

Eine Diskussion der zahlreichen Unzulänglichkeiten der Energiewende offenbart ein hoffnungsloses Debakel für Deutschland

geschrieben von Admin | 23. September 2024

Dr. Erhard Beppler

Fazit

Der Anstieg der CO₂-Gehalte der Atmosphäre von 1850 bis heute von 120 ppm (0,012 %) und die in dieser Zeit angestiegene Temperatur sollen nach Aussage des „Klimarates der Vereinten Nationen) (IPCC) ausschließlich auf die weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen zurückzuführen sein. Diese Aussagen des IPCC werden bei weiterem Anstieg der CO₂-Emissionen mit Weltuntergangsszenarien verknüpft.

Ein Rückblick in die Erdgeschichte zeigt jedoch, dass in den letzten 500 Mio. Jahren die CO₂-Gehalte der Atmosphäre zwischen 7000 ppm (0.7%) und 300 ppm schwankten ohne merkliche Veränderungen der Temperaturen.

Nun kommt hinzu, dass der Anstieg der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen seit etwa 2010 stagniert und fällt inzwischen sogar leicht ab ohne eine entsprechende Abnahme der CO₂-Gehalte der Atmosphäre. Der Temperaturanstieg kann also nicht auf anthropogene CO₂-Emissionen zurückgeführt werden. Dennoch wird an der Verminderung der CO₂-Emissionen für Billionen EURO festgehalten.

In Deutschland werden zur Verminderung der CO₂-Gehalte in der Atmosphäre Wind- und Solaranlagen gebaut, inzwischen mit einer Nennleistung von 163 GW bei einem Nutzungsgrad von 24 GW bei einer Stromleistung in Deutschland von z.Z. etwa 50 GW.

Bei dieser Installation schwanken im Sommer alleine die Solaranlagen in ihrer Leistung zwischen 0 und über 50 GW, die Stromdeckungslücken ebenfalls zwischen 0 und 50 GW, die noch über Kohle- und Gasanlagen und Stromimporte ausgeglichen werden können.

Die Zielsetzung Deutschlands sieht eine Klimaneutralität in 2045 vor. Der Primärenergieverbrauch lag in 2023 bei 338 GW bei einem Anteil an erneuerbaren Energien von 19,6 % oder 66 GW, das heißt, es müssen in 2045 $338 - 66 = 272$ GW auf alternative Energien umgestellt werden. Da für die 66 GW kein Wasserstoff hergestellt werden kann, muss für die Berechnung der geforderten H₂-Menge bei der weiteren Betrachtung von 338 GW ausgegangen werden.

Um die genannten Stromdeckungslücken bei der Stromerzeugung über Wind und Sonne auszugleichen, muss nun Wasserstoff her.

Die Erzeugung von Wasserstoff ist sehr energieaufwendig: 47 kWh/kg H₂ für die H₂-Elektrolyse (Wirkungsgrad 70%), Speicherung 5 kWh/kg H₂

(Verluste 10%), Verstromung 35 KWh/kg H₂ (Wirkungsgrad 40 %), insgesamt 87 KWh/kg H₂. Das entspricht einem Gesamtwirkungsgrad von 40%.

Da bei der Stromerzeugung über Wind und Sonne je 50 % der Stromerzeugung oberhalb und unterhalb des Mittelwertes anfallen, errechnet sich die Stromerzeugung oberhalb wie unterhalb zu je GW = GW/2.

Nun muss die Leistung für die H₂-Erzeugung mit einem Wirkungsgrad von 40% über die Stromerzeugung von Wind und Sonne oberhalb des Mittelwertes erzeugt werden:

$GW = GW/2/0,4$, oder bezogen auf 338 GW gilt dann insgesamt:

$GW = 338/2$ (unterhalb Mittelwert) + $338/2/0,4$ (oberhalb Mittelwert) = 592 GW.

Bei den Nutzungsgraden der Stromleistung über Wind und Sonne sind dann $592 \times 163/24 = 4020$ GW über Wind- und Solaranlagen zu installieren.

Der Energieaufwand für die Wasserstoffbeistellung liegt dann bei 423 (oberhalb Mittelwert) – 169 (ohne Energie für H₂) = 254 GW oder 6100 GWh/Tag.

Unter Berücksichtigung des Energieanteiles nur für die H₂-Elektrolyse von 54% von 87 KWh/kg H₂ und ihrem Energieaufwand von 47 KWh/kg H₂ errechnet sich dann die täglich erforderliche H₂-Menge zu 70 085 Tonnen/Tag.

Das zuständige Bundeswirtschaftsministerium weist für Europa einen H₂-Bedarf für 2045 von 243 – 412 Terawattstunden im Jahr aus oder 28-47 GW. Alleine der Bedarf für Deutschland in 2045 liegt bei 254 GW, also um den Faktor 10 höher.

Kostenrechnungen für die Umstellung der Stahlherstellung auf Wasserstoff führen für die gesamte deutsche Stahlherstellung bei ausschließlicher Berücksichtigung des Energieaufwandes für die H₂-Elektrolyse zu Mehrkosten von 10 Milliarden EURO im Jahr.

Auch erste Rechnungen zum H₂-Import über Ammoniak als Trägermedium führen zu hohen Kosten.

1. Einleitung

Die Klimapolitik der Welt wird seit den 1980er Jahren vom Klimarat der Vereinten Nationen“ (IPCC) bestimmt mit Aussagen zum ausschließlichen Temperaturanstieg der Atmosphäre durch die weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen auf der Basis von Computermodellen und Hinweisen auf diverse Weltuntergangsszenarien (6. Sachzustandsbericht IPCC, März 2023).

Besonders in Deutschland mutierte diese Vorstellung des IPCC zur Wirkung der CO₂-Emissionen ungeprüft zu einer Ideologie mit religiösen Zügen. Ziel dieser Ausarbeitung ist es, die fatalen Konsequenzen dieser Klimapolitik für Deutschland aufzuzeigen.

