom (d.h. in Kohle-, Gas- und Kernkraftwerken, ggf. im Ausland, produziert) wäre dieselbe.

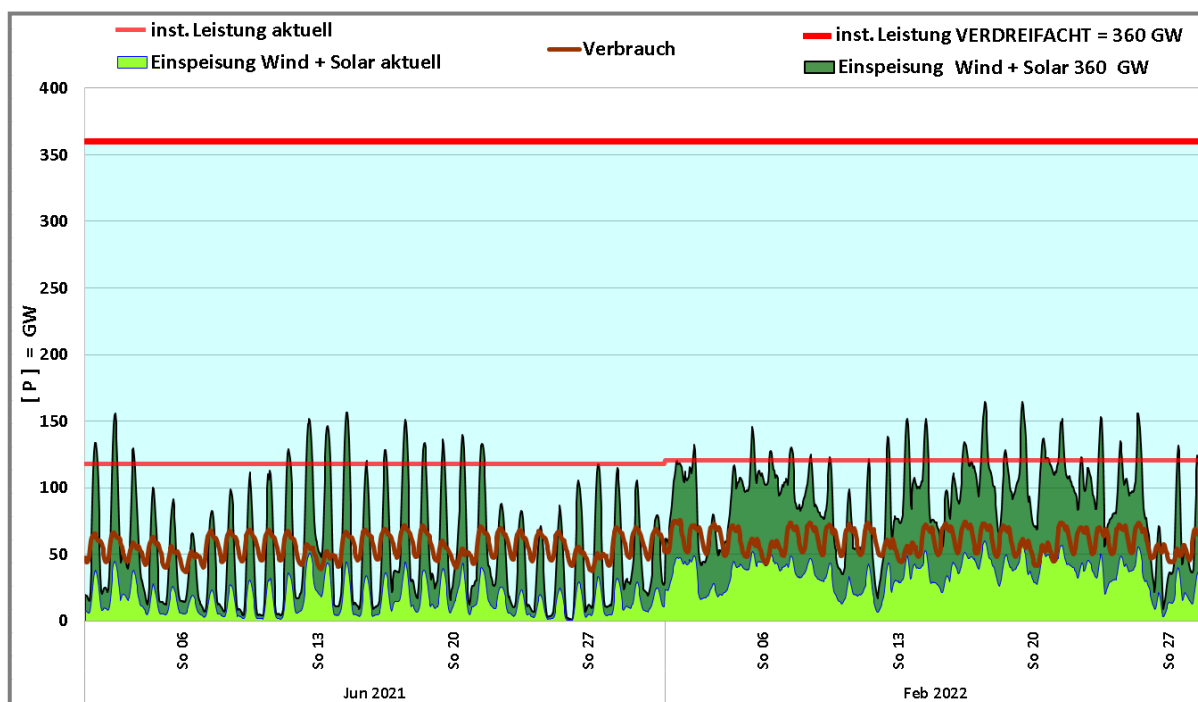


Abb. 56: Situation bei verdreifachten Wind- und Photovoltaikkapazitäten

Statt die versprochenen Beiträge zur Klimaneutralität und Unabhängigkeit zu liefern, entfacht die einseitig ausgerichtete "Energiewende" eine Materialschlacht in unseren Ökosystemen.

Im Hinblick auf den Klimawandel ist es töricht, Technologien zu fördern, die das "verstromen", was wir am nötigsten brauchen:

Unzerschnittene Ökosysteme in vitalen Wäldern, freie Offenlandschaften, Ausgleichsflächen und Rückzugsräume für Mensch und Tier. Im Hinblick auf eine Dekarbonisierung bzw. Reduktion von Treibhausgasemissionen ist es unsinnig, einseitig auf Stromerzeugung zu setzen, die zwingend auf den Weiterbetrieb regelbarer Kraftwerke im Ausland angewiesen ist. Unlauter ist es, sich allein auf die hiesige Stromerzeugung zu fokussieren und systemische Effekte vollkommen auszublenden.

Mehr vom Selben ist das Letzte, was wir brauchen. Was geboten ist, hat der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (SVR) mehrfach skizziert:

*„Bevor ein entsprechendes Marktdesign gefunden und etabliert wird, bietet sich ein **Moratorium bei der Förderung erneuerbarer Energien** an, da der Zubau an Kapazitäten bereits die Integrationsfähigkeit des Systems ausgereizt hat.“*
[SVR, 2013]

*„Wer die Energiewende erfolgreich umsetzen will, muss den politischen Widerstand der größten **Profiteure des aktuellen Fördersystems** zum Wohle der Verbraucher **überwinden**.“*
[SVR, 2014]

*„Die nationale **Förderung von EE sollte künftig ganz entfallen** oder zumindest, wenn die politische Kraft in diesem von Interessengruppen dominierten Politikbereich dazu nicht ausreicht, technologieneutral ausgerichtet werden.“*
[SVR, 2015]⁷²

War 2013 die Integrationsfähigkeit des Stromerzeugungssystems ausgereizt, so ist sie 2022 erheblich überreizt.

