

Stellungnahme zur Anhörung über die Änderung des EEG im Deutschen Bundestag am 18.11.2020, Drs. 19/23482 und Drs. 19/23714

Prof. Dr. Horst-Joachim Lüdecke (Dipl.-Physiker)
am 14.Nov.2020

Allgemeines zu EEG und „Neuen Energien“	1
1. Energiewende und EEG.....	2
2. Energie – ein Überblick.....	3
3. Zu geringe Leistungsdichte, der Weg zurück ins Mittelalter	4
4. Die unbehebaren Nachteile von zu kleiner Leistungsdichte	7
5. Der Erntefaktor: das Maß für Energieeffizienz	8
6. Leistungsdichte bezogen auf Landschaftsfläche.....	9
7. Die unbehebare Wetterabhängigkeit von Wind- und Sonnenstrom	9
8. Windräder näher betrachtet	10
9. Die grundsätzliche Grenze von Strom aus Wind und Sonne	11
10. Deutschlands Anteil an den weltweiten CO ₂ -Emissionen	12
11. Zusammenfassung	13
12. Quellenverzeichnis.....	14

Allgemeines zu EEG und „Neuen Energien“

Das EEG basiert auf zwei von der Politik gegebenen Begründungen, die beide der sachlichen Grundlage entbehren. Erstens: Deutsche Kernkraftwerke seien zu gefährlich und müssten daher so schnell wie möglich stillgelegt werden. Nach dem gültigen wissenschaftlichen Sicherheitskriterium „Todesopfer pro Terawattstunde erzeugter elektrischer Energie“ ist jedoch die Nutzung der Kernenergie von allen Methoden zur Stromerzeugung die sicherste [1,2,3]. Die zweite Begründung lautet, Deutschland müsse CO₂-neutral werden. Auch diese hält einer sachlichen Überprüfung nicht stand. In Kapitel 10 wird darauf eingegangen.

Der Gesetzentwurf der AfD-Bundestagsfraktion – Abschaffung des EEG für Anlagen, die ab dem 1. Januar 2021 in Betrieb genommen werden, Drucksache 19/23714 - gibt über Problematik, Kosten und Naturschäden durch das EEG bereits ausreichende Auskünfte. Der Gesetzentwurf ist sachlich belegt und stellt somit eine rationale Basis für parlamentarische Entscheidungen dar.

Dennoch sind das EEG und alle mit diesem Gesetz zusammenhängenden Aktionen, Ausführungsbestimmungen und schädlichen Auswirkungen zu einem für Laien und parlamentarische Abgeordnete nur noch schwer überschaubaren Komplex angewachsen. Infolgedessen soll in dieser Stellungnahme die Frage nach Beibehaltung oder Abschaffung des EEG unter grundsätzlichen, wissenschaftlich korrekten Kriterien, aber dennoch allgemeinverständlich beantwortet werden. Die beiden zu beantwortenden zentralen Fragen lauten dabei:

- **Wie muss eine Methode der Stromerzeugung beschaffen sein, die alle Forderungen nach Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und konsequentem Umweltschutz erfüllt?**
- **Genügen die durch das planwirtschaftliche EEG subventionierten „Neuen Energien“ diesen Forderungen?**

Die Antworten können nur dann dem „Wohle des deutschen Volkes“ (Wortlaut im Artikel 56 des Grundgesetzes) dienen, wenn sie frei von Ideologie, politischen Rücksichtsnahmen, oder wirtschaftlichen Interessen sind. Der Autor erklärt in diesem Zusammenhang als einziges Motiv seiner Stellungnahme die wissenschaftliche Wahrheit. Beeinflussungen seitens kommerzieller Unternehmen oder anderer Institutionen wie NGO's etc. sind ausgeschlossen. Die hier vorliegende Stellungnahme geht im Wesentlichen auf technische, wirtschaftliche und Naturschutzprobleme sowie Fragen der Versorgungssicherheit von EEG und „Neuen Energien“ ein.

1. Energiewende und EEG

Die Bundesregierung plante ursprünglich, bis zum Jahr 2050 gegenüber 2008 den Stromverbrauch um 25% zu senken, den Anteil an „Neuen Energien“ am Bruttostromverbrauch auf 80% zu erhöhen, die Treibhausgasemissionen um 80 bis 95% zu verringern und die Anzahl der Elektroautos auf 6 Millionen zu steigern. Diese Zielstellungen sind immer wieder verändert und deutlich unverbindlicher im Koalitionsvertrag festgehalten worden. Die Einzelheiten der jeweiligen Pläne spielen für die hier behandelten grundsätzlichen Zusammenhänge aber keine Rolle.

Das mit dem planwirtschaftlichen EEG erzwungene Vorhaben „Energiewende“ setzt Strom aus Wind, Sonne und Biomasse („Neue Energien“) an erste Stelle. Die Energiewende betrifft aktuell fast nur elektrischen Strom. Elektrische Energie macht, über die Jahre nur wenig verändert, etwa 1/6 der deutschen Primärenergie aus [4]. Daran wird sich auch in Zukunft nichts Wesentliches ändern. Elektrische Energie, kurz Strom, ist die wichtigste, unverzichtbare Energieform für jede moderne Industriegesellschaft und nur ein Medium, um Energie zu transportieren. Strom besitzt keine Masse, er wird aus einer anderen Energieform erzeugt und beim Verbraucher in die jeweils benötigte Energieform umgewandelt. Man kann ihn in größerem Umfang nur über verlustreiche und kostspielige Umwege speichern, etwa mit Pumpspeicherwerken oder Batterien. Das Stromnetz selber ist kein Speichermedium. Ohne Speicherung muss Strom zum Zeitpunkt seiner Erzeugung sofort verbraucht werden.

Die Energiewende hatte von Anfang an mit erheblichen Problemen zu kämpfen. Trotz bereits im Jahre 2017 über 28.000 installierter Windturbinen, deren Nennleistung bereits alle ehemaligen deutschen

Kernkraftwerke übertraf [5], machte verbrauchter Windstrom 2019 dennoch nur grob 3,3 % der deutschen **Primärenergie** aus, Sonnenstrom etwa 1,1 % [6]. Auch an diesen kleinen Zahlen hat sich bis zum heutigen Tage nichts Maßgebendes geändert, sie sind mit dem weiteren Ausbau der Windenergie nur unmaßgeblich größer geworden.

Mehr als 1000 Bürgerinitiativen wenden sich gegen die Beeinträchtigung ihrer Naturumgebung durch Windturbinen und gegen gesundheitsschädigenden Windrad-Infraschall. Weiterer Windrad-Ausbau lässt daher weiter zunehmenden gesellschaftlichen Widerstand erwarten. Deutschland hat heute die höchsten Strompreise Europas, und Behörden müssen inzwischen Maßnahmen gegen großräumige Stromausfälle ergreifen, weil die Wahrscheinlichkeit gefährlicher Blackout-Ereignisse infolge zunehmenden Fluktuationsstroms aus Wind und Sonne stetig ansteigt [7].

Dem Fluktuationsproblem von Wind- und Sonnenstrom wird mit aufwendigem Zu- und Abschalten von schnell reagierenden Gaskraftwerken begegnet (Gas-und-Dampf-Kombi-Backupkraftwerke). Das für die Netzstabilität notwendige Vorhalten von fossilen Backupkraftwerken, deren Leistung der Gesamtleistung aller fluktuierenden Neuen Energien entspricht, ist infolgedessen zu einem maßgebenden Kostenfaktor der Energiewende geworden.

