

Stellungnahme zur EEG-Anhörung A18 - 30.09.2020 (Drucksache 17/8893) im Düsseldorfer Landtag

Prof. Dr. Horst-Joachim Lüdecke (Dipl.-Physiker)

Inhalt

Allgemeines zum EEG und den „Neuen Energien“	2
1. Energiewende und EEG	2
2. Energie	4
3. Die entscheidende Rolle der Leistungsdichte	5
4. Die Nachteile von kleiner Leistungsdichte	7
5. Der Erntefaktor: das Maß für Energieeffizienz	8
6. Leistungsdichte bezogen auf Landschaftsfläche	9
7. Die Fluktuation von Wind- und Sonnenstrom	10
8. Weitere Probleme von Windrädern	11
9. Die grundsätzliche Grenze von Strom aus Wind und Sonne	11
10. Klima und EEG	13
11. Fazit und Ausblick	14
12. Quellenverzeichnis	15

Allgemeines zum EEG und den „Neuen Energien“

Das EEG basiert auf zwei von der Politik unterstellten Begründungen, die jedoch beide jeder sachlichen Grundlage entbehren. Die erste Begründung: Deutsche Kernkraftwerke seien zu gefährlich und müssten daher so schnell als möglich stillgelegt werden. Diese Begründung ist falsch, denn nach dem Kriterium „Todesopfer pro Terawattstunde erzeugter elektrischer Energie“ ist Kernenergie von allen Methoden der Stromerzeugung die sicherste [18,19,20], und zugleich auch noch umweltschonendste. Die zweite Begründung: Deutschland müsse so weit wie möglich CO₂-neutral werden. Auch diese Begründung hält einer sachlichen Überprüfung nicht stand. Im Abschnitt 12 wird auf die Absurdität dieses Vorhabens näher eingegangen.

Der Antrag der AfD-Fraktion des NRW-Landtags zur Abschaffung des EEG, Drucksache 17/8893, gibt über Kosten und bisherige Auswirkungen des EEG bereits detaillierte Auskünfte. Der Antrag ist ausführlich belegt und bildet bereits eine rationale Basis für parlamentarische Entscheidungen.

Dennoch sind das EEG und alle mit diesem Gesetz zusammenhängenden Aktionen, Ausführungsbestimmungen und Nachwirkungen zu einem für Laien und auch für parlamentarische Abgeordnete nur noch schwer überschaubaren Komplex angewachsen. Es besteht die Gefahr, vor lauter Details die grundsätzlichen Probleme des EEG aus den Augen zu verlieren. Infolgedessen soll in diesem Gutachten die Frage nach Beibehaltung oder Abschaffung des EEG unter den grundsätzlichen technischen Kriterien beantwortet werden. Dies führt unmittelbar zu den Nachteilen der über das EEG subventionierten „Neuen Energien“. Die beiden zu beantwortenden zentralen Fragen lauten hier:

1. **„Wie muss eine Methode der Stromerzeugung beschaffen sein, welche alle Forderungen nach Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltschutz erfüllt?“**
2. **Werden die durch das planwirtschaftliche EEG subventionierten „Neuen Energien“ diesen Forderungen gerecht?“**

Die Antworten können nur dann dem „Wohle des deutschen Volkes“ dienen (Wortlaut im Artikel 56 des Grundgesetzes), wenn sie frei von Ideologie, politischen Rücksichten oder wirtschaftlichen Interessen sind. Diese Antworten zu geben versucht das hier vorliegende Gutachten. Der Autor erklärt als einziges Motiv seiner Stellungnahme die wissenschaftliche Wahrheit. Beeinflussungen seitens kommerzieller Unternehmen oder anderen Institutionen, wie NGO's etc. sind ausgeschlossen. Das hier vorliegende Gutachten geht ausschließlich auf sachliche Zusammenhänge und Probleme des EEG und der „Neuen Energien“ ein, nur am Rande auf rechtliche und gesetzgeberische Aspekte.

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. Aktuell sind diese Zielstellungen verändert und unverbindlicher im Koalitionsvertrag festgehalten.

Das mit dem planwirtschaftlichen EEG erzwungene Vorhaben „Energiewende“ soll Strom aus Wind, Sonne und Biomasse an erste Stelle setzen, im Folgenden kurz als „Neue Energien“ bezeichnet. Die Energiewende betrifft aktuell fast nur elektrischen Strom. Elektrische Energie macht, über die Jahre

nur wenig verändert, etwa 1/6 der deutschen Primärenergie aus [1]. Daran wird sich auch in Zukunft kaum Wesentliches ändern. Strom ist die wichtigste und gleichzeitig unverzichtbare Energieform für jede moderne Industriegesellschaft. Strom ist nur ein Medium, um Energie zu transportieren und besitzt keine Masse. Er wird aus einer anderen Energieform erzeugt und beim Verbraucher in die jeweils benötigte Energieform umgewandelt. Elektrische Energie kann man 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 hat mit erheblichen Problemen zu kämpfen. Trotz bereits im Jahre 2017 über 28.000 installierter Windturbinen, deren Nennleistung bereits alle ehemaligen deutschen Kernkraftwerke übertraf [2], machte verbrauchter Windstrom 2019 dennoch nur grob 3,3 % der deutschen **Primärenergie** aus, Sonnenstrom etwa 1,1 % [3]. Mehr als 1000 Bürgerinitiativen wenden sich gegen die Beeinträchtigung ihrer Naturumgebung durch Windturbinen sowie gegen gesundheitsschädlichen Windradinfraschall. Weiterer Windrad-Ausbau lässt zunehmenden gesellschaftlichen Widerstand erwarten. Deutschland hat heute die höchsten Strompreise Europas, und Behörden ergreifen inzwischen Maßnahmen gegen großräumige Stromausfälle, weil die Wahrscheinlichkeit gefährlicher Blackout-Ereignisse infolge zunehmenden Fluktuationsstroms aus Wind und Sonne stetig ansteigt [23].

