Die Anwendung der H_2-Technologie in allen Sektoren verschlingt unlösbare Mengen an Energie und Flächen

geschrieben von Chris Frey | 14. Juli 2021

Vorher muss dem Einfluss des anthropogenen CO2 auf das Klima gründlich nachgegangen werden

Überarbeitete Version vom 17.6.21

von Dr.- Ing. Erhard Beppler

Die Aussage des IPCC zum Anstieg des jährlichen CO2-Gehaltes in der Atmosphäre über anthropogenes CO2 von 2 ppm (air borne fraction) beruht letztlich auf einem Bilanzfehler.
Der anthropogene CO2-Ausstoss Deutschlands liegt bei nicht messbaren 0.4 ppm (0,000 04%) bei einem CO2-Gehalt in der Atmosphäre von etwa 410 ppm (0,0410%) – diese CO2-Spur kostet Billionen und kann keinen Einfluss auf das Klima haben.
Wenn das Bundesverfassungsgericht diese leicht nachvollziehbaren Fakten nicht zur Kenntnis nimmt und der Verfassungsbeschwerde von Klimamodell-gläubigen Umweltverbänden folgt, dann ist das für Deutschland und seine industrielle Entwicklung höchst bedenklich.

Fazit

Die Umstellung der Sektoren Energiewirtschaft (Strom), Verkehr, Industrie (Chemie, Stahl, Zement), Gebäude – ohne Landwirtschaft und Abfallwirtschaft – auf grünen Wasserstoff verschlingt durch die fluktuierende Stromerzeugung nur über Wind und Sonne und die damit verknüpfte Errichtung unermesslicher Stromspeicher bis 2050 (am 12.05.2021 auf 2045 vorgezogen) unvorstellbare Energien und Flächen.
Insgesamt ist für die genannten Sektoren bei Umstellung auf Wasserstoff eine Stromleistung von 454 Gigawatt (GW) aufzuwenden, davon alleine 130 GW nur für Stromspeicher (zum Vergleich: für die Stromleistung Deutschlands ist eine Leistung von 60/80 GW erforderlich).
Der dafür erforderliche Flächenbedarf nur für Windanlagen beträgt 363 000 km2 bei einer Fläche Deutschlands von nur 357 000 km2 mit 182 000 km2 für Landwirtschaft, 111 000 km2 für Wald, 50 000 km2 für Siedlung und Verkehrsfläche.
(Würden alle Verbrennungsmotoren der 45 Mio. PKW´s, etc. auf E-Mobilität umgestellt und das Stromspeicherproblem über die H2-Technologie gelöst, wäre eine Stromleistung von 66,5 GW erforderlich).
Die Umstellung auf H2-Technologie würde einen H2-/Stromimport von gewaltigen Ausmaßen bedeuten, das gescheiterte Desertec-Vorhaben lässt grüßen. Zudem stehen die jüngsten Pläne mit Marokko für Hybridkraftwerke

und 100-Megawatt- Elektrolyseure auf dem Prüfstand.
Den Aussagen des IPCC zum Einfluss von CO2 auf das Klima muss gründlich nachgegangen werden. Das anthropogene CO2 kann nicht in der Atmosphäre kumulieren. Alle CO2-Moleküle sind gleich und weisen die gleiche Reaktionsfähigkeit auf – zudem ist die Atmosphäre bestens durchmischt.
Der Anstieg des CO2-Gehaltes in der Atmosphäre nach 1870 ist zu etwa 96% auf den Temperaturanstieg der Meere wie der Atmosphäre einschließlich der in ihrem Ausmaß nicht bekannten vulkanischen Tätigkeiten zurückzuführen, nur etwa 4% auf anthropogenes CO2.
Die vom IPCC vorgenommene Aussage, dass der jährliche CO2-Anstieg der Atmosphäre von 2 ppm auf der Zunahme des anthropogenen CO2 beruht, ist daher letztlich auf einen Bilanzfehler zurückzuführen.
Gestützt wird diese Aussage dadurch, dass die in der Corona-Krise um 17% vermindert in die Atmosphäre eingebrachten CO2-Emissionen messtechnisch nicht nachgewiesen werden konnten.
Deutschland ist für einen nicht messbaren anthropogenen CO2-Ausstoss von nur 0,4 ppm (0,000 04%) verantwortlich ohne jeden Einfluss auf das Klima, dennoch folgt das Bundesverfassungsgericht der Beschwerde der den Klimamodellen verfallenen Umweltverbänden.

1. Einleitung und Aufgabenstellung

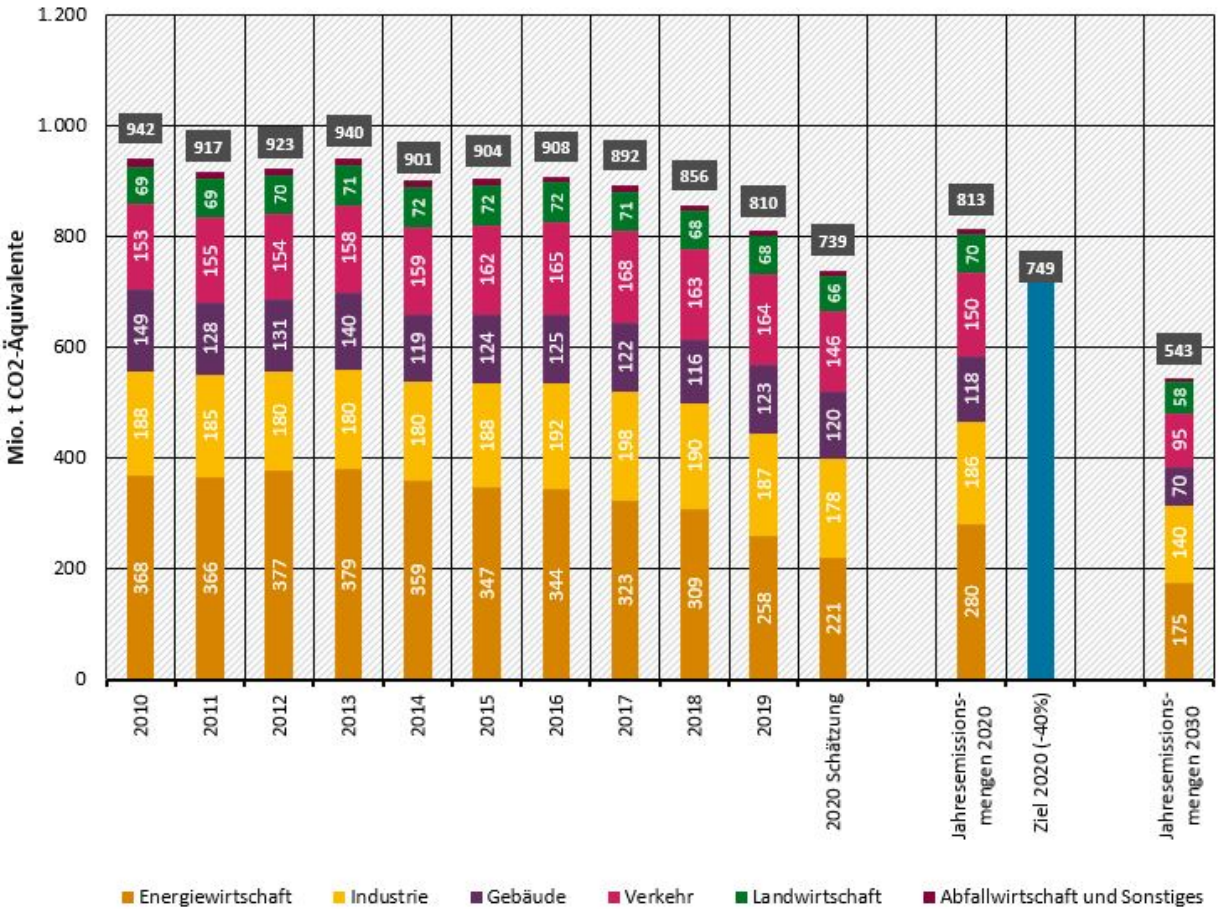
Innerhalb der letzten Jahre ist hinsichtlich einer möglichen Klimaerwärmung durch Anstieg des CO2-Gehaltes in der Atmosphäre eine aus dem Mittelalter bekannte Endzeitstimmung aufgekommen. Fast alle gesellschaftliche Gruppen – Arbeitgeberverbände, Gewerkschaften, Kirchen, Medien, fast alle Parteien – schließen sich dem Glauben an die Rettung des Planeten durch Absenkung des CO2-Ausstosses nach den Aussagen des IPCC an.
Nach 1988 wurden zur Rettung von Klima und Energiewende politisch initiiert 21 Institute, Stiftungen und Vereine gegründet. So schreiben 100 000 Wissenschaftler zu dieser Thematik das, was politisch gewollt ist.