Die Gründe für die Probleme bei der Energiewende sind primär keineswegs falsches Management, unzureichende Planung oder technische Unzulänglichkeiten. Vielmehr rühren die Probleme daher, dass die „Neuen Energien“ zwei naturgesetzlich bedingten und durch keine menschliche Maßnahme behebbaren **Fundamentalmängeln** unterliegen, welche sie für den Einsatz in modernen Industrieländern gänzlich **ungeeignet** machen:

- **Eine zu geringe Leistungsdichte**
- **Ihre Wetterabhängigkeit**

Der politische Versuch, diese naturgesetzlich bedingten Mängel gewaltsam zu umgehen, führt unabdingbar zu extremen Kosten und untragbaren Umweltbelastungen durch Windräder und Energiemais. Der gesetzlich verankerte Tierschutz greift längst nicht mehr, Flugtiere und Insekten werden durch Windturbinen in inzwischen untragbarem Ausmaß vernichtet. In endlosen Energiemaisfeldern herrscht Todesstille infolge einer vernichteten Artenvielfalt.

Im Folgenden wird komprimiert dargelegt, warum die beiden Fundamentalmängel der „Neuen Energien“ und damit des „**EEG**“ eine unvermeidbare Konsequenz elementarer Naturgesetze sind. Dies ist zwar allen Fachleuten bestens bekannt, nicht aber den politischen Verantwortlichen und dem Großteil der Medien. Eine Koalition mangelnden Sachverstands von Politik und Medien im heutigen Deutschland meint, Physik und technische Regeln durch „Wollen“ ersetzen zu können. Das kann nicht gut ausgehen.

2. Energie – ein Überblick

Der tägliche Energiebedarf eines Erwachsenen hat sich im Lauf der Zeiten laufend erhöht. Er betrug etwa 8 kWh bei Jägern und Sammlern der Steinzeit, 30 kWh im Mittelalter und ist auf über 200 kWh in modernen Industriegesellschaften angestiegen [8]. Jäger und Sammler deckten ihn noch mit Feuerholz, im Mittelalter kamen Landwirtschaft, Zugtiere, Wasserräder und Windmühlen hinzu.

Heute (2015) wird der Energiebedarf der Menschheit zu insgesamt 81,4% von Kohle, Erdöl und Gas gedeckt (Bild 1 links). Der Rest kommt aus Uran 4,9%, Wasserkraft 2,5%, Biobrennstoffen 9,7% und den „Neuen Energien“ Wind sowie Sonne, Geothermie, Gezeitenenergie etc. 1,5%. An dieser Zusammensetzung wird sich in den nächsten Jahrzehnten nur wenig ändern. Wind- und Sonnen-

Energie spielen im weltweiten Verbrauch keine Rolle. In Deutschland würden sie bei freien Marktverhältnissen (keine Subventionen, keine gesetzliche Zwangseinspeisung von Sonnen- und Windstrom, kurz kein EEG), sowie wegen ihrer zu hohen Kosten und Umweltbelastungen nicht vorkommen. Allein die Umlagen zur Förderung der „Neuen Energien“ durch das EEG belasten deutsche Volkswirtschaft und Verbraucher mit ca. 30 Milliarden Euro pro Jahr [9]. Dies zwar ohne jedweden wirtschaftlichen oder versorgungstechnischen Nutzen, dafür aber mit schädlichsten Umweltfolgen und höchsten Kosten. Ein noch ungünstigeres Verhältnis von Kosten zu Nutzen als EEG/„Neue Energien“/„Klimaschutz“ ist kaum vorstellbar.

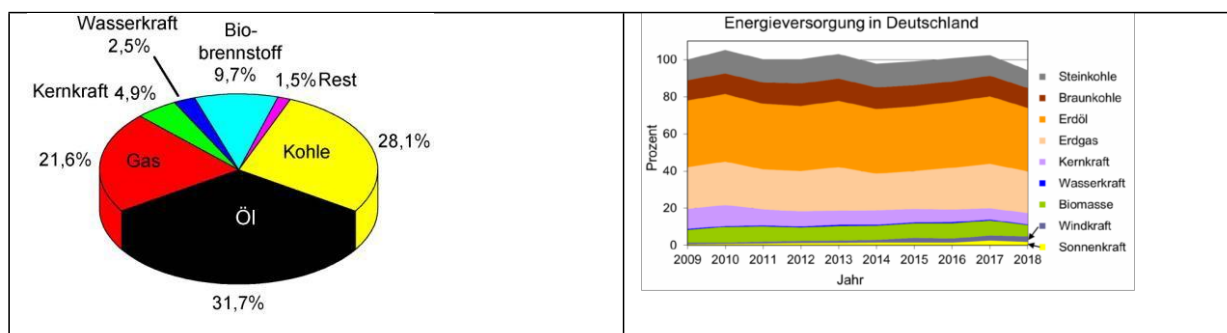


Bild 1: Links: Methoden-Anteile weltweit 2015 [10] (Holz und Holzkohle, hier unter Biobrennstoffe, stellen mit dem 3,75-fachen der Windenergie zumindest in der EU den größten Anteil an den „Neuen Energien“). Rechts: Methoden-Anteile Deutschlands, die sich vom linken Teilbild nicht maßgebend unterscheiden [11].

Die in heutigen Windturbinen und Fotovoltaikanlagen enthaltene modernste Technik verstellt den Blick auf die grundsätzlichen, naturgesetzlichen Nachteile dieser beiden Methoden zur Stromerzeugung. Bereits die Energie- und Nahrungsversorgung im Mittelalter liefert für diese Nachteile anschauliche Beispiele, obwohl es damals noch keinen elektrischen Strom gab. Die ab etwa 700 n.Chr. einsetzende Klimaerwärmung mit ihrem Höhepunkt um das Jahr 1000 ließ Ernteerträge und Bevölkerungszahlen ansteigen, riesige Waldflächen wurden für den benötigten Ackerboden gerodet, bis 1400 verschwanden zwei Drittel des deutschen Waldes [12]. Der Aufwand an menschlicher Arbeit, Zugtieren und Ackerflächen für die Landwirtschaft, welche 90% der Bevölkerung beschäftigte, reichte für die anwachsende Bevölkerung gerade noch aus. Im Spätmittelalter wurde die Ernährungssituation wegen einsetzender Klima-Abkühlung und daher schlechterer Ernten prekär. Es begannen die Zeiten der Hungersnöte, verstärkt durch Seuchen und Pest. Erst die Mechanisierung der Agrarwirtschaft durch Verbrennungsmaschinen und neuzeitliche Chemie (Dünger und Schädlingsbekämpfungsmittel) beendete diese Zustände. Aktuell ernährt ein Landwirt in Deutschland etwa 130 Mitbürger. Warum uns die mittelalterlichen Zustände bereits Wesentliches über die Energiewende, „Neue Energien“ und das EEG erklären können, wird in den folgenden Kapiteln dargelegt.