Die letzten EEG-„Reformen“ haben nur scheinbare Fortschritte gebracht. Auf Druck der Profiteure des Fördersystems wurden dessen grundlegende Konstruktionsfehler stets beibehalten. **Die EEG-Förderung gehört nicht im Bundeshaushalt versteckt, sondern ersatzlos abgeschafft.** Die Unternehmen der Erneuerbaren Energien müssen sich im Wettbewerb behaupten und sich dabei denselben Regularien unterwerfen, die für andere Wirtschaftsakteure gelten. Insbesondere sind ihnen die Privilegien im Baurecht und im Naturschutzrecht zu streichen. Diese Maßnahmen dienen dazu, den Irrweg zu verlassen und Orientierung zu ermöglichen.

B. EINE VERNÜNFTIGE ENERGIEPOLITIK EINLEITEN

Einspeisevorrang, Abnahmegarantie, Fixpreise, baurechtliche Privilegierung, Sonderrechte bei Natur- und Artenschutz – für die Windindustrie sind die Rahmenbedingungen seit über 25 Jahren hervorragend. Gleichwohl trägt die Windenergie bislang nur marginal zur Energieversorgung bei (Abb.1).

Nur **technologieoffener Wettbewerb** kann uns Wohlstand und Umweltqualität sichern. Die Stromerzeugung der Zukunft muss den Kriterien Umweltverträglichkeit, Bezahlbarkeit und Verlässlichkeit Rechnung tragen und dahingehend fortwährend optimiert werden. Im Wettbewerb verdrängt das Bessere das Gute. Aktuell verdrängt das deutlich Schlechtere das Passable. Wir brauchen:

- marktwirtschaftlichen Wettbewerb in Verbindung mit
- technologieoffener Ausweitung der Energieforschung bei
- stringentem Schutz von Mensch und Natur.

Auch zukünftig wird eine Reihe von Technologien und Energieträgern im Einsatz sein. Welche, kann man kaum seriös vorhersagen. Wenn der Klimawandel aber an Intensität zunimmt und man das Ziel CO₂ einzusparen ernsthaft verfolgt, so hat dies eine klare Implikation: Es ist höchst unklug, die Versorgung eines Industrielandes mit dem Lebenselixier Strom an die Launen des Wetters zu koppeln. **Die Emanzipation vom Wetter ist eine zivilisatorische Errungenschaft – sie muss erhalten bleiben, echter Fortschritt eine Chance bekommen.**

Wer CO₂-Einsparung über „erneuerbare Stromerzeugung“ verfolgt, setzt einen weitgehend untauglichen Hebel an der falschen Stelle an. Mangels Speichertechnologien und aufgrund physikalisch bedingter Parameter ist die durch „Windstrom“ erzielbare „Dekarbonisierung“ gering. Strom macht nur ein knappes Viertel des Energiebedarfs aus. An anderer Stelle – bei Verkehr und Wärme – angesetzt, können gleiche Mühen erheblich mehr Wirkung erzielen.

Grundsätzlich liegt auf der Verbrauchsseite größeres, schneller und einfacher zu hebendes Potential als auf der Erzeugungsseite. Der Siegeszug der LED-Beleuchtung ist beispielhaft: Statt immer neue Stromerzeugungsanlagen aufzustellen, sollte der **Schwerpunkt auf Einsparung** durch intelligentere Technik gelegt werden. Die Einschätzung der Physik-Professoren von der Universität Heidelberg teilen wir vollumfänglich:

„Weitaus stärkere Aufmerksamkeit sollten Energieeinsparungen erfahren: Energieeinsparungen führen unmittelbar zu einer Senkung des CO₂-Ausstoßes und zudem zu einer Senkung der Energiekosten. Sie schaffen damit nicht zuletzt auch die finanziellen Spielräume, um an anderer Stelle in die Energiewende zu investieren, z.B. für den Bau energieeffizienter Wohnungen, oder um die Schäden des Klimawandels zu mildern. Würde beispielsweise im Verkehr 14% weniger Kraftstoff verbraucht, so sparte dies mehr Energie ein, als alle Windkraftanlagen liefern. Stattdessen wurde die Leistung der neu zugelassenen PKW in den vergangenen 10 Jahren im Mittel um 18 % erhöht, ihre Anzahl um 11 %.“

Prof. Dr. Dr. h.c. Dirk Dubbers, Prof. Dr. Johanna Stachel, Prof. Dr. Ulrich Uwer, Physikalisches Institut der Universität Heidelberg⁷³

Ohne individuelle Lebensgewohnheiten und Konsumententscheidungen bewerten zu wollen, sei festgestellt:

Wer jedes Jahr eine Flugreise in ferne Urlaubsländer unternimmt, seine Kinder täglich mit dem SUV zur Schule bringt, als Zweitwagen ein E-Auto unterhält und meint, durch Bezug von „Ökostrom“ und Befürwortung weiterer Windkraftanlagen dem Klima etwas Gutes zu tun, der irrt gewaltig. Eine auf Verteuerung und Verzicht gerichtete Politik kann aber nicht die Lösung sein.