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

Sind die Gründe für die Energiewendeprobleme falsches Management, unzureichende Planung oder technische Unzulänglichkeiten? Die Antwort darauf lautet „Nein“. Grundsätzlich unterliegen die „Neuen Energien“ nämlich zwei naturgesetzlich bedingten und daher durch keine Maßnahme behebbaren **Fundamentalmängeln**, welche sie für den Einsatz in modernen Industrieländern **komplett ungeeignet** machen. Der politische Versuch der deutschen Politik, diese naturgesetzlichen Mängel gewaltsam zu umgehen, führt zu extremen Kosten und untragbaren Umweltbelastungen (Windräder, Energiemais). Insbesondere Windräder verursachen gesundheitliche Beeinträchtigung der stetig ansteigenden Anzahl von Windradanrainern infolge Infraschall. Der gesetzlich verankerte Tierschutz greift nicht mehr, Flugtiere sowie Insekten werden durch Windturbinen in inzwischen untragbarem Ausmaß vernichtet. In endlosen Energiemaisfeldern herrscht Todesstille infolge einer vernichteten Artenvielfalt.

Energie ist der maßgebende Kostenfaktor industrieller Produktion, und alle Industrienationen befinden sich im globalen Wettbewerb. Nicht einmal ein momentan auf ersten Plätzen dieses Wettbewerbs stehendes Land wie Deutschland hat die Garantie, bei nachhaltigen Fehlentscheidungen in seiner Energiepolitik auch dort zu verbleiben. Im Folgenden wird dargelegt, warum die beiden Fundamentalmängel der „Neuen Energien“ eine unvermeidbare Konsequenz elementarer Naturgesetzhaltungen sind. Dies ist allen Fachleuten bestens bekannt. Leider aber nicht den politischen Verant-

wortlichen und den Medien, die immer noch meinen, Physik und technische Regeln durch politisches Wollen ersetzen zu können.

2. Energie

Der tägliche Energiebedarf eines Erwachsenen hat sich laufend erhöht. Er betrug etwa 8 kWh bei Jägern und Sammlern der Steinzeit, etwa 30 kWh im Mittelalter und ist auf über 200 kWh in modernen Industriegesellschaften angestiegen [4]. 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). Der Rest kommt aus Uran 4,9%, Wasserkraft 2,5%, Biobrennstoffen 9,7% und den „Neuen Energien“ Wind sowie Sonne, Geothermie, Gezeitenergie etc. 1,5%. An dieser Zusammensetzung wird sich in den nächsten Jahrzehnten kaum Wesentliches ändern. Wind- und Sonnen-Energie spielen weltweit nur eine verschwindende Rolle. In Deutschland würden sie bei freien Marktverhältnissen (keine Subventionen, keine gesetzliche Zwangseinspeisung von Sonnen- und Windstrom, kurz kein EEG) und wegen ihrer zu hohen Kosten und Umweltbelastungen nicht vorkommen.

Allein die Umlagen zur Förderung der „Neuen Energien“ mit dem EEG belasten die deutsche Volkswirtschaft und Verbraucher mit ca. 30 Milliarden Euro pro Jahr [5] - ohne wirtschaftlichen oder versorgungstechnischen Nutzen, dafür aber mit den schädlichsten Umweltfolgen. Man kann ohne Übertreibung feststellen, dass allenfalls ein unnötiger Krieg eine noch ungünstigere Mittelaufwendung aufweisen würde.

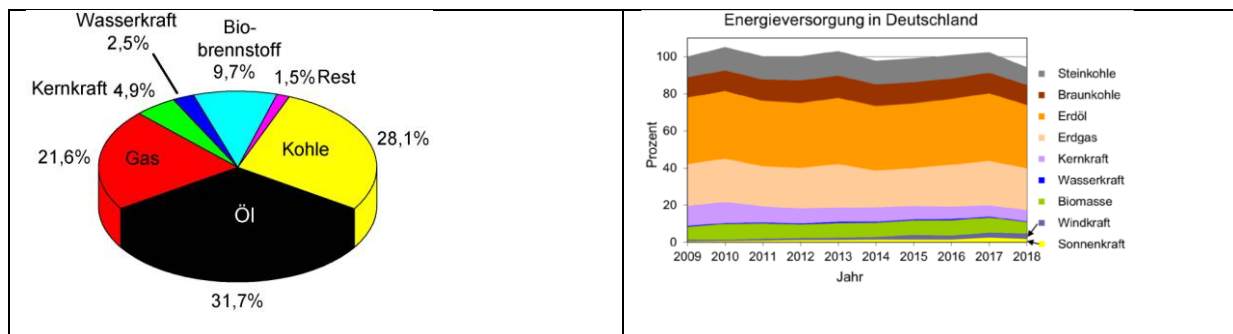


Bild 1: Links: Methoden-Anteile weltweit 2015 [6] (Holz und Holzkohle, hier unter Biobrennstoffe, stellen mit dem 3,75-fachen der Windenergie zumindest in der EU den größten Anteil an den „Neuen Energien“). Rechts: Methoden-Anteile Deutschlands, welche sich von linken Teilbild nicht maßgebend unterscheiden.