3. Zu geringe Leistungsdichte, der Weg zurück ins Mittelalter

Vorab, da immer wieder von Medien und Politikern Energie mit Leistung verwechselt wird: Leistung ist fließende Energie, also Energie pro Zeit, und umgekehrt ist Energie = Leistung x Zeit. Für Leistung ist eine gebräuchliche Maßeinheit das Kilowatt kW. Infolgedessen wird Energie in kW x Stunden (kWh) angegeben – diese Einheit steht auf der Stromrechnung. Energie kostet Geld, Leistung nicht - lediglich

sind leistungsstärkere Geräte oder Fahrzeuge teurer als leistungsschwache. Ein Beispiel aus dem täglichen Leben: Die Nutzung eines Haarföhns von 1,6 kW Leistung über ¼ Stunde, verbraucht die Energie von $1,6 \text{ kW} \times 1/4 \text{ h} = 0,4 \text{ kWh}$. Bei z.B. 35 Cts pro kWh kostet es hier $0,4 \times 35 = 14 \text{ Cts}$.

Für das Thema EEG ist freilich entscheidend, durch welche Flächen die Energie fließt. Beispiel Photovoltaik: Ein Hausbesitzer mit Dach-Solarpanelen möchte wissen, wieviel Energie er mit 1 m^2 Panelenfläche im Jahr erntet. Dazu benötigt er die jahresgemittelte Leistung seiner Solarpanelen pro 1 m^2 Fläche. Diese im Folgenden zentrale Größe **Leistung / Fläche** ist die **Leistungsdichte**. Warum sie zentral und von größter Bedeutung ist, kann ein erstes Anschauungsbeispiel vermitteln: Ein Steak auf dem Kohlegrill ist in 3-5 Minuten „durch“, es hat dann ausreichend Energie (Wärme) aufgenommen. Legt man das Steak dagegen in die pralle Sonne, muss man extrem viele Sonnenstunden warten, bis das Steak die gleiche Energie aufgenommen hat – nebenbei dürfte das Steak dann ungenießbar sein. Der Kohlegrill liefert seine Leistung extrem gebündelt (hohe Leistung pro Fläche = hohe Leistungsdichte), die Sonne dagegen nur extrem verteilt (kleine Leistung pro Fläche = kleine Leistungsdichte). Tabelle 1 weiter unten zeigt, dass der Unterschied der Leistungsdichten von Kohle und Sonneneinstrahlung mehr als das Tausendfache beträgt.

Konkret zum EEG und den „Neuen Energien“ soll nun der russische Eisbrecher Arktika als Veranschaulichung dienen: Er wird von zwei kleinen Kernreaktoren an Bord mit einer Gesamtleistung von 55 MW angetrieben [13]. Wollte man die Arktika mit Photovoltaik anstatt mit Uran betreiben, wären rechnerisch 5,5 Quadratkilometer Photovoltaik-Fläche erforderlich, die hierzulande jahresgemittelt etwa 10 W reale Leistung pro m^2 Solarpanelenfläche liefert. Mit Windstrom an Stelle von Uran wären 42 Windturbinen des Typs Enercon E 126 erforderlich, jede Turbine 198 m hoch und mit einer realen Leistung von 1,3 MW (zur Vermeidung von Missverständnissen: reale Leistung ist nicht mit den von den Herstellern angegebenen weit größeren Nennleistungen zu verwechseln, Kap. 4). Eine wind- oder sonnengetriebene Arktika wäre bei Flaute oder Wolkenbedeckung dennoch nicht fahrtüchtig. Die Frage nach den Gründen für den extrem hohen Aufwand dieser hypothetischen Antriebe der Arktika mit den „Neuen Energien“ Wind oder Sonne beantwortet die bereits erwähnte Leistungsdichte – nachfolgend noch einmal zusammengefasst:

Leistungsdichte = Leistung / Fläche W/m^2 **Glg.(I) oder umgekehrt**

Leistung = Leistungsdichte x Fläche $W = (\text{W/m}^2) \times \text{m}^2$ **Glg.(II)**

Auf der linken Seite von Glg.(II) steht für alle drei Antriebsarten der Arktika die gleiche vom Eisbrecher benötigte Leistung von 55 MW. Die Faktoren der rechten Seite zeigen dagegen dramatische Unterschiede zwischen Uran, Wind und Sonne. Kernreaktoren haben extrem hohe Leistungsdichten - höchste Leistung auf minimaler Fläche. Deswegen baut man sie sogar seit Jahrzehnten in U-Boote ein. Sonne und Wind haben dagegen nur minimale Leistungsdichten. Die Leistungsdichten von **Sonne und Wind** sind zu **klein**, um für den Antrieb der Arktika und insbesondere auch generell für die Stromerzeugung eines modernen Industrielandes geeignet zu sein. Manchmal spricht man hier auch von zu „dünnere Energie“.

Der entscheidende Punkt ist: Bei **kleinen** Leistungsdichten müssen die zugehörigen, mit Technik und Material zugebauten Wirkflächen **groß** sein, um noch ausreichend Energie zu ernten. Bei der Arktika sind es die extrem großen Photovoltaik-Flächen bzw. die extrem großen von den Windrad-Propellern überstrichenen Flächen. Nur so kann das Produkt in Glg.(II) noch die benötigten 55 MW ergeben. Das „Einsammeln“ von zu dünner Energie ist naturgesetzlich nur unter hohem Aufwand, Materialverbrauch und hohen Kosten möglich - insbesondere bei Wind und Energiemais auch noch begleitet von extremer Naturschädigung. Tabelle 1 zeigt konkrete Werte von Leistungsdichten.

Methode der Stromerzeugung	Leistungsdichte W/m ²	Wirkfläche
Erdwärme	0,03	Erdboden
Photovoltaik *)	10	Solarzellenfläche
Wind Hessen *)	~45	überstrichene Propellerfläche
Wind Nordsee *)	~200	überstrichene Propellerfläche
Wasser von 6 m/s	100.000	Turbinenquerschnitt
Kohle	250. 000	Brennkesselwand
Kernkraftwerk	300.000	Hüllrohrfläche des Urans

*) bundesdeutsches Mittel über Ort und Jahreszeiten

Tabelle 1: Leistungsdichten unterschiedlicher Methoden zur Erzeugung von elektrischem Strom, angegeben in W/m² des Endprodukts „elektrische Energie“ unter Einbeziehung der jeweiligen Methoden- Wirkungsgrade [14].

Die in Tabelle 1 dokumentierten Unterschiede der Leistungsdichten von Wind, strömendem Wasser und Kohle sind oft anschaulich. So kann man sich noch gegen einen Sturm von 20 m/s (= 72 km/h) Windgeschwindigkeit stemmen (Energie aus Wind), dagegen in einen reißenden Wildfluss von weit weniger als 20 m/s Fließgeschwindigkeit zu geraten, endet oft tödlich (Energie aus Wasserkraft). Auch der bereits angesprochene Unterschied zwischen der in die Haut eindringenden Energie beim sich sonnen auf der Schwimmbadwiese (Energie aus Sonne) und der in ein Steak eindringenden Energie auf einem glühenden Holzkohlegrill (Energie aus Kohle) ist unschwer zu verstehen.

Nun wird das mittelalterliche Energie- und Nahrungsproblem verständlich. Methoden kleinster Leistungsdichten, riesige ertragsschwache Ackerflächen und extremer Aufwand an Arbeitskraft von Mensch und Zugtier lieferten nur bei günstigem Klima gerade noch ausreichenden Ertrag. Auch die modernste Windturbine ist wegen der minimalen Leistungsdichte des Windes nichts anderes als **ein Rückschritt zu den mittelalterlichen Methoden der Windmühle und des Segelschiffs**. Eine moderne Industriegesellschaft mit Sonnenstrahlung und Wind betreiben zu wollen ist in ihrer sachlichen Unsinnigkeit durchaus vergleichbar mit den lokalpolitischen Auseinandersetzungen der Bürger von Schilda, die das Sonnenlicht mit Säcken einfangen wollten. Nicht umsonst haben unsere klügeren Vorfahren Segelschiffe freudig zugunsten des Dampf- und späteren Dieselantriebs aufgegeben.