So ist es nicht verwunderlich, wenn Endzeitsekten wie „Extinction Rebellion“ CO2-Neutralität bereits in 2025 fordern, „Friday for Future” in 2035.
Nach dem nicht nachvollziehbaren politischen Urteil des Bundesverfassungsgerichtes wegen der angeblich nicht präzise genug festgelegten CO2-Massnahmen zur Absenkung des CO2-Ausstosses nach 2030 ist ein peinlicher Bieterwettstreit innerhalb der Parteien um den frühesten Einstieg in die Klimaneutralität entbrannt.
Fluchtartig hat dann auch das Bundeskabinett am 12.05.2021 mit einem schnelleren Umbau der Stromversorgung reagiert: Klimaneutralität bereits in 2045, Minderung der CO2-Emissionen bis 2030 auf 65% gemessen an 1990.
Klimaneutralität ist ein Ideologiebegriff geworden.
Eine geradezu Fakten-freie Zeit ist ausgebrochen. Wo bleiben technisch ausgereifte Untersuchungen, wie in den kommenden Jahren die Stromversorgung sicher hergestellt werden kann?

In 2000 wurde zunächst eine „Energiewende“ mit zahlreichen Nachbesserungen bis hin zum Ausstieg aus der Kohle in 2038 kreiert, die ohne funktionierende und bezahlbare Stromspeicher krachend scheitert – nun soll eine Wasserstoff-Strategie alle Probleme lösen.
Obwohl die Wasserstofferzeugung ausschließlich über Wind und Sonne mit ihrer fluktuierenden Verfügbarkeit erzeugt werden soll, wird diese Strategie bereits in den höchsten Tönen gelobt: „Der Stoff hat das Zeug zu einem Hollywoodstreifen“ (BMWi, Juni 2020).
Ziel der Bundesregierung ist es, nun diese H2-Technologie in allen Sektoren mit den folgenden CO2-Äquvalenten anzuwenden:

- Energiewirtschaft (Strom)	258	
- Verkehr	164	
- Industrie	187	
- Gebäude	123	
- Landwirtschaft und Abfallwirtschaft	78	
Summe	810	(Tafel 1)

Wegen der eingeschränkten Wirtschaftslage in 2020 durch Corona wurden die Zahlen aus dem Jahre 2019 übernommen (Bild 1).



* Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch

Quelle: Umweltbundesamt 19.03.2021

Bild 1: Entwicklung der Emissionen in den verschiedenen Sektoren nach 2010

Insgesamt fördert der Bund die Wasserstofftechnologie über das neue Konjunkturprogramm mit 9 Milliarden €.
Ziele der neuen Wasserstofftechnologie sind u.a.:
1. Das Problem der Stromspeicherung endlich zu lösen
2. Als Ersatz für fossile Gase
3. Wasserstoff soll in allen Sektoren genutzt werden mit dem Ziel der Klimaneutralität in 2050
4. Anstreben der Weltmarktführerschaft in der H2-Technologie

Bis 2030 sollen 5 GW als „grüne“ Strommenge (durch H2O-Elektrolyse mit Hilfe von Wind und Sonne – Überschussstrom) erzeugt werden. Insgesamt erwartet die Regierung bis 2030 einen Wasserstoffbedarf von bis zu 110 TWh. Eine fehlende Differenz soll entweder importiert oder aus „nicht grünen“ Quellen gewonnen werden wie „blauem“ Wasserstoff aus Erdgas und

„türkisem“ Wasserstoff aus Methan.
Auch die EU ist aktiv geworden. Bis 2030 sollen in ganz Europa 13-15 Milliarden € in die Herstellung von H2 investiert werden, außerdem 50-100 Milliarden in die entsprechenden Wind- und Solarkapazitäten. Ziel ist der flächendeckende Einsatz von Wasserstoff mit der Klimaneutralität in 2050.
Viele Studien des BDI, der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) oder der Deutschen Energieagentur (Dena) kommen zu dem Ergebnis, dass Klimaneutralität in 2050 nur mit Wasserstoff erreicht werden kann.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, eine quantitative Betrachtung des H2-Verbrauches einschließlich des Stromleistungsbedarfes und des für die Windräder erforderlichen Flächenbedarfes für die Sektoren Energiewirtschaft (Strom), Verkehr, Industrie (Chemie, Stahl, Zement), Gebäude – ohne Landwirtschaft und Abfallwirtschaft – anzustellen. Die Auswertung erhebt daher nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.
Sicherheitsfragen zur Handhabung des Wasserstoffes durch den hohen Zündbereich, die hohe Flammgeschwindigkeit und die hohe Detonationskraft werden nicht behandelt, eben so wenig die Anforderungen an die Stromnetze, die vor unlösbaren Aufgaben stehen werden.
Schließlich wird die Frage behandelt, ob denn diese horrenden Ausgaben für diese H2-Strategie überhaupt gerechtfertigt sein können, denn die Frage des anthropogenen CO2-Gehaltes in der Atmosphäre auf das Klima – wie es vom IPCC den Menschen ständig eingehämmert wird – bedarf einer gründlichen Überarbeitung

2. Umstellung der Energiewirtschaft (Strom) auf Wasserstoff

Die Umstellung der Energiewirtschaft (Strom) auf die H2-Strategie wird anhand der in 2019 angefallenen Stromkennzahlen diskutiert werden im Sinne einer Klimaneutralität bis zum kompletten Ausstieg aller Kohlenstoffträger (Kohle, Erdgas, Öl) in 2050 (Tafel 2; Bild 2).
Eine Aktualisierung der am 12.05.2021 vom Bundeskabinett beschlossenen vorgezogenen Klimaneutralität auf 2045 und des damit verknüpften Umbaues der Stromversorgung muss von den zuständigen Instanzen noch erarbeitet werden und kann daher hier noch nicht eingearbeitet werden.