Ohne auf die thermodynamische Komplexität von Strahlung, Gegenstrahlung, etc. der geringen CO₂-Gehalte der Atmosphäre von 0,042% und die hoffnungslose Quantifizierung ihrer Wirkung auf die Temperatur näher eingehen zu wollen, soll zunächst die Antwort auf die Wirkung von CO₂ auf das Klima anhand einer geschichtlichen Darstellung von Temperatur und CO₂-Gehalte der Atmosphäre betrachtet werden. (Bild 1)

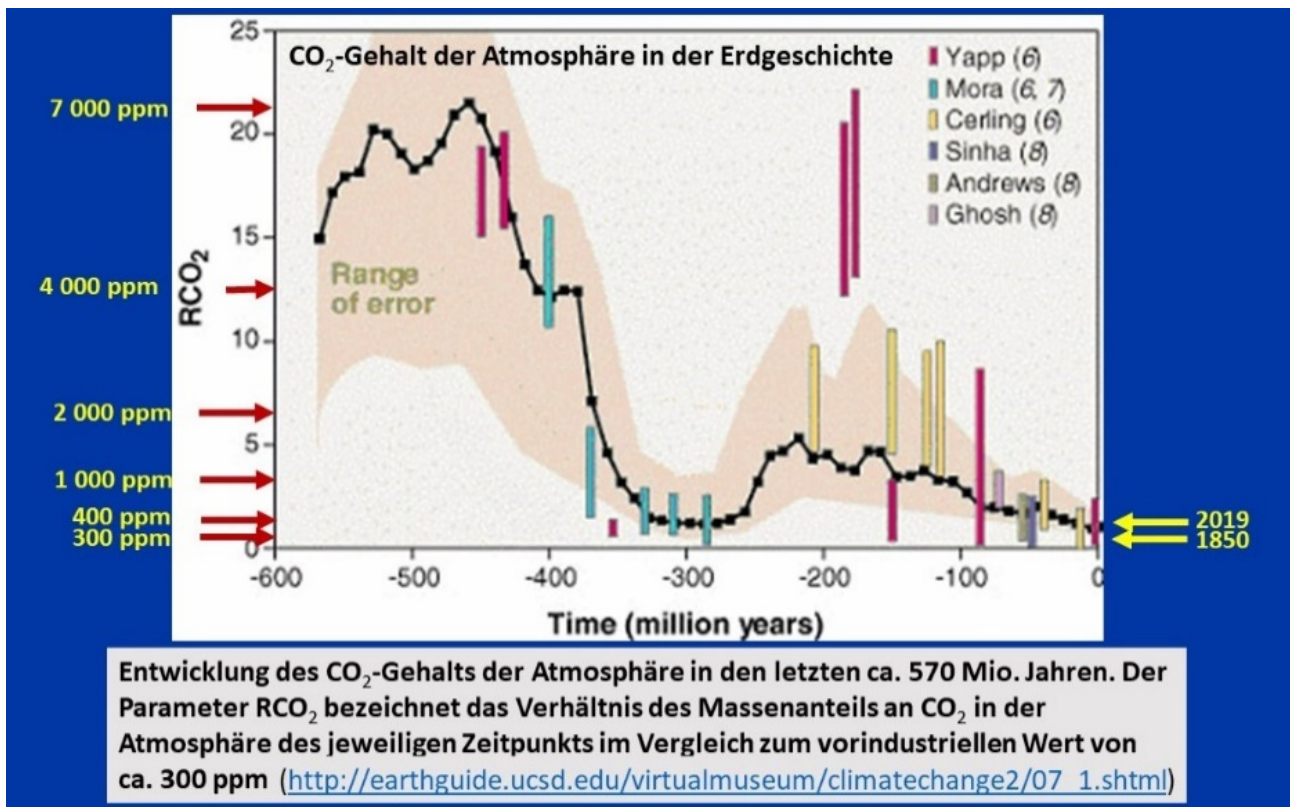


Bild 1: Die Entwicklung der CO₂-Gehalte der Atmosphäre in den letzten 600 Mio. Jahren

Lagen die CO₂-Gehalte um 500 Millionen Jahren vor heute bei etwa 7000 ppm (0,7%), so fielen sie im Zeitalter des Carbon (um 300 Millionen Jahre vor heute) stark ab (starkes Pflanzenwachstum) auf fast die heutige Höhe. Die Gehalte stiegen dann wieder an und fielen ab seit etwa 200 Mio. Jahren bis auf die heutigen CO₂-Gehalte von etwa 420 ppm (0,0420%).

Die Temperaturen der Atmosphäre bewegen sich in dieser Zeit um 21 und 22 °C. (1)(2)

Mitte des 19. Jahrhunderts lagen die CO₂-Gehalte bei etwa 300 ppm und sind bis heute auf etwa 420 ppm angestiegen, also um 120 ppm.

Im Hinblick auf die Aussage der Schwankungsbreite der CO₂-Gehalte der Atmosphäre in Bild 1 soll nun nach Aussage des IPCC ein Anstieg der CO₂-Gehalte von marginalen 120 ppm von der vorindustriellen Zeit bis heute eine Tod-bringende Wirkung bei weiterem Anstieg zugesprochen werden können, wobei der Treibhauseffekt nicht einmal gemessen werden kann.

Die Tragfähigkeit der Vorstellung des IPCC wird jedoch nicht nur durch die geschichtliche Entwicklung der CO₂-Gehalte in Frage gestellt, sondern auch durch die Entwicklung der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen von 1960 bis 2023. Die Entwicklung der CO₂-Emissionen zeigt nicht nur eine starke Abflachung sondern inzwischen sogar einen leichten Rückgang. (Bild 2) (3)

