

EEG 2023 im Konflikt mit Gesetzen der Naturwissenschaft und Mathematik

(S. Kobe, 07.05.2025)

Gegenstand des EEG 2023 ist Energie und damit eine physikalischen Kategorie. Dies gebietet eine sorgfältige Prüfung des Gesetzestextes hinsichtlich möglicher Konflikte mit Naturgesetzen.

So heißt es in § 1 (2):

Zur Erreichung des Ziels nach Absatz 1 soll der Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch im Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland einschließlich der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (Bundesgebiet) auf mindestens 80 Prozent im Jahr 2030 gesteigert werden.

Um den Prozentsatz zu bestimmen, müssen zwei physikalische Größen ermittelt werden, die Strommenge des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms sowie der Stromverbrauch, beides offensichtlich als Bilanzgrößen in einem Kalenderjahr.

Ein Anteil im mathematischen Sinne ist immer ein Bruchteil (z.B. gemessen in Prozent) von einem Ganzen, in der Sprache der Mathematik die Untermenge einer Gesamtmenge. Daher ist die Strommenge des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms ein Teil der insgesamt erzeugten Strommenge, nicht des Verbrauchs.

In der gewählten Formulierung im Gesetzestext – dem Anteil einer physikalischen Größe (erzeugter Strom) bezogen auf die Gesamtmenge einer anderen Größe (Bruttostromverbrauch) - wird also stillschweigend vorausgesetzt, dass die insgesamt während eines Jahres erzeugte Strommenge gleich dem Bruttostromverbrauch im gleichen Zeitraum ist. Ansonsten wäre eine Prozentangabe im mathematischen Sinn nicht möglich.

Die Gleichheit der beiden physikalischen Bilanzgrößen – erzeugte Strommenge und Verbrauch – folgt aus einem physikalischen Gesetz, dem 1. Kirchhoffschen Gesetz der Elektrodynamik (Kontinuitätsgleichung*), Knotensatz der Elektrotechnik). Dieses fordert die Gleichheit der erzeugten Strommenge mit dem Verbrauch in jeder Sekunde, also die Gleichheit von Einspeiseleistung und Last durch die Verbraucher in jedem Augenblick.

Die Gleichheit der Bilanzgrößen ist aber nicht identisch mit dem Gesetz!

Man beachte:

Nur wenn das 1. Kirchhoffsche Gesetz erfüllt ist, gilt auch die Gleichheit der beiden im Gesetz verwendeten Bilanzgrößen.

Nicht aber umgekehrt! Der Mathematiker spricht vom Unterschied zwischen „notwendiger“ und „notwendiger und hinreichender“ Bedingung (Problem der Eineindeutigkeit).

*) Die Kontinuitätsgleichung folgt direkt aus den Maxwellschen Gleichungen, den Grundgleichungen der Elektrodynamik.

Fazit 1: Die Zielstellung des EEG 2023 ist nicht vereinbar mit der Gültigkeit des 1. Kirchhoffschen Gesetzes.

Eine Besonderheit besteht nun darin, dass sich die Zielstellung des EEG 2023 dadurch realisieren und damit die Vereinbarkeit mit diesem Gesetz der Physik wieder herstellen ließe, wenn Strom gespeichert werden könnte. Die dafür notwendigen Speicherkapazitäten zum Ausgleich der Erzeugungskapazitäten zwischen Tag und Nacht sowie zwischen Sommer und Winter sind aber so gigantisch groß und mit solch hohen Kosten verbunden, dass eine Umsetzung dieses Konzeptes gegenwärtig und in absehbarer Zukunft nicht möglich ist.

Der Ausbau der Netze hilft dagegen nicht weiter, weil Strom in den Netzen nicht gespeichert werden kann.

Abgesehen von den Schwierigkeiten mit der Zielstellung des Gesetzes gibt es ein weiteres Problem. Laut EEG 2023 §1 (2) müssen zur Ermittlung eines Zahlenwertes (z.B. „80 Prozent“) Daten erhoben werden. Diese ergeben sich aus der Summe von Viertelstundenwerten der Erzeugung und des Verbrauchs aus den Datensätzen von jeweils 35 040 (in Schaltjahren 35 136) Einzeldaten.

Jahresbilanzierte Energiemengen (gemessen in TWh) sind jedoch isomorph zu zeitlichen Mittelwerten der Leistung bzw. der Last (gemessen in GW) über einen Mittelungszeitraum von einem Jahr.

In der mathematischen Statistik ist der Mittelwert **eine** Kenngröße der statistischen Grundgesamtheit. Im vorliegenden Fall besteht letztere aus jeweils 35 040 Einzeldaten/Merkmalen, den Viertelstundenwerten der Datensätze. Mit Methoden der Datenanalyse lässt sich feststellen, ob die Angabe dieser einzigen Kenngröße hinreichend zur Beschreibung der Grundgesamtheit ist. Weicht die Häufigkeitsverteilung der Merkmale von der einer Normalverteilung ab, müssen ggf. zusätzlich zum Mittelwert weitere Kenngrößen wie Standardabweichung, maximalen und minimaler Messwert, Quantile etc. berücksichtigt werden.