	2019				2038		2050	
	TWh	%	GWeff	GWinst.	GWeff.	GWinst.	GWeff.	GWinst.
Braunkohle	113	18,7	12,9		0		0	
Steinkohle	56	9,2	6,4		0		0	
Kern	74	12,2	8,4		0		0	
Erdgas	91	15,0	10,4		10,4		0	
Öl	5	0,8	0,6		0,6		0	
Summe konv.	339	55,6	38,7		11,0		0	
Wind offshore	102	16,8						
Wind onshore	24	4,0						
Solar	46	7,6						
Summe fluk.	172	28,4	19,6	110	47,3	269	58,3	331
Biomasse	44	7,3						
Wasserkraft	19	3,1						
Sonstige	26	4,3						
Hausmüll	6	1,0						
Summe nicht fluk.	95	15,7	10,8		10,8		10,8	
Summe ges.	606	100	69,1		69,1		69,1	
Stromexport	75							
Stromimport	38							
Stromexportsaldo	-37		-4,2		- 4,2 ?		-4,2 ?	
	569		64,9		64,9		64,9	

Tafel 2

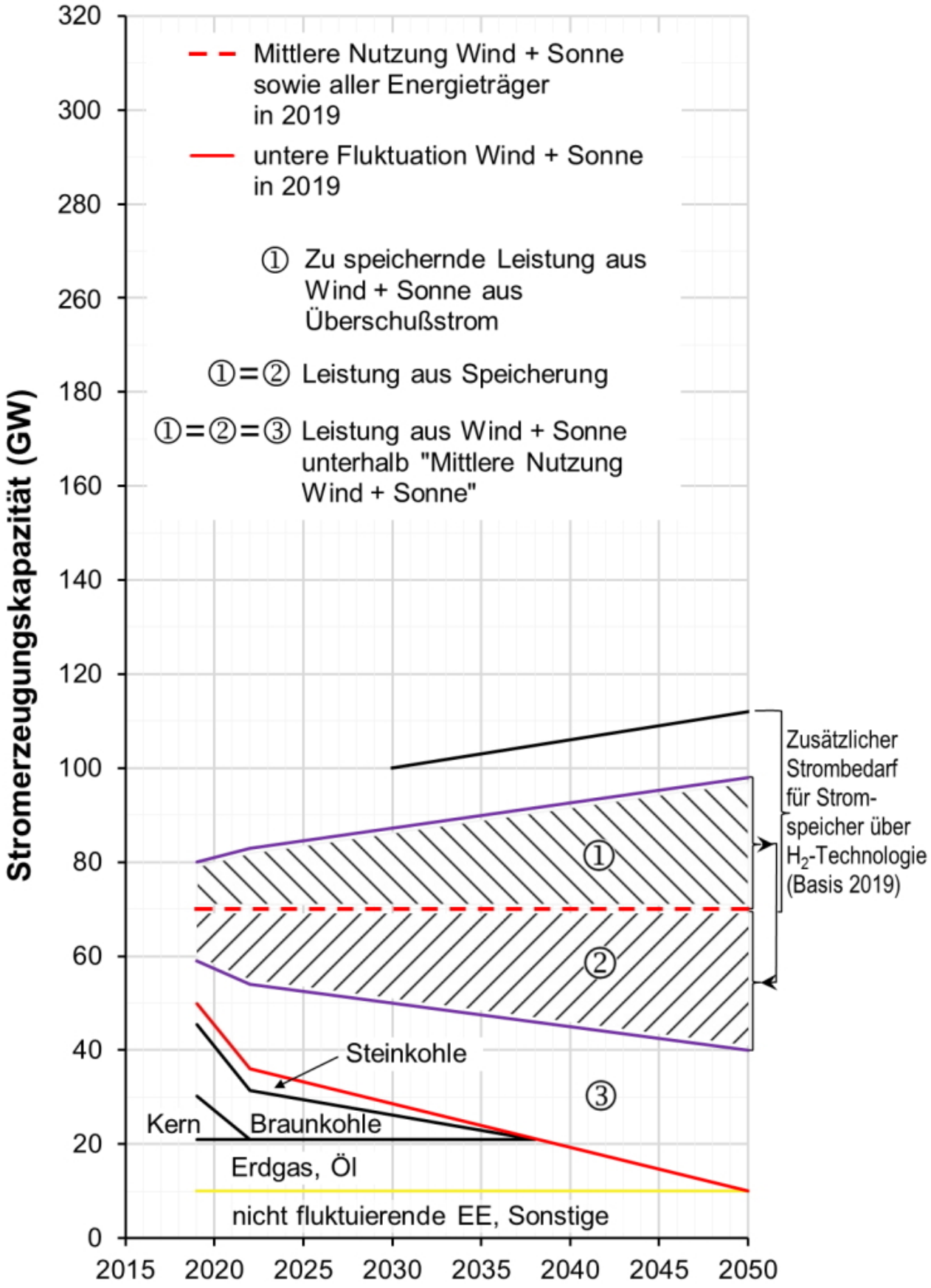


Bild 2: Ermittlung des Energieverbrauches für die Stromspeicherung bei Umstellung auf die Wasserstofftechnologie

Gerade bei der H2-Strategie spielt die Frage des Energieverbrauches für die Stromspeicherung eine wichtige Rolle.
Diese komplexen Zusammenhänge sollen zunächst noch einmal behandelt werden.
In 2050 muss der durch die Fluktuation der Stromerzeugung durch Wind und Sonne zwischen 331 und 69,1 GW anfallende Strom in Speichern gesammelt werden, um ihn bei der Stromerzeugung über Wind und Sonne zwischen 10,8 und 69,1 GW wieder einzuspeisen (Tafel 2 und Bild 2). Für die erforderliche Speicherleistung gilt dann generell:
Stromspeicherleistung = GW aus (Wind+Sonne)/2 (Gleichung 1)
bzw. in 2050: Stromspeicherleistung = (69.1-10,8)/2 = 29,2 GW
oder bei einer jährlichen Stromerzeugung von etwa 600 000 GWh sind das 695 GWh/Tag.
Bei längeren Windflauten im Winter von z.B. 10 Tagen erhöht sich dann das erforderliche Speichervolumen bezogen auf mittlere Kennzahlen auf 292 GW oder 6950 GWh.

Ein Ziel der H2-Technologie ist es, die ausgewiesene erforderliche Stromspeicherleistung über Wasserstoff dergestalt zu decken, dass der über der mittleren Stromleistung von 69,1 GW anfallende Strom aus Wind und Sonne (Überschussstrom) in Wasserstoff umgewandelt wird, um ihn dann wieder zur Deckung der noch ungelösten Speicherproblematik in Strom umzusetzen. Diese Verfahrensschritte setzen ein H2-Speichersystem voraus.
Der Energieaufwand für die Wasserelektrolyse ist gewaltig.
Geht man von den thermodynamischen Daten der Wasserspaltung aus nach

$$H2O = H2 + 1/2\ O2 - 57810\ kcal/kmol$$

errechnet sich für die Herstellung von einem Nm3 H2 ein Energieverbrauch von 3 KWh bzw. ein Energieverbrauch für

1 kg H2 von 33 KWh.