Das hier betonte „naturgesetzlich“ besagt, dass die auch noch wetterabhängigen Leistungsdichten von Wind und Sonneneinstrahlung nicht zu ändern sind. Lediglich die Ernteerträge von Energiemais lassen sich mit moderner Genetik und Düngung geringfügig erhöhen. Die Natur selber setzt die Grenzen, auch beste Technik ist machtlos. Eine Pferdekutsche auch mit heutiger Computersteuerung und modernster Kutschenmechanik kann niemals mit einem Motorfahrzeug mithalten.

Ein Wort noch zur Sonneneinstrahlung, deren Nutzung von vielen Hausbesitzern wegen der (jetzt auslaufenden) üppigen Vergütungen gerne angenommen wurde. Gemäß Tabelle 1 kommen im Jahresmittel Deutschlands nur grob 10 W/m² Leistungsdichte am Erdboden an, obwohl diese am oberen Rand der Erdatmosphäre mit 1367 W/m² mehr als das Hundertfache größer ist. Verantwortlich für diese extremen Verluste ist die durch Wolken unterbrochene und bei Nacht völlig fehlende Strahlungsleistung. Ferner betragen die Wirkungsgrade von realer Dach-Photovoltaik nur etwa 10%, weil die Oberflächen der meist fest installierten Solarpanelen nicht permanent auf die Sonne ausgerichtet sind, sie allmählich verschmutzen und ihr Wirkungsgrad auch noch mit steigender Temperatur dramatisch abnimmt [15].

Neben der Leistungsdichte ist auch die **Energiedichte** als Energie pro Volumen (oder pro Masse) eine maßgebende technisch/wirtschaftliche Größe. Das unlösbare Reichweiteproblem von Elektroautos wird mit ihr verständlich. Benzin hat nach Abzug der Wirkungsgradverluste eine Energiedichte von rund 4 kWh/kg, ein Lithium-Ionen-Akku dagegen von 0,18 kWh/kg. Ein Elektroauto muss daher grob das $4/0,18 = 22$ -fache Treibstoffgewicht eines Benzinautos mit sich führen. Hier sind nicht nur das zusätzlich zu transportierende Treibstoffgewicht in Form von Akkus sondern auch die langen Ladezeiten die Gründe, warum Elektroautos über Innenstädte und Golfplätze hinaus niemals sinnvoll sein können [16].

4. Die unbehebbarsten Nachteile von zu kleiner Leistungsdichte

Wie Glg.(II) zeigt, sind bei zu kleiner Leistungsdichte unabdingbar sehr große Wirkflächen erforderlich, um die gewünschte Leistung zu erhalten. Dementsprechend steigt mit sinkender Leistungsdichte der Aufwand an Energie, Material und Kosten bei Bau und Betrieb an. Die folgenden Daten der Großwindanlage Enercon E 126 belegen dies: 198 m Gesamthöhe, überstrichene Propellerfläche $12470 \text{ m}^2 = 1,247 \text{ ha}$, Gewicht 3460 t plus 3500 t Stahlbetonfundament. Bereits drei E 126 wiegen soviel wie alle 300 Leopard II - Panzer von je 68 t der deutschen Bundeswehr. Trotz 7,5 MW Nennleistung liefert die E 126 im bundesdeutschen Orts- und Jahres-Mittel nur 1,3 MW elektrische Leistung (Kap. 8). Dies entspricht grob 7 Automotoren von je 200 kW Leistung. Neben der geringen Leistungsdichte des Windes gibt es noch weitere methodenspezifische Gründe für die extrem geringe Leistungsausbeute aus Windrädern, die im Kapitel 8 erläutert werden. Es bedarf schon mehr als 100 km Windturbinen hintereinander, um die gleiche jahresgemittelte Leistung wie mit einem einzigen großen Kohle- oder Kernkraftwerk zu erzielen.

Zudem fluktuiert die aus Wind oder Sonne gewonnene Leistung, die von fossilen und Uran-Kraftwerken ist dagegen stetig und dem Verbrauch problemlos anpassbar. Windturbinen, inzwischen höher als der Kölner Dom, erweisen sich wegen ihrer gigantischen Abmessungen als extrem umweltschädlich. Landschaftsentstellungen, gesundheitliche Schädigung von Windrad-Anrainern durch Infraschall [17] und das jährlich hunderttausendfache Töten von Greifvögeln, Störchen und Fledermäusen wurden bereits erwähnt. Fledermäuse können zwar durch ihre Ultraschallortung den hohen Tangentialgeschwindigkeiten der Rotorblätter entkommen, die Luft-Druckstöße zerreißen ihnen aber die Lungen.

Nicht thematisiert und daher der Öffentlichkeit noch völlig unbekannt sind die bei intensivem Einsatz von Windturbinen erzeugten schädlichen Mikroklimaveränderungen der tiefen Atmosphäre [17]. Die oft auf Hausdächern installierte Photovoltaik ist dagegen umweltneutral, sieht man von Problemen durch giftige Metalle (Cadmium) bei der Entsorgung von Solarzellen ab. Energiemais zerstört die Artenvielfalt auf seinen Anbaufeldern. Zusammengefasst gilt gemäß Glg.(II) die naturgesetzliche Regel:

**Je kleiner die Leistungsdichte einer Stromerzeugungsmethode, um so größer ihre
Wirkfläche, Kosten und Umweltbelastung**

Die historische Entwicklung belegt, dass technischer Fortschritt bei gleichzeitig zunehmendem Umweltschutz nur mit immer **größeren Leistungsdichten** in Energiegewinnung, Stromerzeugung, Produktion, Verkehr etc. zu erreichen ist. Diese Gesetzmäßigkeit gilt unverändert auch für alle Zukunft. Die benötigte Energie für eine anwachsende Bevölkerung bei zunehmendem Lebensstandard kann wirtschaftlich und umweltschonend nur mit den jeweils verfügbaren Methoden höchster Leistungsdichte bereitgestellt werden. „Neue Energien“ weisen die geringsten Leistungsdichten aller Methoden auf. Sie sind für moderne Industriegesellschaften ungeeignet, naturschädigend,

fortschrittsfeindlich und rückwärtsgewandt. Allenfalls in Ländern der Dritten Welt können sie vorübergehend sinnvoll sein, wenn diese noch nicht über leistungsstarke Methoden verfügen. Die größten Umweltschäden sind heute in Entwicklungsländern, nicht aber in modernen Industrienationen zu finden. Das oft in den Medien betonte „sanft“, mit dem „Neue Energien“ als vorteilhaft und umweltschonend dargestellt werden, stellt die Fakten auf den Kopf. Es verhält sich genau umgekehrt: Je „sanfter“ eine Methode zur Erzeugung von elektrischer Energie ist, um so kostspieliger und umweltschädlicher ist sie.