Die in heutigen Windturbinen und Fotovoltaikanlagen enthaltene moderne Technik verstellt den Blick auf die naturgesetzlichen Nachteile dieser beiden Methoden der Stromerzeugung. Die Energie- und Nahrungsversorgung im Mittelalter liefert hierfür ein erstes Anschauungsbeispiel. Die ab etwa 700 n.Chr. einsetzende Klimaerwärmung mit ihrem Höhepunkt um das Jahr 1000 ließ Ernteerträge und

Bevölkerungszahlen ansteigen, so dass riesige Waldflächen für den benötigten Ackerboden gerodet werden mussten (bis 1400 verschwanden dadurch zwei Drittel des deutschen Waldes). Der Aufwand an menschlicher Arbeit, Zugtieren und Ackerflächen für die Landwirtschaft reichte für die angewachsene Bevölkerung nur noch knapp aus. 90% der Bevölkerung waren mittel- oder unmittelbar mit Landwirtschaft befasst. Daher wurde im Spätmittelalter wegen einsetzender Klima-Abkühlung und schlechterer Ernten die Ernährungssituation prekär. Es begannen die Zeiten der Hungersnöte, verstärkt durch Seuchen und Pest.

Heute wird oft vergessen, dass erst der mit neuzeitlicher Chemie mögliche Einsatz von Düngern und Schädlingsbekämpfungsmitteln und die Mechanisierung der Agrarwirtschaft durch Verbrennungsmaschinen die Nahrungsversorgung der Bevölkerung auf eine sichere Basis stellte. Aktuell ernährt ein Landwirt in Deutschland etwa 130 Mitbürger.

3. Die entscheidende Rolle der Leistungsdichte

Der russische Eisbrecher Arktika soll nun im Folgenden als Veranschaulichungsbeispiel dienen: Er wird von zwei kleinen Kernreaktoren an Bord mit einer Gesamtleistung von 55 MW angetrieben [7]. Wollte man die Arktika mit Photovoltaik anstatt mit Uran betreiben, wären rechnerisch 5,5 Quadratkilometer Photovoltaik-Fläche erforderlich, die etwa 10 W Leistung pro m² Solarpanelenfläche liefert. Mit Windstrom an Stelle von Uran wären 42 Windturbinen des Typs Enercon E 126 erforderlich, jede 198 m hoch und mit einer realen Leistung von 1,3 MW (den beiden fiktiven Antrieben der Arktika liegen die deutschen Jahresmittelwerte von Wind- und Sonnenstrom zugrunde). Eine wind- oder sonnen-angetriebene Arktika wäre bei Flaute oder Wolkenbedeckung dennoch nicht fahrtüchtig. Die Frage nach den Gründen für den extrem hohen Aufwand der Arktika-Antriebe mit Wind oder Sonne beantwortet die Leistungsdichte:

$$\text{Leistungsdichte} = \text{Leistung} / \text{Fläche} \quad \text{W/m}^2 \quad \text{Glg. (1) oder umgekehrt}$$

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

Auf der linken Seite von Glg. (2) steht für alle drei Antriebsarten der Arktika der gleiche Wert 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. Man baut sie sogar seit Jahrzehnten in U-Boote ein. Sonne und Wind haben dagegen, naturgesetzlich bedingt, nur minimale Leistungsdichten. Anschaulicher und um den sperrigen Begriff „Leistungsdichte“ zu vermeiden, kann man auch von „**dünnere Energie**“ sprechen. Die Energien von **Sonne und Wind** sind zu **dünn**, um für den Antrieb der Arktika und insbesondere auch für die Stromerzeugung eines modernen Industrielandes geeignet zu sein.

Entsprechend müssen bei der Arktika die Photovoltaik-Flächen des Solarantriebs bzw. die von den Propellern überstrichenen Flächen beim Windradantrieb extrem groß sein, damit das Produkt in Glg. (2) noch die benötigten 55 MW hergibt. Oder anschaulicher ausgedrückt: das Einsammeln von „**dünnere Energie**“ ist nur mit extremem Aufwand und unter höchsten Kosten möglich. Tabelle 1 zeigt Grobwerte 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	Hüllrohfläche 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.

Die in Tabelle 1 zu erkennenden Unterschiede der Leistungsdichten von Wind, strömendem Wasser und Kohle sind sogar 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 Unterschied zwischen der in unsere Haut eindringenden Leistung beim Sonnenbad (Energie aus Sonne) und der in ein Steak eindringenden Leistung auf einem glühenden Holzkohlen-grill (Energie aus Kohle) ist fühlbar anschaulich. Letztere ist tausendfach höher als die auf der Schwimmbadwiese.

Nun wird auch der Schwachpunkt der mittelalterlichen Energie- und Nahrungsversorgung deutlich. Es handelte sich um Methoden kleinster Leistungsdichten, die mit riesigen ertragschwachen Ackerflächen und hohem Aufwand an menschlicher Arbeitskraft und Zugtieren einen nur bei günstigem Klima gerade noch ausreichenden Ertrag lieferten. Auch die modernste Windturbine ist wegen der minimalen Leistungsdichte des Windes nichts anderes als **Rückschritt** zu den **mittelalterlichen Methoden** der **Windmühle** und des **Segelschiffs**.

