

# Wieviel Wasserstoff erfordert die Klimaneutralität in 2045 auf dem Wege über 2030 und welcher Energieverbrauch ist damit verknüpft

geschrieben von Admin | 30. Juni 2023

**Eine für ein Industrieland wie Deutschland hoffnungslose Wasserstoff-Illusion**

**von Dr.-Ing. Erhard Beppler**

## **Fazit**

Bis 2030 soll der Anteil der „Zufallsenergien“ Wind und Sonne auf 80% angehoben werden über die Installation von 115 GW über Windanlagen (davon 30 GW offshore) und 215 GW über Solarenergie.

Bei hoch angesetzten Nutzungsgraden für die Wind- und Solarkraftwerke können dann rechnerisch in 2030 im Mittel 53 GWeff erzeugt werden einschließlich der Bioenergie von 11 GW dann 64 GW.

Aber diese Regierung hat trotz aller Denkfabriken noch nicht verstanden, dass diese „Zufallsenergien“ Wind und Sonne von im Mittel 53 GWeff viel Energie für die H<sub>2</sub>-Technologie benötigen, um die Stromschwankungen auszugleichen, z.B. nachts bei Windstille.

Dafür sind in 2030 40 GW erforderlich, so dass sich eine Stromleistung von insgesamt  $53 + 40 + 11 = 104$  GW ergibt.

Nun sollen bis 2030 auch noch 15 Mio. E-Fahrzeuge hinzukommen mit 33 GW, zusätzlich sollen die Heizungen auf Wärmepumpen umgestellt werden mit 35 GW, zusammen dann 172 GW und schon ist die jetzige Stromleistung verdreifacht. Bereits dieser Wert übersteigt die Aufnahmefähigkeit des Stromnetzes. (Täglich müssen dann 2800 GWh gespeichert werden können, da nicht davon auszugehen ist, dass die H<sub>2</sub>-Elektrolyse sofort komplett vorgenommen werden kann – in Dunkelflauten entsprechend mehr).

Um 1 kg Wasserstoff zu erzeugen, sind über die H<sub>2</sub>-Elektrolyse, H<sub>2</sub>-Speicherung und Verstromung 87 kWh erforderlich. (Die Produktionskosten alleine für die H<sub>2</sub>-Elektrolyse liegen z.Z. bei 7 Euro/kg H<sub>2</sub>)

Über die zitierten 172 GW bis 2030 müssten dann täglich im Mittel 32 000 t H<sub>2</sub> oder 12 Mio. H<sub>2</sub> jährlich erzeugt werden, die bei nicht sofortiger Verstromung auch gespeichert werden müssten. Vorgesehen sind von der Bundesregierung nur 1 Mio. t H<sub>2</sub>/a (10 GW).

Spezialschiffe für den Transport von flüssigem Wasserstoff müssen noch gebaut werden – das einzige verfügbare Schiff hat ein Fassungsvermögen von 87 Tonnen – und können in 2030 nicht ausreichend zur Verfügung stehen. (Da 1 m<sup>3</sup> Wasserstoff nur 70 kg wiegt, wird auch der Transport über Ammoniak wegen der höheren volumetrischen Energiedichte diskutiert).

Die Umrüstung von Gasturbinen auf Wasserstoff werden z.Z. noch geprüft,

womit ein beträchtlicher Rückgriff auf Kohlekraftwerke in 2030 unausweichlich ist.

Eine Hochrechnung dieser Verhältnisse auf die Klimaneutralität in 2045 einschließlich der Umstellung aller Sektoren auf die H<sub>2</sub>-Technologie führt dann in die hoffnungslose Wasserstoff-Illusion:

– die Stromerzeugung müsste auf 340 GW einschließlich einem energetischen Aufwand für die H<sub>2</sub>-Technologie von 260 GW auf insgesamt

$$340 + 260 = 600 \text{ GW}$$

angehoben werden, also eine Verzehnfachung der jetzigen Stromleistung von etwa 60 GW.

– der H<sub>2</sub>-Bedarf läge täglich bei 119 000 t, jährlich bei 43 Mio. t – wo auch immer der Wasserstoff hergestellt wird und wie er auch immer transportiert werden kann.

## **1. Einleitung**

Da die Folgen für den Energieverbrauch, die Stromleistung sowie der Wasserstoffverbrauch bei der Anwendung der H<sub>2</sub>-Technologie auf dem Wege bis zur Klimaneutralität in 2045 von der Bundesregierung einschließlich ihrer Denkfabriken wie Ökoinstitut, Fraunhofer Institut, Agora, etc. immer noch nicht verstanden wird, sollen hier die Einzelschritte der Umstellung auf Wasserstoff zunächst noch einmal detailliert beschrieben werden.

Bekanntlich schwanken die „Zufallsenergien“ aus Wind und Sonne in weiten Grenzen, zudem schwankt der Energiebedarf beträchtlich.

Die ständige Anpassung der Stromerzeugung im System Wind, Sonne und Wasserstoff an die Stromnachfrage ist komplex und soll im Folgenden vereinfacht dargestellt werden.

## **2. Das Problem der Umsetzung von Wind – und Sonnenenergie in elektrische Energie auf dem Wege über die H<sub>2</sub>-Erzeugung, H<sub>2</sub>-Speicherung und die H<sub>2</sub>-Verstromung**

Aus der Darstellung der Entwicklung der installierten Windmenge (on- und offshore) in Bild 1 nach 2010 wird der Begriff der „Zufallsenergie“ mit kurzzeitigen Schwankungen zwischen praktisch null Gigawatt (GW) und die teilweise Annäherung an die installierte Leistung sichtbar.