Da der energetische Wirkungsgrad der Wasserelektrolyse bei etwa 70% und niedriger liegt, kann bei positiver Betrachtung von einem Energieverbrauch für die Herstellung von

1 kg H2 von etwa 47 KWh

ausgegangen werden.

4-Stufen-Plan zur Erzeugung von H2 mit anschließender Verstromung für die Lösung des Speicherproblems

Der notwendige Verfahrensweg der Stromherstellung über Wind und Sonne (Überschussstrom) über die H2O-Elektrolyse, die H2-Speicherung bis zur H2-Verbrennung mit Rückverstromung sieht wie folgt aus:

– Stufe 1: Stromerzeugung über Wind und Sonne (aus Überschussstrom)
– Stufe 2: H2O-Elektrolyse mit Wirkungsgrad 70%
– Stufe 3: H2-Speicherung in einem Netz mit Verlusten von 10%.
(Im Erdgasnetz sind z.Z. nur etwa 10% H2 zulässig)
– Stufe 4: H2-Verbrennung mit Rückverstromung, Wirkungsgrad 60%

Damit sind die aus dem Schrifttum bekannten Wirkungsgrade bewusst günstig angesetzt.
Bei den angesetzten Wirkungsgraden ergeben sich folgende Verluste:

– Stufe 2: 33/0,7 = 47 KWh/kg H2
– Stufe 3: 1×0,9 = 0,9 kg H2. Bedeutung für Stufe 2: 47/0,9 = 52 KWh/kg H2
– Stufe 4: 52 KWh/kg H2/0,6 = 87 KWh/kg H2

Wirkungsgrad der Stufen 1-4 damit: 33/87 bzw. 40 %, der der Stufen 1-3: 33/52 = 63%.
Laut einer Studie der Ludwig- Bölkow-Systemtechnik liegt der Wirkungsgrad des Verfahrensweges bis zur H2-Rückverstromung bei 30-40%. Bei dieser Betrachtung wurde nicht berücksichtigt, dass bei den ständigen Schwankungen der Stromerzeugung über Wind und Sonne zwischen praktisch null GWh und der Stromerzeugung nahe der installierten Leistung immer wieder Leistungen abgeregelt werden müssen.

Die Verlustbetrachtungen für dieses 4-Stufen-Verfahren von 40% bedeuten für die Berechnung der Energieaufwendungen für die Lösung des Stromspeicherproblems die Erweiterung der Gleichung 1 zunächst wie folgt:

Stromspeicherleistung = GW aus (Wind+Sonne)/2/0,4
oder = GW aus (Wind+Sonne)/2 x2,5

Diese Stromleistung muss nun bewegt werden zur Lösung des Speicherproblems. Da aber die Leistung aus (Wind+Sonne)/2 über den Überschussstrom bereits eingebracht worden ist (vgl. Bild 2), errechnet sich die zusätzlich aufzubringende Leistung zur Lösung des Speicherproblems nach
GW aus (Wind+Wind)/2 x 1,5 Gleichung 2
oder für 2050 zu Stromspeicherleistung = (69,1-10,8)/2 x 1,5 = 43,7 GW.
Somit liegt dann die insgesamt in 2050 aufzubringende Stromleistung für die Umstellung auf die H2-Technologie bei

58,3 GW (Tafel 1) (davon 29,2 GW für Speicher)
43,7 GW (Mehraufwand für Speicherung)
102,0 GW

3. Umstellung der Verbrennungsmotoren (Straßenverkehr) auf die H2-Technologie

Die E-Mobilität ist z.Z. ein umweltpolitischer Unsinn, da der Klimavorteil schon alleine wegen der Batterieherstellung erst nach 210 000 km eintritt. Außerdem ist bei einer nicht funktionierenden Energiewende (Stromspeicher) CO2-freier Strom nicht beziehbar.
Dennoch kommen vom Audi-Chef M. Duesmann markige Sätze wie: „Wir entwickeln keine Verbrennungsmotoren mehr“ oder „Bis zum Jahr 2025 wird es bei Audi 20 Elektrofahrzeuge geben“.
VW will die Zahl der verkauften Elektro-Fahrzeuge verdoppeln mit dem Ziel der Weltmarktführerschaft und forciert außerdem die E-Offensive mit 6 Batteriefabriken.
Für den Hype der E-Mobilität gibt es eine Reihe von Gründen wie Absenkung der CO2-Emissionsforderungen durch die EU für neue PKW auf 80,8 g CO2/km je Flotte in 2025 und auf 60 g CO2/km in 2030, die nur durch E-Autos ausgeglichen werden können. Hinzu kommt der ständig steigende Exportanteil nach China. Schließlich wird die Lösung des Stromspeicherproblems in der H2-Technologie gesehen.
In einer früheren Arbeit (2) war die zu erbringende Stromerzeugung bei einer Umstellung von 45 Mio. Verbrennungsmotoren für PKW im Straßenverkehr sowie diversen Nutzfahrzeugen und Bussen errechnet worden: 337 000 GWh/a bei einer gleichmäßigen Aufladung über 24 Stunden entsprechend 38 GW im Jahre 2050.
Soll nun die Umstellung auf E-Mobilität bis 2050 ausschließlich über die Stromerzeugung über Wind und Sonne fortgeführt werden, müsste für die dann erforderliche Stromspeicherung von 38/2 = 19 GW über die notwendige H2-Technologie für das Speicherproblem folgende zusätzliche Leistung nach Gleichung 2 aufgebracht werden

$$38/2 \times 1{,}5 = 28{,}5 \text{ GW}.$$

Daraus resultiert dann eine Gesamtleistung für die Umstellung aller Verbrennungsmotoren auf E-Mobilität von

$$38 + 28{,}5 = 66{,}5 \text{ GW oder } 583 \text{ TWh}.$$

Das entspräche dann etwa der z.Z. aufzubringenden Leistung für die Stromherstellung (vgl. Kapitel 2).

Hier geht es aber um die Umstellung aller Verbrennungsmotoren auf Wasserstoff.
Werden die 45 Mio. Verbrennungsmotoren für PKW bis 2050 auf Wasserstoff umgestellt, so ergibt sich bei
– einem H2-Verbrauch von etwa 1 kg/100 km (Wikipedia)
– einer jährlichen Fahrleistung von 15 000 km
ein H2-Verbrauch von 6750 Mio. kg/a.

Für die Herstellung von 1 kg H2 ist über die H2O-Elektrolyse sowie die H2-Verluste (Produktionsstufen 2 und 3 – Kapitel 2) folgender Strombedarf erforderlich:
6750 Mio. H2/a x 52 KWh/kg = 351 000 Mio. KWh/a oder 351 TWh/a.
Da auch noch die Nutzfahrzeuge und Busse umgestellt werden müssen, wird hier eine zusätzliche erforderliche Stromerzeugung von etwa 150 TWh/a abgeschätzt (vgl. (2)), so dass sich eine Stromerzeugung von insgesamt etwa 351 + 150 = 500 TWh ergibt oder 57 GW.
Auch hier gilt die
4-Stufen- Erzeugung von Wasserstoff für die Lösung des Speicherproblems bei der Umstellung von Verbrennern auf Wasserstoff bei ausschließlicher Stromerzeugung über Wind und Sonne.
Es gilt nach Gleichung 2 in 2050:
57/2 x 1,5 = 42,8 GW
Damit ist in 2050 für die Umstellung der Verbrenner auf H2-Technologie bei ausschließlicher Stromerzeugung über Wind und Sonne insgesamt folgende Leistung erforderlich:

57 GW (davon 28,5 GW für Speicher)
42,8 GW (Mehraufwand für Speicherung)
99,8 GW

Der überwiegende Energieverbrauch im Sektor Verkehr findet im Straßenverkehr statt mit etwa 85%, der Rest verteilt sich auf den Schiffs- und Schienenverkehr, insbesondere auf den Flugverkehr. Im Flugverkehr werden z.Z. Überlegungen zur Umstellung von Kerosin auf Power-to-Liquid (PtL) angestellt (aus mit Strom erzeugtem Wasserstoff und dem Zusatz CO2 wird ein flüssiger Kraftstoff erzeugt).