Energie, insbesondere in ihrer wertvollsten Form, Elektrizität, ist die Basis von Produktion, Wertschöpfung und Wohlstand. Preiswerte und verlässliche Versorgung mit Elektrizität ist Grundlage unserer wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung. Insofern ist die Angebotsseite – Erzeugung und Verteilung – ebenfalls relevant. Hier umweltfreundlicher zu werden, erfordert die stetige Weiterentwicklung bestehender sowie die Einführung gänzlich neuer Technologien.

Neue Technologien, die sich in unterschiedlicher Ferne am Horizont abzeichnen, sind – nur beispielhaft genannt – die künstliche Photosynthese, der Dual-Fluid-Reaktor, die Kernfusion oder die Dünnschicht-Photovoltaik.

Eine Studie des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung zeigte 2019, wie dicht der Gebäudebestand in Deutschland ist. Daraus erwächst die Herausforderung, den Flächenverbrauch massiv einzudämmen. Daraus erwächst auch die Chance, Entwicklungen im Bereich der Solartechnik auf ökologisch weniger bedenkliche Weise Raum zu geben. Grundsätzlich unterliegt die Photovoltaik den gleichen Restriktionen – geringe Energiedichte und Volatilität – wie die Windkraft. Soweit der Fokus auf bestehende Gebäude (und nicht etwa auf Freiflächen!) liegt, sind die Probleme jedoch ungleich geringer. Außerdem ist die solarthermische Nutzung von Dachflächen ausbaufähig.

Auch ein Blick ins Ausland lässt Potentiale erkennen, für deren Nutzung Deutschland gewappnet sein sollte: **Für die Probleme der Kernenergie zeichnen sich mittlerweile Lösungen ab.** In den USA und China werden große Summen in die Entwicklung moderner Mini-Kernkraftwerke investiert, die inhärent sicher sind und kaum radioaktiven Müll produzieren. Es spricht viel dafür, der Entwertung der einstmals führenden deutschen Expertise auf diesem Feld – der Nukleartechnik – entgegenzuwirken.

Die Parole „Atomkraft, nein danke!“ war politisch auf den ersten Blick sehr erfolgreich. Tatsächlich handelt es sich aber – je nach Perspektive – um einen Pyrrhussieg, Zynismus oder Heuchelei. Denn mit der Abschaltung regelbarer Kraftwerke erhöhen wir zwangsläufig unsere Abhängigkeit von Kernkraftwerken in unseren Nachbarländern (bzw. Russlands). Der hiesige doppelte Ausstieg –

aus Kernkraft und Kohle – ist nur möglich, weil unsere Nachbarn diesem Beispiel nicht folgen.

Statt anderen europäischen Ländern deren souveräne Entscheidungen ausreden zu wollen (Taxonomie-Diskussion), müssen wir physikalisch-technische Rahmenbedingungen anerkennen und den Wettbewerb als Entdeckungsverfahren mit voller Kraft nutzen.

Statt weiterhin jährlich zweistellige Milliardenbeträge (!) für die Alimentierung der Windkraftindustrie zu verschwenden, sollten wir in ähnlichem Umfang **technologieoffen in die Energieforschung investieren.**

Ohne ideologische Scheuklappen sollten alle bekannten und noch unbekannten Formen der Energieumwandlung, -speicherung, -leitung und -nutzung von einer solchen Forschungsoffensive profitieren. Vorschriften zum Schutz von menschlicher Gesundheit, Natur und Artenvielfalt dürfen dabei – im Sinne der proaktiven Akzeptanzsicherung – in keinem Fall aufgeweicht werden.

Alles Vorgenannte spiegelt Positionen wieder, wie sie seit unserer Vereinsgründung im Jahr 2013 geteilt und artikuliert wurden. Nie haben wir uns explizit für bestimmte Technologien ausgesprochen, nie den Ausstieg aus Kohleverstromung oder Kernenergie kritisiert, sondern uns stets darauf beschränkt, die Konsequenzen des Abbaus gesicherter Leistung aufzuzeigen.

