

# **DEUTSCHLAND CO2 - FREI ?**

**Daten und Fakten zur “Klimawende”**

**Kurzfassung**

**Thomas Maetzel**

**17.08.2022**

# Der Autor



- Thomas Maetzel (65) blickt als Diplomingenieur für Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen auf 40 wechselvolle Berufsjahre zurück, in denen er überwiegend im Maschinen- und Anlagenbau an der Schnittstelle zwischen Technik und Betriebswirtschaft tätig war.
- Aus früheren Positionen als Manager in der Industrie sowie aus vielen Beratungsprojekten ist er aus der praktischen Perspektive eines Ingenieurs vertraut mit fast allen Bereichen der heutigen Energiewirtschaft und ihrer ökologischen Alternativen.
- **Kontakt: 0171 6042900 oder [tmaetzel@t-online.de](mailto:tmaetzel@t-online.de)**

# Inhaltsverzeichnis

1. CO<sub>2</sub>-Entstehung in der Welt
2. CO<sub>2</sub>-Entstehung in Deutschland
3. Grundlagen der Energietechnik
4. Verfahren zur CO<sub>2</sub>-neutralen Energieerzeugung
5. CO<sub>2</sub>-Vermeidung im Bereich Verkehr
6. CO<sub>2</sub>-Vermeidung im Bereich Gebäude
7. CO<sub>2</sub>-Vermeidung im Bereich Industrie
8. CO<sub>2</sub>-Vermeidung Im Bereich Energieerzeugung
9. Strombedarf und Investitionen
10. Schlussfolgerung

# 1. CO<sub>2</sub> - Entstehung in der Welt

- China, USA, Indien, Russland und Japan erzeugen derzeit bereits 60% des weltweit pro Jahr freigesetzten Kohlendioxids (CO<sub>2</sub>).
- Der Anteil Deutschlands an der CO<sub>2</sub> - Emission der Welt liegt bei ca. 2%
- Länder mit einem hohen Wohlstand pro Kopf der Bevölkerung haben einen entsprechend hohen Energieverbrauch verursachen tendenziell auch eine hohe CO<sub>2</sub> - Emission pro Kopf.
- Mit 8,4 Tonnen CO<sub>2</sub> - Erzeugung pro Jahr und Einwohner liegt Deutschland im Mittelfeld der Industrienationen.
- Das weiterhin extrem hohe Bevölkerungswachstum in der Welt und die auch in den Entwicklungsländern angestrebte Wohlstandserhöhung wirken für eine weltweite CO<sub>2</sub> - Reduzierung stark kontraproduktiv.
- Nur die reichen Industrieländer können sich die technischen Maßnahmen zur CO<sub>2</sub> - Reduzierung leisten, viele arme Länder aber nicht, sie haben noch für Jahre andere Prioritäten bei der Versorgung ihrer Bevölkerung.
- Ein weltweit koordiniertes Vorgehen in der CO<sub>2</sub>-Politik ist dringend erforderlich. Verfügbare Investitionsmittel zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung müssen global dort eingesetzt werden, wo sie die größte Wirkung auf den weltweiten CO<sub>2</sub> - Ausstoß erzielen.

## 2. CO2 - Entstehung in Deutschland

- 2019 fielen in Deutschland ca. 850 Mio. Tonnen CO2 an mit der folgenden Verteilung auf die verschiedenen Verursachungsbereiche:

<b>1.0 Verkehr</b>	<b>170 Mio. t</b>	<b>20% Anteil</b>
<b>2.0 Gebäude</b>	<b>130 Mio. t</b>	<b>15%</b>
<b>3.0 Industrie</b>	<b>180 Mio. t</b>	<b>21%</b>
<b>4.0 Stromerzeugung</b>	<b>315 Mio. t</b>	<b>37%</b>
<b>5.0 Landwirtschaft</b>	<b>55 Mio. t</b>	<b>7%</b>

- Die CO2-Emissionen in der Landwirtschaft entstehen zu 50% aus Verdauungsprozessen in der Tierhaltung und zu weiteren 50% aus Emissionen von Naturdünger und sonstigen biologischen Anwendungen. Dieses relativ kleine Segment wurde aus dieser Analyse ausgenommen, da es nicht durch Technologie beeinflussbar ist.

# 3. Grundlagen der Energietechnik

- Das Stromnetz muss bis auf sehr geringe Schwankungstoleranzen immer „im Gleichgewicht sein“, also die eingespeiste Leistung in Kilowatt muss jederzeit genauso groß sein wie die zeitgleich verbrauchte Leistung.
- Arbeit wird gemessen in Kilowattstunden (KWh) als erzeugte bzw. verbrauchte „Strommenge“.
- Bei der Umwandlung von Energie geht ein Anteil der eingesetzten Energiemenge verloren, der Wirkungsgrad bezeichnet in % den nach Umwandlung verbleibenden Anteil der eingesetzten Energie.
- „Stromüberschuss“ aus erneuerbaren Quellen kann kurzzeitig entstehen, ist aber mit unter 1 TWh p.a. gemessen am heutigen Gesamtstromverbrauch von 550 Terawattstunden (TWh) vernachlässigbar.
- Strom kann nur in sehr geringem Umfang und mit Verlusten gespeichert werden, alle inländischen Pumpspeicherkraftwerke können aber aktuell das Netz z.B. nur bis zu einer Stunde versorgen. Andere Speichertechnologien können nicht die notwendigen Kapazitäten darstellen.
- Wasserstoff (“H<sub>2</sub>”) gilt als “CO<sub>2</sub>-freundlicher “ Energieträger, Wasserstoffherzeugung erfolgt aus Strom und Wasser durch Elektrolyse und hat einen Wirkungsgrad von nur 70% - 80%.
- Synthetisch erzeugte Kraftstoffe, sog. “Synfuels”, sind geeigneter Ersatz für heutige Kraftstoffsorten auf Ölbasis und werden chemisch u.a. aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> mit sehr hohem Stromverbrauch erzeugt.

# 4. Verfahren zur CO<sub>2</sub> - neutralen Stromerzeugung

## 4.1 Windenergie

- Windenergie stellt heute den weitaus größten Anteil an der erneuerbaren Stromerzeugung.
- Zu schwacher und zu starker Wind begrenzen die Zeitspanne, in der Strom erzeugt werden kann. Windturbinen an Land („Onshore“) erzielen daher Normlaufzeiten von ca. 2.200 Stunden, auf See („Offshore“) liegt dieser Wert bei ca. 4.500 Stunden pro Jahr.
- Das Jahr hat insgesamt 8760 Stunden, damit steht die Erzeugungsleistung aus der ansonsten technisch wirkungsvollen Windkraft nur zu einem geringen Teil des Jahres zur Verfügung.