4. Umstellungen im Industriebereich auf Wasserstoff

4.1 Chemie

Die chemisch-pharmazeutische Industrie ist gemessen am Umsatz nach den Autoherstellern und den Maschinenbauern die dritt größte Industrie Deutschlands.
Der Geschäftsführer des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) sagte in der FAZ vom 17.03.2021: „Wir brauchen brutal günstigen Strom, und das in unvorstellbaren Grenzen. Wenn die Industrie keine wettbewerbsfähigen Preise für Strom aus erneuerbaren Energien bekommt und die auch noch 24 Stunden am Tag sieben Tage die Woche“, werde sie den Umbruch nicht schaffen.
Der Strombedarf ist erforderlich, weil die Produktionsprozesse elektrisch werden sollen. Es wird bis Mitte der 2030er Jahre mit einem Strombedarf von 620 TWh gerechnet, das Zehnfache des jetzigen Verbrauches. Das wäre mehr als der jetzige Stromverbrauch Deutschlands, während der Wirtschaftsminister bis 2030 von einem stagnierenden

Verbrauch ausgeht.
Zudem müsste der Strompreis nach Einschätzung des VCI auf 4 ct/KWh fallen.

Über die 620 TWh errechnet sich – wenn die für Mitte der 2030er Jahre anvisierte Stromleistung auf 2050 übertragen wird – ein Leistungsbedarf von 71 GW (einschließlich 35,5 GW für Speicher) und ein Mehraufwand für Stromspeicher nach Gleichung 2 von 71/2 x 1,5= 53,3 GW.

Das entspricht dann einer Gesamtleistung bei Umstellung der Chemische Industrie auf die H2-Technologie von 71 + 53,3 = 124,3 GW

4.2 Stahl

Stahl kann nach verschiedenen Verfahren hergestellt werden:
CO2-Ausstoss/t Stahl (3)

a) über die Hochofenroute mit Koks einschließlich der Prozessstufen Kokerei, Sinteranlage 1880 kg
b) über Direktreduktionsverfahren mit Gas + Elektroofen 990 kg
c) über Schrott im Elektroofen 410 kg

zu c): der Großteil der CO2-Emissionen basiert auf der CO2-Last der fremdbezogenen und der eigenen elektrischen Energie über Kuppelgase.
Die genannten Reduktionsmittel wie Koks und andere Kohlenstoffträger sollen nun durch Wasserstoff ersetzt werden, d.h. der Hochofen soll durch die Direktreduktion einschließlich Einschmelzen im Elektroofen ersetzt werden, wobei die Reduktion letztlich über grünen Wasserstoff erfolgen soll.
Der CO2-Ausstoss soll bis 2050 um 95% vermindert werden.
Die Kosten sind beträchtlich und werden insgesamt auf 35 Milliarden EURO beziffert (für den Bau einer Direktreduktionsanlage inklusive Einschmelzaggregat wird mit 1 Milliarde gerechnet).
Die Bundesregierung schätzt den jährlichen H2-Bedarf allein für die Stahlherstellung in 2050 auf 80 TWh Wasserstoff. Ohne H2-Importe sei CO2-Neutralität nicht zu erreichen.
Die Rohstahlerzeugung in Deutschland liegt bei etwa 42,4 Mio. Tonnen/a, davon etwa 45% über den Einsatz von Schrott (19,1 Mio. t).
Damit verbleiben 23,3 Mio. t für die Herstellung von Roheisen im Hochofen (der Anteil über das Direktreduktionsverfahren ist z.Z. gering mit 0,6 Mio. t/a).

Wird für den Erzeinsatz ausschließlich hämatitisches Erz unterstellt, müssen dann nach
FeO3 (160) + 3 H2 (6) = 2 Fe (112) + 3 H2O (54)
23,3 Mio. t x 160/112 = 33,3 Mio. t Fe2O3

nach dem Direktreduktionsverfahren abgebaut werden mit einem Verbrauch an Wasserstoff von
33,3 Mio. t Fe2O3 x 6/160 = 1,25 Mio. t H2

Nach Kapitel 2 sind für die Herstellung von 1 Kg H2 52 KWh erforderlich:
1,25 Mio. t H2/a erfordern also 65 TWh/a bzw. 7,4 GW
Die 23,3 Mio. t müssen im Elektroofen aufgeschmolzen werden mit etwa 0,53 MWh/t (4) entsprechend 12 TWh/a.

Der Gesamtenergieaufwand beträgt dann 65 + 12 = 77 TWh oder 9 GW.
Für das Einschmelzen des Schrottes ist im Sinne der Klimaneutralität in 2050 auch ein klimaneutraler Strom erforderlich:
19,1 Mio. t x 0,53 MWh/t entsprechend 10,1 TWh/a
Aus dem Energiebedarf von 65+12+10 = 87 TWh entsprechend 10 GW (einschließlich 5 GW für Speicher) errechnet sich dann für die Lösung des Speicherproblems nach Gleichung 2 eine zusätzliche Leistung von
GW = 10/2 x 1,5 = 7,5 GW
Damit liegt der Gesamtenergiebedarf für die Umstellung der Hochofenroute sowie das Einschmelzen des Schrottes mit CO2-freiem Strom auf Wasserstoff bei 10 + 7,5 = 17,5 GW oder 153 TWh, etwa doppelt so hoch wie von der Bundesregierung geschätzt.

4.3 Zement

Heidelberg -Cement emittiert fast so viel CO2 wie Österreich.
Die Zementindustrie ist weltweit mit etwa 5-8% am weltweiten CO2-Ausstoss beteiligt.
Heidelberg-Cement hatte 2020 einen CO2-Ausstoss von 63 Mio. t . Gedacht wird auch an eine Abscheidung und Speicherung des anfallenden CO2 nach dem CCS-Verfahren, ein Pilotprogramm läuft derzeit in Norwegen.
Der Energieeinsatz für die Zementherstellung in Deutschland liegt bei 30 TWh, wovon 90% durch den Vorgang im Drehrohrofen thermisch sind, 10% elektrisch insbesondere für den Mahlprozess.
30 TWh entsprechend einer Leistung von 3,4 GW (1,7 GW für Speicher) einschließlich einem Energieaufwand für das Speichern nach Gleichung 2 von
3,4/2 x 1,5 = 2,6 GW
führen zu einem Gesamtenergieaufwand für die Umstellung der Zementindustrie auf Wasserstoff von
3,4 + 2,6 = 6 GW.