Im Lichte des russischen Angriffs auf die Ukraine und der dadurch gegebenen akuten Handlungsnotwendigkeit zur Wahrung der Versorgungssicherheit bei Reduktion der – selbst verschuldeten! – einseitigen Abhängigkeit von russischem Gas ist allerdings schnelles Handeln erforderlich.

Verbände der Windkraftindustrie nutzten die Not bzw. Gunst der Stunde, um das Narrativ zu verbreiten, wonach durch verstärkten und

beschleunigten Ausbau von Windenergieanlagen die Abhängigkeit von russischem Gas reduziert würde. Ein Landeschef des BWE verstieg sich sogar zur hetzerischen Aussage, dass die Alternative zu mehr Windkraft der Blick in russische Kanonenrohre sei.⁷⁴ Dass dieses Narrativ falsch und gefährlich ist, offenbart Abb. 1 schon bei erster Betrachtung.

Geduldig die Ergebnisse des technologieoffenen Wettbewerbs abzuwarten, ist in der akut prekären Lage allerdings ebenso unmöglich.

Unter den **aktuellen geopolitischen Randbedingungen** (April 2022) ist alles zu tun, um die noch in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke vor der nur noch ideologisch begründbaren Zerstörung zu bewahren.

Bei der Kernenergie an der Spitze der (sicherheits-)technischen Entwicklung zu stehen, wäre einer „Vorreiternation“ würdig – der ideologischen Zerstörungswut freien Lauf zu lassen, wäre auch im Sinne der intendierten Vorbildfunktion in Sachen Klimaschutz fatal.

Auch die einzige subventionsfrei wettbewerbsfähige und reichlich vorhandene heimische Energiequelle Braunkohle⁷⁵ muss wenigstens temporär aus der weitgehend politisch definierten „Schmuddelecke“ herausgeholt werden. Um das Klima muss sich wegen eines eventuell verschobenen Kohleausstiegs niemand sorgen – alle energiebedingten CO₂-Emissionen sind im Emissionshandelsystem erfasst. Dieses sorgt automatisch dafür, dass eventuelle Mehremissionen aus der Lausitz und dem rheinischen Revier andernorts eingespart würden.

Wenn man **ideologische Scheuklappen absetzt**, sieht man auch technologische Optionen, mit denen der heimische Energieträger Kohle CO₂-neutral genutzt werden kann – Stichwort: CCS (Carbon Capture & Storage).

Optionen, die technologisches Know-how erfordern und perspektivisch auch echte Chancen eröffnen, mittels Technologieführerschaft im Weltmaßstab Emissionen zu reduzieren.

Wir bitten alle Entscheidungsträger, sämtliche technologischen Optionen unvoreingenommen in Betracht zu ziehen. **Der Zeitgeist ist ein schlechter Ratgeber.**

Im Sinne des ersten Bundeskanzlers

*„Aber meine Herren,
es kann mich doch niemand
daran hindern, jeden Tag
klüger zu werden.“*

Konrad Adenauer



möchten wir nachdrücklich dafür werben,

„dummes Geschwätz von gestern“

der Vergangenheit zu überlassen.

Einer „Fortschrittskoalition“ sollte das leicht fallen.

Deren Mitglieder, aber auch Mitglieder aller anderen politischen Gruppierungen, die sich um vernünftige Veränderungen bemühen, finden in unserem Netzwerk aus bundesweit über 900 Bürgerinitiativen Rückhalt und Bestärkung.

Insbesondere die nachstehend genannten Ansprechpartner sind gerne bereit, zu ihren Themen vertiefende Informationen zu geben.

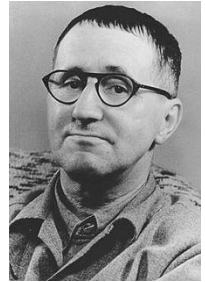
Entscheidungsträger, Journalisten und Multiplikatoren sind eingeladen, sich im persönlichen Austausch zu informieren und sich mit **argumentativem Proviant** zu versorgen.



Per Scan zu unseren Videos

„Kein Vormarsch ist so schwer wie der Weg zurück zur Vernunft.“

Bertolt Brecht



Der **Weg zu vernünftiger Energiepolitik** scheint weiter denn je.

Aber mit Ihnen wird er **gangbar**.
In vielen kleinen Schritten.



In diesem Sinne: gute Reise!