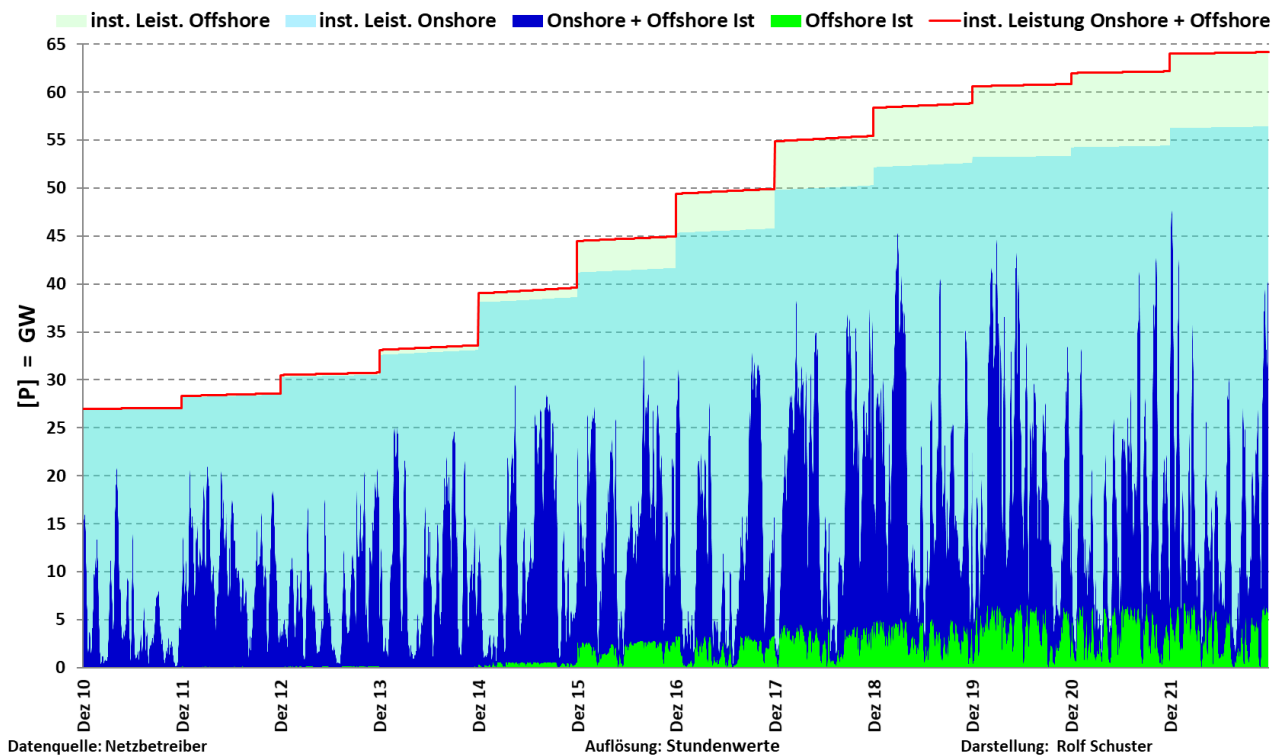


Bild 1: Entwicklung der „Zufallsenergie Wind onshore und offshore“ sowie ihre installierten Leistungen von 2010 bis 2022

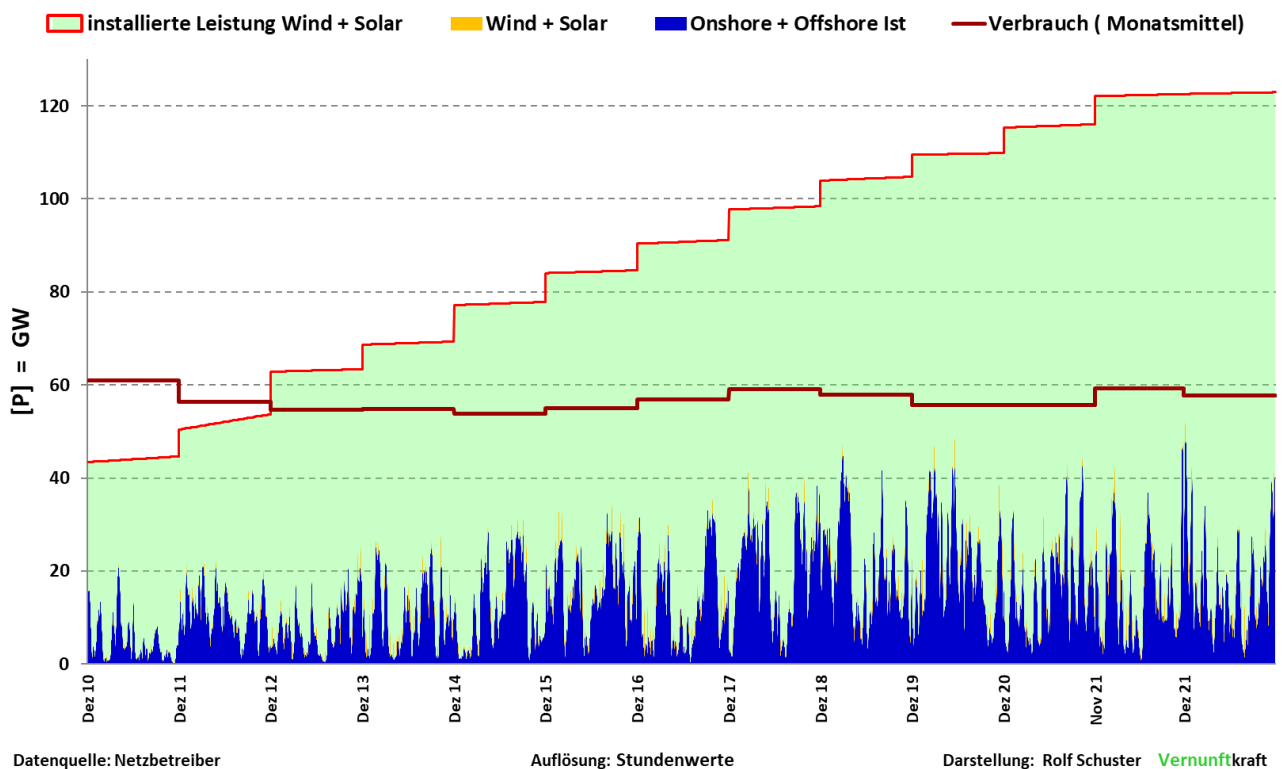


Bild 2: Entwicklung der „Zufallsenergien Wind und Sonne“, ihre installierten Leistungen sowie der monatliche Strombedarf

Die Addition von Wind- und Solarleistung von 2010- 2021 zeigt [Bild 2](#)

Hier ist zusätzlich die Stromnachfrage („Verbrauch“) auf der Basis von Jahresdurchschnittswerten dargestellt.