5. Umstellung der Wärmeversorgung auf Wasserstoff

Allein in den Haushalten werden für Raumwärme und Warmwasser etwa 530 TWh (430 + 100) entsprechend 60 GW (einschließlich 30 GW für Speicher) der Primärenergie benötigt. (5)

Daraus errechnet sich ein Energieaufwand für das Speichern nach Gleichung 2 von 60/2 x 1,5 = 45 GW,
wodurch sich ein Gesamtenergiebedarf für das Umstellen der Wärmeversorgung auf Wasserstoff von 60 + 45 = 105 GW ergibt.

Würden alle Haushalte auf Wärmepumpen umgerüstet, so könnte der Energieverbrauch deutlich verringert werden, da mit einer aufgewendeten KWh mit einer Wärmepumpe etwa 3 KWh erzeugt würden. Aber der Weg bis dahin ist lang und teuer.

6.Zusammenfassung der erforderlichen Stromleistungen bei Umstellung auf Wasserstoff für die ausgewerteten Sektoren einschließlich des Flächenbedarfes

In den vorigen Kapiteln sind die wichtigsten Sektoren hinsichtlich ihres Stromleistungsbedarfes ausgewertet worden, soweit gesicherte Daten zur Verfügung standen, d.h. ein Anspruch auf Vollständigkeit kann nicht bestehen, zumal die Sektoren Landwirtschaft und Abfallwirtschaft nicht behandelt wurden.

Die Tafel 3 zeigt eine Zusammenstellung:

Verfahren	GW	davon GW für Speicher
1. Strom	58,3	29,2
Mehraufwand für Speicher	43,7	
	102	
2. Verbrenner	57	28,5
Mehraufwand für Speicher	42,8	
	99,8	
3. Chemie	71	35,5
Mehraufwand für Speicher	53,3	
	124,3	
4. Stahl	10	5
Mehraufwand für Speicher	7,5	
	17,5	
5. Zement	3,4	1,7
Mehraufwand für Speicher	2,6	
	6	
6. Raumwärme	60	30
Mehraufwand für Speicher	45	
	105	
Summe	454	(davon 130 GW für Stromspeicher)

Nun werden für die Beschaffung derartiger Stromleistungen über Wind und Sonne enorme Flächen benötigt.
Für die Berechnung der Flächen wurden die Nutzungsgrade der Windanlagen aus den neuesten Stromkennzahlen von März 2021 mit 25% und für Solaranlagen mit 10% angesetzt. (6) Der Flächenbedarf für die Solaranlagen wurde jedoch nicht weiterverfolgt.
Für den zu erwartenden Flächenbedarf für Windanlagen wurde von 5 MW-Anlagen mit einem Flächenbedarf – niedrig angesetzt – von 1 km2 ausgegangen (Zufahrtswege nicht eingerechnet).

Der Flächenbedarf für die Umstellung auf die H2-Strategie errechnet sich dann für die hier ausgewerteten Bereiche zu

454 000/0,25/5 = 363 200 km^2.

Die Fläche Deutschlands beträgt 357 000 km^2, davon 182 000 km^2 für Landwirtschaft, 111 000 für Wald, 50 000 für Siedlung und Verkehrsfläche.

Damit liegt die für die Umstellung auf H2- Technologie erforderliche Fläche bei einer aus den genannten Gründen noch nicht vollständigen Auswertung aller Sektoren, etc. höher als die von Deutschland. Deutschland könnte also flächenmäßig nur mit einem Bruchteil zu dieser H2- Umstellung beitragen, d.h. Deutschland wäre bei der für das Funktionieren der deutschen Industrie wichtigen Stromversorgung massiv vom Ausland abhängig. Im Übrigen planen 35 Staaten bereits die H2-Technologie.

Die jüngste Vergangenheit hat bereits gezeigt, dass Deutschland bei dem jetzigen Ausbau der Wind- und Solaranlagen durch ihre stark fluktuierenden Leistungen bereits stündlich bis deutlich über 15 GW unter- oder überversorgt sein kann (6) (entsprechend der Leistung von 15 Atomkraftwerken), wofür das Ausland freundlicherweise noch aushilft, solange die Nachbarn nicht selbst in Stromversorgungsnöten stecken. Bereits in 2018 mussten Stromgroßverbraucher wie Aluminiumhütten, Walzwerke, etc. zur Aufrechterhaltung der Stabilität des deutschen Stromnetzes 78 mal abgeschaltet werden.
Auch der Stromausfall in Texas im Januar 2021 mit zahlreichen Toten darf nicht unerwähnt bleiben.

7. Kritische Betrachtung der Aussagen des IPCC zur Wirkung von CO2 auf das Klima

Der Klimarat der Vereinten Nationen (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) – eine politische Organisation – verbreitet nun schon seit etwa 30 Jahren mit neuen fraglichen Aussagen zum Einfluss von CO2 auf das Klima stets neue Angst, ohne dass die Aussagen dieser Modelle ausreichend kritisch hinterfragt worden sind.
Nach Aussagen des IPCC haben die CO2-Konzentrationen der Atmosphäre vor dem Industriezeitalter bei 280 ppm gelegen und zwar in einem Gleichgewichtszustand bezüglich des CO2-Austausches zwischen Atmosphäre, Ozean und Biosphäre. Dieser Gleichgewichtszustand sei erst durch die anthropogenen Emissionen gestört worden mit einem verheerenden Einfluss auf das Klima durch den Treibhauseffekt. Zudem sollen die anthropogene CO2-Einträge in die Atmosphäre über Hunderte von Jahren in der Atmosphäre kumulieren.
Der Anstieg der CO2-Gehalte in der Atmosphäre vor dem Industriezeitalter von 280 ppm auf etwa 410 ppm in 2020 soll nun vollständig auf die anthropogenen Freisetzungen zurückzuführen sein.

Zudem sollen nach Aussage des IPCC die anthropogenen Freisetzungen heute bei 4 ppm/a liegen, von denen 2 ppm/a in der Atmosphäre verbleiben (airborne fraction).
Hier eine Gegendarstellung:

1. Einen Gleichgewichtszustand zwischen Atmosphäre, Ozean und Biosphäre kann es nur angenähert geben, da

a) die Temperaturen an den Polen Werte bis unter – 60°C, in Äquatornähe bis über + 60°C annehmen können
b) die CO2-Gehalte an den Polen entsprechend den Temperaturen bis auf etwa 0% abfallen, in Äquatornähe bis über 4% ansteigen können.

2. Warum soll das CO2 in der Atmosphäre kumulieren?

Das CO2 aus der Kohlenstoffverbrennung hat die gleiche Reaktionsfähigkeit wie z.B. das CO2, das durch die Temperaturerhöhung der Meere freigesetzt wird. Es ist davon auszugehen, dass dies auch bei unterschiedlichen $^{14}CO2$ / $^{12}CO2$ -Verhältnissen gilt.
Alle CO2-Moleküle sind in ihrer Reaktionsfähigkeit gleich, zudem ist die Atmosphäre bestens durchmischt (7), also kann eine Gruppe von Molekülen nicht länger in der Atmosphäre verweilen.
Klagen von Gärtnern wegen unzureichenden Reaktionsfähigkeiten des CO2 – aus welchen Herstellungsverfahren auch immer – sind bei der Photosynthese nicht bekannt, außerdem in Laborversuchen nicht nachgewiesen.