## 4.2 Solarenergie - Photovoltaik

- Diese Methode zur direkten Stromgewinnung aus Sonnenstrahlen ist technisch einfach, mit einer Kollektorfläche von ca. 6 qm kann eine Leistung von 1 KW erzeugt werden.
- Nachteil ist die Tatsache, dass in Deutschland nur Normlaufzeiten von ca. 1000 Stunden für Solarkraftwerke möglich sind.
- Zum Vergleich: In Südspanien und Nordafrika werden ca. 2.200 Stunden erreicht - eigentlich macht es daher im Rahmen einer internationalen Strategie zur Erzeugung von Ökostrom zum Zwecke der globalen CO<sub>2</sub>-Reduzierung wenig Sinn, diese Erzeugungstechnik in Deutschland und nicht an besseren internationalen Standorten zu subventionieren.
- Nachteilig ist der hohe Flächenbedarf der Photovoltaik, als Ersatz für ein konventionelles Kohlekraftwerk mit 1000 Megawatt (MW) müssten z.B. 40 Quadratkilometer Solarkraftwerksfläche gebaut werden.

# 4. Verfahren zur CO<sub>2</sub> - neutralen Stromerzeugung

## 4.3 Solarenergie - thermische Verfahren

- Diese Verfahren nutzen die Wärme der über Spiegel fokussierten Sonnenstrahlen, um Dampf zu erzeugen, mit dem dann eine normale Dampfturbine zur Stromerzeugung betrieben wird.
- Aufgrund verschiedener technischer Nachteile, vor allem dem hohen Kühlwasserbedarf zur Kühlung des entspannten Wasserdampfes nach der konventionellen Dampfturbine, hat sich diese Technologie bisher nicht über einige wenige Pilotanlagen hinaus etabliert.
- Da an besonders sonnenreichen Standorten für Solarkraftwerke meist akuter Wassermangel herrscht, dürfte allein dies oft ein kritisches Ausschlusskriterium sein.
- Der Bau dieser Art von Solar- Anlagen in Deutschland ist wegen der geringen Sonnenstundenzahl auch grundsätzlich nicht sinnvoll.

## 4.4 Wasserkraft

- Die Nutzung von Wasserkraft aus hohen Niederschlägen und großen Höhendifferenzen des Geländes ist prinzipiell sehr gut geeignet zur ökologischen Stromerzeugung.
- Das Potenzial der Wasserkraft in Deutschland ist weitestgehend mit unter 5% der Stromerzeugung bereits ausgenutzt, nennenswerte Ergänzungen scheitern an den fehlenden Voraussetzungen bezüglich Niederschlag und Topographie.



# 4. Verfahren zur CO<sub>2</sub> - neutralen Stromerzeugung

## 4.5 Verstromung von Biogas

- Dieses Verfahren verwendet biologische Substanzen verschiedener Art, die in einem Reaktionsbehälter durch Mikroorganismen unter Freisetzung von Gasen zersetzt werden.
- Diese Gase werden entweder direkt für Heizzwecke ins Gasleitungsnetz eingespeist, können aber stattdessen auch einen Verbrennungsmotor antreiben, der Strom über einen Generator erzeugt. Dabei wird das im biologischen Einsatzmaterial gebundene CO<sub>2</sub> freigesetzt.
- Der Mangel an verfügbarer und geeigneter pflanzlicher Substanz als Einsatzstoff hat inzwischen dazu geführt, dass Biogasanlagen z.B. auch mit essbarem Getreide befüllt werden.
- Allein dieser ethische Aspekt sollte dazu führen, diese Technologie, die ohnehin in der Erzeugung erneuerbaren Stroms mit einem Anteil von ca. 10 % kaum eine Rolle spielt, zumindest nicht weiter zu subventionieren.

## 4.6 Geothermie

- Dieses Verfahren nutzt die geologische Wärme im Erdinneren für die Erzeugung von Strom und als Heizenergie. Es wird Wasser in große Tiefen geleitet, das erhitzt oder als Dampf zurückströmt.
- Der erzeugte Dampf kann zur konventionellen Stromgewinnung genutzt werden.
- Bisher hat diese Technologie in Europa nur Experimentierstadium in Form einiger Pilotprojekte, an geeigneten Standorten wie Island oder Neuseeland erfolgt eine Nutzung in größeren Maßstäben, vor allem für die Gewinnung von Heizenergie.
- Es ist noch nicht absehbar, ob dieses Verfahren zur Stromerzeugung künftig eine Rolle spielt.

# 4. Verfahren zur CO<sub>2</sub> - neutralen Stromerzeugung

## 4.7 Gezeitenkraftwerke

- Diese Art der Stromerzeugung kann man als eine besondere Form der Wasserkraft bezeichnen, indem die Energie der durch die Gezeiten entstehenden Meeresströmungen und Niveauunterschiede des Wasserspiegels an geeigneten Küstenstandorten über Turbinen zur Stromerzeugung verwendet wird.
- Da aus technischen Gründen für den Einsatz von Turbinen eine Differenz zwischen Hoch- und Niedrigwasser von mindestens 5 Metern zum Betrieb eines derartigen Kraftwerkes benötigt wird, gibt es in Deutschland keinen einzigen geeigneten Standort.

# 4. Verfahren zur CO2 - neutralen Stromerzeugung

Die wesentlichen, realistisch in Zukunft einsetzbaren Verfahren zur CO2-freien Stromerzeugung haben bezogen auf typische Anlagengrößen folgende Kennzahlen:

Erzeugungstechnik	Investition Mio. €	Leistung MW	Invest pro MW Mio. €	Stunden Betriebszeit t p.a.	Erzeugung Mwh p.a.	Invest pro MWh p.a. €	Laufzeit Jahre	Erzeugung Mwh gesamt	Abschrei- bung Je Mwh €	Abschrei- bung je kwh in €
Wind Onshore Einzelaggregat	7	3,5	2	2.200	7.700	909	25	192.500	36	0,036
Wind Offshore Park Globaltech 1	1800	400	23	4.500	1.800.000	1.000	30	54.000.000	33	0,033
Solar Photo Park 6000 qm in D	2	1	2	1.000	1.000	1.500	30	30.000	50	0,050
Solar Thermo Park Andasol 3	400	50	8	2.200	110.000	3.636	40	4.400.000	91	0,091
nur Zum Vergleich: Kernkraftwerksblock	10000	1000	10	8.000	8.000.000	1.250	40	320.000.000	31	0,031

# 5. CO2 - Vermeidung im Bereich Verkehr

## 5.1 PKW und Kleintransporter

- Eine vollständige Umstellung auf batteriegetriebene Elektroantriebe wird angenommen, Bestand in Zukunft wie bisher ca. 50 Mio. Fahrzeuge
- Durchschnittliche Fahrleistung wie bisher ca. 15.000 km p.a., Ladestromverbrauch für Batterien inkl. Umwandlungs- und Übertragungsverlusten 20 KWh / 100 km Fahrstrecke, das sind je Fahrzeug = 3000 KWh p.a. - mal 50 Mio. Fahrzeuge