Nun schwankt der Energiebedarf meist zwischen etwa 40 GW (Wochenende) und über 70 GW (Bild 3; „Last“), d.h. bereits bei der z.Z. installierten Wind- und Sonnenleistung wird insbesondere an den Wochenenden der Energiebedarf nahezu erreicht, teilweise auch überschritten. (2)

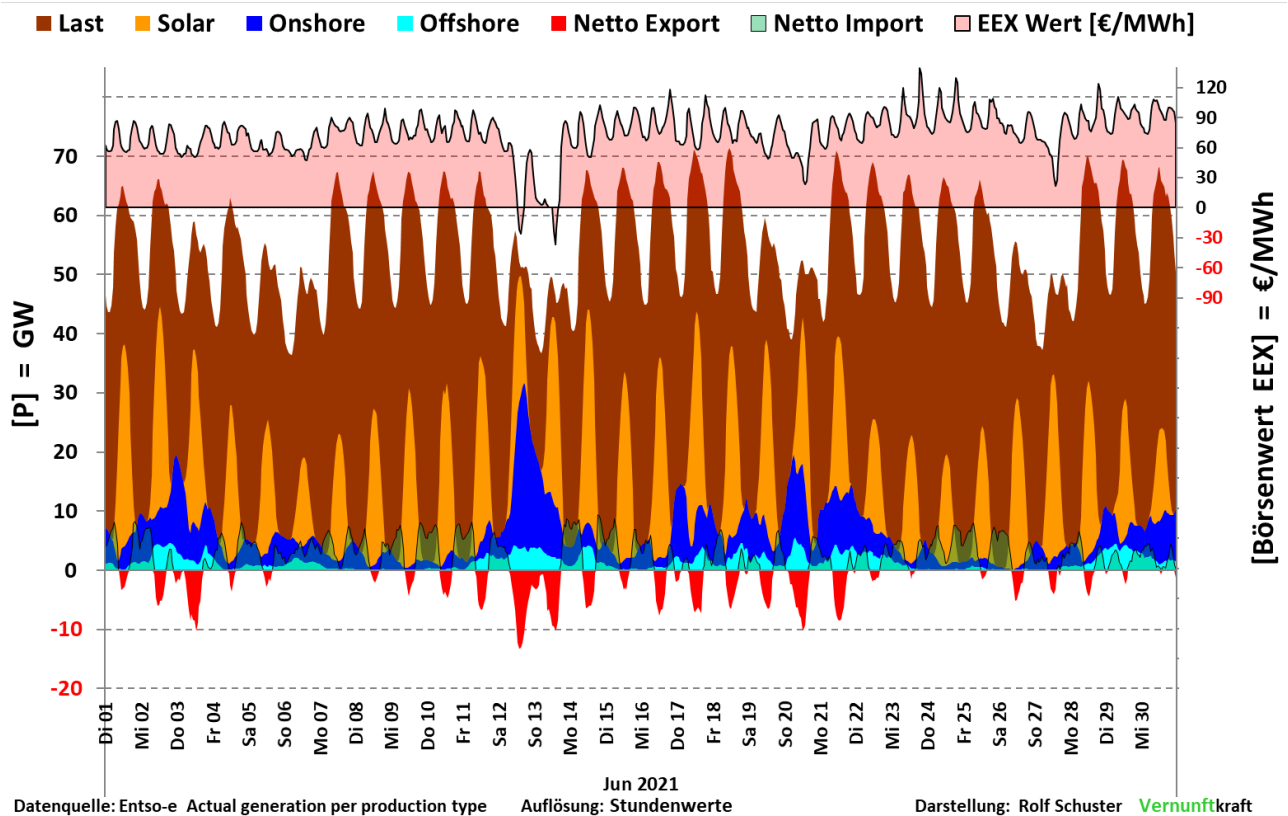


Bild 3: Tägliche Schwankungsbreiten der Stromleistungen über Wind und Sonne im Juni 2021 sowie die Strombedarfsentwicklung

Der Strom muss dann unter finanziellem Verlust an das Ausland abgegeben werden. Andererseits müssen die „erneuerbaren“ Energien immer vorrangig eingespeist und müssen sogar bei Nachfragemangel oder Netzengpässen bezahlt werden.

Leider kommt weiterhin hinzu, dass die stündlichen Positiv-Änderungen (Stromüberschuss) wie die Negativ-Änderungen (Stromunterschuss) mit steigenden Wind- und Solarleistungen (von 45 auf 123 GW – Bild 2) von 3 GW/h in 2011 auf 10 GW/h in 2021 zunehmen. (Bild 4) (3) (1 GW entspricht der Leistung eines großen Kraftwerkes).