Mit den Methoden der mathematischen Statistik wurden alle Datensätze analysiert, die zur Ermittlung von Jahresbilanzen nach §1 (2) benötigt werden. Die Ergebnisse für das Jahr 2024 werden in einem weiteren Beitrag (S. Kobe, D. Ahlborn, R. Schuster, „54 Prozent Erneuerbare – eine statistische Analyse“, 2025, in Vorbereitung) vorgestellt.

Die Hauptergebnisse sind:

- Nur der Datensatz „Wasserkraft, Bio- und Geoenergie“ erfüllt die Anforderungen, die für eine Beschreibung allein durch den Mittelwert der Einspeiseleistung erfüllt sein müssen.
- Beim Datensatz „Last“ muss die bimodale Verteilung (Tag-Nacht) berücksichtigt werden.
- Die Verteilung bei „Windenergie“ entspricht näherungsweise einer Weibull-Funktion. Die Angabe des Mittelwertes ist unzureichend zur Charakterisierung der Einspeisung von Windenergie.
- Eine rein statistische Beschreibung der Datensätze „Viertelstundenwerte Solar“ führt zu fehlerhaften Ergebnissen, weil die Einspeiseleistung von PV hauptsächlich durch den Sonnenstand bestimmt wird, der periodisch dem Tag-Nacht-Zyklen folgt und zusätzlich durch jahreszeitliche Sommer-Winter-Perioden moduliert wird. Diesem rein deterministischen Prozessablauf ist die Stochastik der Wolkenverdeckung der Sonne überlagert.
- Das Hinzufügen von Viertelstundenwerten in Nachtstunden mit dem Merkmal „exakt Null“ zu einer Gesamtheit statistischer Elemente in den Tagstunden ist eine Verletzung von Grundvoraussetzungen mathematischer Statistik.

Fazit 2: Der Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch wird aus Mittelwerten von statistischen Gesamtheiten ermittelt. Allerdings wird nur der Datensatz für den Anteil „Wasserkraft, Bio- und Geoenergie“ durch dessen Mittelwert hinreichend genau beschrieben. Für alle anderen Anteile und den Bruttostromverbrauch ist dies nicht der Fall. Somit ist die Kenngröße „Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch“ weder als Zielvorgabe für das Jahr 2030 („80 Prozent“) noch zur Charakterisierung von Zwischenständen geeignet.

Fazit 3: Das gewünschte Ziel „80 Prozent“ ließe sich dann erreichen, wenn die Ursachen für die genannten Defizite beseitigt werden könnten. Dies geht aber nur bei Vorhandensein von zusätzlichen **Speichern**, die in der Lage sein müssen, die Erzeugungsschwankungen so zu kompensieren, dass sich die momentane Einspeiseleistung nur geringfügig von ihrem jährlichen Mittelwert unterscheidet.

Im weiteren Gesetzestext wird von der Möglichkeit der Erreichbarkeit des angegebenen Zielwertes ausgegangen und es werden daraus Ersatzzielstellungen abgeleitet, ohne die Berechtigung eines solchen Vorgehens zu begründen. Der Zusammenhang des Anteils des aus erneuerbaren Energien gewonnenen Stroms und der installierten Leistung von Anlagen zu dessen Erzeugung wird nur postuliert, aber nicht nachgewiesen.

Sogenannte Ausbaupfade werden in § 4 im Einzelnen gesetzlich vorgegeben:

§ 4 Ausbaupfad

Die Ziele nach § 1 sollen erreicht werden durch

1.
eine Steigerung der installierten Leistung von Windenergieanlagen an Land auf
 - a) *69 Gigawatt im Jahr 2024,*
 - b) *84 Gigawatt im Jahr 2026,*
 - c) *99 Gigawatt im Jahr 2028,*
 - d) *115 Gigawatt im Jahr 2030,*
 - e) *157 Gigawatt im Jahr 2035 und*
 - f) *160 Gigawatt im Jahr 2040**sowie den Erhalt dieser installierten Leistung nach dem Jahr 2040,*
2.
eine Steigerung der installierten Leistung von Windenergieanlagen auf See nach Maßgabe des Windenergie-auf-See-Gesetzes,
3.
eine Steigerung der installierten Leistung von Solaranlagen auf
 - a) *88 Gigawatt im Jahr 2024,*
 - b) *128 Gigawatt im Jahr 2026,*
 - c) *172 Gigawatt im Jahr 2028,*
 - d) *215 Gigawatt im Jahr 2030,*

- e) 309 Gigawatt im Jahr 2035 und
- f) 400 Gigawatt im Jahr 2040
sowie den Erhalt dieser Leistung nach dem Jahr 2040 und

4. eine installierte Leistung von Biomasseanlagen von 8 400 Megawatt im Jahr 2030.

Dabei soll für die Steigerung der installierten Leistung nach Satz 1 Nummer 3 ein Zubau von Solaranlagen auf, an oder in einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand mindestens im Umfang des Zubaus von Freiflächenanlagen und Solaranlagen auf, an oder in einer baulichen Anlage, die weder Gebäude noch Lärmschutzwand ist, angestrebt werden.