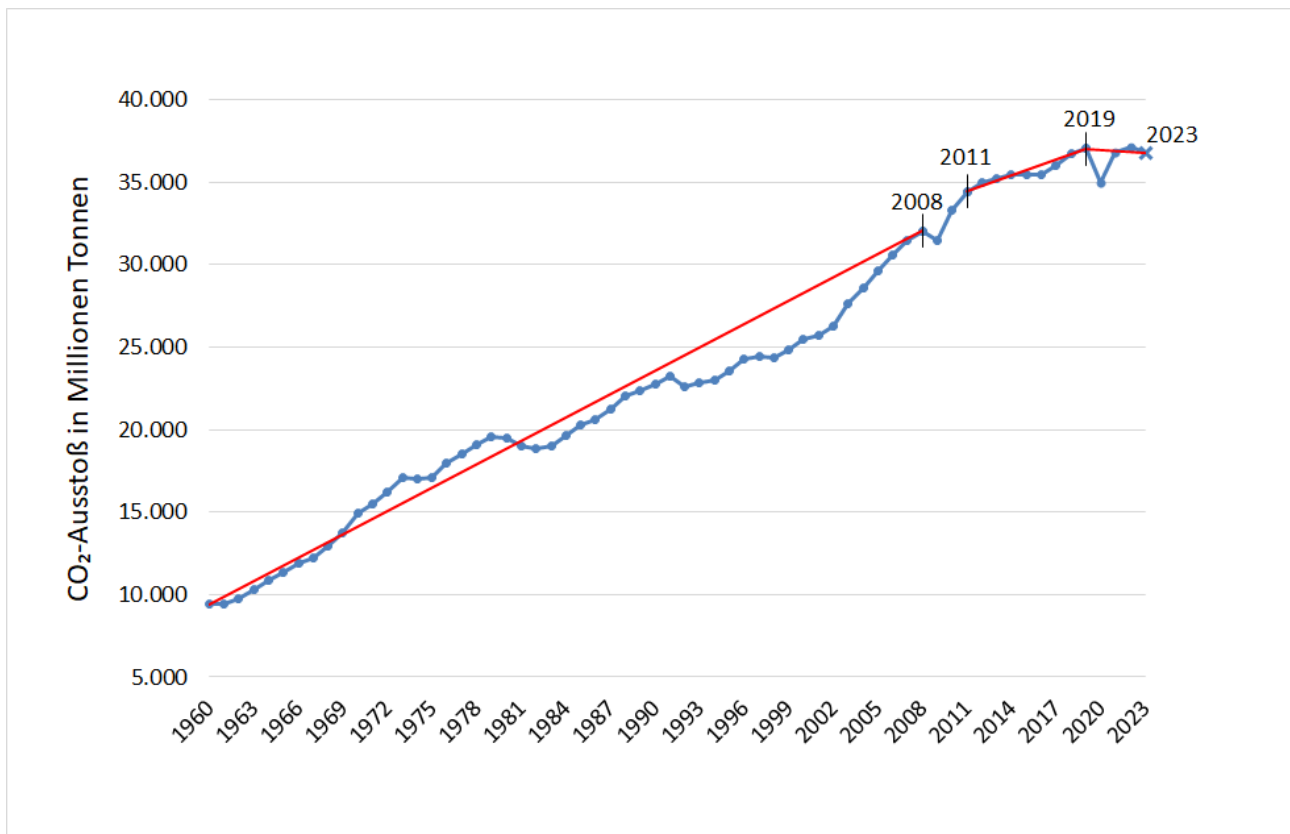


Bild 2: Entwicklung des weltweiten anthropogenen CO₂-Ausstoßes

Wenn nach der Vorstellung des IPCC die CO₂-Gehalte der Atmosphäre ausschließlich über anthropogene CO₂-Emissionen bestimmt würden, müssten nun die CO₂-Gehalte der Atmosphäre zumindest stagnieren oder gar abfallen. Die aktuellen Messungen der CO₂-Gehalte zeigen jedoch nicht die geringste Andeutung einer Stagnation oder eines Abfalles – im Gegenteil: die CO₂-Gehalte steigen nach 2000 sogar stärker an, d.h. die Vorstellung des IPCC zur Wirkung der anthropogenen CO₂-Emissionen auf den Temperaturanstieg unterliegen falschen Vorstellungen. Dennoch wird an der Verminderung der CO₂-Emissionen in Deutschland für Billionen EURO festgehalten, wobei Deutschland zu den weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen nicht einmal mit 2% beiträgt. (3) Sicher wären die hier diskutierten Einflussgrößen auf das Klima/Temperatur unvollständig, wenn nicht auf eine Reihe andere Einflussgrößen hingewiesen würde wie Sonnenaktivität, Schräge der Erdoberfläche, Anteil der Sonnenflecken, etc.

2. Was bedeutet eine vollkommene Dekarbonisierung bis 2045 für Deutschland

2.1 Stromerzeugung

Der Ausbau der Wind (onshore+offshore)- und Solaranlagen in Deutschland liegt z.Z. bei etwa 163 GW bei einem mittleren Nutzungsgrad von etwa 24 GW mit Leistungsspitzen teilweise bereits über dem Strombedarf (Last). (Bild 3) (4)

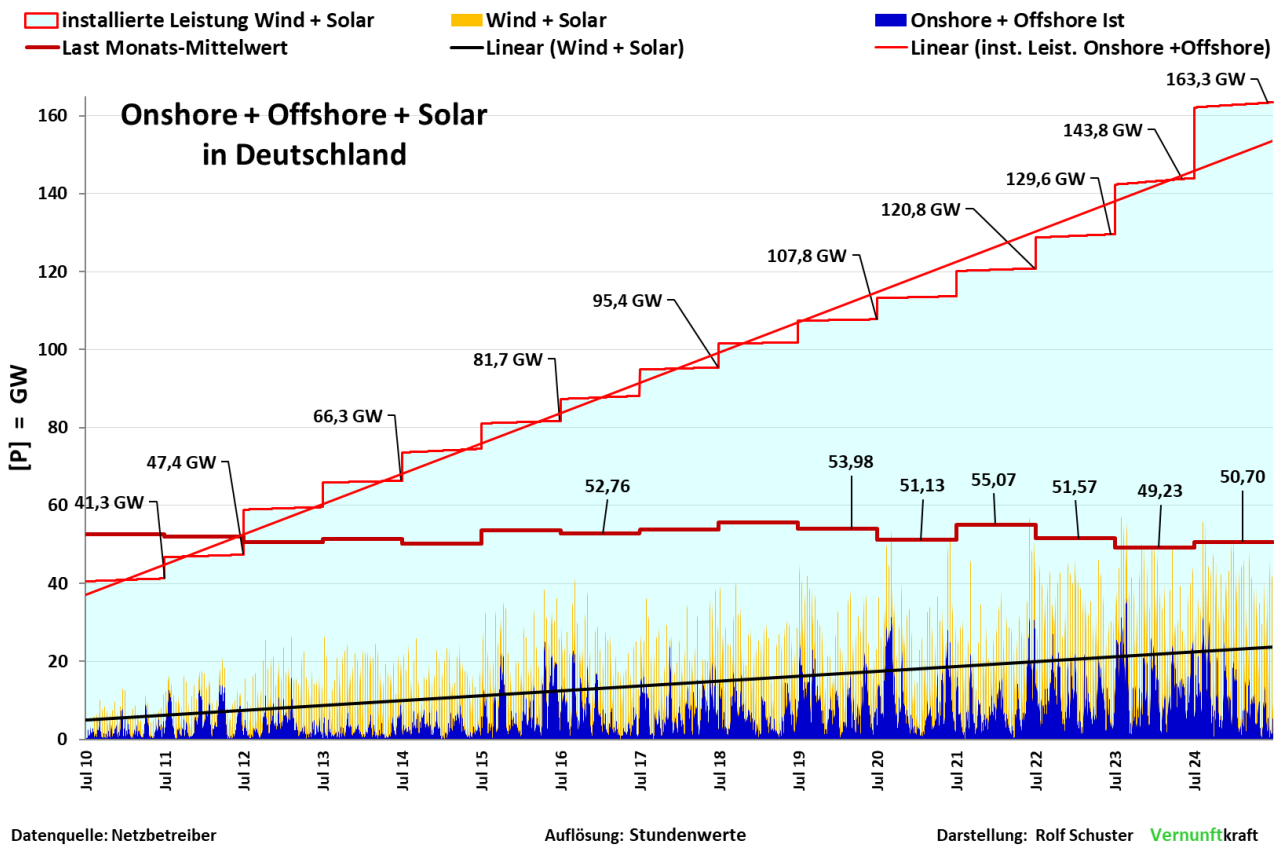


Bild 3: Ausbau der Wind- und Solaranlagen

Der mittlere Strombedarf liegt leicht über 50 GW.
 Im Einzelnen schwanken die Leistungen der Wind- und Solaranlagen z.Z.
 wie folgt:

I

	Installierte Leistung	Mittlere Leistung	Leistung max.	Leistung min.
	GW	GW	GW	GW
Wind onshore	62	13	49	0,25
Wind offshore	9	3	7,4	0
Solar	92	8	49	0
Wind+Solar	163	24	69	

Bei einem mittleren Strombedarf von etwa 50 GW wird z.Z. der erforderliche Strombedarf über Wind und Sonne im Mittel fast zu 50 % gedeckt. (4) Dazu kommen etwa 5 GW aus Biomasse und Wasserkraft, die bei steigender Stromerzeugung wegen ihrer begrenzten Verfügbarkeit an Bedeutung verlieren.