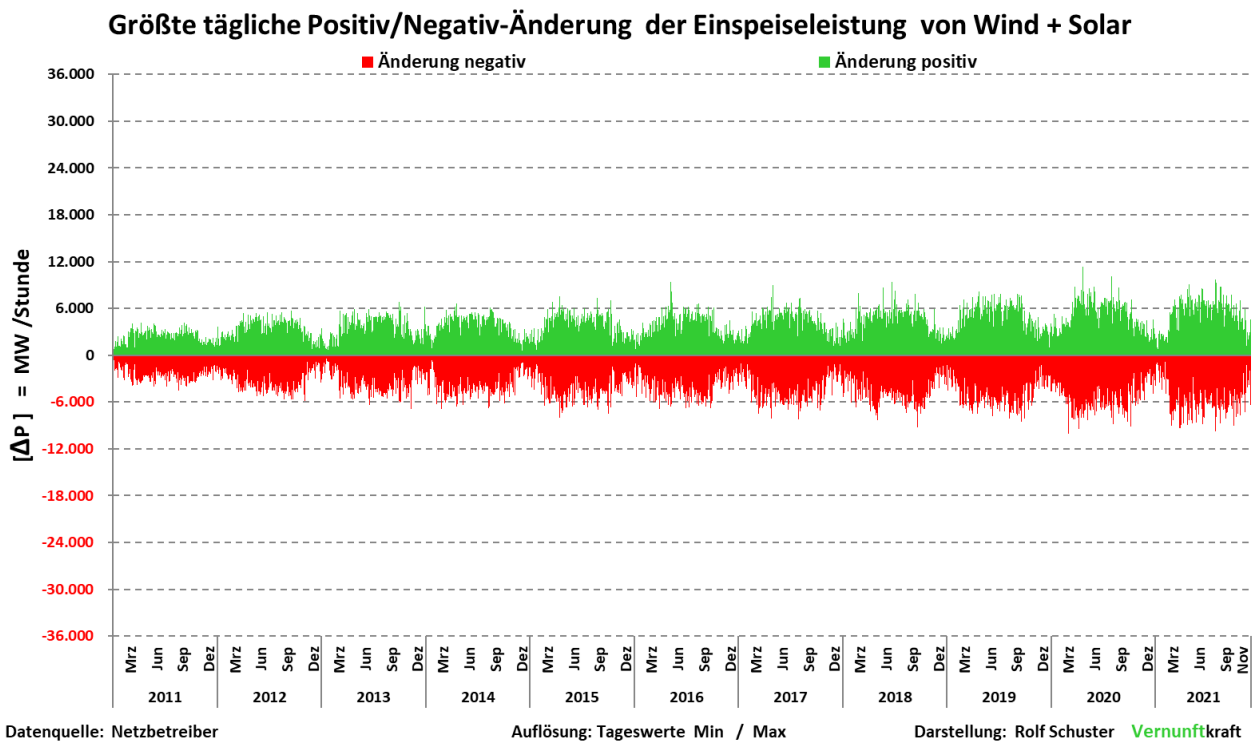


Bild 4: Entwicklung der stündlichen Änderungen des Stromüberschusses wie des Stromunterschusses von 2011 bis 2021

Eine z. B. Verdreifachung der Wind- und Solarleistung (vgl. Kapitel 3) lässt dann stündliche Stromunter- wie -überschüsse von etwa 30 GW erwarten. Das ist eine respektable Aufgabe für die ständige unabdingbare Anpassung der Wind-, Solar- und H<sub>2</sub>-Leistung an die Stromnachfrage. Nun muss die installierte Stromleistung über Wind und Sonne über die Zwischenstufe in 2030 nach Habecks „Osterpaket“ bis zur Klimaneutralität in 2045 vervielfacht werden (z.B. in 2030 von 125 GW auf 330 GW – fast eine Verdreifachung), d. h. die Stromleistung aus Wind und Sonne muss ständig weit über den Strombedarf angehoben werden (vgl. Bild 3), wobei die über den Strombedarf hinausgehende Leistung über die Erzeugung, Speicherung und Verstromung von Wasserstoff beigestellt werden muss.

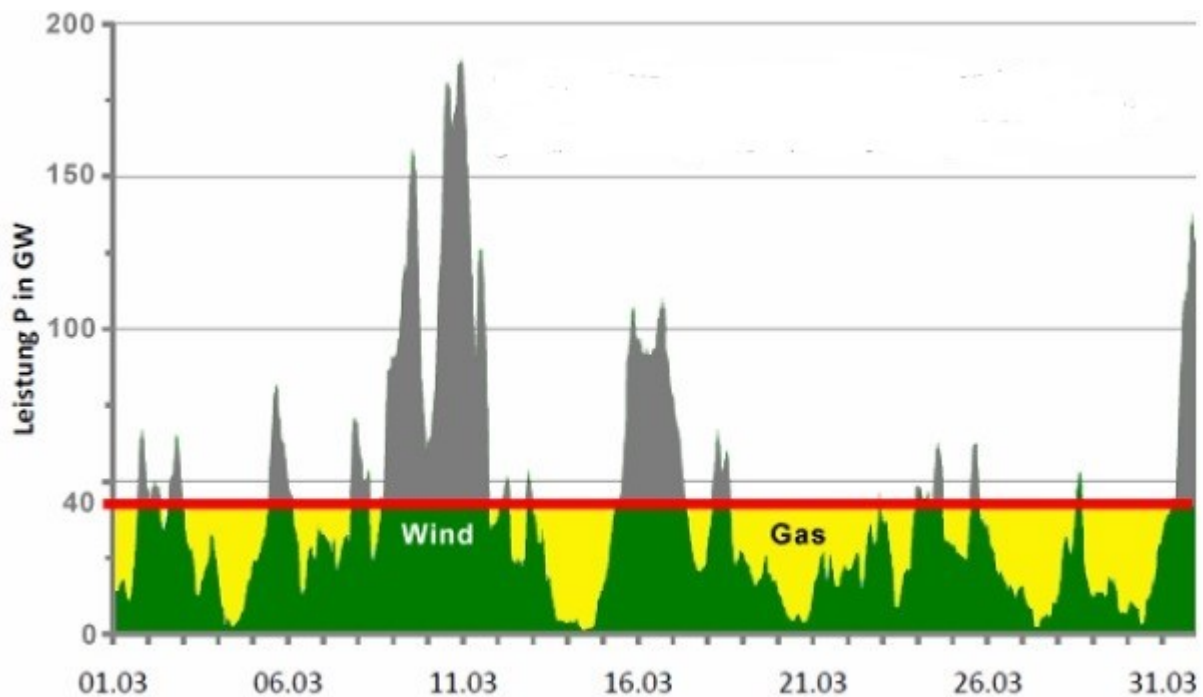


Bild 5: Schematische Darstellung der durchzuführenden Stromspeicherung

Der komplette Vorgang soll an einem Beispiel deutlich gemacht werden (Bild 5):

