

# Weltuntergang mit Ablaufdatum

geschrieben von Admin | 12. April 2023

Laut dem Weltklimarat bleiben nur noch wenige Jahre, um wirksamen Klimaschutz einzuleiten. Doch schon 2007 hat der IPCC ein entsprechendes Ultimatum gestellt – das bereits 2015 abgelaufen ist, ohne dass schlimme Konsequenzen eingetroffen sind. Alex Reichmuth ging im Nebelspalter den zahlreichen ökologischen Weltuntergangs-Ankündigungen mit Ablaufdatum nach.

## ***Weltuntergang mit Ablaufdatum***

*Es sei zwar spät, aber noch sei nichts verloren. Mit dieser Warnung trat vor kurzem der Weltklimarat (IPCC) an die Öffentlichkeit. Anlässlich der Publikation des sechsten Syntheseberichts teilte der IPCC mit, bis 2030 müsse der Ausstoss an Treibhausgasen halbiert werden, damit eine gefährliche Erderwärmung über 1,5 Grad noch verhindert werden könne (siehe hier).*

*Viele Medien verbreiteten das Ultimatum pflichtbewusst weiter. «Noch ist es nicht zu spät – aber die Zeit drängt», schrieben die Zeitungen von CH-Media (siehe hier). «Die Erde wird beim Klimawandel in der nächsten Dekade wohl eine kritische Schwelle überschreiten, wenn nicht eine drastische Wende eingeleitet wird», warnte die «New York Times» (siehe hier).*

Mehr dazu im Nebelspalter.

---

# Theoretische Berechnung der Effizienz von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von der installierten Leistung

geschrieben von Admin | 12. April 2023

**von Dr. Francesco Cester**

Ein Aspekt, der m. A. n. in den Artikeln über die sog. erneuerbaren

Energien zu selten berücksichtigt wird ist die Tatsache, dass sich mit zunehmender Installation der Erntefaktor von Wind- und PV-Anlagen drastisch verschlechtert.

Würde sich die installierte Leistung der Windkraft in Deutschland von den aktuellen ca. 60 auf 120 GW verdoppeln, bestünde viel häufiger die Notwendigkeit der Abregelung eines großen Teils der erzeugten elektrischen Leistung als momentan der Fall ist. Das würde sich auf die durchschnittliche Jahresleistung der Anlagen auswirken, die deutlich unter der jetzigen, ungefähren 25 % der installierten Leistung, liegen würde.

Ein weiterer Aspekt ist die Tatsache, dass bei einer Lebensdauer von 20 Jahren, jedes Jahr ca. 5% des gesamten Windanlagenbestands durch neue Windturbinen ersetzt werden muss. Das bedeutet, dass pro Tag im Durchschnitt Tag etwa 2 neue 5-MW-Windkraftanlagen erstellt und installiert, und ca. 4 alten deinstalliert und gesamt Fundament beseitigt werden müssten, um die aktuelle Windkraftleistung zu behalten. Ich will nicht von Geldkosten reden. Was kostet aber eine solche Aktion allein an Energie?

Aber kommen wir zum ersten Aspekt zurück:

Wie lange bleibt der Erntefaktor bei zunehmender installierter Leistung noch günstig?

Die Antwort auf diese Frage lässt sich durch eine theoretische Berechnung der Windkrafteffizienz in Abhängigkeit von der Installation der Windturbinen geben.

Bei dieser Berechnung gehe ich von einer idealen Sachlage aus:

1. Ich nehme an, dass nur Windgeschwindigkeiten auftreten, die die Windkraftanlagen zwischen 0 und ihrer installierten Leistung (100%) antreiben können.
2. Ich gehe von einer gleichmäßigen Verteilung der Windgeschwindigkeiten aus. Ich nehme also an, dass für ein bestimmtes, genug langes Zeitintervall jede Windstärke zwischen 0 und 100% mit der gleichen Wahrscheinlichkeit auftreten kann.
3. Ich setze voraus, dass Stromspeicher nicht vorhanden seien und dass somit, überschüssige Leistungen, die den nationalen Strombedarf übersteigen, abgeregelt werden müssen.
4. Der Einfachheit halber wird in der Berechnung ein über die Zeit konstanter nationaler Strombedarf verwendet, der dem mittleren Stromleistungsbedarf entspricht (für Deutschland ca. 60 GW).
5. In der Berechnung wird die Proportionalität der Leistung der Windturbinen zur dritten Potenz der Windgeschwindigkeit berücksichtigt.

Unter diesen Bedingungen konnte ich für die Berechnung des Windkraftanteils an der Stromproduktion folgende Relation herleiten (für

die Herleitung verweise ich auf das Ende des Artikels):

$$\text{WKAnteil} = 1 - 0.75Q^{-1/3}$$

wobei Q der Quotient aus der installierten Windkraftleistung und dem mittleren Stromleistungsbedarf darstellt.

Es ist zu berücksichtigen, dass die erwähnte Relation nur für Werte von  $Q \geq 1$  gültig ist. Das bedeutet, dass die Formel für die Berechnung des Wirkungsgrades der Windkraft nur dann verwendet werden kann, wenn die gesamte installierte Windkraftleistung gleich oder größer als der mittlere Stromleistungsbedarf ist. Die Formel kann also für Deutschland verwendet werden, da zurzeit (April 2023) die installierte Windkraftleistung ca. dem mittleren Stromleistungsbedarf des Landes entspricht.

Für die Berechnung des aktuellen Wirkungsgrades der Windturbinen in Deutschland können wir dann in der Formel  $Q = 1$  setzen und so erhalten wir einen Wert des Windkraft-Anteils an der Stromerzeugung gleich 0.25.

Für andere Werte des Faktors Q (zukünftige Vision) werden hier unten die entsprechenden mittleren Beträge der Stromerzeugung und des Wirkungsgrades der Windkraft in Deutschland bei gleichbleibendem Stromleistungsbedarf (60 GW) wiedergegeben.