Man kann strömender Luft nur dann ausreichende Energie entnehmen, wenn das dazu verwendete Windrad gemäß Glg. (2) eine überdimensionale von Propeller überstrichene Fläche aufweist. Damit fallen unabdingbar überdimensional viel Material und Kosten für die ganze Anlage an. Zu geringe Leistungsdichte des Windes ist der **maßgebende** Grund für die Mammut-Ausmaße von Windrädern, wenn man davon absieht, dass Windgeschwindigkeiten mit zunehmender Höhe etwas ansteigen. Nicht umsonst haben unsere Vorfahren Segelschiffe freudig zugunsten des Dampf- und späteren Dieselantriebs aufgegeben.

Das hier betonte „naturgesetzlich“ bedeutet, dass wir die Leistungsdichten von Wind und Sonneneinstrahlung nicht verändern können. Lediglich die Ernteerträge von Energiemais lassen sich mit moderner Genetik und Düngung geringfügig erhöhen. Die Natur selber setzt die Grenzen, auch beste Technik ist gegen zu geringe Leistungsdichten machtlos! Aus einer Pferdekutsche würde auch mit heutiger Computersteuerung und modernster Mechanik kein leistungsstarkes Motorfahrzeug werden. Mit Sonne verhält es sich ähnlich ungünstig wie mit Wind. 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 dafür ist der

durch Wolken unterbrochene und bei Nacht völlig fehlende Strahlungsfluss. Ferner liegen die Wirkungsgrade vom im realer Dach-Photovoltaik nur bei etwa 10% [8], weil die Oberflächen der meist fest installierten Solarpanelen nicht dauernd optimal auf die Sonne ausgerichtet sind, sie allmählich verschmutzen und ihr Wirkungsgrad auch noch mit steigender Temperatur dramatisch abnimmt.

Neben der Leistungsdichte ist auch die Energiedichte als Energie pro Volumen oder Energie pro Masse eine maßgebende Größe. Das 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 sind allenfalls für Innenstädte und Golfplätze sinnvoll sein können [10].

4. Die Nachteile von kleiner Leistungsdichte

Wie Glg. (2) zeigt, sind bei zu kleiner Leistungsdichte unabdingbar sehr große Wirkflächen erforderlich, um die gewünschte Leistung zu erhalten. Dementsprechend steigen der Aufwand an Energie, Material und die Kosten bei Bau und Betrieb. Die folgenden Daten der Großwindanlage Enercon E 126 belegen dies beispielhaft: 198 m Gesamthöhe, überstrichene Propellerfläche $12470 \text{ m}^2 = 1,247 \text{ ha}$, Gewicht 3460 t plus 3500 t Stahlbetonfundament. Drei E 126 haben somit das Gesamtgewicht aller 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 aber nur 1,3 MW elektrische Leistung. Dies entspricht grob 7 Automotoren von je 200 kW. Neben der geringen Leistungsdichte des Windes gibt es zudem auch noch methodenspezifische Gründe für die erstaunlich geringe Leistungsausbeute aus Wind, die im Abschnitt 9 näher erläutert werden. Man müsste schon mehr als 100 km Windturbinen hintereinanderstellen, um die gleiche jahresgemittelte Leistung wie ein einziges großes Kohle- oder Kernkraftwerks zu erzielen.

Zudem fluktuiert die aus Wind gewonnene Leistung, die von fossilen und Uran-Kraftwerken ist dagegen für den Verbrauch problemlos regelbar. Windturbinen, inzwischen höher als der Kölner Dom, erweisen sich wegen ihrer gigantischen Abmessungen als extrem umweltschädlich. Landschaftsentstellungen, gesundheitliche Schädigung von Windrad-Anrainern durch Infraschall [9] und das jährlich hunderttausendfache Töten von Greifvögeln, Störchen und Fledermäusen wurden schon 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 völlig unbekannt sind die bei intensivem Einsatz von Windturbinen erzeugten schädlichen Mikroklimaveränderungen der tiefen Atmosphäre [9]. Die oft auf Hausdächern installierte Photovoltaik ist dagegen umweltneutral, sieht man von Umweltproblemen durch giftige Metalle (Cadmium) bei der Entsorgung von Solarzellen ab. Beim Energiemais gibt es das Problem der zerstörten Artenvielfalt auf Energiemaisfeldern. Zusammen gefasst gilt gemäß Glg. (2) die unabdingbare, weil naturgesetzlich bedingte Regel:

Je kleiner die Leistungsdichte einer Methode zur Stromerzeugung ist, umso größer müssen die Wirkflächen der Methode sein und um so kostspieliger und umweltschädlicher ist sie.

Die unumgänglichen Gesetze der Physik und die historische Entwicklung der Technik belegen, dass technischer Fortschritt bei steigendem Umweltschutz nur mit **immer größeren Leistungsdichten** in Energiegewinnung, Stromerzeugung, Produktion, Verkehr etc. zu erreichen war und 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**“ sind für moderne Industrienationen **ungeeignet** und können allenfalls vorübergehend in Ländern der Dritten Welt sinnvoll sein, weil diese noch nicht über leistungsstarke Methoden verfügen.