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung: 150 TWh**

- Annahme: Verbraucher zahlen einen jeweils um 10.000 € höheren Fahrzeugpreis für E-KFZ als für Verbrenner x 50 Mio. Neufahrzeuge plus den Bau von 10 Mio. privaten Ladeeinrichtungen incl. Zuleitungen mit je 5.000 €

**Investitionsvolumen direkt zu Lasten der Verbraucher für Kfz und Ladestation: 550 Mrd. €**

- Investitionen für den Aufbau eines öffentlichen Ladenetzes für 40 Mio. Fahrzeuge mit 1 Station für 2 Fahrzeuge, damit 20 Mio. benötigte öffentliche Stationen. Investition je Ladestation inklusive Netzanschluss angenommen mit 20.000 €
- Ca. 80% aller PKW sind auf eine öffentliche Ladestation angewiesen. Die Investitionen in ein öffentliches Ladenetz müssen durch deren Nutzer amortisiert werden, die Ladestrompreise enthalten hierfür einen entsprechenden Zuschlag

**Investitionsvolumen indirekt zu Lasten der Verbraucher: 400 Mrd. €**

# 5. CO<sub>2</sub> - Vermeidung im Bereich Verkehr

## 5.1 PKW und Kleintransporter - weitere Maßnahmen

- Eine komplette Umstellung des PKW-Bestandes bis 2045 bedeutet, dass jährlich im Schnitt ca. 2 Mio. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor durch Fahrzeuge mit Elektroantrieb ersetzt werden müssen. Zum Vergleich: 2019 gab es insgesamt ca. 3,6 Mio. Neuzulassungen. Im Januar 2022 sind insgesamt erst ca. 650.000 Elektro-PKW in Betrieb.
- Zunächst sollten sich die Menschen stärker mit bekannten Methoden zur Reduzierung des Mobilitätsbedarfes auseinandersetzen, wie der Bildung von Fahrgemeinschaften oder der einfachen Frage, welche Fahrten überhaupt und zwingend notwendig sind. Heute liegt die durchschnittliche Nutzung der üblichen 5 Sitzplätze in einem PKW im Stadtverkehr bei 1,1 und auf Langstrecken bei 1,4. Über 35% der heute gefahrenen Kilometer fallen unter „Freizeit“.
- Da Ökostrom im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Reduzierung der kritische Engpass ist, muss auch der Strombedarf von Elektrofahrzeugen minimiert werden. Heute angebotene E - Luxus - SUVs mit 600 PS sind da kontraproduktiv. Der Trend der Verbraucher zum Kauf großer und schwerer Fahrzeuge muss korrigiert werden.
- Die Leistung an erneuerbarer Stromerzeugung muss den Ladestrom für künftige E - Kfz abdecken. Die heute vorhandene Leistung von ca. 150 GW reicht bei einem Ladestrom von 22 KW nur für ca. 7 Mio. Fahrzeuge, die gleichzeitig laden. Bei Schnellladung mit über 300 KW sind es erheblich weniger.
- Die starke Steigerung der Treibstoffpreise seit 2021 hat allein nicht zu einem korrigierten Verbraucherverhalten geführt, die Zahl der gefahrenen Kilometer ging kaum zurück.
- Die Nutzung von PKWs muss weitest möglich ersetzt werden durch einfachere Verkehrsmittel für Kurzstrecken und durch intensivere Nutzung des öffentlichen Personentransports.

# 5. CO2 - Vermeidung im Bereich Verkehr:

## 5.2 LKW und sonstige Nutzfahrzeuge

- Eine 5,7 Mio. Fahrzeuge Inlandsbestand gibt es in dieser Kategorie, davon sind 3,6 Mio. LKW.
- LKW: Fahrleistung im Durchschnitt 45.000 km p.a., Verbrauch 40 Liter Treibstoff je 100 km .
- Annahme: Antriebe werden umgestellt auf CO2-neutralen synthetischen Kraftstoff („Synfuel“) mit vorhandenem Verbrennungsmotor. Synfuelbedarf p.a. insgesamt  $45.000/100 \times 40$  Liter je Fahrzeug  $\times$  3,6 Mio. Fahrzeuge = ca. 65 Mrd. Liter
- Strombedarf für die Synfuelproduktion: 10 KWh pro Liter insgesamt für die drei benötigten Produktionsstufen Wasserstoffproduktion, Methanisierung und Umwandlung.
- Nur LKW werden umgestellt, sonstige Geräte, z.B. Traktoren und Baumaschinen etc. verwenden künftig die verfügbaren geringen Mengen an Biodiesel und notfalls weiterhin Diesel aus fossilen Quellen..

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung:**

**650 TWh**

- Die Umstellung heutiger Dieselantriebe auf Synfuels in den 3,6 Mio. LKW wird einmalig mit 10.000 € je Fahrzeug geschätzt.

**Investitionsvolumen direkt zu Lasten der Wirtschaft:**

**36 Mrd. €**

# 5. CO2 - Vermeidung im Bereich Verkehr

## 5.2 LKW - weitere Maßnahmen

- Seit 2000 hat sich der LKW-Verkehr gemessen an „Tonnenkilometern“ in unserem Land verdoppelt Weltweit erzeugen LKW allein schon 15% des gesamten CO2-Ausstoßes.
- Eine wesentliche Ursache für das hohe LKW-Verkehrsaufkommen bei uns sind die sogenannten Lieferketten, nach denen Endprodukte wie z.B. ein Auto aus eine Vielzahl von Teilen aus unterschiedlichen Quellen produziert werden.
- Heute ist es trotz LKW-Maut z.B. immer noch normal und scheinbar wirtschaftlich, z.B. ein in Deutschland gegossenes Aluminiumteil für einen einzigen Arbeitsgang in das 1.000 km entfernte Zweigwerk in Rumänien zu fahren und zurück - oder gläserne Mineralwasserflaschen aus Deutschland auf Malta anzubieten..
- Eine weitere Belastung des Klimas ist der unsinnige Trend in vielen Transportsystemen, maximal kurzfristig („Overnight“) am Zielort auszuliefern. Dieser Trend reduziert die Möglichkeiten, Ladekapazitäten geplant voll auszunutzen. LKW fahren dann auch mal „halbvoll“, um vorrangig die schnellste Zustellung zu erreichen.
- Die CO2-freundlichste Methode für Gütertransporte ist die Bahn, die dafür aber erst mit extrem sehr hohen Investitionen fit gemacht werden muss.
- Die hohen Investitionen zum Ausbau CO2-freundlicher Personen- und Gütertransportsysteme werden von den Verbrauchern zu tragen sein - direkt über höhere Fahrpreise oder indirekt über höhere Steuern.