Der über dem in Bild 5 dargestellte Mittelwert von 40 GW anfallende Strom muss über Speicher gesammelt und unterhalb der mittleren Leistung von 40 GW wieder eingespeist werden – in Bild 5 anstelle von Gas:

Erforderliches Speichervolumen über Mittelwert (40 GW):

$GW = GW_{\text{Wind+Sonne}}/2$  (Gleichung 1)

hier  $GW = 40/2 = 20$  GW

Aber dieser Vorgang ist nicht umsonst zu haben.

Da der Strom bereits in 2030 praktisch ausschließlich über Wind und Sonne hergestellt werden soll (vgl. Kapitel 3), muss der über der mittleren Leistung von 40 GW anfallende Strom nach einem 4-Stufenverfahren wie folgt behandelt werden:

- Stufe 1: Stromerzeugung über Wind und Sonne (aus Strom oberhalb Mittelwert) mit Speicherung
- Stufe 2: H<sub>2</sub>-Elektrolyse mit Wirkungsgrad 70%
- Stufe 3: H<sub>2</sub>-Speicherung mit Verlusten von 10%
- Stufe 4: H<sub>2</sub>-Verstromung mit Wirkungsgrad 60%

Der sich daraus ergebende gesamte Wirkungsgrad von 40% wurde bewusst hoch angesetzt.

Im Einzelnen errechnen sich die Wirkungsgrade wie folgt:

– Stufe 2:  $H_2O = H_2 + \frac{1}{2} O_2$  -57 810 kcal/kmol

$33/0,7 = 47$  kWh/kg H<sub>2</sub> (aktuelle Angaben: 40 bis 53 kWh/kg H<sub>2</sub> – FAZ, 14.06.2023)

– Stufe 3:  $1 \times 0,9 = 0,9$  kg H<sub>2</sub> oder  $47/0,9 = 52$  kWh/kg H<sub>2</sub>

– Stufe 4:  $52 \text{ kWh/kg H}_2 / 0,6 = 87 \text{ kWh/kg H}_2$  (6)

Damit setzt sich die aufzubringende Stromleistung über Wind und Sonne am Beispiel Bild 5 wie folgt zusammen:

Gleichung 1:  $\text{GW} = \text{GW aus Wind+Sonne unterhalb Mittelwert } 40 \text{ GW} / 2 = 20 \text{ GW}$

Gleichung 2:  $\text{GW} = \text{GW aus Wind+Sonne oberhalb Mittelwert } 40 \text{ GW} / 2 / 0,4 = 50$

GW

zusammen 70 GW,

d.h. der Energieaufwand über Wind und Sonne nur für die H<sub>2</sub>-Technik liegt bei 30 GW.

Vereinfacht dargestellt gilt für den Gesamtenergiebedarf über Wind und Sonne:

$\text{GW} = 40 \text{ GW (Mittelwert)} \times 1,75 = 70 \text{ GW (Gesamtenergieverbrauch über Wind und Sonne)}$  (Gleichung 3)

## Stromspeicherung

Der nach Gleichung 2 oberhalb des Mittelwertes anfallende Strom bei einer Stromleistung von 50 GW über Wind und Sonne bzw. 1.200 GWh/Tag muss wegen des sporadischen Anfalles vor der Anwendung der H<sub>2</sub>-Elektrolyse gespeichert werden. (Für eine 10-tägige Windflaute 12 000 GWh).

Berechnung der H<sub>2</sub>-Menge und H<sub>2</sub>-Speicherung

Die genannte Leistung von 50 GW oder 1200 GWh/Tag wird bei der H<sub>2</sub>-Elektrolyse für folgende Verfahrensschritte benötigt:

		%	anteilige <u>GWh/Tag</u>
- Stufe 2: H <sub>2</sub> -Elektrolyse	47 kWh/kg H <sub>2</sub>	54	648
- Stufe 3: Verluste Speicherung H <sub>2</sub>	5 kWh/kg H <sub>2</sub>	6	69
- Stufe 4: H <sub>2</sub> -Verstromung	<u>35 kWh/kg H<sub>2</sub></u>	40	<u>483</u>
	87 kWh/kg H <sub>2</sub>	100	1200

Für die H<sub>2</sub>-Elektrolyse errechnet sich dann aus 648 GWh/Tag über 47 kWh/kg H<sub>2</sub> eine H<sub>2</sub>-Menge von 13.800 t H<sub>2</sub>/Tag, die gespeichert werden müssen, da nicht davon auszugehen ist, dass der Wasserstoff sofort komplett verstromt werden kann. (Für eine 10-tägige Dunkelflaute ergeben sich 138 000 t H<sub>2</sub>).