Die größten Umweltschäden sind dementsprechend heute in Entwicklungsländern, nicht aber in modernen Industrienationen zu finden. Das oft in den Medien betonte „sanft“, mit dem „Neue Energien“ in den Medien gelegentlich als vorteilhaft und umweltschonend dargestellt werden, stellt die Fakten komplett 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 zur derjenigen Energie, die für ihren Betrieb selber aufgewendet wurde, inklusive des erforderlichen Energieaufwands, um die benötigten Brennstoffe zu fördern und bereitzustellen. Selbst 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 Brutto-sozialprodukt sowie eine Energieverbrauchs-Technologie, wie die der OECD, 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 Abschnitt 7. eingegangen. Bild 2 zeigt den EROEI für die wichtigsten Methoden zur Erzeugung von elektrischem Strom.

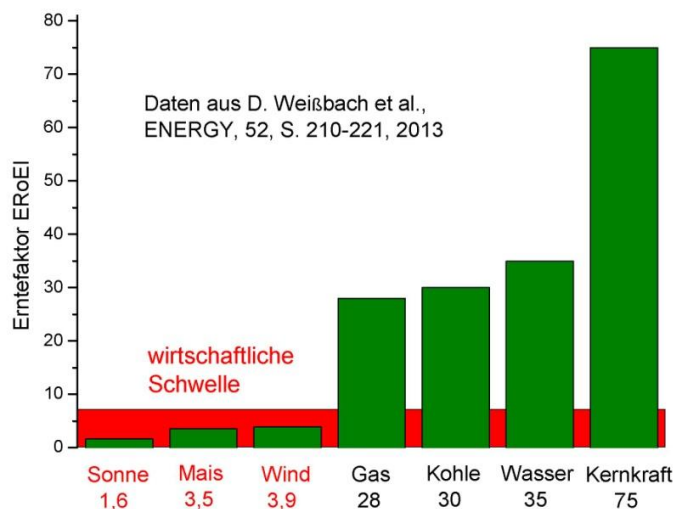


Bild 2: Erntefaktoren für Methoden der Stromerzeugung gepuffert, d.h. der Fluktuationsausgleich von Sonne und Wind ist berücksichtigt. Sonne, Energiemais (Biomasse) und Wind liegen **unter** der ökonomischen Schwelle von OECD-Ländern.

6. Leistungsdichte bezogen auf Landschaftsfläche

Zur Angabe einer Leistungsdichte gehört die Spezifizierung der Fläche. An Stelle der in Tabelle 1 in Abschnitt 3 angegebenen Wirkflächen sind Landschaftsflächen oft aussagekräftiger. Wählt man diese, ändert sich bei der Photovoltaik nur wenig, es bleibt bei etwa 10 W/m^2 . Für Energiemais ist die Leistungsdichte automatisch bezogen auf die Anbaufläche. Sie ist von allen Methoden geringsten und beträgt nur grob $0,2 \text{ W/m}^2$ [11]. Dieser kleine 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 darf als Unverschämtheit geschädigten Windradanrainern gegenüber bezeichnet werden) ist die Leistungsdichte bezogen auf Landschaftsfläche nur etwas höher als 1 W/m^2 . Sie ist auf die mehrheitlichen Aufstellungen in Windradansammlungen bezogen, denn hier müssen Mindestabstände eingehalten werden, um Leistungsminderungen durch gegenseitige strömungstechnische Beeinflussung 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 [12]. Er kann aber auch aus den verfügbaren deutschen Daten grob geschätzt werden: in 2016 waren in Deutschland 27.000 Windräder installiert. Eine Windturbine nimmt in Windradansammlungen etwa $0,3 \text{ km}^2$ Bodenfläche in Anspruch. Damit ergibt sich die erzeugte Jahresenergie zu $27.000 \cdot 0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ W/m}^2 \cdot 8760 \text{ h} = 71 \text{ TWh}$. Mit der erzeugten Inlandsstromenergie von etwa

80 TWh passt diese Grobschätzung recht gut. Mit Hilfe des bereits erhaltenen Resultats für Energie-mais für Stromvollversorgung ist die zu Windrädern gehörige rechnerische Fläche dann nur noch 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 noch gesetzlich zulässig ist. Die entscheidende Größe ist hier 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 gesundheits-schädliche Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen wurde in Zusammenarbeit der Charité Berlin mit der Physikalisch Technischen Bundesanstalt PTT Braunschweig und zwei Hamburger Uni-versitätskliniken erstellt [9]. Vermutlich wegen Infraschall ist in Bayern aktuell noch der Mindestab-stand 10 H gültig, das bedeutet die zehnfache Gesamthöhe des betreffenden Windrads. Aus einer Studie des Bundesumweltamts [13] 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 er-scheint daher unrealistisch.