# 5. CO2 - Vermeidung im Bereich Verkehr

## 5.3 Busse

- Es sind 75.000 Busse im Inland im Bestand, durchschnittliche Fahrleistung 50.000 km p.a. bei 40 l / 100 km Verbrauch
- Annahme: Vorhandene Diesel-Antriebe werden umgestellt auf „Synfuels“, d.h. Synthetische Kraftstoffe mit Nutzung des vorhandenen Verbrennungsmotors
- Synfuelbedarf:  $50.000/100 \times 40 \times 75.000 = 1,5$  Mrd. Liter p.a. - Strombedarf für die Synfuelproduktion: 10 KWh pro Liter.

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung: 15 TWh**

- Die Umstellung heutiger Dieselantriebe auf Synfuels in den 75.000 Bussen wird einmalig mit 10.000€ je Fahrzeug geschätzt.

**Investitionsvolumen direkt zu Lasten der Wirtschaft: 750 Mio. €**



# 5. CO2 - Vermeidung im Bereich Verkehr

## 5.4 Binnenschiffe

- Ca. 4000 Binnenschiffe sind im Inlands-Bestand, Seeschiffe sind hier nicht erfasst, Antriebe werden umgestellt auf Synfuels mit dem vorhandenen Verbrennungsmotor.
- Bei angenommenen 3000 Betriebsstunden p.a. und einem geschätzten Verbrauch von durchschnittlich 200 Liter pro Stunde ergibt sich ein künftiger Synfuelbedarf von ca. 2,4 Mrd. Litern mit einem Strombedarf zur Erzeugung von 10 KWh pro Liter.

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung:** **24 TWh**

- Die Umstellung heutiger Dieselantriebe auf Synfuels in den 4000 Schiffen wird mit jeweils 10.000€ geschätzt.

**Investitionsvolumen direkt zu Lasten der Wirtschaft:** **400 Mio. €**

# 5. CO2 - Vermeidung im Bereich Verkehr

## 5.5 Flugzeuge

- Verbrauch 2019 der Deutschen Fluggesellschaften insgesamt: Ca. 12 Mrd. Liter Kerosin für den Bestand von 1.000 Flugzeugen.
- Annahme, dass Synfuel - Kerosin zu 100% technisch ersetzen kann, geeigneter Kraftstoff ist bereits verfügbar, aber bisher meist nur als Beimischung eingesetzt.
- Mit dem Strombedarf von 10 KWh zur Erzeugung je Liter Synfuel - Kerosin ergibt sich ein Strombedarf von 120 Mrd. KWh.

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung: 120 TWh**

- Die Umstellung heutiger Triebwerke auf 100% Einsatz von Synfuels in den 1000 Flugzeugen wird einmalig mit jeweils 2 Mio. € je Flugzeug geschätzt.

**Investitionsvolumen direkt zu Lasten der Wirtschaft: 2 Mrd. €**

# 6. CO2 - Vermeidung im Bereich Gebäude

## 6.1 Wohngebäude

- Es wird angenommen, dass sämtliche Wohngebäude mit einer Luftwärmepumpe zur Heizung ausgestattet werden.
- Wärmepumpen mit Nutzung von Grundwasser oder Erdwärme mit einer Wärmeausbeute von ca. 4 KWh je KWh Stromeinsatz dürften nur in sehr wenigen Fällen zur Anwendung kommen.
- Es werden 150 KWh pro qm Heizenergiebedarf p.a. im durchschnittlichen Gebäudebestand angenommen.
- Deutschland hat 83 Mio. Einwohner mit einer durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf von 47 qm, das sind insgesamt ca. 3.900 Mio. qm Wohnfläche x 150 KWh p.a. Energiebedarf, dies erfordert 585 Mrd. KWh Heizenergiebedarf p.a. .
- Eine Luft-Wärmepumpe erzeugt im Durchschnitt 2 KWh Heizenergie aus 1 KWh Stromverbrauch

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung:**

**293 TWh**

- Für die gesamte Wohnfläche im Land werden die bestehenden Heizungen ersetzt durch eine Luft - Wärmepumpe mit Fußbodenheizung, Investition jeweils mit 300 € je Quadratmeter Wohnfläche angenommen.

**Investitionsvolumen indirekt zu Lasten der Verbraucher:**

**1.170 Mrd. €**

# 6. CO2 - Vermeidung im Bereich Gebäude

## 6.2 Büro- und Verwaltungsgebäude

- Der Gebäudebestand umfasst 380 Mio. qm x 110 KWh pro qm Heiz-Energiebedarf, insgesamt also 42 Mrd. KWh p.a.
- Annahme: Reduzierung des Energiebedarfes über elektrische Wärmepumpe mit 2 KWh Heizenergie für 1 KWh eingesetzter elektrischer Energie wie bei Wohngebäuden

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung: 21 TWh**

- Für die gesamte Fläche im Land werden die bestehenden Heizungen ersetzt durch eine Luft - Wärmepumpe, dazu werden Investition jeweils mit 500 € je Quadratmeter Fläche angenommen.

**Investitionsvolumen indirekt zu Lasten der Verbraucher: 190 Mrd. €**

- Daten über weitere Gebäudekategorien, z.B. Einzelhandel, Läger und Verteilzentren, Freizeiteinrichtungen, Bildungseinrichtungen und Krankenhäuser konnten nicht ermittelt werden.
- Der Strom- und Investitionsbedarf für diese Gebäudekategorien bleibt daher unberücksichtigt.

# 6. CO2 - Vermeidung im Bereich Gebäude

## 6.3 Gebäude - weitere Maßnahmen

- Der CO2-Anfall in Gebäuden wird in erster Linie bestimmt durch benötigte Heizung im Winter, in zweiter Linie ggf. durch Klimatisierung im Sommer. Der Heizenergiebedarf und damit die CO2-Erzeugung hängt von der Wohnfläche der Gebäude und von deren Dämmung ab.
- Deutschland verfügt mit ca. 47 qm Wohnfläche pro Kopf der Bevölkerung im Vergleich mit anderen Ländern in Europa über einen sehr hohen, komfortablen Wert.
- Es gibt Hinweise, dass Reduzierungen der Flächen pro Kopf durchaus möglich sind und über einen geringeren Heizenergiebedarf zur CO2 - Einsparung direkt beitragen können.

	qm
USA	75
Deutschland	47
Großbritannien	33
Frankreich	33
Italien	31
China	30
Türkei	18
Nigeria (z.Vergl.)	6

# 6. CO<sub>2</sub> - Vermeidung im Bereich Gebäude

## 6.3 Gebäude - weitere Maßnahmen

- Die Architektur ist gefordert, sich der notwendigen CO<sub>2</sub>-Vermeidung bei Neubauten künftig besser anzupassen. Design und architektonische Gestaltung von Gebäuden müssen sich der Energieoptimierung unterordnen, auch hier gibt es noch ein großes Potenzial.
- Wärmedämmung der Außenflächen und Fenster / Türen ist eine weitere Möglichkeit, den Energiebedarf von Gebäuden und damit deren CO<sub>2</sub>-Erzeugung zu verringern, darüber hinaus der Ersatz von alten Heizungs- und Kühlaggregaten durch modernere Geräte.
- Nur die ca. 300.000 jährlich neu errichteten Wohneinheiten können bezüglich ihres Energiebedarfes und damit der CO<sub>2</sub> - Erzeugung mit modernster Technik optimiert werden.
- Angesichts von insgesamt ca. 43 Mio. Wohneinheiten im Bestand, bei denen technische Umbauten zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung wie Fußbodenheizungen mit Wärmepumpe und andere Maßnahmen nur schwer oder teilweise möglich sind, muss der Schwerpunkt von Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung auf den bestehenden Häusern liegen. Subventionen erzeugen hier bezüglich CO<sub>2</sub> - Reduzierung einen größeren Grenznutzen als bei Neubauten.