Die Stunden mit einer Leistung gleich/kleiner null lagen an der Strombörse in 2023 bei 301 Stunden, in 2024 bis August bereits bei 371 Stunden. (5)

Wird der fluktuierende Strombedarf (Last) verglichen mit der Summe der fluktuierenden Stromleistungen aus Wind und Sonne, so wird das absehbare Dilemma einer gesicherten Stromleistung über Wind und Sonne deutlich.

(11.-15.7.2024: (Bild 4) (5)

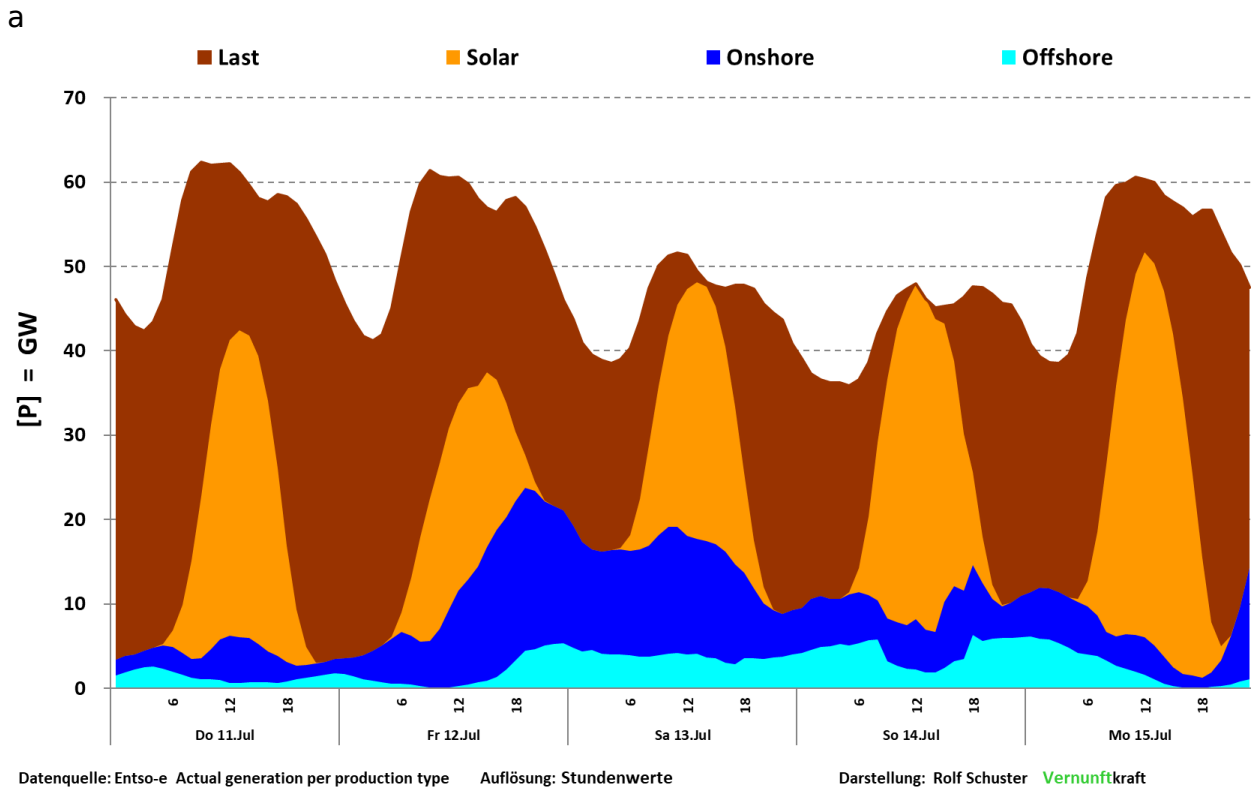
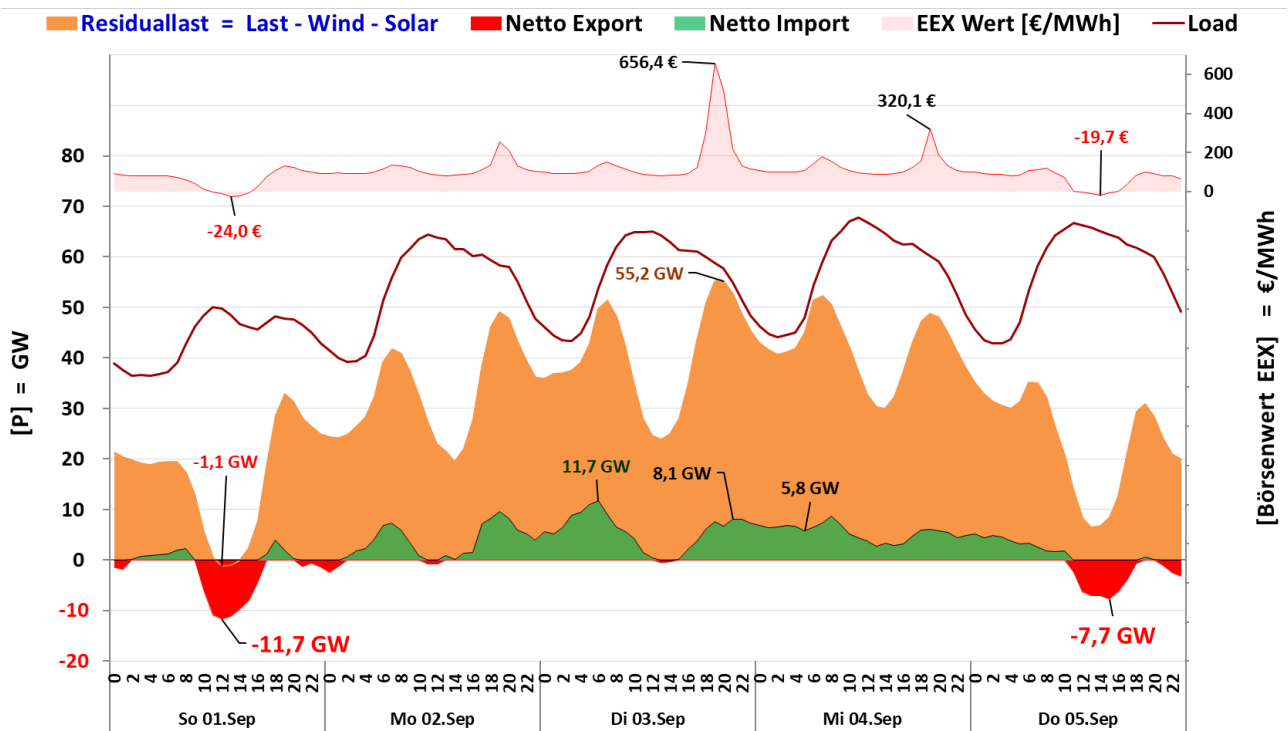