Installierte Leistung Q-Faktor WK-Anteil an der Stromerzeugung Wirkungsgrad

Installierte Leistung	Q-Faktor	WK-Anteil an der Stromerzeugung		Wirkungsgrad
60 GW	1	25%	(15 GW)	25%
120 GW	2	40%	(24 GW)	20%
180 GW	3	48%	(29 GW)	16%
240 GW	4	53%	(32 GW)	13%
300 GW	5	56%	(34 GW)	11%
600 GW	10	65%	(39 GW)	6.5%

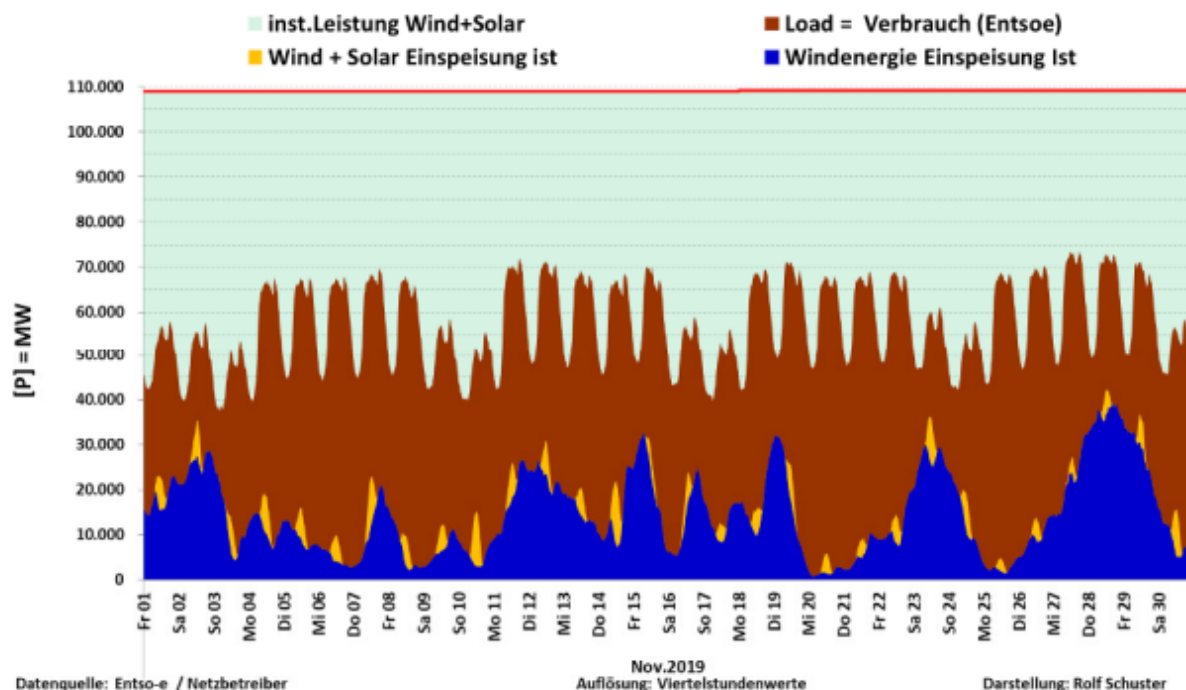
Im Endergebnis zeigt es sich:

1. Um eine Verdoppelung des aktuellen Stromerzeugungsanteils der Windkraft zu erzielen, wäre mindestens eine Verdreifachung der installierten Leistung der Windturbinen von 60 auf 180 GW notwendig, und nicht die einfache Verdoppelung sowie es sich viele „Experten“ vorstellen.
2. Ein Stromerzeugungsanteil aus Windkraft über 50% wäre impraktikabel.
3. Wegen der erforderlichen Zunahme der Abregelungen bei steigender

Installation reduziert sich die Effizienz der Windkraftparks drastisch.

Ein Vergleich mit echten Daten zeigt die Zuverlässigkeit dieser rein theoretisch erzielten Ergebnisse.

Folgende Abbildung zeigt den nationalen Stromverbrauch (in braun) und die Wind- und Solarstromerzeugung in November 2019. Die blau gefärbte Fläche entspricht dem Stromerzeugungsanteil der Windenergie. Eine vierfach größere Installation der Windkraftleistung würde mit einer Dehnung der blauen Fläche um den Faktor 4 nach oben einhergehen. Die Kontur dieser Fläche würde zeigen, dass trotz dieser großen Installation im Bereich zwischen dem 4. und dem 11., sowie um dem 20. und dem 26. November, nur ein kleiner Anteil des Strombedarfs durch die Windkraft gedeckt wäre. In den restlichen Zeitintervallen, andererseits, würden große Bereiche der blauen Fläche oberhalb des Stromverbrauchs gelangen, so dass starke Drosselungen der Windkraftleistung erforderlich wären. Unter diesen Bedingungen, trotz vierfacher Installation, wäre der Anteil an der Stromproduktion durch die Windenergie nicht viel größer als 50%. Eine weitere Erhöhung der Installation würde noch mehr Abregelungen erfordern und somit den Wirkungsgrad der Windkraft weiter verschlechtern.