# 7. CO<sub>2</sub> - Vermeidung im Bereich Industrie

- Wesentliche CO<sub>2</sub>-Erzeuger im industriellen Segment sind Stahl- und Metallindustrie, Zementherstellung und Chemieproduktion
- In der Zementindustrie entstehen 2/3 des erzeugten CO<sub>2</sub> nicht aus dem Verbrauch an fossilen Energieträgern, sondern aus der bei der Umwandlung von Kalkstein in Zement ablaufenden chemischen Reaktion. Dieser Anteil ist durch energietechnische Maßnahmen nicht beeinflussbar, sondern nur durch eine Reduzierung der Verwendung von Beton oder durch „Einfangen“ des CO<sub>2</sub> im Abgas zur anschließenden unterirdischen Lagerung.
- Der aktuelle Energiebedarf der deutschen Industrie, heute erzeugt mit CO<sub>2</sub>-verursachenden Energieträgern, beträgt 660 TWh p.a.
- Es wird vereinfachend angenommen, dass dieser heute aus fossilen Quellen gedeckte Energiebedarf vollständig durch den Einsatz von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) ersetzt werden kann..
- Der Energiegehalt je Tonne H<sub>2</sub> als Heizwert beträgt 40.000 kWh, damit ergibt sich ein jährlicher H<sub>2</sub>-Bedarf in Höhe von 16,5 Mio. Tonnen zur Deckung des gesamten heutigen fossilen Energiebedarfes der Industrie.
- Eine Tonne H<sub>2</sub> enthält 11.890 Normkubikmeter Wasserstoff, für die Erzeugung eines Normkubikmeters H<sub>2</sub> benötigt die Wasserstoff - Elektrolyse 4,3 kWh, damit erfordert die Erzeugung einer Tonne Wasserstoff ca. 51.100 kWh.
- Aus dem Bedarf von 16,5 Mio. Tonnen und dem o.a. Strombedarf pro Tonne ergibt sich:

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung:**

**840 TWh**

# 7. CO2 - Vermeidung im Bereich Industrie

- Erforderlich ist der Umbau oder der Ersatz der bestehenden Produktionsanlagen auf den Einsatz von H2 anstelle von fossilen Brennstoffen:

**Investitionsvolumen direkt zu Lasten der Wirtschaft, grob geschätzt: 300 Mrd. €**

- Zusätzlich erfordert die Umstellung auf H2 Sonderabschreibung auf die jeweils bestehenden, langlebigen Altanlagen, die nicht mehr CO2-neutral umgerüstet werden können

**Sonderabschreibungen zu Lasten der Wirtschaft, grob geschätzt: 200 Mrd. €**

**Konkrete Daten über die notwendigen Investitionen in CO2 - kompatible Industrieanlagen und den Abschreibungsbedarf nicht mehr verwendbarer „Altanlagen“ konnten nicht ermittelt werden.**



# 8. CO2 - Vermeidung im Bereich Energieerzeugung

## 8.1 Direkter Stromverbrauch

- Die derzeitige Stromerzeugung in Deutschland p.a. beträgt ca. 550 TWh, sie wird bereits zu einem Anteil von ca. 50% mit erneuerbaren Erzeugungsmethoden erbracht, entsprechend ca. 275 TWh.
- Die Kraftwerke im nicht erneuerbaren Segment werden in den nächsten Jahren vollständig stillgelegt.
- Bevor auch nur daran gedacht wird, zusätzliche Ökostromkapazität für Wasserstoff und andere Ersatztechnologien zu bauen, um die CO2-Einsparungsziele zu erreichen, müssen daher mit erster Priorität insgesamt 275 TWh erneuerbare Erzeugung p.a. als Ersatz für künftig stillgelegten konventionellen Kraftwerke neu geschaffen werden, um den heutigen direkten Stromverbrauch zu sichern.
- **Die Abschaltungstermine der bestehenden Kraftwerke wurden offensichtlich bisher ohne Berücksichtigung des Kapazitätswachses an Ökostromerzeugung geplant.**
- Nur zum Vergleich: Für 2022 ist der Neubau von 1.500 Onshore-Windrädern geplant. Mit üblicher Baugröße für ein Windrad von 3,5 MW und 2.200 Stunden Laufzeit bei Wind erzeugen diese künftig nur insgesamt ca. 12 TWh pro Jahr - also nur einen sehr geringen Teil der festgelegten Stilllegungskapazität. Ein einziges Kohlekraftwerk von 1.000 MW erzeugt 8 TWh p.a.

**Zusätzlicher Bedarf an jährlicher Ökostromerzeugung:**

**275 TWh**

# 8. CO<sub>2</sub> - Vermeidung im Bereich Energieerzeugung:

## 8.2 Fernwärmeerzeugung

- Ein Teil der künftig stillzulegenden konventionellen Kraftwerke nutzt sinnvollerweise die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme und liefert sie zur Klimatisierung / Heizung oder als Prozesswärme an Industrie und Wohnbauten.
- Bis zur festgelegten Stilllegung dieser Kraftwerke muss eine alternative Versorgung für die Verbraucher der Fernwärme gesichert werden.
- Momentan werden 10% der Wohnungen in Deutschland - ca. 4 Mio. - mit Fernwärme aus konventionellen Kraftwerken beheizt, diese Wohnungen müssten z.B. klimafreundlich auf Wärmepumpenheizung umgestellt werden mit entsprechender Steigerung des Ökostrombedarfes.
- Bei insgesamt 390 Mio. qm Wohnfläche aller mit Fernwärme versorgten Wohnungen und 150 KWh Heizenergiebedarf je qm (vergl. oben 2.1) erfordert der Ersatz der heutigen Fernwärmeheizungskapazität stillgelegter Kraftwerke ca. 60 TWh Wärmeenergie.
- Es wird angenommen, dass die Fernwärmeversorgung von Wohnungen durch Umstellung auf Wärmepumpen ersetzt wird.
- Der Bedarf an Stromerzeugung und Investitionen für die Umstellung der Fernwärmehaushalte ist unter 7.1 im Wert für alle Wohneinheiten enthalten.