7. Die Fluktuation von Wind- und Sonnenstrom

Der zweite Fundamentalmangel von Wind- und Sonnenstrom ist besser bekannt und wird bereits von den Medien thematisiert. Er ist seine Wetterabhängigkeit. Zufallsstrom kann nicht ohne aufwendige und kostspielige Maßnahmen in das Stromnetz eingespeist werden. Die gelegentlich geäußerte An-nahme, dass ein europaweiter Windradverbund für Glättung sorgen würde, hat eine ausführliche Studie widerlegt [14]. Das gemessene Minimum an geliefertem Windstrom beträgt nur 4% der euro-paweit 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 (GuD). Man muss daher für Wind- und Sonnenstrom ein gleichstarkes fossiles Backup-System installieren, welches die Gesamt-kosten dieser „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 Netz-Blackouts. So etwas war von den früheren Kohle-, Gas- und Kernkraftwerken mit stetigem Grundlaststrom unbekannt. Wetterabhängiger Zufallsstrom ist bis heute ohne Ersatzkraftwerke nicht in der Lage, den Strombedarf jederzeit zu decken. Ersatz-kraftwerke sind aber infolge Teilbetriebs und hoher Lastwechselfrequenz schnellem Verschleiß unterworfen und wirtschaftlich unrentabel. Auf Profit angewiesene Unternehmen haben kein Inter-esse sie zu bauen. Wirtschaftliche Speichersysteme für Strom in Deutschland als Alternative für Bak-kup-Kraftwerke sind nicht in Sicht. Pumpspeicherwerke als bislang einzige Lösung, sind hierzulande aus topo-geografischen Gründen nicht möglich, von Einzelanlagen abgesehen.

8. Weitere Probleme von Windrädern

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).

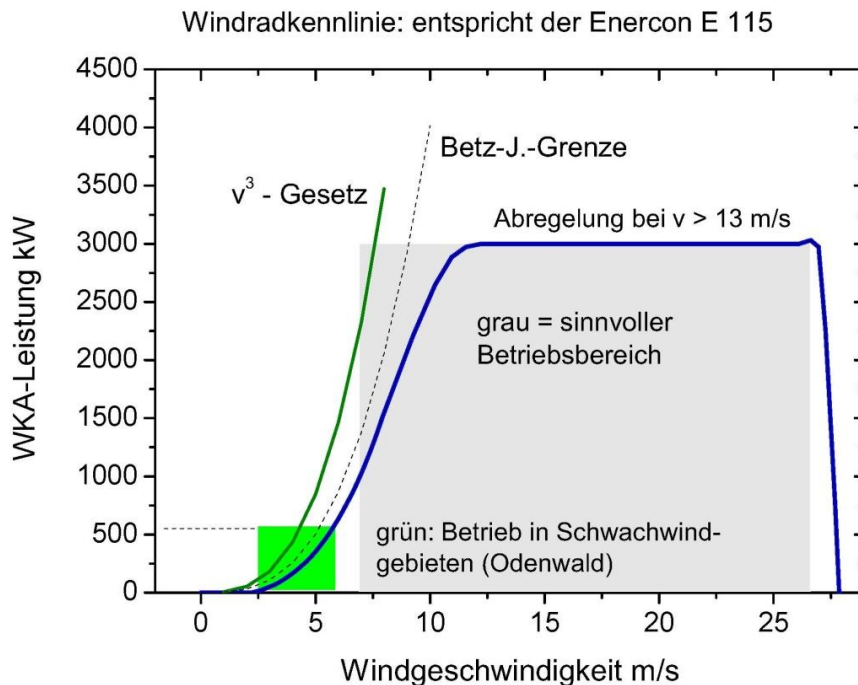


Bild 3: Beispiel einer Windradkennlinie (blau). Das v^3 Gesetz und die Betz-Joukowsky-Grenze werden prinzipiell von einem Windrad nicht voll erreicht. Die mittleren Windgeschwindigkeiten an der Nordseeküste liegen bei etwa 6 m/s, für Offshore Nordsee um die 9 m/s [15]. Selbst Offshore-Windgeschwindigkeiten lassen daher die Nutzung des eigentlich sinnvollen Betriebsbereichs von Windturbinen (grau) nur stark eingeschränkt in dessen linken Randbereich zu.

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 Windradan-

rainern (Infraschall) keine Rücksichten mehr nimmt. Gegenwärtig findet diese unverantwortlich gegen die Bevölkerung und Industrie gerichtete und die Windrad-Profiteure unterstützende Politik sogar statt. Es existiert allerdings eine grundsätzliche technische Grenze, bedingt durch die Netzsicherheit. Grund dafür sind die grundsätzlich unvermeidlichen schnellen Netzstörungen im Bereich von Sekundenbruchteilen bis zu wenigen Sekunden, etwa Netz-Abtrennungen durch den plötzlichen Ausfall eines großen Umspanntransformators o.ä., die ohne Gegenmaßnahmen zum Zusammenbruch des gesamten Netzes führen würden.

Um die fatalen Auswirkungen dieser kurzfristigen Störungen auf die Stabilität des Netzes auszuschalten, muss ein ausreichend hoher Prozentsatz der elektrischen Gesamtleistung von Synchrongeneratoren mit **großen Schwungmassen** erzeugt werden. Dies sind im Wesentlichen die klassischen Kohle- und Uran-Dampfkraftwerke. Der Stromverbraucherschutz e.V. NAEB (<http://www.naeb.info/>) gibt als Faustformel für diesen erforderlichen Anteil 45% an. Leistungsungleichgewichte in Folge von Störungen werden passiv, also ohne zusätzliche Maßnahmen, durch Abbremsen (Ausspeicherung kinetischer Energie) bzw. Beschleunigen (Einspeicherung kinetischer Energie) der Schwungmassen verzögerungsfrei ausgeglichen.