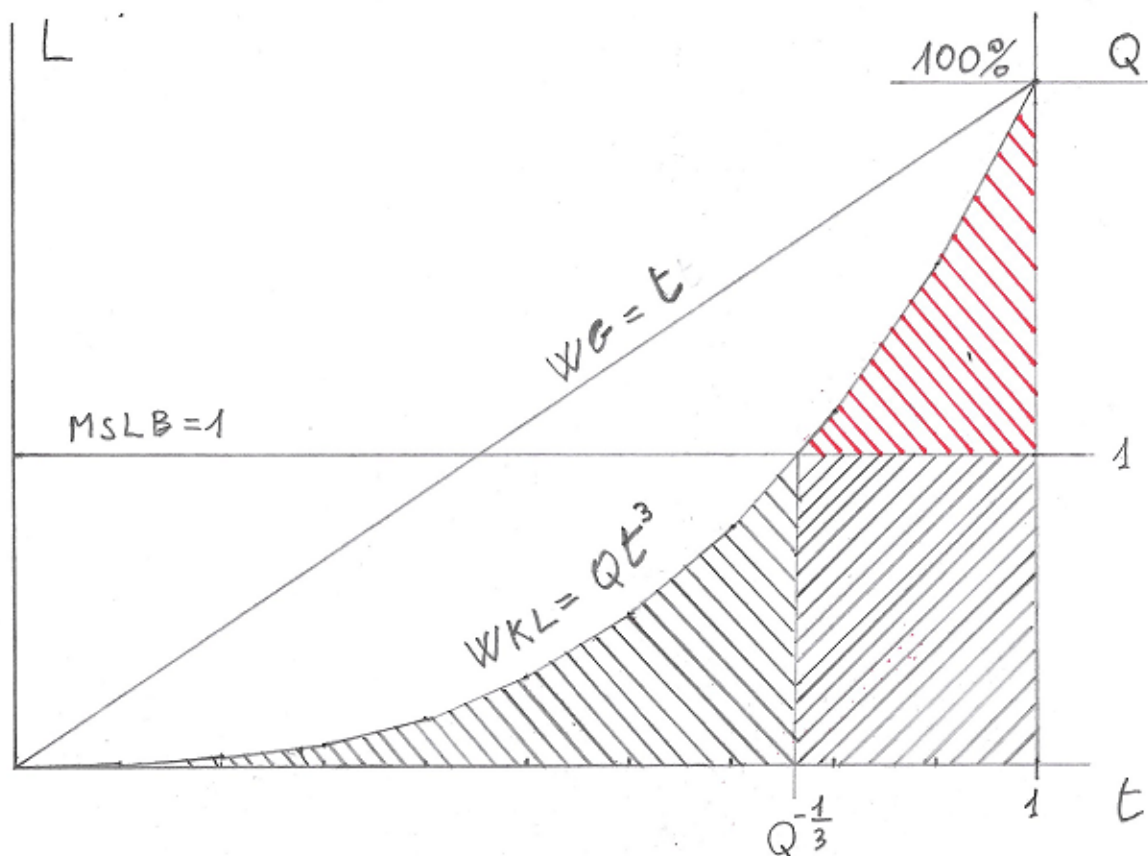
Man könnte einwenden, dass mit dem Vorhandensein von Stromspeichern Abregelungen der Windkraft nicht notwendig seien. Dabei weisen die meisten Windkraftbefürworter auf die Power-to-Gas-Technologie hin. Dass diese Rechnung nicht aufgehen kann, zeigt folgende Überlegung.

Stellen wir uns für Deutschland einen durchschnittlichen Strombedarf von 60 GW bei einer installierten Windkraftleistung von 180 GW vor.

Unter diesen Bedingungen lässt sich, bei optimaler Windstärke über das ganze Land, eine bis zu 80%-ige Stromproduktion von ca. 140 GW erreichen. 60 GW davon könnten theoretisch direkt ins Stromnetz eingespeist werden. Die restlichen 80 GW müssten aber gespeichert werden. Nun frage ich mich, wie die Dimensionierung der notwendigen Elektrolyse-Anlagen aussehen soll, die diese Leistung aufnehmen können? Können Sie sich eine Installation an Elektrolyseuren vorstellen, die mehr Leistung aufnehmen kann als das ganze Land?

**Herleitung der Relation zur Berechnung des Windkraftanteils an der Stromproduktion in Abhängigkeit von der installierten Leistung.**

Zur Herleitung der Relation für die Berechnung des Windkraftanteils an der Stromproduktion dient folgende Graphik, in der Leistung (L) in Abhängigkeit von Zeit (t) dargestellt wird.



Die mit „MSLB“ gekennzeichnete horizontale Gerade stellt den mittleren Stromleistungsbedarf dar (auf den Wert 1 normiert).

Die Dauer des Gedankenexperiments wird auf 1 gesetzt (normiert).

Für die Windgeschwindigkeit wird angenommen, dass alle möglichen Werte zwischen Windstillstand und optimaler Windstärke (100% Leistungserzeugung) mit der gleichen Wahrscheinlichkeit auftreten können.

Gemäß den oben beschriebenen Bedingungen beschreibt die Ursprungsgerade „WG“ mit Steigung 1 eine mögliche Windgeschwindigkeitsverteilung. Dabei wird der Fall betrachtet, bei dem die Windgeschwindigkeit im betrachteten Zeitintervall gleichmäßig von 0 bis 100% steigt.

Es ist zu berücksichtigen, dass, trotz ihrer Einfachheit, diese durch die Gerade „WG“ dargestellte Verteilung echte Windgeschwindigkeitsverteilungen sehr gut simuliert. Denn der Windkraftanteil an der Stromproduktion ist von der Reihenfolge, mit der die Windgeschwindigkeiten vorkommen, unabhängig. Also bei einer beliebigen echten Verteilung lassen sich die niedrigsten Windgeschwindigkeiten am Anfang und die höchsten am Ende der Zeitachse einordnen, ohne Beeinträchtigung der Berechnung.

Zu dieser Windgeschwindigkeitsverteilung beschreibt die Funktion WKL die Windkraftleistung zur Stromerzeugung (Proportionalität zur dritten Potenz der Windgeschwindigkeit). Der maximale Wert Q der Funktion entspricht dem Quotient aus der installierten Windkraftleistung und dem mittleren Stromleistungsbedarf.

Unter diesen idealen Bedingungen:

Die schwarzschrattierte Fläche unterhalb der Gerade MSLB stellt die Energie dar, die direkt in das Stromnetz eingespeist werden kann.

Die rotschrattierte Fläche oberhalb der Gerade MSLB stellt die Energie dar, die abgeregelt werden muss.

Da der Stromenergiebedarf (rechteckige Fläche zwischen  $t=0$  und 1 unterhalb von MSLB) auf 1 normiert ist, stellt der Inhalt der schwarzschrattierten Fläche den Anteil an der Stromerzeugung (WKAnteil) durch die Windkraft dar, den wir als Summe zweier Flächeninhalte folgendermaßen berechnen können:

$$\text{WKAnteil} = \int_0^{Q^{-\frac{1}{3}}} Qt^3 dt + 1 \left(1 - Q^{-\frac{1}{3}}\right) \rightarrow$$

$$\text{WKAnteil} = Q \left[ \frac{1}{4} t^4 \right]_0^{Q^{-\frac{1}{3}}} + 1 - Q^{-\frac{1}{3}} \rightarrow$$

$$\text{WKAnteil} = \frac{1}{4} Q^{-\frac{1}{3}} + 1 - Q^{-\frac{1}{3}} \rightarrow$$

$$\text{WKAnteil} = 1 - 0.75Q^{-\frac{1}{3}}$$

Eine besondere Bedeutung kommt dem Wert  $Q^{-1/3}$  der Abszisse des Schnittpunktes der MSLB und WKL Funktionen zu. Er stellt in Prozent den Grenzwert der Windgeschwindigkeit dar, oberhalb dessen die

Windkraftleistung gedrosselt werden muss.