Zu den technischen Aspekten

Dr.-Ing. Detlef Ahlborn
Rolf Schuster
Prof. Dr.-Ing. Hans Jacobi
Prof. Dr.-Ing. Lothar Meyer
Prof. Dr. Gonde Dittmer
Prof. Dr. Fritz Vahrenholt
Prof. Dr. Michael Thorwart

Detlef.Ahlborn@Vernunftkraft.de
Rolf.Schuster@Vernunftkraft.de
Hans.Jacobi@Vernunftkraft.de
Lothar.Meyer@Vernunftkraft.de
Gonde.Dittmer@Vernunftkraft.de
Fritz.Vahrenholt@Vernunftkraft.de
Michael.Thorwart@Vernunftkraft.de

Zu den ökologischen Aspekten

Prof. Dr. Martin Kraft
Dr. Friedrich Buer
Dr. Gisela Decker
Dr. Hans Hönl
Harry Neumann
Johannes Bradtka

Martin.Kraft@Vernunftkraft.de
Friedrich.Buer@Vernunftkraft.de
Gisela.Decker@Vernunftkraft.de
Hans.Hoenl@Vernunftkraft.de
H.Neumann@Naturschutz-Initiative.de
Johannes.Bradtka@Landschaft-Artenschutz.de

Zu den ökonomischen Aspekten

Prof. Dr. Günter Specht
Prof. Dr. Tim Lohse
Dr. Nikolai Ziegler
Dr. Christoph Canne

Guenter.Specht@Vernunftkraft.de
Tim.Lohse@Vernunftkraft.de
Nikolai.Ziegler@Vernunftkraft.de
Christoph.Canne@Vernunftkraft.de

Zu den gesundheitlichen Aspekten

Prof. Dr. Werner Roos
Dr. med. Regina Pankrath
Dr. med. Ursula Bellut-Staeck
Prof. Dr. Werner Nohl

Werner.Roos@Vernunftkraft.de
Regina.Pankrath@Vernunftkraft.de
Ursula.Bellut@Vernunftkraft.de
Werner.Nohl@Vernunftkraft.de