3. Da es keine in ihrer Reaktionsfähigkeit unterschiedlichen CO2-Moleküle gibt, wurde in einer früheren Arbeit der anthropogene CO2-Eintrag in die Atmosphäre von 1870 bis 2020 verglichen mit dem gesamten CO2-Anstieg in der Atmosphäre (Bild 4). (7)
Die nüchterne Bilanz aus dieser Gegenüberstellung ist die Aussage, dass der CO2-Anstieg in der Atmosphäre praktisch ausschließlich auf die Temperaturerhöhung der Meere wie der Atmosphäre einschließlich nicht quantifizierbarer vulkanischer Tätigkeiten zurückzuführen ist, der anthropogene CO2-Eintrag ist daran gemessen als marginal einzustufen.

Nach 3. und vor Bild 4 entfallen 3 Zeilen: „Rechnerisch…….bis (96%)“

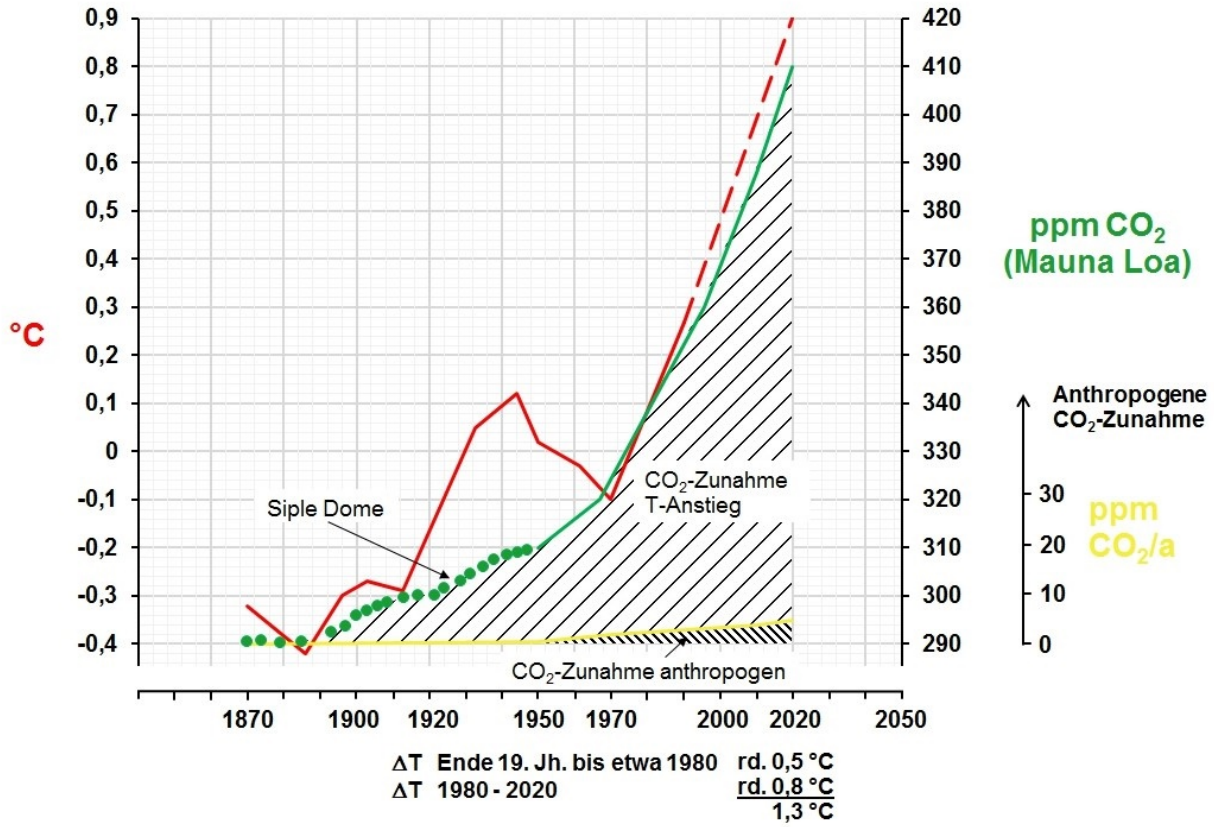


Bild 4: Anteil des anthropogenen CO2 in der Atmosphäre

4. Ein Vergleich der Jahre 2000 und 2020 zeigt hinsichtlich des CO2-Anstieges folgende Entwicklung (Bild 4):			
	2000	2020	
- CO2-Gehalt Atmosphäre	370 ppm	410 ppm	
- abzüglich Anteil CO2 anthropogen	3,19 ppm	4,75 ppm	
-Anteil CO2- Freisetzung durch T-Anstieg, etc.	367 ppm	405 ppm	(Tafel 4)

Von 2000 bis 2020 ist der CO2-Gehalt der Atmosphäre von 370 auf 410 ppm angestiegen. Dabei spielte der anthropogene Anstieg von 3,19 auf 4,75 ppm eine vernachlässigbare Rolle, wohingegen der Anstieg über die CO2-Freisetzungen über den Temperaturanstieg, etc. mit der Zunahme von 367 auf 405 ppm einen gewaltigen Anteil ausmacht.
Der hier in 2020 ausgewiesene anthropogene CO2- Eintrag von 4,75 ppm wird vom IPCC mit rd. 4 ppm angegeben, von denen 2 ppm von den Speichern Ozean und Biomasse aufgenommen werden sollen, 2 ppm sollen in der Atmosphäre verbleiben (airborne fraction).

Während im Industriezeitalter das eingebrachte anthropogene CO2 nach den Vorstellungen des IPCC noch gänzlich kumulierte (Reaktivität CO2 anthropogen = null), erwacht die anthropogene CO2-Reaktivität in den Vorstellungen des IPCC nun zu neuen Blüten: immerhin sollen 2 ppm CO2 anthropogen mit den Speichern reagieren.
Es stellt sich jedoch die Frage, welche Rolle spielen die gemessen an den 4,75 ppm CO2 anthropogenen Ursprungs die fast 100 mal höheren CO2-Freisetzungen über den Temperaturanstieg, etc. von 405 ppm?
Ausgerechnet von dem winzigen anthropogenen CO2-Eintrag von 4,75 ppm weiß man genau, wie jedes einzelne ppm zuzuordnen ist, über die Zuordnung von 405 ppm CO2 herrscht Schweigen.
Was für eine selektive Mathematik, denn schließlich weist das CO2 – wie auch immer entstanden – eine gleiche Reaktivität auf.
Warum sollen also die 405 ppm nicht die willkürliche festgelegte Rolle des winzigen Anteiles vom anthropogenen CO2 übernehmen?