Beispiel: Bei einem mittleren Stromleistungsbedarf von 60 GW und einer Windkraftinstallation von 180 GW (Q-Faktor = 3), wäre der Grenzwert  $Q^{-1/3} = 0.70$ . Das bedeutet, dass schon ab 70% der optimalen Windgeschwindigkeit Windkraftleistung abgeregelt werden müsste.

Über den Autor:

Dr. Ing. Francesco Cester

Ausbildung: Doktor in nuklearem Ingenieurwesen bei der Universität Sapienza in Rom

**Berufserfahrung: Wissenschaftlicher Softwareingenieur bei der Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS)**

E-Mail: [f.cester-physik@gmx.de](mailto:f.cester-physik@gmx.de)

Website: <https://newton-relativity.com/>

---

## Frohe Ostern!

geschrieben von Admin | 12. April 2023

**EIKE wünscht allen Leserinnen und Lesern ein frohes Osterfest. Bleiben Sie gesund, lassen Sie sich nicht veräppeln, und regen sich bitte nur über Dinge auf\*, die Sie verändern könnten und unterlassen es, bei Dingen, die Sie nicht ändern können. Und der liebe Gott, oder sonst jemand aus der LIGA der Überwelt, möge sie zuvor in die Lage versetzen, zwischen beiden zu unterscheiden.**

**Ihr EIKE Vorstand und Redaktion (die das immer wieder versuchen)**

- \* Frei nach Reinhard Niebuhr

---

# Synthetische Kraftstoffe

geschrieben von Admin | 12. April 2023

Schon wieder ein neuer Kampfbegriff, der durch jede Talkshow geistert. Keiner der eingeladenen „Expert\*Innen“ weiß genau, aber alle dreschen aufeinander ein.

**Von Dr. Dieter Humpich**

## Die Definition

Im weitesten Sinne sind Synthetische Kraftstoffe alle nicht aus Erdöl oder Kondensaten der Erdgasförderung gewonnene Treibstoffe. In diesen Rohstoffen sind Benzin, Diesel oder Kerosin bereits vorhanden. Sie müssen nur noch von den anderen Komponenten abgetrennt werden (Destillation). Sie sind ein „Naturprodukt“. Anschließend findet nur noch eine Veredelung (z. B. Entschwefelung, Zusatz von Stabilisatoren etc.) statt. Logisch, daß diese Gewinnung die geringste Energie verbraucht. Gleichzeitig haben die drei einen unschlagbaren Heizwert bezogen auf ihr Volumen (kWh/l). Kämen sie nicht so reichhaltig in der Natur vor, man müßte sie glatt erfinden. Man sollte im Zusammenhang mit Kraftstoffen nie vergessen, daß jedes Fahrzeug nicht nur seinen Antrieb (Motor, Turbine) mitnehmen muß, sondern auch die gesamte benötigte Energie (einzige Ausnahme ist die elektrische Eisenbahn). Mit anderen Worten: **Bei allen Fahrzeugen ist das spezifische Volumen des Energieträgers der entscheidende Konstruktions- und Betriebsfaktor.**

## Die Klassiker

Die Synthese von Benzin und Diesel ist über hundert Jahre Stand der Technik. Schon die Nationalsozialisten haben ihren Krieg mangels Ölvorkommen mit „verflüssigter“ Kohle geführt. Südafrika hat aus gleichen Gründen großtechnisch Benzin aus Kohle hergestellt. Heute kann man an vielen Tankstellen Diesel aus Erdgas kaufen.

All diesen Fällen ist das Fischer-Tropsch Verfahren gemeinsam. Bei ihm wird durch eine Verbrennung eines Kohlenstoffs (Kohle, Erdgas usw.) in einer Atmosphäre aus Sauerstoff und Wasserdampf ein Synthesegas erzeugt. Dies besteht aus CO (Kohlenmonoxid) und Wasserstoff. Die Energie zur Zerlegung des Wassers muß durch die Verbrennung eines Teils des Kohlenstoffs erzeugt werden.

Man kann als „Kohlenstoffquelle“ auch Holz, Biogas, Müll etc. einsetzen. Dann mutiert der Prozess zu einem „Bio-Treibstoff-Verfahren“.

## Biokraftstoffe

Eine große Mode im grünen Milieu der letzten Jahrzehnte, waren die Biokraftstoffe. Nachdem die Umweltschäden der Raps- und Maisplantagen nicht länger zu verheimlichen sind, ist die Euphorie verfliegen. Auch das Verfeuern von Getreide ist seit dem Ukraine-Krieg mehr denn je in Kritik geraten. Ist es vertretbar, die Nachfrage nach Getreide ohne jede Not, künstlich in die Höhe zu treiben, während immer mehr Menschen sich nicht mehr satt essen können? Das Märchen vom „klimaneutralen Biosprit“ war bestenfalls ein gigantisches Agrar-Förderprogramm. Wohlgermerkt, nicht für den „Kleinbauern“, sondern für die Agrarindustrie (Saatgut, Dünger, Pestizide etc.) und die neue Gattung der Schlangenölverkäufer.

### **Bioethanol**

Ist die industrielle Anwendung der jahrtausendealten Herstellung von Alkohol aus Zucker mittels Hefe. Ist der Ausgangspunkt Stärke aus Getreide, muß diese erst enzymatisch in Zucker umgewandelt werden. Will man nicht mit Nahrungsmitteln in Konkurrenz treten, kann man auch cellulosehaltige Stoffe (z.B. Stroh, Holzabfälle usw.) verwenden. Diese müssen allerdings mit Säuren und Enzymen aufgeschlossen werden, was sehr teuer ist. Für den Vertrieb wird dieser Alkohol dem Benzin beigemischt (5% bis 85%). Im Jahr 2021 wurden weltweit insgesamt etwa 125 Millionen Kubikmeter Ethanol produziert, von denen über 100 Millionen Kubikmeter als Kraftstoff verwendet wurden.