Auch eine Untersuchung der vier großen deutschen Netzbetreiber [16] geht auf diese überlebenswichtigen Zusammenhänge ein. Der erforderliche Anteil von Grundlastkraftwerken hängt von der aktuellen Netzstruktur und davon ab, welches Blackout-Risiko man noch toleriert. Die Publikation der vier Netzbetreiber gibt eine Mindestleistung von 20 GW für den Regelblock Deutschland an (die Stromleistung Deutschlands betrug 2019 grob 60 GW). Gemäß den vier Netzbetreibern wäre mit 20 GW der momentan vorhandenen Grundlastkraftwerke die erforderliche Sicherheit noch gegeben. In jedem Fall wird sich mit zunehmendem Windradausbau, dem gesetzlichen Abschalten weiterer Kernkraftwerke sowie durch die vorgesehene Abschaltung von Kohlekraftwerken die Versorgungssituation in Richtung größerer Instabilität und immer höherer Black-Out-Gefahr verschlechtern.

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

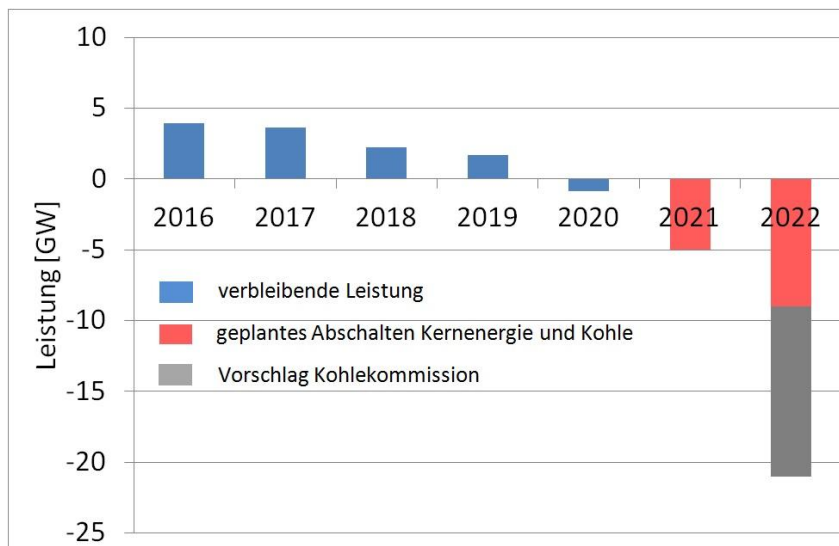


Bild 4: Verfügbare elektrische Leistung der Bundesrepublik Deutschland. Bild erstellt aus den Daten der deutschen physikalischen Gesellschaft [17]. Im Jahre 2022 wird die Unterdeckung die von den vier Netzbetreibern genannte Minimalschwelle unterschritten haben.

10. Klima und EEG

Die wichtigste Begründung für das EEG und die „Neuen Energien“ ist die vermutete CO₂-Gefahr einer zu starken globalen Erwärmung. Auf Details dieser unbelegten Hypothese soll aus Platzgründen nicht näher eingegangen werden, nähere Information liefert das Sachbuch [10]. **Hilfsweise** wollen wir im Folgenden dennoch eine maßgebende Klimaschädlichkeit des anthropogenen CO₂ voraussetzen, obwohl es dafür weder in der begutachteten Fachliteratur noch in den Sachstandsberichten des IPCC einen beweiskräftigen Beleg gibt.

Deutschlands Anteil an den weltweiten CO₂-Emissionen beträgt zur Zeit grob **2%** - mit abnehmender Tendenz wegen der ungebremsst steigenden Kohleverbrennung in 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 (2015) 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, läuft unter „große Transformation“ und ist im Klartext **planwirtschaftliche Diktatur**. 80% CO₂-Einsparung wären zudem das Ende Deutschlands als Industrie- und Wohlstands-Staat.

11. Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Gutachten wurde belegt, dass „Neue Energien“ für eine moderne Industrienation ungeeignet und der Weg zurück ins energetische Mittelalter sind. Verständlicherweise kopiert kein Land weltweit die deutsche Energiewende. Auch das Argument „Klimaschutz“ geht fehl, denn die weltweit ungebremst zunehmende Kohleverbrennung sowie der verschwindende Anteil Deutschlands am atmosphärischen CO₂-Anstieg machen Deutschlands Bemühungen völlig sinnlos. 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 noch bar jeder Vernunft. In diesem Zusammenhang ist zudem daran zu erinnern, dass die deutsche Stromversorgung vor EEG-Zeiten zu einer der versorgungssichersten der Welt überhaupt gehörte. Die damaligen Strompreise vertrieben, im Gegensatz zu heute, keineswegs stromintensive Industrien aus Deutschland. Auch war das soziale Problem von wirtschaftlich prekär gestellten Familien unbekannt, denen heute der Strom abgestellt wird, weil sie ihre Stromrechnungen nicht mehr bezahlen können [22].

Insbesondere Deutschland leidet unter dem bekannten Phänomen, dass in Diktaturen, aber auch in schlecht funktionierenden Demokratien, die politischen Verantwortlichen grundlegende Irrtümer nicht eingestehen und fatale Fehler nicht korrigieren – selbst wenn sie offenkundig und unübersehbar sind. Ihre demokratischen Pflichten ordnen sie dem eigenen Machterhalt unter. Nach Katastrophen solcher Dimension wie „EEG/neue Energien“ sind in einer funktionierenden Demokratie personelle und sachliche Konsequenzen eigentlich unabdingbar. Aber in freiwilliger Selbstgleichschaltung haben so gut wie alle mitgemacht, von der Industrie bis hin zu den Hochschulen, den öffentlichen Verwaltungen und schließlich den Medien. Dank der von einer FDJ-Mitarbeiterin der ehemaligen DDR bewirkten Selbstaufgabe der Union, einer in kommunistische Planwirtschaft abdriftenden Brüsseler Elite (Billionen Euro für die große Transformation) und einer bislang erfolgreichen Hexenjagd auf die AfD als einziger demokratischer parlamentarischer Opposition nimmt das Verhängnis nun ungebremst seinen Lauf.