Bild 4: Fluktuation von Stromnachfrage und Stromversorgung über Wind und Sonne

In den ersten Stunden des 11.06.2024 lag die Stromdeckungslücke z.B. bei etwa 40 GW. Diese Leistungslücken müssen z.Z. über Kohle und Gas abgedeckt werden oder Stromimporte.

Dabei liegt der mittlere Anteil der Stromerzeugung über Wind und Sonne nur bei 24 GW. Eine ausschließliche Stromerzeugung nur über Wind und Sonne bei einem Strombedarf von 50 GW würde praktisch eine Verdopplung der Leistung über Wind und Sonne erfordern bei gleichzeitiger erforderlicher Speicherung oberhalb der 50 GW. (vgl. später)

Weiterhin würde eine Verdopplung der Stromerzeugung über Wind und Sonne gleichzeitig bedeuten, dass sich die Stromspitzen über Solar verdoppeln: von z.Z. etwa 50 GW auf 100 GW – wohin mit dem Strom – insbesondere bei Umstellung des gesamten Primärenergieverbrauches. (vgl. später)



Datenquelle: Entso-e Actual generation per production type

Auflösung: Stundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster Vernunftkraft

Bild 5: Schwankungsbreiten der Stromdeckungslücken durch Wind und Sonne

Bild 5 gibt für den Zeitraum 01.09. bis 05.09.2024 einen Überblick über die Stromdeckungslücken (Residuallast = Last – Wind – Solar), den Netto Export, den Netto Import sowie die Strompreise an der Börse. (6)

Die Stromlücken schwanken zwischen 0 und 55 GW, die notwendigen Exporte steigen bis -11,7 GW, die Importe bis + 11,7 GW. Die Strompreise liegen erwartungsgemäß bei Exporten im negativen Bereich bis -24 EURO/ MWh, bei Importen im positiven Bereich mit bis zu 656,4 EURO/MWh.

Für die Deckung der Stromlücke z.B. bei 55,2 GW – 8,1 GW müssen eine Reihe von Kohle – und Gaskraftwerke erhalten und das in wenigen Stunden.

Diese Aussagen gelten für eine mittlere Stromleistung von etwa 50 GW. Im Jahre 2045 müssen dann – vorgehend auf Kapitel 2.3 – nicht die Stromschwankungen bei 50 GW sondern bei Umstellung des gesamten Primärenergiebedarfes von 592 GW ausgeglichen werden – das entspricht einem Faktor von 10! – hier erübrigt sich jeder Kommentar.

Zur Erinnerung sei noch bemerkt, dass Strombedarf und Stromleistung zur Aufrechterhaltung einer gesicherten Stromversorgung stets in einem Gleichgewicht stehen müssen, was bei der erforderlichen Geschwindigkeit der Anpassung der Stromversorgung an den Strombedarf in Frage gestellt werden muss..

Dazu gibt es noch das Problem der Dunkelflauten, die länger als 10 Tage dauern können und in denen bei 50 GW oder 1200 GWh/Tag die Stromversorgung für 12 000 GWh über Backup-Kapazitäten sicher gestellt werden muss – in 2045 dann bei 592 GW oder 14 200 GWh/Tag bzw. 142 000 GWh in 10 Tagen.

Derzeit stehen in Deutschland zur Abdeckung der Stromunterversorgung z.Z. nur Gaskraftwerke mit etwa 35 GW zur Verfügung. Bis 2035 sollen

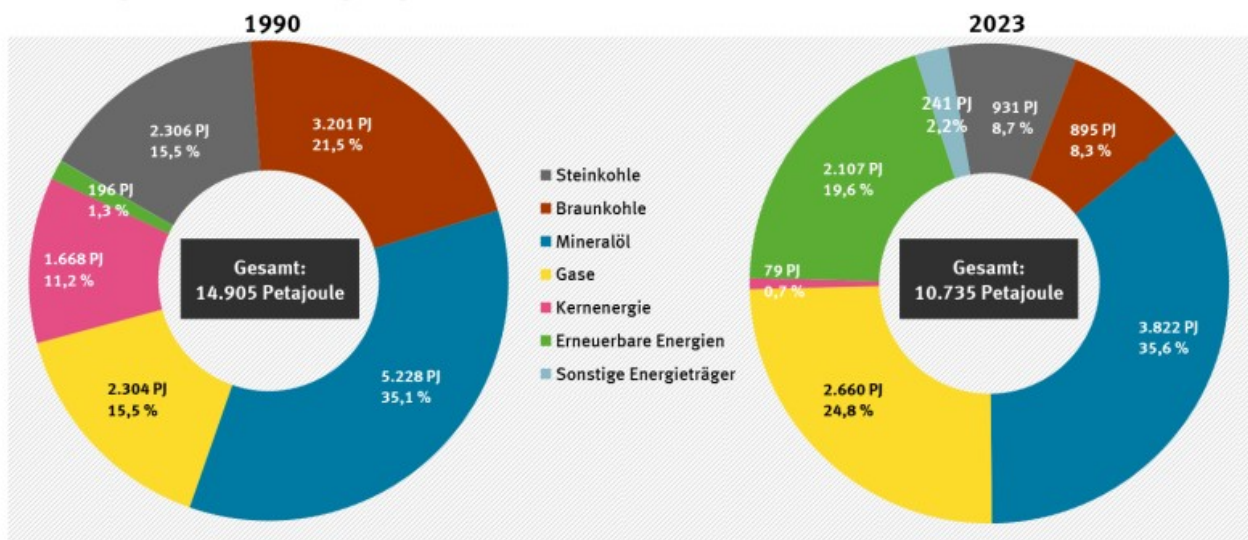
zusätzlich 10 GW über Wasserstoff-Kraftwerke hinzukommen. Das ist wenig, aber am Ende soll nach der hoffnungslosen Vorstellung der Regierung der Wasserstoff zur Lösung aller Fragen in der Zukunft herhalten. (vgl. später)

2.2 Zur vorgesehenen Umstellung des gesamten Primärenergieverbrauches (komplette Dekarbonisierung) auf Wind, Sonne und Wasserstoff bis 2045

Die Zielsetzung Deutschlands sieht eine Klimaneutralität in 2045 vor, d.h. die ausschließliche Stromerzeugung über Wind, Sonne und Wasserstoff.