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.1 Strombedarf und Investitionen auf Seite der Verbraucher

- Die vorstehend erläuterten Annahmen für notwendige Stromerzeugungskapazität und Investitionen zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung ergeben folgendes Gesamtbild:

Bereich CO <sub>2</sub> -Entstehung	Art der CO <sub>2</sub> -freien Energieversorgung	Zusätzlicher Öko-Strombedarf in TWh p.a.	Investitionen gesamt Mrd. €
Verkehr PKW	Ladestrom	150	950
Verkehr LKW	Strom zur Synfuelproduktion	650	36
Verkehr Busse	Strom zur Synfuelproduktion	45	1
Verkehr Schiffe	Strom zur Synfuelproduktion	24	1
Verkehr Flugzeuge	Strom zur Synfuelproduktion	120	2
Gebäude Wohnen	Strom für Wärmepumpe	293	1.170
Gebäude Büro	Strom für Wärmepumpe	21	190
Industrie	Strom für H <sub>2</sub>	840	500
Energieerzeugung	Strom direkte Versorgung	275	
<b>GESAMT:</b>		<b>2.418</b>	<b>2.850</b>

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.1 Strombedarf und Investitionen Verbraucher

- In Summe ergibt sich für eine CO<sub>2</sub>-Reduzierung in den Bereichen Verkehr, Gebäude, Industrie und Energie ein Stromerzeugungsbedarf aus erneuerbaren Technologien von ca. 2.400 TWh.
- Zusätzlich benötigt wird eine ausreichende Kapazität an Stromerzeugungskapazität dafür, in Phasen hoher Produktion die notwendigen Speicher zu füllen. Da bisher keine geeignete Speichertechnologie existiert, kann diese Zusatzkapazität nicht ermittelt werden wird nicht weiter betrachtet unter der Annahme, dass Reservekraftwerke zum Einsatz kommen müssen.
- Die heute vorhandenen erneuerbaren Kapazitäten in Höhe von 300 TWh p.a. müssen somit bis 2045 um ca. 2.200 TWh p.a. ausgebaut werden, das sind rechnerisch ca. 95 TWh p.a. Neubaukapazität pro Jahr, dies entspricht dem Neubau von ca. jährlich 12.000 Windrädern an Land oder entsprechender Kapazität an Offshore-Windanlagen oder Solarkraftwerken.
- Verbraucher aus Industrie, Verkehr und Privathaushalten müssen zur künftigen Nutzung CO<sub>2</sub>-freier Technologien bis 2045 Investitionen in Höhe von ca. 2.850 Mrd. € aufbringen, rechnerisch sind dies jährlich ca. 125 Mrd. €.

**Hohe Investitionen für die notwendigen Anlagen zur Stromspeicherung, Stromerzeugung, H<sub>2</sub>-Produktion und Synfuellerzeugung sind zusätzlich auf der Erzeugungsseite erforderlich, wie im folgenden Abschnitt dargestellt.**

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.2 Investition in Stromnetze

- Fast alle aufgezeigten technologischen Alternativen zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung sind darauf angewiesen, dass die benötigten, großen Strommengen erzeugt werden und so zur Verfügung stehen, dass die jeweiligen Verbrauchs-Bereiche weiterhin funktionieren.
- Neben der Herausforderung, die riesigen Strommengen künftig ökologisch zu erzeugen, muss auch schnell und umfassend der notwendige Netzausbau umgesetzt werden. Nur für Hochspannungsnetze sind bis 2035 ca. 40 Mrd. € geplant, bis 2045 dürften geschätzt weitere 40 Mrd. € dazukommen.
- Die unsere Hochspannungsnetze haben heute schon große Lücken, die zu schließen sind, um u.a. den Windstrom aus dem Norden zu den industriellen Verbrauchern im Süden zu bringen oder unterschiedliche Windgeschwindigkeiten weiträumig zwischen Landesteilen auszugleichen. Die Genehmigung für eine einzige Nord - Süd - Leitung dauert z.B. schon 10 Jahre.
- Umfassende Erweiterungen der Mittel- und Niederspannungsnetze sind ebenfalls zu erwarten, allein schon, um die jährlichen 150 TWh Ladestrom (s.o.) zu den vielen neuen Ladestationen an fast jeder Innenstadtstraße zu bringen. Hierfür wird ein Betrag von 150 Mrd. € bis 2045 geschätzt.
- Es ist davon auszugehen, dass alle notwendigen Investitionen in die Stromnetze als Abschreibung über die Strompreise an die Verbraucher und vor allem an die Wirtschaft über den Strompreis weitergegeben werden müssen.

**Investitionsvolumen direkt zu Lasten der Wirtschaft**

**230 Mrd. €**

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.3 Investition in Speicherung

- Ungelöst ist nach den bisherigen Planungen die Frage, wie die wetterabhängige und damit völlig unzuverlässige erneuerbare Stromerzeugung aus Wind und Solarenergie ergänzt werden kann - durch Speicherung oder konventionelle Ersatzkraftwerke
- Nimmt man den künftigen jährlichen Bedarf an erneuerbarer Stromerzeugung von ca. 2.500 TWh als Basis, so muss bei einem angenommenen 2-wöchiger Ausfall der erneuerbare Stromerzeugung (z.B. bei Windstille und Wolken im Winter) ein Ausfall an erneuerbarer Erzeugung in Höhe von bis zu ca. 100 TWh überbrückt werden.
- Um Strom in diesen benötigten Mengen für die Zeiten zumindest teilweise zu speichern gibt es prinzipiell die folgenden, einsetzbaren Verfahren:
- Pumpwasserspeicherung, bei der in Zeiten hoher Stromverfügbarkeit Wasser aus einem Speichersee in einen Behälter auf höherem Geländeniveau gepumpt wird. Bei Bedarf wird dieses Wasser durch die jetzt als Turbinen agierenden Pumpen zurückgeführt und erzeugt dabei Strom.
- Die Speicherkapazität für Strom in Pumpwasserkraftwerken erreicht bei weitem nicht die benötigte Kapazität, z.B. wurde von allen bestehenden Anlagen in Deutschland 2015 nur 5,9 TWh erzeugt. Der geplante Ausbau ist begrenzt durch fehlende geologisch geeignete Standorte.
- Speicherung als Wasserstoff: Verfügbarer Strom betreibt zusätzlich zum normalen Bedarf installierte H<sub>2</sub>-Elektrolyseanlagen, die Wasserstoff erzeugen, der komprimiert in Tanks gelagert wird, aus denen er bei Strommangel wieder entnommen werden kann z.B. zum Betrieb einer Gasturbine, die wieder Strom erzeugt.