### **Biodiesel**

Biodiesel (Fettsäuremethylester) kommt dem Dieselkraftstoff aus Mineralöl sehr nahe und kann deshalb auch in beliebigem Anteil zugemischt werden. Er wird durch Umesterung pflanzlicher und tierischer Fette und Öle mit einwertigen Alkoholen (Methanol oder Ethanol) gewonnen. Die Europäische Union verbrauchte im Jahr 2010 insgesamt über 11 Millionen Tonnen Biodiesel.

### **VFAs**

Es ist eine gelbliche, übel riechende Flüssigkeit. Die Flüssigkeit besteht aus kurzen, kettenartigen Molekülen, die als flüchtige Fettsäuren (VFAs) bezeichnet werden. Sie entstehen beim Verrotten von Lebensmittelabfällen. In einem Prozess, werden die VFAs verdampft und dann durch ein Bett aus murmelgroßen Pellets aus Zirkoniumoxid geleitet, die die VFAs zu längeren Ketten, den sogenannten Ketonen, vereinen. Durch diese Umwandlung entsteht eine süß riechende, klare Flüssigkeit. In einem weiteren Reaktor werden die Ketone über Platinpellets geleitet, die sie miteinander verbinden und Sauerstoffatome abstreifen, wodurch Kerosin entsteht.

United Airlines orderte 2021 bereits 5,7 Milliarden Liter „nachhaltigen Flugzeugtreibstoff“ (SAF).

### **„e-fuels“**

Das neueste Wieselwort aller Schlangenölverkäufer ist e-fuels – mit e, wie elektrisch. Unsere Medien geraten bei allen Anglizismen mit „e“ regelrecht in Verzückung: e-learning, e-mobility, e-cash usw. Hört sich alles so richtig nach Zukunft an. „Vorangehen“ möchte wieder einmal unser Siemens-Kombinat und wirbt mit dem Slogan: „E-Fuels Einfach.Genial. CO<sub>2</sub> neutral“. Damit dürfte die Infantilisierung des deutschen Ingenieurs als angelernter Grünling vollendet sein. Wer die ganze Einfalt ermessen will, sollte unbedingt „Häufige Fragen“ auf der Seite [www.e-fuels.de](http://www.e-fuels.de) aufrufen. Aber Vorsicht, für jeden, der Grundkenntnisse in Thermodynamik und Betriebswirtschaft hat, ist das echt starker Tobak.

Wenn man Kohlenwasserstoffe – wie Benzin, Diesel oder Kerosin – in einer Chemiefabrik nachbauen will, braucht man Kohlenstoff und Wasserstoff in großen Mengen und geeigneter Form. Will man „klimaneutral“ sein, verwendet man natürlich nur „Grünen Wasserstoff“ und als Kohlenstoffquelle CO<sub>2</sub> – möglichst aus der Luft. Abstruser geht es nicht mehr.

Man sollte nie vergessen, daß e-fuels verfahrenstechnisch hergestellte Chemikalien sind. Im Gegensatz zu konventionellen Kraftstoffen. Diese sind ein Geschenk der Natur. Je komplexer die e-fuels sind (viele Atome in jedem Molekül), um so größer ist der apparative Aufwand (Investitionen), und um so größer der erforderliche Energieeinsatz (Betriebskosten). Damit sinkt der Wirkungsgrad als Verhältnis des Heizwerts  $H_i$  des e-fuels zu dem notwendigen Energieaufwand bei der Produktion. So beträgt er bei Ammoniak (NH<sub>3</sub>) noch rund 55%, während er bei synthetischem Diesel (FTD) nur noch etwa 40% beträgt. Will man damit etwas antreiben (Verkehr, Stromerzeugung bei Dunkelflaute etc.), muß man diesen Wirkungsgrad noch mit dem Wirkungsgrad der Umwandlung (z. B. Dieselmotor ≈45%) multiplizieren.

Unter dem größten Druck steht ohne Zweifel die internationale Luftfahrt. Aus Gewichts- und Volumengründen gibt es faktisch keine Alternative (Batterien, H<sub>2</sub>, Kernreaktor etc.) zu Kerosin. Was wäre, wenn man nur diesen einen Verkehrssektor „klimaneutral“ machen wollte? Um den bereits 2019 verbrauchten Treibstoff künstlich herstellen zu können, bräuchte man nur für diesen einen Sektor, die 3,7 fache Anzahl aller Kernkraftwerke weltweit oder die dreifache Menge aller weltweit installierten Windkraft- und Solaranlagen. Wer wird sich wohl durchsetzen: Frau Herrmann (Wirtschaftskorrespondentin der taz) und Anhänger, die lapidar sagen, „fliegen geht gar nicht mehr“ oder die Masse der Touristen?

## **e-Wasserstoff (H<sub>2</sub>)**

Wasserstoff ist die „Grundchemikalie“ für die Herstellung aller e-fuels. Sie soll durch Elektrolyse als „Grüner Wasserstoff“ hergestellt werden. Für die Produktion werden 0,27 kg/kWh oder rund 9 Liter Wasser pro kg Wasserstoff benötigt. Ein echtes Problem auf dem offenen Meer oder in

der Wüste. Wasserstoff könnte auch direkt als Kraftstoff verwendet werden. Um die Kosten (bis Zapfanlage, aber ohne Steuern etc.) anschaulich zu machen, werden im Weiteren alle Kosten in € pro l Diesel Äquivalent angegeben (€/LDÄ). Der Leser hat damit einen unmittelbaren Vergleich mit seinen realen Erfahrungen. Preisbasis ist das Jahr 2020. **e-Wasserstoff hätte ein (€/LDÄ) entsprechend 2,39 €/ Liter Diesel.**