Für die Berechnung der anfallenden H<sub>2</sub>-Menge aus der über dem Mittelwert aufzubringenden Stromleistung gilt dann allgemein:

$\text{H}_2\text{-Menge} = \text{GW aus Wind+Sonne (oberhalb Mittelwert)} \times 1000 \times 24 \times 0,54/47$   
(Gleichung 4)

hier:  $\text{H}_2\text{-Menge} = 50 \times 1000 \times 24 \times 0,54/47 = 13\,800 \text{ t/Tag}$  oder jährlich 5 Mio. t H<sub>2</sub>

### **3. Erforderliche H2-Menge einschließlich der damit zwingend verknüpften Leistungserhöhung für die Stromerzeugung in 2030 auf der Basis von Habecks „Osterpaket“ vom 06.04.2022 (nur für die Stromerzeugung)**

Am 12.05.2021 beschloss das Bundeskabinett nach einem nicht nachvollziehbaren Urteil des Bundesverfassungsgerichtes – wegen der angeblich nicht präzise genug festgelegten CO<sub>2</sub>-Maßnahmen zur Absenkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes nach 2030 – einen schnelleren Umbau der Stromerzeugung: Klimaneutralität 2045, Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 auf 65% gemessen an 1990.

Durch den Druck der Ereignisse (Ukraine- Krieg) und einer nicht gesicherten Gasversorgung wurde am 06.04.2022 eine weitere Energiewende beschlossen: Habecks „Osterpaket“ 2022 mit dem Ziel eines schnelleren Ausbaus der alternativen Energien bei der Stromerzeugung bis zunächst 2030 auf 80% über Wind und Sonne.

Im Einzelnen sollen Windanlagen mit einer installierten Leistung von 115 GW ans Netz, davon 30 GW über Wind offshore, und 215 GW über Solaranlagen – inzwischen werden auch höhere Leistungen gehandelt.

Stromleistungsbetrachtung für 2030 und Stromspeicherung

Werden die im „Osterpaket“ genannten, für 2030 vorgesehenen Anteile der erneuerbaren Energien in die Stromerzeugung eingerechnet, so ergeben sich unter Berücksichtigung der hier hoch angesetzten Nutzungsgrade für Wind offshore (35%), Wind onshore (25%) und Solar (10%) effektive mittlere Stromleistungen von 53,3 GW. (4)

Wird die für 2030 aus den alternativen Energien errechnete

Stromerzeugung ergänzt durch die Stromerzeugung aus Biomasse von 10,8 GW (4), so ergibt sich eine mittlere Stromleistung von  $53,3 + 10,8 = 64,1$  GW.

Nun gelten die in Kapitel 2 dargestellten Regeln:

Der zwischen 330 GW und 53,3 GW (oberhalb Mittelwert) anfallende Strom aus Wind und Sonne nach Gleichung 1

$$GW = 64,1 - 10,8 \text{ (Bioenergie)} / 2 = 26,7 \text{ GW}$$

muss nach dem 4-Stufenverfahren abgearbeitet werden nach Gleichung 2:

$$GW = (64,1 - 10,8) / 2 / 0,4 = 66,7 \text{ GW}$$

Diese 66,7 GW bzw. 1600 GWh/Tag müssen nun für die Stromherstellung gespeichert werden – vgl. Kapitel 2.

Einschließlich der Leistung unterhalb des Mittelwertes von 53,3 GW

$$GW = 53,3 / 2 = 26,7 \text{ GW}$$

ergibt dann eine Gesamtleistung von  $66,7 + 26,7 = 93,4$  GW.

Der Energiebedarf nur für die H<sub>2</sub>-Technologie liegt dann bei

$$93,4 - 53,3 = 40 \text{ GW,}$$

d.h. die aufzubringende Leistung für Wind und Sonne ist nicht mehr für 53,3 GW sondern für 93,4 GW zu haben.

Damit erhöht sich die Stromleistung in 2030 auf

93,4 GW aus Wind +Sonne +Wasserstoff

10,8 GW aus Bioenergie



104,2 GW

Nun wird der Kauf von E-Autos gepriesen, möglichst 15 Mio. bis 2030, was einer zusätzlichen Leistung einschließlich für die H<sub>2</sub>-Technologie von 33 GW bedarf. (6)

Auch der Aufwand für die Raumwärme bei Umstellung auf die H<sub>2</sub>-Technologie ist nicht unbeträchtlich: 105 GW.(6) (im Jahresmittel, ohne Berücksichtigung der Verhältnisse im Winter)

Wird bei dem Einsatz von Wärmepumpen von einer hoch angesetzten Leistungszahl von 3 ausgegangen, so würde die aufzubringende Leistung bei 35 GW liegen.

Damit läge dann in 2030 die aufzubringende Stromleistung insgesamt bei  $104,2 + 33 + 35 = 172$  GW, ein Wert, der die Aufnahmefähigkeit des Stromnetzes weit übersteigt.

Gemessen an der im „Osterpaket“ ausgegangenen Leistung von 64,1 GW ist das fast eine Verdreifachung.

Der Energiebedarf für die H<sub>2</sub>-Technologie für die Umstellung auf E-Autos und Wärmepumpen liegt dann bei

$(33 + 35)/1,75 = 39$  GW Aufwand über Wind und Sonne (Mittelwert)

$68 - 39 = 29$  GW Aufwand über Wind und Sonne für H<sub>2</sub>-Technologie (vgl. Kapitel 2)

Die zu speichernde Leistung über Wind und Sonne für die E-Autos und die Wärmeversorgung liegt dann bei  $39/2 + 29 = 49$  GW oder 1.180 GWh/Tag.

Damit liegt die insgesamt zu speichernde Strommenge für die Stromherstellung wie für die Umstellung auf E-Autos und die Wärmepumpe bei  $1600 + 1180 = 2780$  GWh/Tag

## **Berechnung der erforderlichen H<sub>2</sub>-Menge für 2030 und der H<sub>2</sub>-Speicherung**

Der Aufwand für die H<sub>2</sub>-Erzeugung liegt in Summe nach Gleichung 4:

a) für die Stromerzeugung in 2030:

$66,7 \times 1000 \times 24 \times 0,54/47 = 18.400$  t H<sub>2</sub>/Tag

b) für die Umstellung auf E-Autos und Wärmepumpen in 2030

$(39/2 + 29) \times 1000 \times 24 \times 0,54/47 = 13.500$  t H<sub>2</sub>

Damit liegt die Summe bei 31 900 t/Tag oder jährlich bei 12 Mio. t H<sub>2</sub>

Die weltweit geplanten Elektrolyseprojekte werden für diese H<sub>2</sub>-Mengen in 2030 nicht ausreichen. (Die Produktionskosten alleine für die H<sub>2</sub>-Elektrolyse liegen z.Z. bei 7 Euro/kg H<sub>2</sub> – FAZ, 14.06.2023)

Nach Aussage der Regierung soll bis 2030 eine H<sub>2</sub>-Leistung von 10 GW zur Verfügung gestellt werden, was aber nach

$10 \times 24 = 240$  GWh/Tag oder 2.759 t H<sub>2</sub>/Tag (1 Mio. t /a)

nicht einmal 10 % des erforderlichen Verbrauches ausmacht.