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland lag 1990 bei 14 905 Petajoule oder 470 GW, in 2021 bei 12193 Petajoule oder 384 GW (7), in 2023 bei 10 735 Petajoule oder 338 GW. (Bild 6) (7)

Primärenergieverbrauch nach Energieträgern 1990 und 2023



Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen: Energiebilanzen (Stand 11/2023), 2023: Vorläufige Energiebilanz (Stand 03/2024)

Bild 6: Primärenergieverbrauch 1990 und 2023

Der Anteil der erneuerbaren Energien betrug in 1990 1,3%, in 2021 16% und in 2023 19,6%.

Die Verteilung der einzelnen Energieträger errechnet sich für 2023 wie folgt:

	%	GW
Steinkohle	8,7	29,4
Braunkohle	8,3	28,1
Mineralöl	35,6	120,3
Erdgas	24,7	83,5
Kernenergie	0,7	2,4
Erneuerbare Energien	19,6	66,2
Sonst. Energieträger	2,3	7,8
Summe:		338

Tafel 1

(Auch die USA beziehen in 2023 noch 82% ihrer Energie aus fossilen Brennstoffen)

Bei einem Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch müssen bis 2045

338 GW – 66,2 GW (Erneuerbare) – 7,8 GW (Sonstige) = 264 GW
zusätzlich über alternative Energien dargestellt werden.

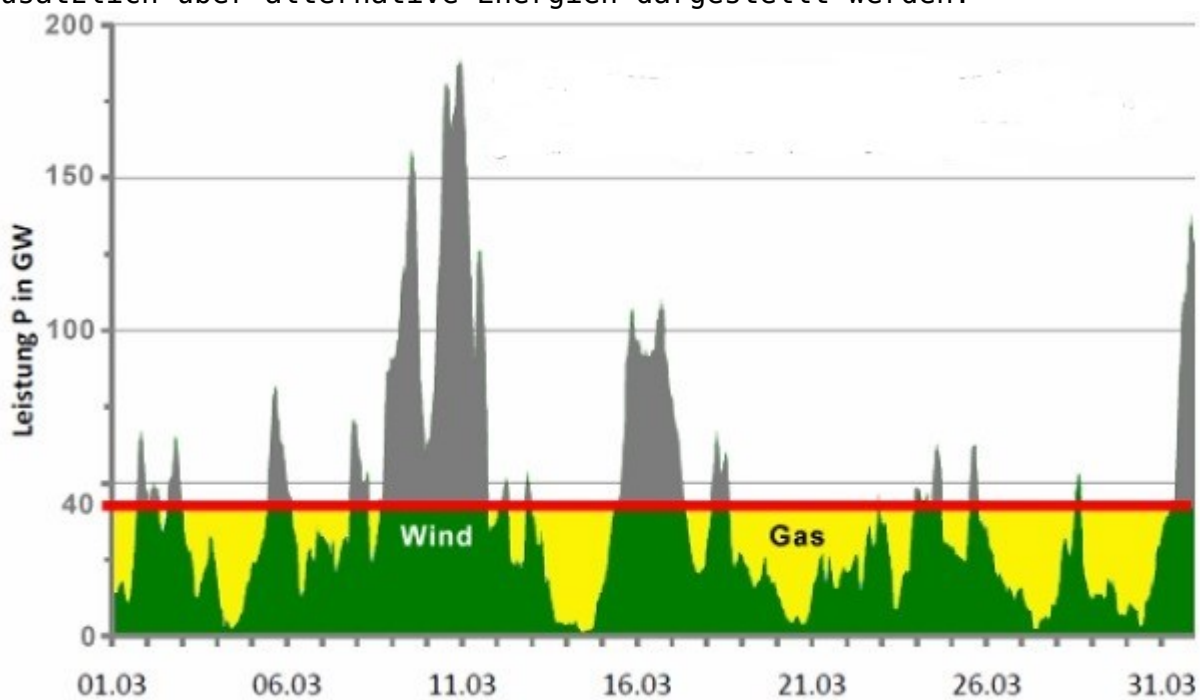


Bild 7: Schwankungsbreite der Stromerzeugung über Wind und Sonne

Bei der Einstellung einer bestimmten Leistung über Wind und Sonne fällt nach Bild 7 stets genau so viel Stromleistung über dem Mittelwert an wie unterhalb (hier 40 GW), so dass die oberhalb des Mittelwertes anfallende Leistung über Elektrolyseure sofort in Wasserstoff umgewandelt werden muss oder in Speichern gesammelt werden, um sie bei Bedarf einsetzen zu können.

2.3 Energieaufwand für die Herstellung von Wasserstoff

Die Herstellung und Verarbeitung von Wasserstoff über Elektrolyseure, die Speicherung sowie die H₂-Verstromung setzt sich im Wesentlichen wie

folgt zusammen (9):

Stufe 1: Stromerzeugung über Wind und Sonne oberhalb Mittelwert

Stufe 2: H2-Elektrolyse Wirkungsgrad 70% : 47 KWh/kg H2 54 % vom Umsatz

Stufe 3: H2-Speicherung mit Verlusten von 10%: 5 KWh/kg H2 6 %

Stufe 4: H2-Verstromung Wirkungsgrad 60% 35 KWh/kg H2 40 %

87 KWh/kg H2 100 % Tafel 2

Der sich daraus ergebende Wirkungsgrad von 40% ist bewusst hoch angesetzt worden.

Nach Bild 7 errechnet sich die Stromleistung oberhalb des Mittelwertes aus der Stromerzeugung aus Wind und Sonne einschließlich des Energieverbrauches für die H2-Umsetzung wie folgt:

$GW = GW/2/0,4$ (9) Gleichung 1

Es gilt dann für die oberhalb des Mittelwertes erforderliche Leistung einschließlich der H2-Darstellung für die z.Z. erforderliche Stromleistung von 50 GW:

$GW = 50/2/0,4 = 62,5$ GW,

also $62,5 - 25 = 37,5$ GW nur für die H2-Darstellung.

Z.Z. werden bei einer Leistung von 50 GW 24 GW über Wind und Sonne beigestellt, wofür 163 GW Wind- und Solaranlagen diese Leistung beisteuern.