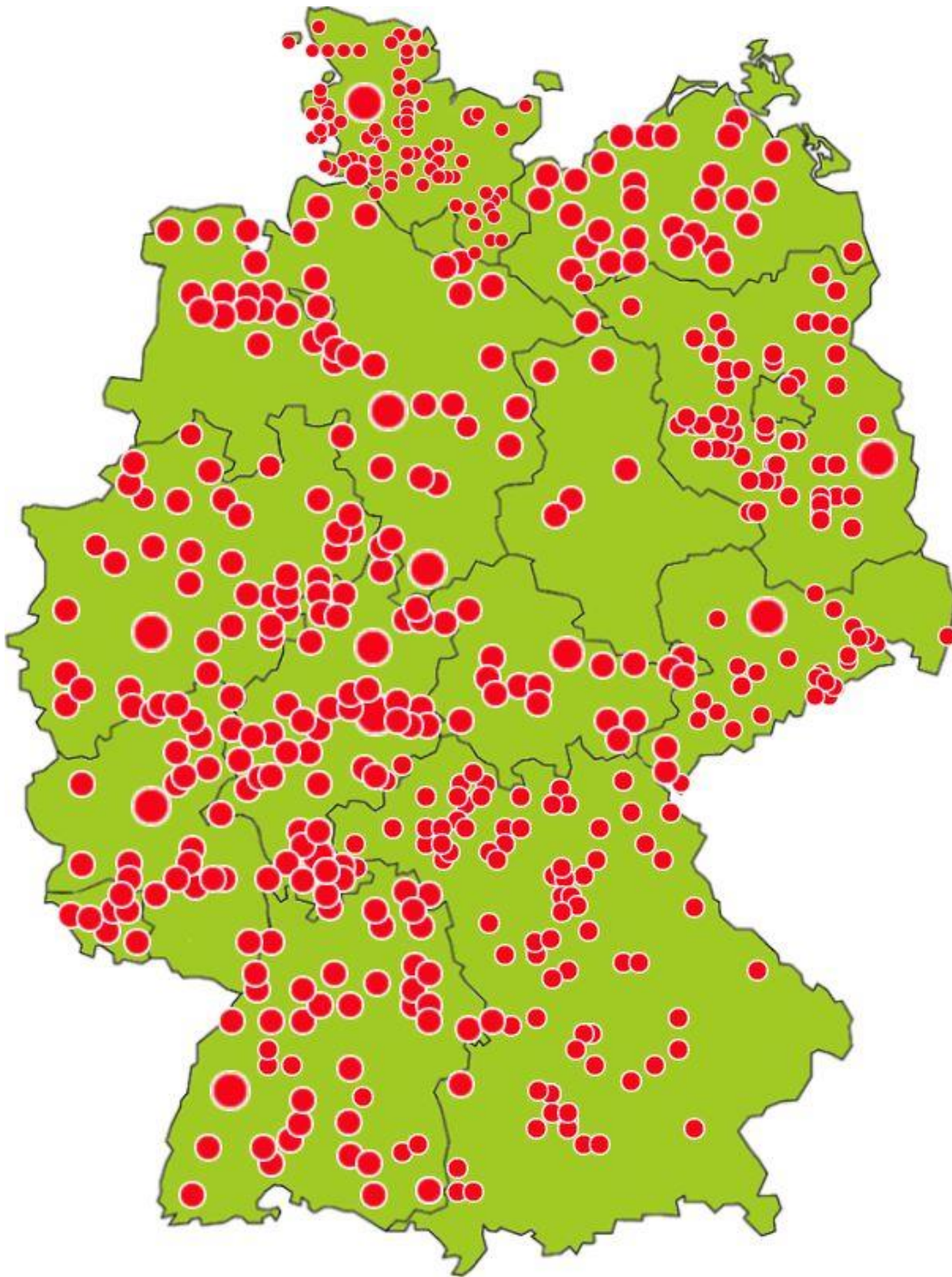
- 1) Thomas Petermann et al. (2011): [Ein großräumiger und langandauernder Stromausfall: eine nationale Katastrophe](#). Büro für Technikfolgenabschätzung beim deutschen Bundestag.
- 2) Detlef Ahlborn (2015): „[Glättung der Einspeisung durch Ausbau der Windkraft?](#)“, energiewirtschaftliche Tagesfragen, Dezember 2015.
- 3) Detlef Ahlborn (2020): Principal component analysis of West European wind power generation, in European Physical Journal Plus 2020, Vol 135, p. 568
- 4) Detlef Ahlborn (2018): Volatilität und Stochastik der Windstromerzeugung in Deutschland und Westeuropa. World of Mining - Surface and Underground, Jahrgang 70 (2018) No 2, S. 120-125
- 5) Thomas Linnemann und Guido S. Vallana (2018): „Windenergie in Deutschland und Europa - Status quo, Potenziale und Herausforderungen in der Grundversorgung mit Elektrizität.“ VGB Power Tech 10/2018.
- 6) Siehe 2)
- 7) Oliver Ruhnau und Stefan Qvist (2021): Storage requirements in a 100% renewable electricity system: Extreme events and inter-annual variability, ZBW - Leibniz Information Centre for Economics, Kiel.
- 8) BMBF (2020): [Fördermaßnahme FONA](#). Internetseite des Bundesministeriums für Forschung und Entwicklung Aussagen zum Wasserstoffpotential.
- 9) Detlef Ahlborn (2022) „Nutzung überschüssiger Wind- und Solarenergie durch Power to X- Konzepte“. In: Niederhausen, H.: Generationen-projekt Energiewende, Books on Demand, Norderstedt, S. 109-123.
- 10) Tagesspiegel (2021): [Fraktionsvize attackiert Laschets Klima-Politik als tödlich](#). Ausgabe vom 1.7.2021.
- 11) Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2019): Sondergutachten „[Aufbruch zu einer neuen Klimapolitik](#)“
- 12) Hans-Werner Sinn (2012): [Das grüne Paradox – Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik](#).
- 13) Wolfgang Eppele (2017): [Windkraftindustrie und Naturschutz sind nicht vereinbar](#).
- 14) Europäische Kommission (2020): [EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 – Mehr Raum für die Natur in unserem Leben](#)
- 15) Vernunftkraft (2022, 2020): Pressemitteilungen vom [6. April 2022](#) und vom [26.10.2022](#).
- 16) Bundesverbands für Fledermauskunde (2021): [Positionspapier zum Ausbau der Nutzung der Windkraft](#).
- 17) Cecilia Kruszynski, Liam D. Bailey, Lothar Bach u.a. (2021): High vulnerability of juvenile Nathusius' pipistrelle bats (Pipistrellus nathusii) at wind turbines. Ecological Applications, December 2021. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eap.2513>
- 18) Wilhelm Breuer (2015): „[Lizenz zum Töten](#)“, in: Nationalpark (4/2015).
- 19) Oliver Krüger (2016) „[Wir haben eine potenziell bestandsgefährdende Entwicklung](#)“, in: Der Falke (3/16)
- 20) Klaus Richarz (2022): [Interview im Magazin Stern](#) vom 18.2.2022.
- 21) Martin Flade (2012) „[Von der Energiewende zum Biodiversitätsdesaster](#)“, in: Vogelwelt (133).