Die Frage des Transportes von flüssigem Wasserstoff (-253°C) in

speziellen Wasserstofftankern war bisher von untergeordnetem Interesse. Der erste Tanker für flüssigen Wasserstoff wurde jüngst von Kawasaki Heavy Industrie entwickelt mit einem Fassungsvermögen von 1.250 m<sup>3</sup>. (Wikipedia)

Aber 1 m<sup>3</sup> flüssiger Wasserstoff wiegt nur 70 kg. Das Fassungsvermögen dieses Tankers beträgt somit nur 87 t. (Der Energieaufwand für die Verflüssigung von Wasserstoff ist nicht unbeträchtlich: 45 MJ/kg H<sub>2</sub> (8) bzw. 12,5 kWh/kg H<sub>2</sub>, was dann insgesamt einen Energieaufwand von insgesamt 87 + 12,5 = 100 kWh/kg H<sub>2</sub> ausmacht).

Bei einem Jahresbedarf Deutschlands von flüssigen 12 Mio.t H<sub>2</sub>/a kann von einem merklichen H<sub>2</sub>-Transport über Tanker nicht ausgegangen werden – benötigt würden nämlich 138.000 Tanker.

Flüssiger Wasserstoff kann auch über grünes Ammoniak transportiert werden. Ammoniak hat eine höhere volumetrische Energiedichte und so kann über Ammoniak bei gleichem Volumen mehr Energie transportiert werden als in Form von flüssigem Wasserstoff.

In Afrika – von Marokko bis Südafrika – werden z.Z. eine Reihe von Kraftwerken, auch mit deutscher Hilfe, zur Erzeugung von flüssigem Wasserstoff gestartet.

Wie schrieb kürzlich die FAZ (17.05.2023): „Die Sonne scheint unermüdlich über Afrika, doch die Photovoltaik kommt nur schleppend voran.“

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) prüft z. Z. die Umrüstung von Gasturbinen in Kraftwerke für den Betrieb mit klimaneutralem H<sub>2</sub>.

Das Steinkohlekraftwerk Gelsenkirchen-Scholven des Versorgers Uniper SE sollten bis Herbst 2022 durch den Bau einer Gas- und Dampf-Anlage (GuD) umgestaltet werden. Diese wird dann bis 2030 von der Befeuerung mit Erdgas auf die Nutzung von grünem H<sub>2</sub> umgestellt werden.

Es sind also weder ausreichende Stromspeicher, noch ausreichende H<sub>2</sub>-Kraftwerke, noch H<sub>2</sub>-Speicher, noch H<sub>2</sub>-Transportmöglichkeiten für 2030 in Sicht – der umfangreiche Rückgriff auf Kohlekraftwerke ist unausweichlich, ohne die Stromleistungsschwankungen über Wind und Sonne von bis zu 30 GW/stündlich vertiefen zu wollen. (Bild 4)

Bei diesem Stand der Technik macht eine Kostenbetrachtung keinen Sinn. BloomNEF erwähnt Kosten bis 2030 für die Umstellung auf die H<sub>2</sub>-Technologie von etwa 1 Billion Dollar.

## **4. Erforderliche H<sub>2</sub>-Menge für die Einstellung der Klimaneutralität in 2045 nach Umstellung aller Sektoren auf die H<sub>2</sub>-Technologie**

Aus der Berechnung der erforderlichen H<sub>2</sub>-Menge für die Umstellung der Stromerzeugung auf die H<sub>2</sub>-Technologie in 2030 lassen sich nun die unermesslichen H<sub>2</sub>-Mengen für die Umstellung aller Sektoren erahnen. Im Wesentlichen zählen zu den Sektoren die Energiewirtschaft,

Verarbeitendes Gewerbe, Verkehr, Haushalte und Kleinbetriebe, Militär und weitere kleine Quellen.

Klimaneutralität bedeutet den Abbau aller z.Z. erzeugten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den einzelnen Sektoren von insgesamt 675 Mio. t/a (2021) auf null.

In 2021 lag der Anteil der erneuerbaren Energien im

Primärenergieverbrauch gerade einmal bei 16% (61 GW), davon über Wind und Sonne  $17,5 + 7,6 = 25,1$  GW, der Anteil der übrigen auf Wind und Sonne umzustellenden Energieträger (Sektoren) bei 319 GW. (5) In Summe müssen dann in 2045  $319 + 17,5 + 7,6 = 344$  GW über Wind und Sonne erzeugt werden.

Stromleistungsbetrachtung für 2045 und Stromspeicherung

Analog zu den Ausführungen in Kapitel 2 müssen dann für die H<sub>2</sub>-Technologie

$GW = GW \text{ aus Wind und Sonne} / 2$  (Gleichung 1)

$GW = 344 / 2 = 172$  GW (oberhalb des Mittelwertes) und schließlich nach Gleichung 2

$GW = 344 / 0,4 = 430$  GW erhalten.

Es müssen also 430 GW oder 10 320 GWh täglich gespeichert werden (ohne Dunkelflauten).