### **e-Ammoniak (NH<sub>3</sub>)**

Aus dem Stickstoff der Luft und dem vorher erzeugten „Grünen Wasserstoff“ kann man mit dem Haber-Bosch-Verfahren Ammoniak herstellen. Ammoniak kann man als Kraftstoff in z. B. Dieselmotoren nutzen (Container-Schiffe). Ammoniak ist allerdings giftig und bei Umgebungsbedingungen ein Gas. **e-Ammoniak hätte ein (€/LDÄ) entsprechend 2,05 €/ Liter Diesel.**

### **e-Methan (CH<sub>4</sub>)**

„Erdgas“ kann ebenfalls aus CO<sub>2</sub> und Wasserstoff hergestellt werden. Beispielsweise durch die Sabatier-Reaktion bei 400 °C und 30 bar Druck unter Verwendung von Katalysatoren aus Nickel und Ruthen. Allein Temperatur und Druck erfordern erhebliche Energie. Mit dem e-Methan kann man dann Fahrzeuge betreiben oder gar seine Wohnung heizen. Man muß nur über das nötige Kleingeld verfügen. **e-Methan hätte ein (€/LDÄ) entsprechend 2,38 €/ Liter Diesel.** (Für Menschen, die demnächst so heizen müssen, Diesel entspricht in etwa Heizöl bzw. 1 m<sup>3</sup> Erdgas)

### **e-Methanol (CH<sub>3</sub> OH)**

„Methylalkohol“ ist eine Grundchemikalie, von der über 60 Millionen Tonnen jährlich produziert werden. Es ist Ausgangsstoff für zahlreiche Chemikalien, kann aber auch als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Nachteil ist der gegenüber Benzin nur rund halb so große Heizwert – man braucht doppelt so große Tanks. Methanol ist giftig. **e-Methanol hätte ein (€/LDÄ) entsprechend 2,21 €/ Liter Diesel.**

### **e-Benzin aus e-Methanol**

Mobil hat ein Verfahren entwickelt, bei dem mittels Zeolith-Katalysator bei etwa 400 °C und hohem Druck „Benzin“ aus Methanol hergestellt werden kann. Bei dieser Synthese entsteht etwa 70–80% Rohbenzin und diverse andere Kohlenwasserstoffe. **e-Benzin hätte ein (€/LDÄ) entsprechend 2,50 €/ Liter Diesel**

Durch geringe Modifikation kann man mit diesem Verfahren auch Kerosin und Diesel produzieren. Es gibt zahlreiche Anlagen zur Veredelung von Kohle und Gas weltweit. Die Verfahren sind als „Mitteldestillate aus Methanol“ bekannt. Das entstehende Stoffgemisch kann in konventionellen Raffinerien zu Benzin, Diesel usw. weiterverarbeitet werden. **e-Kerosin hätte ein (€/LDÄ) entsprechend 2,46 €/ Liter Diesel.**

## **e-Kraftstoffe mittels Fischer-Tropsch**

Das Fischer-Tropsch-Verfahren (FT) stellt aus Synthesegas (CO + H<sub>2</sub>) Kraftstoffe her. Es ist ein weltweit großtechnisch erprobtes Verfahren. Wenn man CO<sub>2</sub> und „Grünen Wasserstoff“ verwendet, erhält man definitionsgemäß e-Kraftstoffe. **e-Kraftstoffe über FT hätten ein (€/LDÄ) entsprechend 2,80 €/ Liter Diesel.**

### **Nachwort**

Wer bis hier durchgehalten hat, dem sollte langsam dämmern, daß es bei dem Disput zwischen FDP und Grünen um viel mehr, als die Frage „rein elektrisch“ oder „technologieoffen“ Autofahren geht. Jedem denkenden Menschen ist klar, daß es bis 2035 nie und nimmer nicht, zu einer voll elektrifizierten PKW und LKW Welt kommen wird. Dafür fehlt es an allem: Zu teure Fahrzeuge für die breite Masse, keine ausreichenden Ladestationen, kein entsprechend leistungsfähiges Stromnetz und keine notwendigen Kraftwerke. Das e-Auto ist der Einstieg in kein Auto. Deshalb wird auch 2035 der Verbrennungsmotor marktbeherrschend bleiben – zumindest in den Weiten von Afrika, Russland und selbst auf dem amerikanischen Kontinent. Aber es wird ohne Verbrenner keine deutsche Autoindustrie mehr geben. Sie wird nach dem gleichen Öko-Muster zerstört sein, wie heute schon die Kerntechnik. Wie einst der Exportschlager Kernkraftwerke, wird auch der Exportschlager PKW und LKW aus Deutschland, Geschichte sein. Was natürlich den Rest der Welt nicht davon abhalten wird, weiter zu machen, wie bisher. Es wird sich zeigen, ob Deutschland beim dritten Versuch des „Aufbau des Sozialismus“ diesmal erfolgreich sein wird. Nach dem Nationalsozialismus, dem Real Existierenden Sozialismus Moskauer Prägung nun der Steinzeitkommunismus à la Mao und Pol Pot?

Der Beitrag erschien zuerst auf dem Blog des Autors hier

---

# **Leistungsbedarf für Wärmepumpen bei vollständiger Dekarbonisierung der Gebäudeheizungen – Alternativer Ansatz**

geschrieben von Admin | 12. April 2023

## Von Prof. Dr. Michael Thielemann

Die Umstellung der Wärmeversorgung im Gebäudebestand auf Wärmepumpen erscheint bei flüchtiger Betrachtung äußerst vorteilhaft. Bei einer Arbeitszahl von z.B. 3 würde man statt der bisher erforderlichen fossilen Energie nur ein Drittel davon als Strom benötigen. Diese Betrachtung greift aber zu kurz, denn es wird nicht berücksichtigt, dass die Wärmepumpe je nach Außentemperatur unterschiedlich effizient ist. Die Effizienz ist am besten in Übergangszeiten, bei sehr niedrigen Außentemperaturen leider am schlechtesten. Das ist ein Naturgesetz und auch nicht durch technischen Fortschritt zu beheben. Jeder Wärmeerzeuger, egal ob Heizkessel, Wärmepumpe oder Sonstiges, ist für die niedrigste zu erwartende Außentemperatur auszulegen. Das maßgebliche Kriterium für die Wärmepumpen ist somit die sogenannte Leistungszahl. Sie beträgt -optimistisch geschätzt- ca. 2, d.h. aus einen kW elektrischer Leistung entstehen nur 2 kW Wärmeleistung.