- 22) Franz Trieb, Thomas Geiger, Matthias Gerz (2018): [Modellanalyse liefert Hinweise auf Verluste von Fluginsekten in Windparks](#). Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Jahrgang 68.
- 23) Helmholtz ESKP (2021): [Korrosionsschutz für Offshore-Windkraft – Problem für die Umwelt?](#)
- 24) Pierre Ibisch (2021): [Nur mit High-Tech retten wir den Wald](#). Beitrag in Focus-Online.
- 25) Peter Wohlleben (2021): [Windräder im Wald sind Irrsinn Quadrat](#). Interview in der Stuttgarter Zeitung.
- 26) Der SPIEGEL (2021): Raubbau im Namen der Umwelt. Ausgabe 44.
- 27) International Energy Agency (2021): The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition. World Energy Outlook, Special Report.
- 28) Dimitris Katsaprakakis, Nikos Papadakis und Ioannis Ntintakis (2021): A Comprehensive Analysis of Wind Turbine Blade Damage, Energies 2021, 14 (18).
Asbjørn Solberg, Bård-Einar Rimereit und Jan-Erik Weinbach (2021): Pollution from wind turbine blades. 5 th. Edition.
- 29) UBA (2018): [EU erkennt Bisphenol A als besonders besorgniserregend an](#). Pressemitteilung vom 22.1.2018.
- 30) Lee Miller und David W. Keith (2018): Climatic Impacts of Wind Power. Joule Vol. 2, 2618–2632, Dec. 19.
- 31) Lee Miller (2020): [The warmth of wind power, Physics Today](#), Vol. 73 (8).
- 31) Wissenschaftlicher Dienst des Bundestages (2020): [Mikroklimatische Effekte durch Windkrafttrader](#).
- 32) Helmholtz-Zentrum Hereon (2022): [Windparks verändern die Nordsee](#).
- 33) Ausfelder et al. (2017): »Sektorkopplung« – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems (Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft), München 2017.
- 34) Siehe 9)
- 35) James Lovelock (2020): *Das sind Schüler und Studenten, die zu viel Zeit haben*. Interview im SPIEGEL, 5/2020
- 36) Emmanuel Raju, Emily Boyd und Friederike Otto (2022): [Stop blaming the climate for disasters](#). Communications Earth and Environment Vol. 3 (1). (2022)
- 37) BDEW (2022) [Strompreisanalyse Januar 2022](#).
- 38) DICE Consult (2016): Gutachten „[Kosten der Energiewende](#)“.
- 39) Thure Traber, Claudia Kemfert, Jochen Diekmann (2011): „[Strompreise: Künftig nur noch geringe Erhöhung durch erneuerbare Energien](#)“, DIW Wochenbericht Nr. 6/2011.
- 40) RBB (2021): [Mehr als 400 Windkraftanlagen werden in Brandenburg stillgelegt](#). Online-Meldung vom 7.09.2021
- 41) Bundesnetzagentur (2021): [Monitoringbericht](#).
- 42) Vernunftkraft e.V. (2022): [Pressemitteilung vom 16. Februar 2022](#).
- 43) BMWi (2020): „[Was sind eigentlich Netzreserve, Kapazitätsreserve und Sicherheitsbereitschaft?](#)“. Newsletter 20/09.
- 44) Übertragungsnetzbetreiber (2021): [Netzentwicklungsplan 2035](#).
- 45) Frankfurter Allgemeine Zeitung (2022): [Deutschland droht nächstes Großprojektdebakel](#).
- 46) Deutsche Rohstoffagentur (2021): [Rohstoffe für Zukunftstechnologien](#). DERA-Rohstoffinformation Nr. 50.