5. Der Erntefaktor: das Maß für Energieeffizienz

Der Erntefaktor, englisch EROEI (Energy Returned to Energy Invested), quantifiziert die bisherigen Ausführungen. Vereinfacht ausgedrückt, ist er das Verhältnis der gesamten, während der Lebenszeit einer Methode zur Stromerzeugung erzeugten elektrischen Energie zu derjenigen Energie, die für ihren Betrieb selber aufgewendet wurde - inklusive des erforderlichen Energieaufwands, um die benötigten Brennstoffe zu fördern und bereitzustellen. Auch die Entsorgung gehört noch dazu. Der EROEI ist ein Energiemultiplikator. Man investiert zunächst Energie und erhält ein Vielfaches zurück - natürlich nur bei $EROEI > 1$, sonst wäre es ein Verlustgeschäft.

Im Jahre 2012 wurde über den EROEI eine grundlegende Fachstudie publiziert. Neben der Bedingung $EROEI > 1$ gibt es noch die Forderung $EROEI > 7$. Unterhalb von 7 ist eine Methode volkswirtschaftlich nicht mehr sinnvoll. Zur Begründung des Faktors 7 wird auf die Originalarbeit verwiesen, das Bruttosozialprodukt sowie OECD-Technologien gehen dort ein. Bei der Berechnung des EROEI für Wind- und Sonnenstrom wird auch der Energieaufwand zur Pufferung des fluktuierenden Zufallsstroms berücksichtigt, weil fluktuierender Strom zur direkten Einspeisung in ein Stromnetz ungeeignet ist. Auf diesen zweiten Fundamentalmangel der „Neuen Energien“ Wind und Sonne wird in den Kapiteln 7 und 9 eingegangen. Bild 2 zeigt den EROEI für die wichtigsten Methoden zur Erzeugung von elektrischem Strom.



Bild 2: Erntefaktoren für Methoden der Stromerzeugung gepuffert, d.h. der Fluktuationsausgleich von Sonne und Wind ist berücksichtigt. Sonne, Energiemais (Biomasse) und Wind liegen **unter** der ökonomischen Schwelle von OECD-Ländern.

6. Leistungsdichte bezogen auf Landschaftsfläche

Zur Angabe der Leistungsdichte gehört die Spezifizierung der Fläche. An Stelle der in Tabelle 1 (Kap. 3) angegebenen Wirkflächen sind Landschaftsflächen wichtiger. Wählt man diese, ändert sich bei Photovoltaik und Energiemais nichts. Energiemais hat von allen Methoden mit grob $0,2 \text{ W/m}^2$ die geringste Leistungsdichte [18]. Dieser Wert lässt fragen, wieviel Anbaufläche rechnerisch benötigt würde, um ausschließlich mit Energiemais den gesamten Inlandsstrom Deutschlands 2016 zu erzeugen: Pro Quadratmeter beträgt die Jahresenergiedichte von Energiemais $0,2 \text{ W/m}^2 \cdot 8760 \text{ h} = 1752 \text{ Wh/m}^2$. Der Inlandsstromverbrauch Deutschlands in 2016 betrug $593 \text{ TWh} = 593 \cdot 10^{12} \text{ Wh}$. Daher wären $(593 \cdot 10^{12} \text{ Wh}) / (1752 \text{ Wh/m}^2) = 3,1 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$ oder 310.000 km^2 Anbaufläche für Vollversorgung nötig. Das ist fast die Gesamtfläche Deutschlands.

Für Windturbinen im deutschen Jahres- und Ortsschnitt und ihre Installation in „Windparks“ (diese euphemistische Wortschöpfung ist angesichts der Naturschädigungen durch Windräder nicht akzeptabel) ist die Leistungsdichte bezogen auf Landschaftsfläche nur wenig höher als 1 W/m^2 (Stand 2015). Sie gilt für Windradparks, denn hier müssen Mindestabstände eingehalten werden, um Leistungsminderungen durch gegenseitige Strömungsbeeinflussung zu vermeiden. Ein Wert von $1,1 \text{ W/m}^2$ wurde in einer internationalen Fachpublikation für ein Gebiet der USA ermittelt, dessen Windverhältnisse mit Deutschland vergleichbar sind [19]. Er kann aber auch aus den verfügbaren deutschen Daten sehr grob abgeschätzt werden: in 2016 waren in Deutschland 27.000 Windräder installiert. Eine Windturbine nimmt in Windradparks etwa $0,3 \text{ km}^2$ Bodenfläche in Anspruch. Damit ergibt sich die erzeugte Jahresenergie zu $27000 \cdot 0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ W/m}^2 \cdot 8760 \text{ h} = 71 \text{ TWh}$. Mit der erzeugten Inlands-Stromenergie von etwa 80 TWh passt diese Grobschätzung gut zusammen. Mit Hilfe des bereits erhaltenen Resultats für Energiemais für Stromvollversorgung ist die zu Windrädern gehörige rechnerische Fläche mit $0,2 \text{ W} / 1 \text{ W} = 1/5$ zu multiplizieren. Dies entspricht etwa der Fläche Bayerns.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie weit ein zukünftiger Windradausbau überhaupt noch möglich ist. Die entscheidende Größe ist der minimale zulässige Abstand eines Windrads zur nächsten Wohnsiedlung. Windräder erzeugen Infraschall, dessen gesundheitsschädigende Wirkung durch wissenschaftliche Untersuchungen belegt ist. Die heute gründlichste Studie über gesundheitsschädliche Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen wurde in Zusammenarbeit der Charité Berlin mit der Physikalisch Technischen Bundesanstalt PTB Braunschweig und zwei Hamburger Universitätskliniken erstellt [17]. Vermutlich wegen Infraschall ist in Bayern aktuell noch der Mindestabstand 10 H gültig, das bedeutet die zehnfache Gesamthöhe des betreffenden Windrads. Aus einer Studie des Bundesumweltamts [20] geht hervor, dass bei 2000 m Mindestabstand (dies entspricht 10 H bei 200 m hohen Windrädern) nur noch maximal $0,4\%$ der bundesdeutschen Fläche für den weiteren Windradausbau nutzbar ist. Der Ausbauplan der Bundesregierung für Windenergie erscheint daher unrealistisch.

7. Die unbehebbarer Wetterabhängigkeit von Wind- und Sonnenstrom

Der zweite Fundamentalmangel von Wind- und Sonnenstrom ist besser bekannt, er wird bereits von den Medien thematisiert. Es ist seine Wetterabhängigkeit. Zufallsstrom kann nicht ohne aufwendige und kostspielige Maßnahmen ins Stromnetz eingespeist werden. Die gelegentlich geäußerte Annahme, dass ein europaweiter Windradverbund für Glättung sorgen würde, hat eine ausführliche Studie widerlegt [21]. Das gemessene Minimum an gelieferter Windstrom beträgt nur 4% der europaweit installierten Windrad-Nennleistung. Wörtlich in der VGB-Studie: „Windenergie trägt damit praktisch nicht zur

Versorgungssicherheit bei und erfordert 100 % planbare Backup-Systeme nach heutigem Stand der Technik.“

Diese Backup-Systeme sind heute schnell reagierende Gaskraftwerke. Man muss daher für Wind- und Sonnenstrom ein gleichstarkes fossiles Backup-System installieren, welches die Gesamtkosten dieser beiden „Neuen Energien“ zumindest verdoppelt. Die Einspeisung von Zufallsstrom wird von den Medien inzwischen als eine der dringendsten Probleme der Energiewende angesehen. Die Soll-Netzfrequenz von 50 Hertz ist in engen Grenzen stabil zu halten, bereits bei Abweichungen von 0,2 Hertz besteht die Gefahr eines großflächigen Blackouts. So etwas war von den früheren Kohle-, Gas- und Kernkraftwerken mit ihrem stetigem Grundlaststrom unbekannt. Wetterabhängiger Zufallsstrom ist bis heute ohne Ersatzkraftwerke nicht in der Lage, den Strombedarf jederzeit zu decken. Ersatzkraftwerke sind aber infolge Teilbetriebs und hoher Lastwechselfrequenz schnelltem Verschleiß unterworfen und wirtschaftlich unrentabel. Auf Profit angewiesene Unternehmen haben kein Interesse sie zu bauen. Wirtschaftliche Speichersysteme für Strom in Deutschland als Alternative für Backup-Kraftwerke sind nicht in Sicht. Pumpspeicherwerke als bislang einzige Lösung, sind hierzulande aus topo-geografischen Gründen nicht möglich, von Einzelanlagen abgesehen.