### Was bedeutet das für ganz Deutschland?

Nach Angaben des Umweltbundesamtes haben wir in 2021 ca. 43,1 Millionen Wohnungen mit einer mittleren Wohnfläche von 92,1 m<sup>2</sup> (<https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushaltekonsum/wohnen/wohnflaeche#zahl-der-wohnungen-gestiegen>). Insgesamt müssen allein für Wohnzwecke also rund  $4 \cdot 10^9$  m<sup>2</sup> beheizt werden, nicht eingerechnet Gewerbebauten, Schulen etc. Nun werden nicht alle Wohnungen mit Gas oder Öl beheizt. Aus der Beheizungsstruktur für 2021 kann man entnehmen, dass nur ca. 75% der Wohnungen mit Öl oder Gas beheizt werden, entsprechend  $3 \cdot 10^9$  m<sup>2</sup>.

Quelle:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/162218/umfrage/beheizungsstruktur-deswohnbestandes-in-deutschland-seit-1975/>

Jetzt benötigt man noch die zu installierende Heizleistung pro m<sup>2</sup> Wohnfläche. Für ältere Wohngebäude bis in die achtziger Jahre kann man mit guter Näherung die sog. 0,1kW/ m<sup>2</sup> -Regel ansetzen. So macht es der Heizungsbauer überschlägig beim Kesseltausch. Quelle z.B. folgende Tabelle:

Spezifischer Wärmebedarf in Watt je Quadratmeter							
Gebäudeart	bis 1958	1959-68	1969-73	1974-77	1978-83	1984-94	ab 1995
<b>Einfamilienhaus freistehend</b>	180	170	150	115	95	75	60
<b>Reihenendhaus</b>	160	150	130	110	90	70	55
<b>Reihenmittelhaus</b>	140	130	120	100	85	65	50
<b>Mehrfamilienhaus &lt;8WE</b>	130	120	110	75	65	60	45
<b>Mehrfamilienhaus &gt;8WE</b>	120	110	100	70	60	55	40

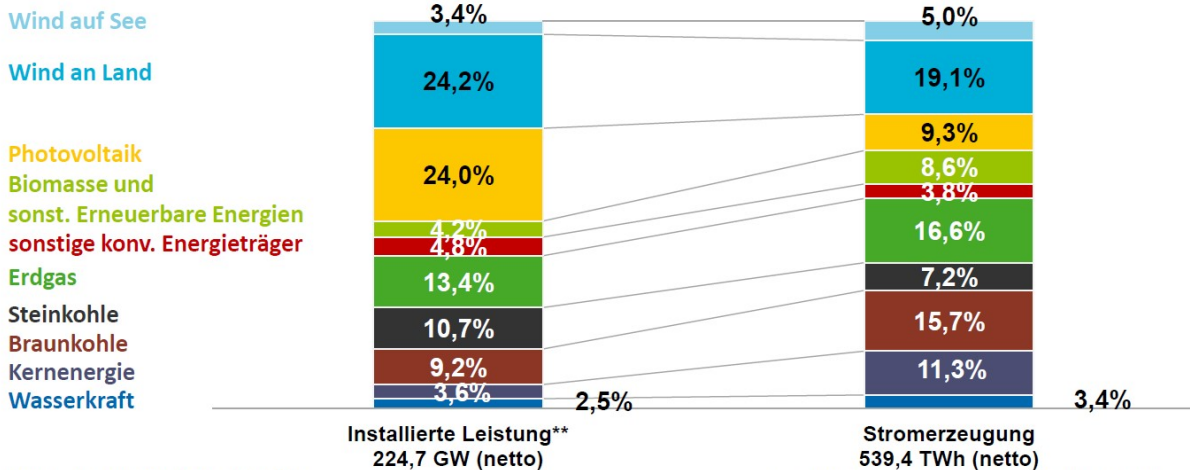
Daraus folgt, dass für die Beheizung an den kältesten Tagen eine Wärmeleistung von

$$3 * 10^9 \text{ m}^2 * 0,1 \text{ kW/m}^2 = 3 * 10^8 \text{ kW}$$

oder  $3 * 10^2$  GW vorgehalten werden muss. Setzt man stattdessen auf Wärmepumpen, benötigt man wegen der Leistungszahl 2 „nur“ 150 GW elektrische Leistung zusätzlich für die Wärmeerzeugung zu Wohnzwecken. Selbst wenn es gelänge, durch umfassende Gebäudesanierungen den spezifischen Wärmebedarf auf den wirklich guten Wert von 50 Watt/m<sup>2</sup> zu senken, benötigt man immer noch eine „backup“ Leistung von ca. 75 GW alleine für die Gebäudeheizung. Derzeit sind insgesamt ca. 224 GW elektrische Leistung installiert, davon ca. 51,6% für Wind und Photovoltaik. Diese regenerativen Energien tragen übers Jahr aber nur zu 33% zur Stromerzeugung bei, Quelle:

## Installierte Leistung und Erzeugung 2020\*

Gesamte Elektrizitätswirtschaft



Quellen: Destatis, BDEW; Stand 04/2021

\*vorläufig \*\*ohne Einspeiseleistung von Stromspeichern

<https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/installierte-leistung-und-erzeugung/>

Dividiert man die gesamte Stromerzeugung i.H.v. 539,4 TWh durch 8760 h erhält man die mittlere elektrische Leistung (für alle derzeitigen Anwendungszwecke) zu 61,6 GW, davon ca. 20,3 GW durch Wind und Sonne (im Mittel, nicht bei Dunkelflaute).