Um 50 GW nur über Wind und Sonne darzustellen, wären

$163 \times 50/24 = 340$ GW zu installieren, einschließlich dem Energieaufwand für die Wasserstoffverarbeitung $163 \times (50+37,5)/24 = 594$ GW.

Von den 37,5 GW oder 487 GWh/Tag für die Herstellung, Speicherung und Verstromung von Wasserstoff sind 54% nur für die H2-Herstellung erforderlich. (Tafel 2)

Aus der Leistung von 487 GWh/Tag und einem Strombedarf für die Elektrolyse von 47KWh/kg H2 errechnet sich dann die erforderliche Wasserstoffmenge zu 10 362 Tonnen H2/Tag.

Bis 2035 sollen 10 GW oder 240 GWh/Tag über Wasserstoff-Kraftwerke hergestellt werden, was einer H2-Menge von 5100 Tonnen H2/Tag entspricht – also gerade einmal die Hälfte von dem Wasserstoff-Verbrauch, wie er heute bei einer Umstellung auf Wind, Solar und Wasserstoff erforderlich wäre.

Ziel ist aber die komplette Dekarbonisierung bis 2045, d.h. die Umstellung des gesamten Primärenergiebedarfes von 338 GW abzüglich von 66,2 GW über die bereits eingestellten „alternativen Energien“ und 7,8 GW über „Sonstige“ (Tafel 1), also 264 GW oder

$264 \text{ GW} \times 163/24 = 1793$ GW zu installierende Wind- und Solaranlagen ohne den Energiebedarf für die Erzeugung von Wasserstoff.

Da für die z.Z. bereits installierten Wind- und Solaranlagen von 163 GW die erforderliche H2-Mengen nicht dargestellt werden können, muss von dem Gesamt-Primärenergiebedarf von 338 GW ausgegangen werden.

Somit gilt für die insgesamt aufzubringende Energie für die Umstellung des Gesamt-Primärenergieverbrauches auf Wind, Sonne und Wasserstoff $338/2$ (Energieaufwand unterhalb Mittelwert) + $338/2/0,4$ (Energie

oberhalb Mittelwert) = $169 + 423 = 592$ GW oder $592 \times 163/24 = 4020$ GW zu installierende Wind- und Solaranlagen.

Der zusätzliche Energieaufwand für die H₂-Erzeugung bis zur H₂-Verstromung liegt dann bei $423 - 169 = 254$ GW bzw. 6100 GWh/Tag.

Der anteilige Energieverbrauch nur für die H₂-Elektrolyse liegt bei 54% (Tafel 2).

Es gilt dann $6100 \text{ GWh/Tag} \times 0,54 = 3294$ GWh/Tag nur für die H₂-Elektrolyse und damit errechnet sich bei einem Energieaufwand für die Erzeugung von Wasserstoff von 47 kWh/kg H₂ ein Gesamt-Wasserstoffverbrauch von 70 085 t H₂/Tag.

Das zuständige Bundeswirtschaftsministerium weist für Europa einen H₂-Bedarf in 2045 von 243 – 412 Terawattstunden im Jahr aus (FAZ, 27. 08. 2024) oder 28 – 47 GW.

Nur für Deutschland liegt schon der Energiebedarf für die Herstellung von H₂ in 2045 bei 254 GW, also etwa um den Faktor 10 höher.

Es würde für die Umstellung der jetzigen Stromleistung von 50 GW auf Wasserstoff mit 37,5 GW wohl reichen.

2.3 Bisherige H₂-Aktivitäten und erste Kostenbetrachtungen

Mit dem Wasserstoffbeschleunigungsgesetz hat die Bundesrepublik in ihrer üblichen Ahnungslosigkeit schleunigst ein Gesetz geschaffen ohne jede Planung, Kostenbetrachtung, etc. Auf der Basis dieses Gesetzes sollen die Planungs-, Genehmigungs- und Vergabeverfahren für den Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft digital, schlanker und damit schneller werden. In Deutschland sind bereits eine Reihe von kleinen Vorhaben zur Erzeugung von H₂ im Bau oder bereits im Versuchsbetrieb einschließlich der Testung von H₂-Elektrolyseuren.

Auch im Ausland sollen an rund einem Dutzend Standorten grüner Wasserstoff und sein Trägermedium Ammoniak produziert werden, u.a. in Namibia (vorgesehen sind 300 000 t H₂/a, die bei dem täglichen Bedarf Deutschlands von etwa 70 000 Tonnen H₂ für gerade einmal etwa 4 Tage reichen würden).

In flüssiger Form soll das Ammoniak ab 2027 mit großen Tankschiffen zum Hamburger Hafen transportiert werden.

Dort wird in einer Cracker-Anlage die Aufspaltung des Ammoniak in seine Bestandteile Wasserstoff und Stickstoff vorgenommen.

Außerdem soll ein Wasserstoff-Transportnetz entstehen, das bis 2027 auf 40 km, in 2031 auf 60 km erweitert werden soll. Am Ende soll es eine Länge von 100 000 km aufweisen. Zu bedenken ist, dass Wasserstoff im Gegensatz zu Erdgas zu Stahlversprödung führt, d.h. auf das bestehende Erdgasnetz kann nicht zurückgegriffen werden.

Außerdem werden Wasserstoffspeicher in Salzstöcken getestet.

Nach ersten Kostenbetrachtungen für den Einsatz von importiertem Wasserstoff mit dem Trägermedium Ammoniak liegt der Strompreis unter Berücksichtigung des Importes, der Aufspaltung in H₂ (Cracken), die Kosten des Crackers sowie die Verluste bei der Stromerzeugung bei 49 ct/KWh, damit 5 mal höher als der heutige Börsenpreis von 9 ct/KWh. (Strompreis USA 3,5 ct/KWh) (10)

Eine Schlüsselrolle bei der Umstellung der Industrie auf Wasserstoff bildet die beschleunigte Umstellung der Stahlindustrie durch Austausch des Hochofenbetriebes gegen das Direktreduktionsverfahren mit Wasserstoff.

Grundsätzlich teilen sich die Kosten für die Herstellung bis zur Verarbeitung des Wasserstoffes bei der Stahlherstellung im Wesentlichen wie folgt auf: 1. die Stromerzeugung über Wind und Sonne, 2. die Herstellung von sauberem Wasser, 3. die Herstellkosten in H₂-Elektrolyseuren, 4. die Energiekosten, 5. die Speicherkosten, 6. die Transportkosten.

In einem ersten Schritt wurde lediglich ein Teil der Energiekosten für die Stahlerzeugung im Direktreduktionsverfahren behandelt.

Dabei wurden ausschließlich die Energiekosten für die H₂-Elektrolyseure behandelt, ausgehend von dem thermodynamischen Wert für die Herstellung von 33 kWh/kg H₂ und einem Wirkungsgrad für Elektrolyseure von 70%, was ein Aufwand von 47 kWh/kg H₂ bedeutet.