8. Windräder näher betrachtet

Alle Strömungsmaschinen unterliegen dem physikalischen Gesetz *„Leistung proportional zur dritten Potenz der Strömungsgeschwindigkeit“* (grüne Kurve in Bild 3). Gemäß diesem v^3 -Gesetz führt Verdoppelung der Windgeschwindigkeit zur Verachtfachung der Stromleistung. Windschwankungen wirken sich infolgedessen mit dritter Potenz verstärkt auf die Windrad-Leistung. Die deutschen Windgeschwindigkeiten, im Binnenland grob zwischen 0 bis etwa 6 m/s, sind wegen des v^3 -Gesetzes für eine vernünftige Stromausbeute viel zu klein. Offshore und an Meeresküsten ist der Wind im Mittel zwar stärker, man muss aber schon ab etwa $v = 8$ m/s beginnen die Windrad-Leistung wegen zu großer mechanischer Belastung zu drosseln. Ab etwa $v = 13$ m/s muss ein Windrad auf die zulässige Maximalleistung (Nennleistung) begrenzt werden. Damit ist gerade der Bereich von sehr hohen Windgeschwindigkeiten kaum nutzbar (Bild 3).

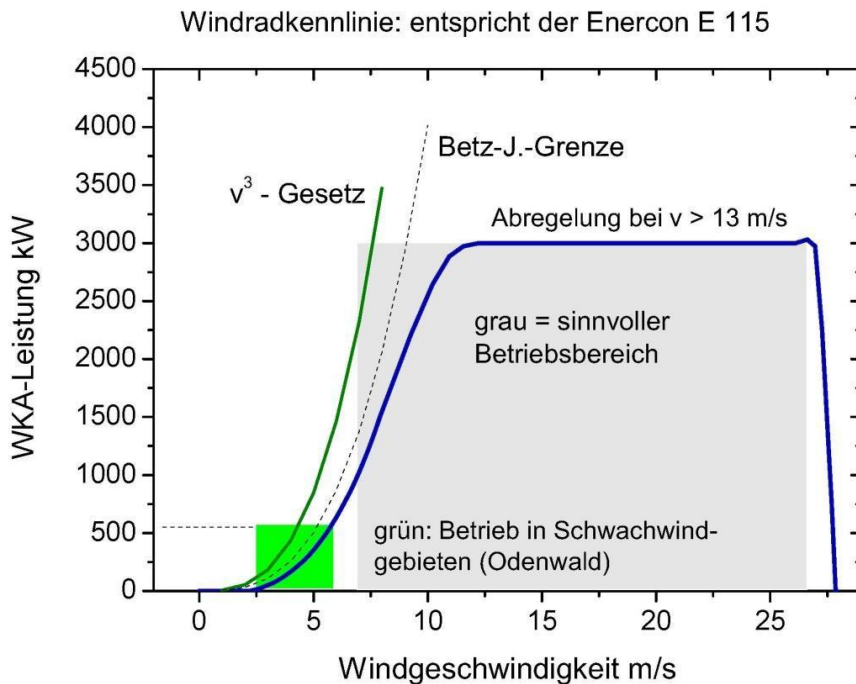


Bild 3: Beispiel einer Windradkennlinie (blau). Das v^3 Gesetz und die Betz-Joukowsky-Grenze werden prinzipiell von einem Windrad nicht voll erreicht. Die mittleren Windgeschwindigkeiten an der Nordseeküste liegen bei etwa 6 m/s, für Offshore Nordsee um die 9 m/s [22]. Selbst Offshore-Windgeschwindigkeiten lassen daher die Nutzung des eigentlich sinnvollen Betriebsbereichs von Windturbinen (grau) nur stark eingeschränkt in dessen linken Randbereich zu. Der grüne Bereich betrifft Waldgebiete und zeigt einmal mehr die sachliche Unsinnigkeit der Nutzung von Windenergie.

9. Die grundsätzliche Grenze von Strom aus Wind und Sonne

Die bisher geschilderten technischen und wirtschaftlichen Begrenzungen für die „Neuen Energien“ Wind und Sonne wären prinzipiell keine unüberwindbaren Hürden für ihren weiteren Ausbau, falls die Politik auf Kosten, Naturschutz, Landschaftsschutz und den Gesundheitsschutz von Windradanrainern (Infraschall) absolut keine Rücksichten nimmt. Gegenwärtig wird diese gegen Bevölkerung und energieintensive Industrie gerichtete und die Windrad-Profiteure unterstützende Politik tatsächlich verfolgt. Es existiert allerdings eine grundsätzliche technische Grenze für fluktuierenden Strom, bedingt durch die erforderliche Stabilität von Wechselstromnetzen. Grund dafür sind grundsätzlich unvermeidliche schnelle Störungen im Bereich von Sekundenbruchteilen bis wenigen Sekunden, etwa Netz-Abtrennungen durch den plötzlichen Ausfall eines großen Umspanntransformators (Blitzeinschlag o.ä.), die ohne Gegenmaßnahmen zum Zusammenbruch des gesamten Stromnetzes führen.

Um die fatalen Auswirkungen solcher kurzfristigen Störungen auf die Stabilität des Netzes auszuschließen, ist unabdingbar ein ausreichend hoher Prozentsatz der elektrischen Gesamtleistung von Synchrongeneratoren mit **großen Schwungmassen** zu erzeugen. Dies sind im Wesentlichen die klassischen Kohle- und Uran-Dampfkraftwerke. Leistungsungleichgewichte in Folge von Störungen werden hier passiv, also ohne zusätzliche Maßnahmen, durch Abbremsen (Ausspeicherung kinetischer Energie) bzw. Beschleunigen (Einspeicherung kinetischer Energie) der Schwungmassen verzögerungsfrei ausgeglichen.

Der Stromverbraucherschutz e.V. NAEB (<http://www.naeb.info/>) gibt als Faustformel für den

erforderlichen Anteil dieser Art von Kraftwerken 45% an. Auch eine Untersuchung der vier großen deutschen Netzbetreiber geht auf diese für unsere Stromversorgung überlebenswichtigen Zusammenhänge ein [23]. Der erforderliche Anteil von Grundlastkraftwerken hängt dabei von der aktuellen Netzstruktur, aber auch davon ab, welches Blackout-Risiko man noch toleriert. Die Netzbetreiber nennen eine Mindestleistung von 20 GW für den Regelblock Deutschland (die Stromleistung Deutschlands beträgt grob 60 GW). Mit den momentan noch vorhandenen Grundlastkraftwerken wäre die erforderliche Sicherheit zwar noch erreicht. Jedoch wird sich mit zunehmendem Windradausbau, dem gesetzlichen Abschalten weiterer Kernkraftwerke sowie dem vorgesehenen Beseitigen von Kohlekraftwerken die Versorgungssituation in Richtung größerer Instabilität und Black-Out-Gefahr stetig verschlechtern.