- 47) Handelsblatt (2013): „[Solarbranche vor der Sonnenfinsternis. Studie zum Niedergang.](#)“
- 48) Bundestags-Expertenkommission Forschung und Innovation (2014): [Jahresgutachten 2014](#).
- 49) Die WELT (2022): „[Wirtschaftsforscher – Klimawende wird teuer](#)“. Online-Artikel vom 2.2.2022.
- 50) Wall Street Journal (2021): [World's Dumbest Energy Policy](#). Online-Artikel vom 29.1.2019.
- 51) Renewable Energy Foundation (2020): „[Wind Power Economics – Rhetoric and Reality.](#)“
- 52) Finanzwende Recherche gGmbH (2021): [Windige Öko-Versprechen – knapp zwei Milliarden Euro Anlegerverluste durch Investment-Flops](#). Online-Beitrag vom 7.10.2021.
- 53) NDR-Meldung (2017): Homepage-Beitrag über das Bürgerbeteiligungs-Gesetz vom 4.5.2017, letzter Aufruf am 12.9.2018. Siehe auch WELT (2017): [Nach neuem Gesetz noch keine Bürgerbeteiligung an Windparks](#), Online-Artikel vom 4.5.2017
- 54) Ostseezeitung (2021): [Erster Bürgerwindpark in MV wird zum Fiasko](#). Online-Artikel vom 17.7.2021.
- 55) Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Jahresgutachten [2012/13](#).
- 56) Manuel Frondel, Gerhard Kussel, Stephan Sommer und Colin Vance (2019): [Local Cost for Global Benefit: The Case of Wind Turbines](#). Ruhr Economic Papers 976.
- 57) Tim Broekel, Christof Alfken (2015): [Gone with the wind? The impact of wind turbines on tourism demand](#). Energy Policy, Volume 86, November 2015. Auch: Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Daten von 2012–2015.
Gardt, Manuel, Broekel, Tom, Gareis, Philipp und Litmeyer, Marie-Louise (2018): "Einfluss von Windenergieanlagen auf die Entwicklung des Tourismus in Hessen" Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie, vol. 62, no. 1, 2018, pp. 46-64
- 58) Georg Etscheit (Hrsg.) (2016): [Geopferte Landschaften. Wie die Energiewende unsere Umwelt zerstört. Ein Debattenbuch](#). Heyne-Verlag.
- 59) Handelsblatt vom 11.11.2017: [Windkraft entzweit Waldbesitzer](#).
- 60) Werner Nohl (2022): [Heimat, nicht Energieerwartungsland](#). Beitrag für die FAZ vom 10. März 2022
Werner Nohl (2021): Das Landschaftsbild - ein Lebenselixier. In: Natur und Naturschutz in Mecklenburg-Vorpommern (ILN und LUNG M-V, Hg.), Bd. 49: Landschaftskultur und Landschaftsästhetik, 104 – 129.
Werner Nohl (2015): Landschaftsästhetik heute. Auf dem Wege zu einer Landschaftsästhetik des guten Lebens. ökom Verlag, München.
- 61) Werner Roos und Christian Vahl (2021): [Infraschall aus technischen Anlagen - Wissenschaftliche Grundlagen für eine Bewertung gesundheitlicher Risiken](#). Zeitschrift für Arbeits-, Sozial und Umweltmedizin (ASU) 56: Heft 7,420-430.
- 62) Robert-Koch-Institut (2007): Infraschall und tieffrequenter Schall -ein Thema für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in Deutschland? Gesundheitsschutz; 50: 1582.
- 63) Christoph Pilger und Lars Ceranna (2017): The influence of periodic wind turbine noise on infrasound array measurements. Journal of Sound Vibration; 388: 188-200.
- 64) Christoph Pilger und Lars Ceranna (2021): Korrektur und Replik, Journal of Sound Vibration 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2021.116636BGR>.
- 65) Markus Weichenberger et al. (2017): [Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold Evidence from fMRI](#). PLoS ONE 12, 1.
- 66) Steven Cooper (2014); ["The results of an acoustic testing program Cape Bridgewater Wind Farm"](#). The Acoustic Group: Report 44.5100.R7, MSC 26th November, 2014.
- 67) Michael Bahtirian u. Allan Beaudry: Infrasound Measurements of Falmouth Wind Turbines, Technical Memo 2015 - 004. Noise Control Engineering, Billerica, MA 01821, USA.
- 68) Claire Paller (2014): [Exploring the Association between Proximity to Industrial Wind Turbines and Self-Reported Health Out-comes in Ontario](#), M Sc. Thesis,. University of Waterloo, Canada.
- 69) Cour d'Appel de Toulouse, Urteil Nr. 659/2021.
- 70) Werner Roos (2019): Infraschall aus Windenergieanlagen – ein verkanntes Gesundheitsproblem. Naturwissenschaftliche Rundschau 2019; 72: 343–350.
- 71) Anne Dumbrille, Robert Y. McMurtry, Carmen Marie Krogh (2021): [Wind turbines and adverse health effects: Applying Bradford Hill's criteria for causation](#). Environ Dis 2021;6:65-87.
- 72) Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Jahresgutachten [2014/15](#), [2013/14](#) und [2012/13](#).
- 73) Dirk Dubbers, Johanna Stachel, Ulrich Uwer (2021): [Energiewende – ein Kommentar aus der Physik](#).
- 74) Vernunftkraft e.V. (2022): [Pressemitteilung vom 3. März 2022](#).
- 75) Uwe Beckmeyer (2014): [Antwort auf parlamentarische Anfrage](#) von Annalena Baerbock.
- 76) Vernunftkraft e.V. (2022): [Jenseits der Scheuklappen – Unbekanntes und Unerwünschtes](#).

Bildnachweise:

Titelbild: Oberhausen im Nahetal, Rheinland-Pfalz
Vorwort: Struth im Landkreis Unstrut/Hainich, Thüringen
Schlusswort: Rennsteig in Thüringen

VERNUNFTKRAFT.



Bundesweit für **Mensch** und **Natur**.

IMPRESSUM

Bundesinitiative Vernunftkraft e.V.
Kopernikusstraße 9
10245 Berlin
www.vernunftkraft.de