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.3 Investition in Speicherung

- Beide Verfahren vernichten einen Teil des ursprünglich eingesetzten Stroms durch die Wirkungsgrade bei der Energieumwandlung. Die Wasserspeicherung hat unter diesem Aspekt allerdings Vorteile gegenüber der H<sub>2</sub>-Speicherung.
- Alle anderen Verfahren sind für die benötigten Speicherkapazitäten nicht geeignet, auch Batterien erzielen nur Bruchteile der notwendigen Strommengen, hinzu kommen die bei verschiedenen Speichertechnologien vorgegebenen maximalen Entladezeiten als Grenze ihrer Einsatzfähigkeit.
- Alternativ dazu, Zeiten ohne Wind und Sonne mit gespeicherter Energie zu überbrücken, wird gelegentlich vorgeschlagen, den fehlenden Strom bei einzelnen Verbrauchern einzusparen, indem man diese durch die Netzwerksteuerung von der Versorgung trennt.
- Auch wenn Kleinverbraucher wie Privathaushalte dies als lästig hinnehmen sollten-für die Industrie, den Verkehr und die künftige Beheizung über Wärmepumpen dürfte diese Methode völlig inakzeptabel sein.
- Vorschläge dahingehend, künftig die Batterien von an Ladestationen angeschlossenen PKW kurzfristig als Speicher für das Gesamtnetz zu verwenden, dürften an der Akzeptanz der Verbraucher scheitern. Wer will schon morgens vor der Fahrt zur Arbeit feststellen müssen, dass der Netzbetreiber nachts die Batterie des E-Autos entladen musste ?
- **Die Speicherung oder Erzeugung von Energie für die Überbrückung der natürlichen Unterbrechungen der Ökostromversorgung ist die wesentliche Problematik für das Gelingen der „Energiewende“**

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.4 Investition in Stromerzeugung

- Es ist anzunehmen, dass der benötigte Zubau an erneuerbarer Kapazität bis 2045 fast vollständig sowohl aus Windenergie Onshore und Offshore als auch aus Photovoltaik dargestellt wird.
- Um den gesamten zusätzlichen Stromerzeugungsbedarf von 2.200 TWh p.a. sicherzustellen, werden rechnerisch ungefähr folgende Investitionen benötigt:

- **Wind Onshore:**

- 3,5 MW Leistung je Anlage mit 2200 Stunden Laufzeit p.a. = 7.700 MWh p.a.
- Anzahl der Anlagen: ca. **290.000**, Investition pro Stück jeweils: 6 Mio. €

**gesamt: ca. 1.750 Mrd. €**

- **Wind Offshore:**

- 400 MW Leistung je Park mit 4.500 Stunden Laufzeit p.a. = 1.800.000 MWh p.a.
- Anzahl der Parks: ca. **1.200**, Investition pro Stück jeweils: 1,8 Mrd. €

**gesamt: ca. 2.160 Mrd. €**

- **Photovoltaik:**

- 100 MW Leistung für Park 600.000 qm mit 1200 Stunden Laufzeit p.a. = 120.000 MWh p.a.
- Anzahl der Parks: ca. **18.000**, Investition jeweils: 200 Mio. €

**gesamt: ca. 3.600 Mrd. €**



# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.4 Investition in Stromerzeugung

- Eine Gesamtrealisierung der zusätzlich erforderlichen Stromerzeugung durch Photovoltaik auf Bodenflächen ergibt einen Kollektorflächenbedarf von ca. 11.000 Quadratkilometern, mit Nebenflächen sind dies ca. 15.000 Quadratkilometer, das sind ca. 70% des Landes Hessen.
- Es ist anzunehmen, dass der nötige Flächenbedarf für Photovoltaik auf Freiflächen in Deutschland nicht mehr realisiert werden kann.
- Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung in das öffentliche Netz sollten daher bevorzugt auf vorhandenen Dachflächen realisiert werden.
- Wirtschaftlich günstigste und technisch leicht zu realisierende Erzeugungsart dürfte Onshore Wind sein.
- Offshore Wind erbringt die höchste spezifische Erzeugung, verbunden mit höheren Investitionen.
- Es wird zu Berechnung der erforderlichen Gesamtinvestitionen von folgendem Mix zur Erzeugung der Zusatzkapazität von 2.200 TWh ausgegangen:

- |                         |              |
|-------------------------|--------------|
| • 50% Onshore Wind ca.  | 900 Mrd. €   |
| • 30% Photovoltaik ca.  | 1.100 Mrd. € |
| • 20% Offshore Wind ca. | 430 Mio. €   |

**gesamt: ca. 2.430 Mrd. €**

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.5 Investition in Wasserstoffherzeugung

- Neben den oben dargestellten Investitionen in Stromerzeugungsanlagen werden noch die notwendigen Anlagen zur Wasserstoffherzeugung in den folgenden Bereichen benötigt:
  - 16,5 Mio. Tonnen H<sub>2</sub> p.a. für die Umstellung des fossilen Energiebedarfes der Industrie
  - Eine übliche Elektrolyseanlage hat ca. 400 MW Leistungsaufnahme, bei 8000 Betriebsstunden p.a. verbraucht die Anlage somit ca. 3,2 Mio. MWh im Jahr.
  - Für die Produktion einer Tonne H<sub>2</sub> werden ca. 51 MWh Strom benötigt (s.o. unter 8.)
  - Mit diesen Parametern ergibt sich eine jährliche Produktionskapazität in Höhe von ca. 64.000 Tonnen H<sub>2</sub> für eine derartige Elektrolyseanlage üblicher Größe.
- Die benötigte Jahresmenge an H<sub>2</sub> in Höhe von 16,5 Mio. Tonnen erfordert somit den Bau von ca. 260 Elektrolyseanlagen mit einer jeweiligen Investitionssumme von 300 Mio. - insgesamt also:

**eine Investition in Höhe von: ca. 78 Mrd. €**

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.6 Investition in Synfuellerzeugung

- Die aufzubauende Anlagenkapazität zur Produktion von Synfuels muss die folgende Bedarfe abdecken:
  - 65 Mrd. Liter für LKW und Nutzfahrzeuge
  - 12 Mrd. Liter für Flugzeuge
  - 9 Mrd. Liter für Schiffe und Busse

**insgesamt: ca. 85 Mrd. Liter p.a.**

- Die aufzubauende Anlagenkapazität zur Produktion von Synfuels muss die folgende Bedarfe abdecken:
  - Erzeugung von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) in der oben beschriebenen Weise aus Strom und Wasser
  - Umwandlung von H<sub>2</sub> und verfügbarem CO<sub>2</sub> aus Industrieprozessen (z.B. Zementindustrie), das aus deren Abgasen gewonnen werden muss, in Methangas.
  - Umwandlung des Methangases in flüssige Kraftstoffe, z.B. Benzin, Kerosin oder Diesel
- Die in den genannten Produktionsschritten benötigte chemische Prozesstechnik gibt es bereits, wenn auch noch nicht in der benötigten Größenordnung.