Hinzu kommt folgerichtig, dass die durch die Corona-Krise um 17% vermindert eingebrachte CO2-Emission in die Atmosphäre in 2020 messtechnisch nicht nachgewiesen werden konnte (8), was die überragende Bedeutung des CO2-Anstieges durch die Temperaturzunahme der Meere und der Atmosphäre und die damit verknüpfte CO2-Freisetzung unter Beweis stellt.
All die Maßnahmen zur Absenkung des anthropogenen CO2-Gehaltes in der Atmosphäre und damit die Beeinflussung des Klimas sind daher praktisch wirkungslos – die Flucht in ein neues Energiewende-Abenteuer, die H2-Strategie, mit weit höheren Kosten als die bisherige Energiewende können das Klima genau so wenig beeinflussen wie die bisherigen nutzlosen Anstrengungen.
Auf andere Unzulänglichkeiten der Modelle des IPCC wie die Quantifizierung des Einflusses von H2O, der Einfluss der Wolken, die Missachtung des 2. Hauptsatzes der Wärmelehre, der Einbau beliebiger (best guess) „CO2-Klimasensitivitäten“ (bei Verdopplung des CO2-Gehaltes in der Atmosphäre) in die Modelle, etc. soll hier nicht näher eingegangen werden.

Vor diesem Hintergrund sind die geradezu täglich inflationär von allen Parteien vorgebrachten Vorschläge zur Begrenzung des CO2-Ausstosses bis 2030 und 2050 als erschreckend unwissend anzusehen, insbesondere nach dem nicht nachvollziehbaren politischen Einspruch des Bundesverfassungsgerichtes gegen nicht präzise genug definierten Festlegungen der Maßnahmen nach 2030.
Unerträglich ist diese bis in höchste Instanzen vorhandene Klimahysterie, wenn die nackten Zahlen dieser Hysterie vor Augen geführt werden:

– die Atmosphäre enthält in 2020 etwa 410 ppm CO2 (0,0410%)
– davon sind 4% (s.o.) anthropogenen Ursprungs: 16 ppm (0,0016%)
– der Anteil Deutschlands liegt bei 2,5% von 16 ppm, nämlich 0,4 ppm (0,000 04%)
– dieser Anteil Deutschlands ist nicht einmal messbar, kostet

Deutschland aber Billionen.
Die Sinnlosigkeit der Maßnahmen dieser Energiewende müssen zudem im Zusammenhang mit dem CO2-Ausstoss anderer Länder gesehen werden: Deutschland hat von 1990 bis 2019 den CO2-Ausstoss um 33% vermindert, z.B. Russland bei einem zehn mal höheren CO2-Ausstoss um 320% erhöht.

8. Schlussbetrachtung

So wie am Beginn der Energiewende im Jahre 2000 der Glaube vorherrschte, dass die Energiewende für eine Kugel Eis zu haben sei, so tappt Deutschland nun erneut vor der Angst des Verglühens der Erde durch die Wirkung von CO2 nach den Aussagen des IPCC in ein neues nicht lösbares Abenteuer – die Wasserstoff-Strategie.
Die Vollendung der Energiewende 2000 mit ihren zahlreichen Nachbesserungen einschließlich des Kohleausstieges in 2038 ist am Stromspeicherproblem durch die fluktuierenden Stromerzeuger Wind und Sonne kläglich gescheitert, denn wo soll nachts bei Windstille der Strom herkommen.
Nun zeigt bereits eine Betrachtung der Umstellung der wichtigsten Sektoren auf Wasserstoff, dass der Flächenbedarf allein über die Windanlagen die Gesamtfläche Deutschlands mit
363 000 km2 überschreitet,
wobei Deutschland nur 357 000 km2 aufzuweisen hat. Zudem ist die Landschaft Deutschlands durch Windanlagen schon derart überladen, dass die Bürger bereits jetzt protestieren – außerdem wollen die Bürger auch noch wohnen und ihr geliebtes Auto fahren, von der Landwirtschaft und dem Wald abgesehen.
Wenn also die H2-Strategie funktionieren soll, müssten viele Länder aushelfen, die aber ähnlich wie Deutschland im Rahmen der EU nach der Lösung ihres Problems nach der H2-Technologie schielen. (35 Staaten machen bereits Pläne zur H2-Technologie).
Der Gedanke an die Wüsten Afrikas kommen hoch. Erinnert sei an die hohen Transportverluste und die Zuverlässigkeit eines Wassersoff-/Stromtransportes. Schließlich stand das Desertec-Vorhaben für die Idee, einen Großteil der Weltbevölkerung mit Solarstrom aus Wüsten zu versorgen, eine Idee des Club of Rome.
Der Wüstenstrom steht aus den verschiedensten Gründen vor dem Aus, insbesondere die deutschen Unternehmen haben das Projekt verlassen. Selbst die Pläne für den Bau eines ersten Hybridkraftwerkes einschließlich Meerwasserentsalzungsanlage und 100-Megawatt-Elektrolyseur in Marokko stehen auf dem Prüfstand.

Aber Klimaneutralität ist ein Ideologiebegriff, sogar leicht überprüfbare Fakten interessieren nicht.
Endzeitsekten wie „Extinction Rebellion“ fordern CO2-Neutralität in 2025, „Friday for Future” in 2035.
Nach dem nicht nachvollziehbaren Urteil des Bundesverfassungsgerichtes wegen der nicht präzise genug festgelegten CO2-Massnahmen nach 2030 ist ein peinlicher Bieterwettstreit innerhalb der Parteien um den frühesten

Einstieg in die Klimaneutralität entbrannt. Nicht zuletzt bedingt durch die anstehenden Wahlen in 2021 wurde dann am 12.05.2021 unter dem ständig steigenden Druck der grünen Bewegung vom Bundeskabinett flugs die Klimaneutralität auf das Jahr 2045 vorgezogen.
Das ist eine bewusste Verweigerung einer rationalen Analyse des Klimaproblems zugunsten einer emotionalen Politik.
Wo bleiben technisch ausgereifte Untersuchungen, wie in den kommenden Jahren die Stromversorgung sicher hergestellt werden kann. Stattdessen werden in Deutschland in 2022 die letzten Kernkraftwerke still gesetzt, während andere Länder die Laufzeit ihrer Atomkraftwerke verlängern oder den Einstieg in neue planen. Weltweit wird an der Entwicklung inhärent sicherer Kernkraftwerke der 4. Generation geforscht, nur nicht in Deutschland.
In Deutschland werden die Realitäten durch eine grüne Ideologie in fast allen Parteien verdrängt, unterstützt von den Medien mit einer jahrelangen Propaganda der vom IPCC verbreiteten Vorstellung des Verglühens der Erde durchsteigende CO2- Gehalte in der Atmosphäre.

Wie sagte noch Euripides: „Wen die Götter vernichten wollen, dem rauben sie als erstes den Verstand“.

9. Quellen

1.Umweltbundesamt
2. Beppler, E.: „Der Kohleausstieg ist im Sinne einer Absenkung des CO2-Ausstosses ein Flop – nun wird auch noch der Hype um die E-Mobilität zum Flop – quo vadis Bundesland Deutschland“, EIKE, 06.05.2019
3. Lüngen, B.: Stahl und Eisen, März 2021
4. „Energiewende in der Industrie“, Branchensteckbrief der Eisen- und Stahlindustrie
5. Bdew
6. Schuster, R.: Mitteilung vom 01.04.2021
7. Beppler, E.: „Quantifizierung des marginalen anthropogenen CO2-Gehaltes in der Atmosphäre – ein seit Jahrzehnten überfälliger Schritt“, EIKE, 26.12.2020
8. Beppler, E.: „Zur Fragwürdigkeit der Gründe für den angeblichen anthropogenen CO2-Anstieg in der Atmosphäre und seinen möglichen Einfluss auf das Klima“, EIKE, 18.10 2020