Der Leistungsaufwand nur für die H<sub>2</sub>-Technologie liegt dann bei  $430 - 172 = 258$  GW

Damit werden aus den 344 GW durch die aufwendige H<sub>2</sub>-Technologie  $172$  (unterhalb Mittelwert)  $+430 = 602$  GW.

Gemessen an der Stromleistung von z.B. etwa 60 GW bedeutet die aufzubringende Stromleistung für alle Sektoren eine Verzehnfachung.

(In einer früheren Ausarbeitung waren diese Berechnungen bei dem Stand der Energiewende in der ersten Hälfte 2021 schon einmal für die wichtigsten Sektoren mit dem Ergebnis eines erforderlichen Strombedarfes von 455 GW errechnet worden). (6)

Berechnung der erforderlichen H<sub>2</sub>-Menge und der H<sub>2</sub>-Speicherung

Für die Berechnung der H<sub>2</sub>-Menge wie der Speicherung gilt Gleichung 4:

$430 \times 1000 \times 24 \times 0,54 / 47 = 118\ 570$  t H<sub>2</sub>/Tag bzw. jährlich 43,3 Mio. t H<sub>2</sub>.

Es ist ein Rätsel, wo diese H<sub>2</sub>-Mengen herkommen sollen, von Tausenden Elektrolyse-Geräten abgesehen. Das Gleiche gilt für die notwendigen Schiffe für den Transport von flüssigem Wasserstoff von jährlich 43 Mio. t H<sub>2</sub>, wenn der neueste Tanker ein Fassungsvermögen von 87 t H<sub>2</sub> aufweist, nämlich 138.000 Tanker.

## 5. Schlussbetrachtung

Die Ökoideologen werden entgegen aller Realitäten ihre seit Jahren propagierte Weltuntergangsszenarien weiter predigen, obwohl alle vom IPCC publizierten Modellbetrachtungen zum Einfluss von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre auf die Temperaturentwicklung auf der Erde auf dem Gesamt-CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre beruhen und nicht auf dem geringen anthropogenen CO<sub>2</sub>-Eintrag. Alle Modellaussagen zum Einfluss des menschlichen CO<sub>2</sub>-Beitrages zur Atmosphäre und dessen Einfluss auf die Temperatur entbehren damit einfachster Grundlagen. (7)

Das IPCC wird diese Fakten nicht zur Kenntnis nehmen, wohlwissend, dass die Kenntnis anderer natürlicher Einflussgrößen auf das Klima die notwendige Panik für das Fließen der Gelder für die Tausenden Klimaforscher, all die von der Klimaangst profitierenden Einrichtungen und nicht zuletzt für die Medien beenden würde.

Die Folge ist eine religiös verblendete Jugend, die sich ahnungslos dieser CO<sub>2</sub>-Angstvorstellung hingibt und noch nicht kapiert hat, dass sie bald Opfer ihrer eigenen Umtriebe sein wird. („60% der Wähler der USA glauben, dass der Klimawandel zu einer Religion geworden ist“ (9))

Diese Angst führte bereits zu einem Rückbau der Kraftwerke auf der Basis von C-Trägern zugunsten einer ständigen Zunahme der Stromerzeugung über Wind und Sonne (die Kernkraftwerke wurden inzwischen auch geschlossen).

Da aber die Zufallsenergien Wind und Sonne vermehrt Stromspeicher erfordern, musste zunächst Erdgas her, um die Lücken zu schließen, was zu erhöhten Strompreisen führte (Merit-Order), später auch bedingt durch den Ukraine -Krieg.

Auch die Preise für Gas sind damit erwartungsgemäß stark angestiegen.

Eine massive Abwanderung der deutschen Industrien und eine Verarmung der Menschen mit allen Konsequenzen hat begonnen. Jeder 6. Industriebetrieb wandert in Teilen aus Deutschland ab. (FAZ, 06.06.2023)

Da Erdgas im Sinne der Klimaneutralität in 2045 keine Lösung bietet, muss nun die H<sub>2</sub>-Technologie her.

Die hier ermittelten Zahlen für die Umsetzung auf die H<sub>2</sub>-Technologie sind nur noch peinlich und es stellt sich die Frage nach der Beschäftigung all dieser Denkfabriken in Deutschland wie Ökoinstitut, Fraunhofer Institut, Agora, etc. einschließlich der vielen Staatssekretäre.

In einer Interessen-geleiteten Klimawissenschaft und einer abhängigen Medienlandschaft haben unabhängige Darstellungen kaum keine Chance. Stattdessen leben wir nicht nur in einer gepriesenen geschönten Wirklichkeit sondern auch in einer ausgemachten Interessenpolitik bzw. in einem hausgemachten Chaos.

## 6. Quellen

1. Schuster, R.: Mitteilung vom 04.01.2022
2. Schuster, R.: Mitteilung vom 02.07.2021
3. Schuster, R.: Mitteilung vom 19.05.2022
4. Beppler, E.: „Eine technische Analyse von Habecks „Osterpaket“ zum schnelleren Ökostromausbau“; EIKE, 04.06. 2022
5. Beppler, E.: „Ein hoffnungsloser Aufwand für die Klimaneutralität in 2045 für eine nicht messbare CO<sub>2</sub>-Konzentration (Teil 1)“, EIKE, 12.09.2022
6. Beppler, E.: „Die Anwendung der H<sub>2</sub>-Technologie in allen Sektoren verschlingt unlösbare Mengen an Energie und Flächen“, EIKE, 14.07.2021
7. Beppler, E.: „Eine Widerlegung der zur Rechtfertigung der Klimaneutralität (Zero Carbon) erhobenen Forderungen des „Weltklimarates“; EIKE, 23.04.2023
8. Bossel, U.: European Fuel Cell Forum, Karlsruher Institut für

Technologie, 01.04.2006; abgerufen am 31.05.2022

9. May, A.: „Ist AR6 der schlechteste und verzerrteste IPCC-bericht“,  
EIKE, 19.05.2023