Parlamentarier, die ihren Abgeordneten-Amtseid, „*dem Wohle des deutschen Volkes dienen*“, ernst nehmen, sind daher verpflichtet, für die unverzügliche Abschaffung des EEG zu sorgen. Das EEG ist planwirtschaftliche Umverteilung der von den Verbrauchern getragenen EEG-Kosten zu den EEG-Profiteuren und hat nicht nur für Probleme in der deutschen stromintensiven Industrie sondern auch im sozialen Bereich geführt [22]. Mit Abschaffung des EEG wäre die Rückkehr zu marktwirtschaftlichen Verhältnissen, für eine wirtschaftliche, sichere und umweltfreundliche Stromversorgung und sozialen Frieden frei.

Wie müsste dann die deutsche Stromversorgung nach vernünftigen, ideologiefreien Kriterien aussehen? 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 gegen den ideologisch motivierten EU-Oktroi bei der CO₂-Vermeidung stellen und dabei in letzter Konsequenz auch den „Dexit“ nicht scheuen, falls die Brüsseler CO₂-Jakobiner hier 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 gefährlicher Abhängigkeit von Russland.

Wie bereits erwähnt, ist Kernenergie von allen Methoden der Stromerzeugung nicht nur die umweltschonendste, sondern auch die sicherste. Erstaunlicherweise kommen alle Länder, welche die Kernenergie nutzen, mit der Entsorgung des radioaktiven Abfalls problemlos zurecht - nur Deutschland nicht. Die neuen Reaktortypen der Generation IV [21] erzeugen überdies so gut wie keinen Abfall mehr, so dass ihre weitere Erforschung bis hin zur Serienreife erste Priorität der deutschen Energieforschungspolitik sein müsste. Die anscheinend irrationale Ablehnung grüner Ideologie auch solchen Reaktortypen gegenüber, die keine Wünsche nach Sicherheit und Umweltschutz mehr offenlassen, führt zwangsweise zu dem Schluss, dass es grünen Ideologen um undemokratische Gesellschaftsveränderung, aber nicht um eine wirtschaftliche, sachgerechte und umweltschonende Stromerzeugung geht.

12. Quellenverzeichnis

[1] Vgl. hierzu die Angaben des BMWi, www.bmwi.de, des bdew, www.bdew.de, und des AGEB, www.ag-energiebilanzen.de.

[2] DAfF Deutsches Atomforum: Kernenergie in Zahlen, 2016 (<https://tinyurl.com/y76odf2x>)

[3] Erneuerbare Energien – BMWi

[4] Geschichte des Energieverbrauchs. Ökosystem Erde.

[5] BMWi, EEG in Zahlen: Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2020, 28. Feb 2020.

[6] International Energy Agency, Key World Energy Statistics.

[7] Arktika (Schiff) – Wikipedia.

[8] Die verheerende Bilanz von Solarenergie. Schweizer Forscher zeigen: Fotovoltaik verschlingt mehr Energie, als sie erzeugt. Basler Zeitung, 20.12.2017.

[9] Fakten und Quellen zu Windrädern. EIKE, 22.09.2015.

[10] Lüdecke; H.-J., 2020, (4. Aufl.). *Energie und Klima. Chancen, Risiken, Mythen*, expert Verlag GmbH, Tübingen.

[11] Hartmann, A., 7/2008. Wieviel Fläche wird für Biogas benötigt? Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg.

[12] Müller, L.M., 2015. Two methods for estimating large to large-scale wind power generation. PNAS, 1-6.

[13] Potenzial der Windenergie an Land, Bundesumweltamt 2013, Abb. 12, S. 38.

[14] T. Linnemann und G.S. Vallana, VGB, 2017. VGB-Studie: Windenergie in Deutschland und Europa.

[15] Norddeutscher Klimamonitor.

- [16] 50Hertz, Amprion, Tennet und TransnetBW, 2014. Auswirkungen reduzierter Schwungmasse auf einen stabilen Netzbetrieb.
- [17] Physik Journal 18, (2019), Nr. 10.
- [18] Severe accidents in the energy sector, Paul Scherrer Institut, Bericht Nr. 98, 16.11.1998.
- [19] A. Markandya and P. Wilkinsen, 2007, Electricity generation and health, Lancet, 370.
- [20] 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
- [21] Lüdecke, H., Ruprecht, G., 2018. Kernenergie, der Weg in die Zukunft. Europäisches Institut für Klima und Energie, TvR Medienverlag, Jena.
- [22] Hunderttausenden wird der Strom abgestellt - mit schlimmen Folgen für die Betroffenen, ARD-Report, Mainz, 2018, <https://www.swr.de/report/leben-ohne-strom-hunderttausenden-wird-der-strom-abgestellt-mit-schlimmen-folgen-fuer-die-betroffenen/-/id=233454/did=22793766/nid=233454/1750iis/index.html>
- [23] Deutscher Bundestag, Drucksache 17/5672 (2011), <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/056/1705672.pdf>