Die Politik muss nun die Frage beantworten, wie zusätzlich diese 150 GW (nur für Wohnzwecke wohl gemerkt) grundlastfähig bereitgestellt werden sollen. Hinzu kommen noch andere Sektoren wie Verkehr und Industrie. Das ist eben nicht durch massiven Ausbau der „Erneuerbaren“ zu leisten, da sie bei Dunkelflaute keinen wesentlichen

Beitrag leisten können. Dem interessierten Laien seien die wirklich schönen Statistiken von AGORA-Energiewende empfohlen, z.B. :

[https://www.agora-](https://www.agora-energiendev.de/service/agorameter/chart/power_generation/13.01.2022/13.01.2023/today/)

[energiendev.de/service/agorameter/chart/power\\_generation/13.01.2022/13.01.2023/today/](https://www.agora-energiendev.de/service/agorameter/chart/power_generation/13.01.2022/13.01.2023/today/)

Da lässt sich gut verfolgen, was Wind und Sonne denn wirklich leisten.

## **Fazit:**

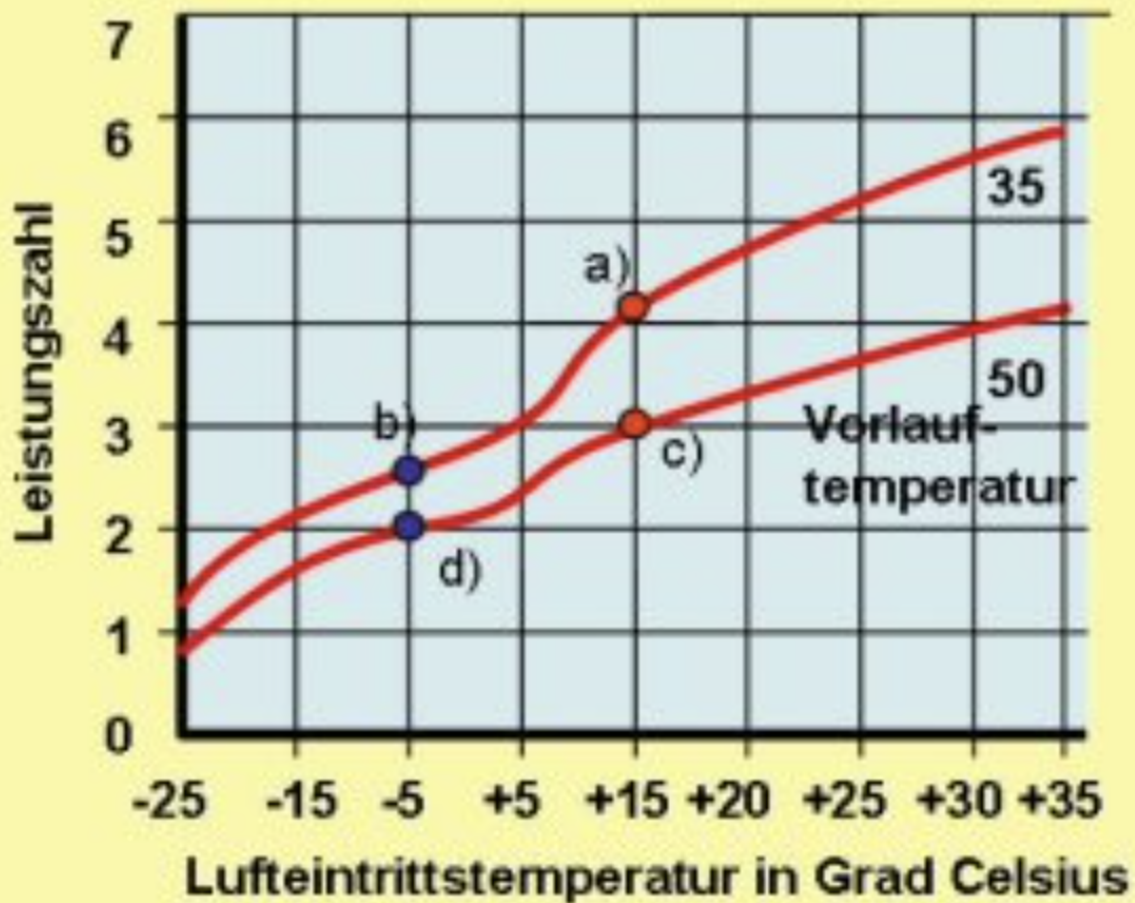
**Der Strombedarf bei einer weitgehenden Umstellung der Beheizungsstruktur auf Wärmepumpen lässt sich an sehr kalten Tagen nicht ansatzweise durch heimische regenerative Energien decken. Der Aufbau der erforderliche Backup-Leistung durch Gaskraftwerke, die ja nur an wenigen Tagen im Jahr benötigt würde, übersteigt alle finanziellen Möglichkeiten. Jeder politische Entscheidungsträger, der solche Pläne vorantreibt, handelt völlig verantwortungslos.**

Der Beitrag erschien zuerst auf dem Blog von Vera Lengsfeld hier

Anmerkung der Redaktion.

Hier findet man die COP (Leistungszahl als Funktion der Außentemperatur und dem Parameter Vorlauftemperatur)

## Leistungszahl (COP)



Abhängigkeit des COP von Luft eintritts- und Heizungsvorlauf-temperatur

a) L15/W35 -> COP 4,2 c) L15/W50 -> COP 3,0

b) L-5/W35 -> COP 2,6 d) L-5/W50 -> COP 2,0

Leistungszahl (Jahresarbeitszahl) Quelle  
<https://www.ing-büro-junge.de/html/warmepumpe.html>

Zitat aus einem Schriftwechsel mit dem Verfasser:

Daraus kann entnommen werden, dass die Leistungszahlen bei ca. -10°C Wärmequellentemperatur etwa bei 2 liegen, und zwar wird die Leistungszahl umso kleiner je höher die Vorlauf-temperatur des Heizungswassers ist. In 3 Fällen liegt diese bei maximal 50°C, in einem bei 55°C. Weiters die meisten Heizungsanlagen

bis in die 80er Jahre haben Vorlauftemperaturen von 75°C oder sogar 90°C. Da werden die Leistungszahlen noch viel schlechter. Die Kältemittel haben sicherlich einen Einfluss auf die Leistungszahlen, er kann aber nicht so gravierend sein. Der Vorteil von Propan liegt darin, dass es wesentlich umweltfreundlicher ist und tatsächlich nach dem log p,h-Diagramm auch höhere Vorlauftemperaturen ermöglicht. Das bedeutet aber nicht einen wirtschaftlichen Betrieb.