# 9. Strombedarf und Investitionen

## 9.6 Investition in Synfuellerzeugung

- Die benötigte Anlagen- und Prozesstechnik für die 3 Umwandlungsstufen ist bereits prinzipiell vorhanden, Erfahrungswerte für benötigte Investitionen in derartige Anlagen im industriellen Maßstab für die Produktion synthetischer Kraftstoffe lassen sich nur retrograd wie folgt abschätzen.
- Bei einem Energiegehalt pro Liter Synfuel von 10 KWh, einer Anlagenlaufzeit von 8500 Stunden p.a. ist zur Erzeugung der benötigten 85 Mrd. Liter Synfuel eine Anlagenleistung von 100 Mio. KW gemessen am Energiegehalt des jeweiligen Produktes erforderlich.
- In einer Studie von Frontier Economics wird der Investitionsbetrag pro KW Anlagenleistung mit ca. 700 € je Produktionsstufe angegeben.
- Damit beträgt die Investitionssumme in Anlagen zur Synfuelproduktion  $3 \times 700 = 2100 \text{ €} \times 100 \text{ Mio. KW}$

**Investition insgesamt: 210 Mrd. €**

# 9. Strombedarf und Investitionen

**Gesamtüberblick der notwendigen Investitionen auf der Erzeugungsseite:**

Anlagen zur CO2-Vermeidung	Annahme	Investitionen gesamt Mrd. €
Aufbau Speicherung	offen, keine geeignete Technologie vorhanden	offen
Ausbau Stromnetze	Netzausbauplan HV plus Schätzung	230
Anlagenbau Strom-Erzeugung	Mix Onshore, Offshore und Photovoltaik	2.430
Anlagenbau H2-Elektrolyse	H2-Bedarf gesamt, Daten heutiger Anlage	78
Anlagenbau Synfuelproduktion	Synfuelbedarf gesamt, Daten Musteranlage	210
<b>GESAMT:</b>		<b>2.948</b>

- Insgesamt belaufen sich die Investitionen für eine CO2 - Eliminierung auf ca. 2.850 Mrd. € auf der Verbraucherseite plus ca. 2.950 Mrd. € auf der Erzeugerseite, also insgesamt auf ca. 5.800 Mrd. €, entsprechend durchschnittlich ca. 250 Mrd. € pro Jahr bis zum „Zieljahr“ 2045.

# 11. Schlussfolgerungen

- Die zum CO<sub>2</sub>-Ausstieg erforderliche Schaffung von Kapazität zur erneuerbaren Stromerzeugung sowie die Umsetzung der benötigten Investitionen in Anlagen und Infrastruktur muss ergänzt werden durch massive Maßnahmen zur Reduzierung des Stromverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Erzeugung in der Bevölkerung.
- Die Erreichung des Zieles einer vollständigen CO<sub>2</sub>-Vermeidung bis 2045 in Deutschland ist allerdings bereits jetzt als unwahrscheinlich anzusehen.
- Der mögliche Ausbau CO<sub>2</sub>-freier, erneuerbarer Energieerzeugung wird bei weitem nicht ausreichen, es muss zusätzlich ein starker Ausbau der Kernenergie oder künftiger neuer Verfahren erfolgen, die die kontinuierliche Energieversorgung sicherstellen können.
- Der heute hilfreiche Bezug von Strom bei Bedarf aus dem Ausland ist begrenzt und wird zunehmend unsicher, da andere Länder ihr Ziele zur CO<sub>2</sub>-Senkung auch nur durch höheren Stromeinsatz im eigenen Land sicherstellen können.
- Da vor allem eine technische Lösung für die wetterbedingten Unterbrechungen der erneuerbaren Stromversorgung durch Speicherung mit ausreichender Kapazität nicht in Aussicht ist, sollten vorhandene konventionelle Kraftwerke weiter betrieben und langfristig für einen fallweisen „Ersatzbetrieb“ zur Ergänzung der „Erneuerbaren“ vorgehalten werden.
- Genehmigungsverfahren für Energieanlagen, die heute oft noch auf „Luxusinteressen“ Rücksicht nehmen, müssen um den Faktor 10 beschleunigt werden.

# Zusammenfassung

- Politisch ist das Ziel gesetzt, bis 2045 die aktuell ca. 850 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> - Emission pro Jahr in Deutschland vollständig zu vermeiden.
- Hierzu ist es erforderlich, die heute in den Bereichen Verkehr, Gebäude, Industrie und Stromerzeugung verwendeten fossilen Kraft- und Brennstoffe durch CO<sub>2</sub> - frei erzeugte Energie zu ersetzen
- Für den Ersatz fossiler Brennstoffe gibt es bereits erprobte Technologien, die allerdings fast vollständig darauf beruhen, dass zunächst erneuerbarer Strom in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt wird.
- Vom heutigen Stromverbrauch in Höhe von ca. 550 Terrawattstunden (TWh) stammen bereits ca. 50% aus erneuerbaren Quellen und 50% aus konventionellen Kraftwerken, diese werden künftig sukzessive stillgelegt.
- Für die heutige CO<sub>2</sub> - Erzeugung der vier oben genannten Bereiche wurden in dieser Studie jeweils CO<sub>2</sub> - freie Alternativszenarien definiert, daraus errechnet sich für 2045 ein Bedarf an jährlichem Ökostrom von ca. 2.400 TWh, also die zehnfache Menge der heutigen Erzeugung.
- Die Zahl der Windenergieanlagen an Land müsste damit rechnerisch künftig von 30.000 auf ca. 300.000 erhöht werden, um den für eine CO<sub>2</sub> - freie Energieversorgung notwendigen erneuerbaren Strom erzeugen zu können.
- Die bis 2045 zur CO<sub>2</sub> - Vermeidung zu erbringenden Gesamtinvestitionen in ökologische Energieerzeugung, Umwandlung, Speicherung und Übertragung belaufen sich auf insgesamt ca. 5.800 Mrd. €, also ca. 250 Mrd. € p.a. ab 2023.
- Weder Politik noch Bevölkerung sind sich auch nur ansatzweise darüber bewusst, welche Dimension an Maßnahmen, Investitionen und Kosten mit der politisch fest geplanten „Klimawende“ verbunden sind.
- Durch die hohen, in künftigen Energiepreisen zu amortisierenden Investitionen und die Totalabschreibungen auf vorhandene und nicht mehr verwendbare Technik mit fossiler Basis in der Industrie wird die Volkswirtschaft bis 2045 und darüber hinaus sehr stark belastet. Ein starker Rückgang des individuellen Wohlstandes in Deutschland wird unvermeidbar sein.
- **Ziel dieser Studie ist es, notwendige Daten und Informationen zu vermitteln, längst überfällige Aktionen anzuregen und zu verdeutlichen, dass wir als Bürger Deutschlands für die „Klimawende“ noch einen hohen Beitrag erbringen müssen.**