Mit der Formulierung „Die Ziele nach § 1 sollen erreicht werden“ wird unterstellt, dass es einen einfachen kausalen Zusammenhang zwischen den in § 1 zur Ermittlung des Anteils von Erneuerbaren statistisch zu erfassenden Jahresmittelwerten von Einspeiseleistungen der verschiedenen Arten der erneuerbaren Energien und den in § 4 diesen zugeordneten installierten Leistungen gibt. Ein solcher Zusammenhang ist jedoch sehr komplex und stark von weiteren Einflussgrößen abhängig, die unbedingt berücksichtigt werden müssen. Dieser Sachverhalt wird allerdings in der Gesetzesformulierung ignoriert. In § 4a wurde dem Ausbaupfad der installierten Leistungen ein Strommengenpfad zugeordnet. Nach Fazit 1 ist jedoch die Angabe von jahresbilanzierten Strommengen nicht ausreichend, um als Kenngrößen den Fortschritt bei der Erreichung der Ziele nach § 1 (1), der „Transformation zu einer nachhaltigen und treibhausgasneutralen Stromversorgung“, zu charakterisieren.

Fazit 4: Konkrete Zielvorgaben für installierte Leistungen haben keinen unmittelbaren Einfluss auf den Anteil des von erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch. Zur Aufklärung der Zusammenhänge ist eine sorgfältigen techno-ökonomischen Analyse zwingend notwendig. Eine solche wurde jedoch nicht vorgenommen.

Des Weiteren werden die Zielvorgaben aus § 4 durch das Windenergieflächenbedarfsgesetz vom 20. Juli 2022 untersetzt, in dem unterstellt wird, dass diese Ziele durch verbindliche Vorgaben für durch die Länder bereitzustellende Flächen zur Errichtung von Windenergieanlagen erreichbar wären.

Zusammenfassung:

Weltweit wird der Primärenergiebedarf zu 80 % durch fossilen Energiequellen gedeckt. Ziel einer Transformation des Energiesystem ist die schrittweise Substitution der fossilen durch alternative Energiequellen. Ohne eine evidenzbasierte Problemanalyse wird die Notwendigkeit für das EEG 2023 durch das Postulat begründet, man müsse dafür prioritär die Versorgung mit Elektroenergie in den Fokus nehmen mit der Zielstellung, dass diese vollständig auf erneuerbaren Energien beruht (s. §1 (1)). Eine zusätzliche Einschränkung ergibt sich aus dem weiteren Gesetzestext mit der Konzentration auf Energiebereitstellung durch Windenergie- und Photovoltaikanlagen. Im Gesetz werden konkrete Zielwerte für Kenngrößen vorgegeben, die zu bestimmten Zeiten erreicht werden sollen. Dabei wird unterstellt, dass der Zielwert für eine bestimmte Kenngröße (z.B. der Anteil des

aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch) durch einen zugeordneten Zielwert einer anderen Kenngröße (z.B. der installierten Leistung von Erzeugungsanlagen) erreicht werden kann, usw. Durch diese Kaskade von nachgeordneten „Ersatzzielen“, die schließlich in der Forderung nach Flächenzielen in Prozent der Landesfläche mündet, die für die Errichtung von Anlagen für erneuerbare Energien bereitgestellt werden müssen, geht der Zusammenhang mit dem ursprünglichen Ziel verloren.

Es wurde gezeigt, dass Zielvorgaben im EEG 2023 nicht im Einklang stehen mit physikalischen Gesetzen. Bei der Auswertung der Datensätze für volatile erneuerbare Energien wurden Grundprinzipien der mathematischen Statistik ignoriert. Insbesondere führte die Verwendung von Mittelwerten über statistische Grundgesamtheiten zu Fehleinschätzungen der damit ermittelten Ergebnisse. Dadurch entstanden Schäden durch den Einsatz von öffentlichen Mitteln bei der Umsetzung der Vorgaben des Gesetzes.

Der Gesetzesvorlage des EEG 2023 wurde von der damaligen Regierung unzureichend auf mögliche Konflikte mit naturwissenschaftlichen und mathematischen Gesetzmäßigkeiten geprüft. Andererseits müssen Mitglieder des Deutschen Bundestages davon ausgehen können, dass eine solche Prüfung durch unabhängige Fachgremien stattgefunden hat. Insbesondere gilt dies für die 379 von 736, d.h. 51 % der Abgeordneten, die am 7. Juli 2022 in namentlicher Abstimmung dem EEG 2023 zugestimmt haben.

Schlussfolgerung:

Eine Novellierung des EEG 2023 ist dringend notwendig. Ziele müssen in Übereinstimmung mit naturwissenschaftlichen und mathematischen Gesetzmäßigkeiten so festgelegt werden, dass sie den Anforderungen einer Transformation des Energiesystems genügen. Durch eine techno-ökonomische Analyse muss zuvor sichergestellt werden, dass öffentliche Mittel effektiv und zielführend eingesetzt werden.