Bild 4 zeigt, wie es in Zukunft weitergeht, wenn die unverantwortliche Politik des Abschaltens von Kern- und Kohlekraftwerken weiterverfolgt wird. Bemerkenswert, dass bis heute die Bundesregierung nicht einmal angeben kann, woher der gemäß Bild 4 fehlende Strom zukünftig kommen soll.

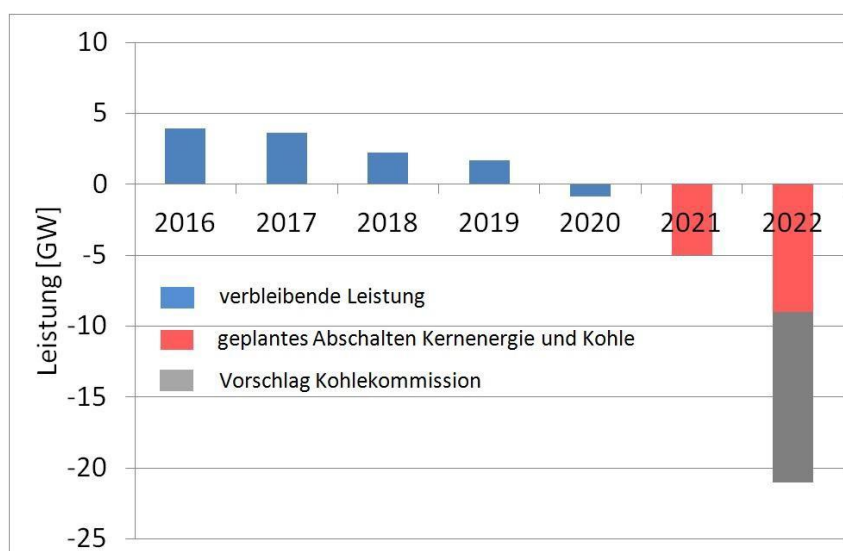


Bild 4: Verfügbare elektrische Leistung der Bundesrepublik Deutschland. Bild erstellt aus den Daten der deutschen physikalischen Gesellschaft [24]. Spätestens im Jahre 2022 wird die Unterdeckung sogar die von den vier Netzbetreibern genannte Minimalschwelle unterschritten haben.

10. Deutschlands Anteil an den weltweiten CO₂-Emissionen

Die wichtigste Begründung für das EEG und die „Neuen Energien“ ist die vermutete CO₂-Gefahr einer zu starken globalen Erwärmung. Auf Details dieser Hypothese soll hier nicht näher eingegangen werden, gründliche Information liefert das Sachbuch [16]. Hilfsweise soll im Folgenden aber eine maßgebende Klimaschädlichkeit des anthropogenen CO₂ vorausgesetzt werden, obwohl es dafür weder in der begutachteten Fachliteratur noch in den Sachstandsberichten des IPCC beweiskräftige Belege gibt.

Deutschlands Anteil an den weltweiten CO₂-Emissionen beträgt zur Zeit grob 2% - mit abnehmender Tendenz wegen der ungebremsst steigenden Kohleverbrennung von China, Indien, Südamerika und Afrika. Um zu ermitteln, wie sich eine Verringerung des deutschen CO₂-Beitrags um 80% (einer der vielen diesbezüglichen Pläne der Bundesregierung) auf die globale Mitteltemperatur bis zum Jahre 2050 auswirkt, wird von folgenden ungünstigen Annahmen ausgegangen: Die derzeitige CO₂-Konzentrationserhöhung der Luft beträgt 2 ppm/Jahr, das sind in den kommenden 30 Jahren bis 2050

in linearer Näherung $30 \times 2 = 60$ ppm mehr. Deutsche 80% Einsparungen seines 2% - Anteils bedeuten dann $0,8 \times 0,02 \times 60 = 1$ ppm weniger. Als ungünstigsten Wert der Klimasensitivität - hypothetische globale Erwärmung bei CO₂-Verdoppelung um 400 ppm auf 800 ppm - nennt das IPCC im Sachstandsbericht AR5 (2014) 4,5 °C. Die Temperaturverringerung durch 80% deutscher CO₂ - Einsparungen beträgt somit maximal $4,5 \times 1/400 = 0,01$ °C in den nächsten 30 Jahren. Dieses „Nichts“ von 0,01 °C kostet Deutschland viele Milliarden Euro jedes Jahr und wären das Ende Deutschlands als Industrie- und Wohlstands-Staat.

11. Zusammenfassung

In der vorliegenden Stellungnahme wurde belegt, dass „Neue Energien“ für eine moderne Industrienation ungeeignet und der Weg zurück ins energetische Mittelalter sind. Nicht umsonst hat der renommierte Ökonom Prof. Dr. Hans-Werner Sinn im Handelsblatt vom 29.3.2011 ausgesagt „**Wer meint, mit alternativen Energien eine moderne Industriegesellschaft betreiben zu können, verweigert sich der Realität**“. Verständlicherweise kopieren kaum andere Länder die deutsche Energiewende. Die es dennoch tun, wie Kalifornien und Südastralien, leiden bereits schmerzhaft an den Schäden. Auch das Argument „Klimaschutz“ geht fehl. Die weltweit ungebremst zunehmende Kohleverbrennung zusammen mit dem verschwindenden Anteil Deutschlands am atmosphärischen CO₂-Anstieg machen Deutschlands Bemühungen sachlich sinnlos (Kap. 10).

Einzige Rechtfertigung könnte „Rettung der Welt“ vor gefährlicher globaler Erwärmung durch Deutschlands „Vorbildfunktion“ sein. Diese Haltung verletzt freilich nicht nur das Prinzip der Verhältnismäßigkeit, sondern ist zudem bar jeder Vernunft, da fast alle anderen Länder dem deutschen Vorbild nicht folgen. In diesem Zusammenhang ist zudem daran zu erinnern, dass die deutsche Stromversorgung vor EEG-Zeiten zu einer der weltweit versorgungssichersten gehörte. Die damaligen Strompreise vertrieben, im Gegensatz zu heute, keine stromintensiven Industrien aus Deutschland. Auch war das soziale Problem von wirtschaftlich prekären Haushalten so gut wie unbekannt, denen der Strom abgestellt wird, weil sie ihre Stromrechnungen nicht mehr bezahlen können [25].

Die aktuelle deutsche Regierungspolitik leidet unter dem Problem, dass die politisch Verantwortlichen grundlegende Irrtümer und fatale Fehler nicht eingestehen oder gar korrigieren. Machterhalt steht offenbar an erster Stelle. Dieses Phänomen ist typisch für Diktaturen und schlecht funktionierende Demokratien. Katastrophen solcher Ausmaße wie von „EEG/neue Energien/Klimaschutz“ wären in einer funktionierenden Demokratie unmöglich. Personelle und sachliche Konsequenzen hätten hier längst gezogen werden müssen. Aber in freiwilliger Selbstgleichschaltung haben so gut wie alle Beteiligten mitgemacht, die Medien, der Bundestag, der es nicht wagt, sachlichem Unsinn in den Arm zu fallen, die betroffenen Industrien, die Hochschulen und schließlich die öffentlichen Verwaltungen.