Für die Umstellung der gesamten deutschen Stahlindustrie auf Wasserstoff ist dann ein H₂-Verbrauch von 3425 t H₂/Tag und ein H₂-Verbrauch von 54 kg/t Stahl erforderlich.

Auf der Basis der Stromkosten in Deutschland in 2023 von 0,265 EURO/kWh errechnen sich dann Mehrkosten von 10 Milliarden EURO/a bei Umstellung der Stahlerzeugung in Deutschland von der Hochofen-Route auf das Direktreduktionsverfahren und nur auf der Basis der Energiekosten für die H₂-Elektrolyseure. (11)

Inzwischen stellt ThyssenKrupp fest: die grüne Transformation wird teurer. (FAZ, 31.08.2024)

3. Kosten Energiewende

Einen Überblick über die verschiedenen von der Bundesregierung für die Energiewende ständig bereitgestellten Gelder zu behalten, ist äußerst schwierig als da sind: Einspeisevergütung nach EEG, CO₂-Emissionen, Ausbau Stromnetze und Ladestationen für E-Autos, Beihilfen für Wärmepumpen, Umlagen für abschaltbare Lasten und Kraftwärmekopplung, Wasserstoffwirtschaft, etc.

Trotz aller Engpässe im Haushaltsentwurf 2025 sollen weiterhin mehr als 100 Milliarden EURO jährlich für die Unterstützung und den Neubau von Wind- und Solaranlagen aufgewendet werden bei gleichzeitiger Produktion von Überschussstrom über Wind und Sonne, der kostenpflichtig nach Österreich gelangt und über Pumpspeicherwerke in Hochstromzeiten wieder nach Deutschland zurückfließt.

Die Dekarbonisierung Deutschlands führt zu einem Rückgang der Exporte sowie einem Rückgang der Industrieproduktion durch die steigenden Energiepreise über den Ausbau der erneuerbaren Energien, der steigenden Netzkosten sowie der CO₂-Zertifikate für Gas- und Kohlekraftwerke, etc. Nach einer McKinsey-Studie kostet die Energiewende Deutschlands bis zur Klimaneutralität in 2045 6 Billionen EURO.

4. Schlussbetrachtung (u.a. CCS)

Zum Wohle des Klimas gibt die Ampel ihre Vorbehalte gegen die Speicherung von CO₂ über das CCS-Verfahren auf (Carbon Capture Storage). CO₂ soll der Luft entzogen werden, um es unterirdisch zu lagern.

Ende Mai 2024 hat die Bundesregierung Eckpunkte für eine CarbonManagement-Strategie und dem darauf basierenden Gesetzentwurf zur Novelle des CO₂-Speicherungsgesetzes beschlossen.

Auch die Europäische Union hatte schon vor Jahren für eine solche Maßnahme Geld zur Verfügung gestellt.

Nachbar- und Überseeländer haben CCS als wirksames Instrument zur Klimaneutralität weiter entwickelt: Großbritannien, Norwegen, Niederlande, Schweden und investieren Milliarden und streben für CCS einen zweistelligen Prozentanteil für das Erreichen der Klimaziele weltweit an. Weltweit gibt es z.Z. 47 CCS-Anlagen.

Für das CCS-Verfahren werden hohe Kosten gesehen – man hofft in Zukunft für Deutschland auf etwa 200 EURO/ Tonne entferntes CO₂. (FAZ, 14.08.2024) Aus Italien werden Kosten von 80 EURO/t CO₂ genannt. (FAZ, 05.09.2024)

Die CO₂-Löslichkeit im Meerwasser liegt etwa 50 mal höher als die CO₂-Gehalte in der Atmosphäre und beide stehen in einem thermodynamischen Gleichgewicht zueinander.

Eine Reduzierung der CO₂-Gehalte der Atmosphäre über CCS bedeutet daher nach dem „Prinzip vom kleinsten Zwang“ ein Entweichen von CO₂ aus den Meeren in die Atmosphäre, so dass diese CCS-Verfahren nicht zu einem Abbau der CO₂-Gehalte der Atmosphäre führen können – ein CO₂-Abbau aus der Atmosphäre ist nach den Ausführungen in der „Einleitung“ ohnehin sinnlos.

Die deutsche Energiewende basiert in ihrer inzwischen langen Geschichte auf einer Reihe von verschiedenen Vorstellungen und Maßnahmen zur Verminderung der deutschen CO₂-Emissionen, stets nach der Vorstellung des IPCC, obwohl der deutsche Anteil an den CO₂-Gesamt- Emissionen deutlich unter 2% liegt. Im Übrigen können die anthropogenen CO₂-Emissionen keinen Einfluss auf das Klima ausüben. (vgl. „Einleitung“) Aussagen von Wissenschaftlern wie J.F. Clouser, R. Lindzen oder W. Happer werden ignoriert.

Alle Maßnahmen der Regierungen zum Abbau der CO₂-Emissionen wurden stets angekündigt ohne jede explizite Beschreibung der Einzelschritte und damit auch bar jeder Kenntnis zu entstehenden Kosten.

Die Energiewende begann einst mit der Aussage, dass sie für eine Kugel Eis zu haben sei und wird nun enden mit der abstrusen Vorstellung, dass der Wasserstoff nun alle Probleme bis zur kompletten Dekarbonisierung einschließlich einer gesicherten Stromversorgung und beherrschbaren Kosten lösen kann.

Das Ausland lacht nur noch über die „Dümmste Energiepolitik der Welt“ (Wall Street Journal) – Nachahmer wird es natürlich nicht geben.

5.Quellen

1. Vögele, D.: „Der C-Kreislauf – ein neuer umfassender Ansatz“, EIKE, 21.08.2017
2. May, A.: EIKE, 22.07.2022
3. Beppler, E.: „Die energiepolitische Geisterfahrt Deutschlands“, EIKE, 27.04.2024
4. Schuster, R.: Mitteilung vom 07.08.2024
5. Schuster, R.: Mitteilung vom 23.08.2024
6. Schuster, R.: Mitteilung vom 06.09.2024
7. Beppler, E.: „Ein hoffnungsloser Aufwand für die Klimaneutralität in 2045 für eine nicht messbare CO₂-Konzentration“, EIKE, 12.09.2022
8. Umweltbundesamt
9. Beppler, E.: „Wieviel Wasserstoff erfordert die Klimaneutralität in 2045 auf dem Wege über 2030 und welche Energieverbräuche sind damit verknüpft“, EIKE, 30.06.2023
10. „Das Deindustrialisierungskonzept des Robert H., von Fritz Vahrenholt“, EIKE, 10.08.2024
11. Beppler, E.: „Kosten von Wasserstoff und die Reduktion mit Wasserstoff bei der Stahlherstellung“, EIKE, 27.02.2024