Parlamentarier, die ihren Abgeordneten-Amtseid „*dem Wohle des deutschen Volkes zu dienen*“ ernst nähmen, wären eigentlich verpflichtet, für die unverzügliche Abschaffung des EEG und aller nutzlosen Klimaschutzmaßnahmen zu sorgen. Das EEG ist planwirtschaftliche Umverteilung der von den Verbrauchern getragenen EEG-Kosten hin zu den EEG- Profiteuren. Es hat nicht nur zu unlösbaren Problemen der Stromversorgung und der energieintensiven Industrien geführt, sondern auch zu sozialen Problemen [25]. Mit Abschaffung des EEG wäre die Rückkehr zu marktwirtschaftlichen Verhältnissen, zu einer wirtschaftlichen, sicheren, umweltfreundlichen und verlässlichen Stromversorgung und zu mehr sozialem Frieden gegeben.

Die deutsche Stromversorgung nach technisch vernünftigen, wirtschaftlichen, umweltgerechten und ideologiefreien Kriterien ist im Folgenden kurz skizziert: Die kostengünstigste Methode basiert immer

noch auf den heute durch moderne Filter extrem sauberen Kohlekraftwerken. Es ist nicht rational, auf Kohle zu verzichten, wenn die restliche Welt (China, Indien, Russland, Afrika, USA, Südamerika, ...) die Kohleverbrennung und inzwischen auch die Kernenergie stetig ausbaut. Deutschland sollte sich infolgedessen gegen den rein ideologisch motivierten EU-Oktroi der CO₂-Vermeidung stellen und dabei in letzter Konsequenz auch den „Dexit“ nicht scheuen, falls die Brüsseler CO₂-Klima-Jakobiner nicht einlenken. Falls man saubere Kohlekraftwerke nicht mehr will - wofür es wie hier dargelegt keine sachlichen Gründe gibt - bleibt nur die Kernenergie. Gas für die Stromerzeugung ist zu teuer und führt zu Abhängigkeiten von Lieferländern.

Wie bereits erwähnt, ist Kernenergie von allen Methoden der Stromerzeugung nicht nur die umweltschonendste, sondern auch die sicherste. Bemerkenswerterweise kommen alle Länder, welche die Kernenergie nutzen, mit der Entsorgung des radioaktiven Abfalls problemlos zurecht, nur Deutschland nicht. In Russland laufen schon Jahrzehnte als Pilotprojekte Reaktortypen der Generation IV [26]. Bestimmte Gen IV – Reaktoren können inhärent sicher und vor allem auch praktisch frei von radioaktivem Abfall gebaut werden, weil sie so gut wie allen Brennstoff rückstandsfrei verbrauchen. Zumindest ihre weitere Erforschung bis hin zur Serienreife müsste erste Priorität der Deutschen Energiepolitik sein. Sogar deutsche Erfinder haben einen Reaktortyp mit den vorbeschriebenen Vorteilen und einer noch höheren Leistungsdichte entwickelt und patentieren lassen [27,28]. Bis jetzt hat die deutsche Regierung dieses innovative Projekt, das sich inzwischen weltweiter Aufmerksamkeit erfreut, nicht einmal zur Kenntnis genommen.

Die irrationale Ablehnung grüner Ideologie auch solchen Reaktortypen gegenüber, die keine Wünsche nach Sicherheit und Umweltschutz mehr offenlassen, zeigt auf, dass es grünen Ideologen um undemokratische Gesellschaftsveränderungen, aber nicht um eine wirtschaftliche, sachgerechte und umweltgerechte Stromerzeugung geht.

12. Quellenverzeichnis

- [1] Severe accidents in the energy sector, Paul Scherrer Institut, Bericht Nr. 98, 16.11.1998.
- [2] A. Markandya and P. Wilkinsen, 2007. Electricity generation and health, Lancet, 370.
- [3] Preiss, P. et al., 2013. Die Risiken der Kernenergie in Deutschland im Vergleich mit Risiken anderer Stromerzeugungs-Technologien, https://www.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/arbeitsberichte/downloads/Arbeitsbericht_11.pdf
- [4] Vgl. hierzu die Angaben des BMWi, www.bmwi.de, des bdew, www.bdew.de, und des AGEB, www.ag-energiebilanzen.de.
- [5] DATF Deutsches Atomforum: Kernenergie in Zahlen, 2016, <https://www.kernd.de/kernd-wAssets/docs/service/621kernenergie-in-zahlen.pdf>
- [6] Erneuerbare Energien – BMWi
- [7] Deutscher Bundestag, Drucksache 17/5672 (2011), <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/056/1705672.pdf>
- [8] Geschichte des Energieverbrauchs. Ökosystem Erde.
- [9] BMWi, EEG in Zahlen: Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2020, Feb 2020.
- [10] International Energy Agency, Key World Energy Statistics.

- [11] Dubbers, D., Stachel, J. & Uwer, U., 2019. Energiewende – ein Kommentar aus der Physik, <https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/23776/> und <https://www.physi.uni-heidelberg.de/~dubbers/energiewende/text.pdf>
- [12] Wissen rund um Wald und Forstwirtschaft, www.wald-und-forst.de
- [13] Arktika (Schiff) – Wikipedia.
- [14] Wikipedia Leistungsdichte
- [15] Die verheerende Bilanz von Solarenergie. Schweizer Forscher zeigen: Fotovoltaik verschlingt mehr Energie, als sie erzeugt. Basler Zeitung, 20.12.2017.
- [16] Lüdecke, H.-J., 2020. *Energie und Klima. Chancen, Risiken, Mythen*, expert Verlag GmbH, Tübingen, (4. Aufl.).
- [17] Fakten und Quellen zu Windrädern. EIKE, 22.09.2015, <https://www.eike-klima-energie.eu/2015/09/22/fakten-und-quellen-zu-windraedern/>
- [18] Hartmann, A., 2008. Wieviel Fläche wird für Biogas benötigt? Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg, 7.
- [19] Miller, L.M. et al., 2015. Two methods for estimating large to large-scale wind power generation. PNAS, 1-6.
- [20] Potenzial der Windenergie an Land, Bundesumweltamt, 2013, Abb. 12, S. 38.
- [21] T. Linnemann und G.S. Vallana, 2017. VGB-Studie: Windenergie in Deutschland und Europa.
- [22] Norddeutscher Klimamonitor.
- [23] 50Hertz, Amprion, Tennet und TransnetBW, 2014. Auswirkungen reduzierter Schwungmasse auf einen stabilen Netzbetrieb, <https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/media/documents/Minimale%20Schwungmasse.pdf>
- [24] Physik-Journal 18, 2019, Nr. 10.
- [25] Hunderttausenden wird der Strom abgestellt - mit schlimmen Folgen für die Betroffenen, ARD-Report, Mainz, 2018, <https://>
- [26] Lüdecke, H., Ruprecht, G., 2018. Kernenergie, der Weg in die Zukunft. Europäisches Institut für Klima und Energie, TvR Medienverlag, Jena.
- [27] Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), 2020. Der Dual-Fluid-Reaktor – ein Reaktorkonzept jenseits der „Generation IV“, <https://www.dpg-physik.de/veranstaltungen/2020/mhb-agsen-2020-03-11>
- [28] Institut für festkörper-Kernphysik, Berlin, <https://festkoerper-kernphysik.de/>

