

Helmut Böttiger

ENERGIE DER ZUKUNFT

Nuklear, fossil
oder erneuerbar?

MICHAEL IMHOF VERLAG

INHALT

6	1 Einleitung	106	4 Folgewirkungen der Energiesysteme
6	Heutige Herausforderungen	106	Klimafolgen durch Kohlendioxid-Emissionen
11	Ohne Energie läuft nichts	118	CO ₂ recyceln, „die Natur“ macht es vor
19	2 Fossile Energieträger: Kohle, Öl, Gas – was ist vorhanden?	124	Klimafolgen alternativer Energieträger
19	Leben mit Kohlenstoff (C) und Wasser (H ₂ O)	132	5 Dekarbonisierung und Umweltschutz
21	Offizielle Vorräte an Kohlenwasserstoffen	134	Auswirkungen auf die begrenzte Bodenfläche
29	Knappheit oder Schwemme – Markt und Verfügbarkeit	146	Auswirkungen auf die Ressourcenknappheit
33	Was ist oder wie wird etwas ein Rohstoff?	151	Auswirkungen auf Fauna und Flora
36	Ist fossile Energie nur alte Biomasse?	157	Auswirkungen auf Mensch und Gesellschaft
54	3 Potentiale erneuerbarer Energien	167	Bleibt noch der Infraschall
55	Grundsätzliches	177	6 Kernenergie – Energiequelle der Zukunft?
63	Biogene Energieträger	188	7 Verständigung über Energieversorgung
71	Potentiale der Energieentnahme aus Wind	188	Energie ist nicht alles
84	Sonnenenergie	192	Natürliche und zivilisatorische Evolution
92	Wasserstoff	194	Nicht ohne Kooperation und Verständigung
		196	Ängste und Befürchtungen sind nicht produktiv
		198	Sozialpsychologie der Verständigungsschwierigkeiten
		202	Wie nun – evolutionär oder stationär?

1 EINLEITUNG

Heutige Herausforderungen

Alles Leben ist eine Herausforderung, gewiss. Denn es lebt sich nicht von alleine, man muss dafür etwas tun, allgemein gesprochen: „stoffwechseln“. Das gilt für Pflanzen, Tiere und auch für den Menschen. Der Stoffwechsel verlangt gewisse Anstrengungen, liefert aber auch die zum Leben nötige Energie. Pflanzen erhalten ihre Lebensenergie weitgehend von der Sonne und bauen damit ihre hauptsächlichste Lebenssubstanz (Kohlenhydrate, neben Proteinen etc.) vor allem aus Kohlendioxid und flüssigem Wasser auf. Tiere und auch der Mensch gewinnen ihre Lebensenergie vorwiegend daraus, dass sie die molekulare Bindungsenergie von Kohlenhydraten und Proteine von Pflanzen oder anderen Tieren in ihren Körpern (durch „Verbrennen“) nutzen. Der Mensch konnte trotz unzureichender Ausstattung (zum Beispiel ein fehlendes Haarkleid) unter widrigen Umständen (zum Beispiel in Kältezonen) dadurch auf Dauer überleben, dass er die Verbrennung (Oxidation) von pflanzlichen Umwandlungsprodukten (Kohlenhydrate, z. B. Holz), später von Kohlenwasserstoffen (Kohle, Öl, Gas) außerhalb seines Körpers zu beherrschen lernte. Mit dieser Energiequelle hat sich der Mensch im Laufe seiner Geschichte eine Umwelt, seine technologische Zivilisation geschaffen, die es ihm ermöglichte, widrigen Umständen zu trotzen und sicher zu leben.

Dies geschah allerdings zum Teil auf Kosten seiner Umwelt, der Biosphäre der Erde, in die sein Leben eingebunden bleibt. Denn viele Errungenschaften des technischen Fortschritts führten dazu, dass

die Biosphäre durch Industrieabfälle und Abgase belastet und degradiert worden ist. Dazu wächst die Weltbevölkerung beständig an. Nach Schätzungen der Vereinten Nationen werden es im Jahr 2050 bereits 9,8 Milliarden Menschen sein.¹ Das bedeutet: Diese Menschen müssen mit frischem Wasser, Lebensmitteln, Industrieprodukten, Systemen (z. B. einer Energie- und Verkehrs-Infrastruktur) und mit Dienstleistungen (z. B. Schulen, Gerichten usw.) versorgt werden. Mit den vorhandenen wissenschaftlich-technologischen und industriellen Voraussetzungen sollte die Bereitstellung der benötigten Versorgungsgüter durchaus möglich sein. Nur gelingt das derzeit aus mancherlei sozioökonomischen Gründen offensichtlich nicht mehr so recht.

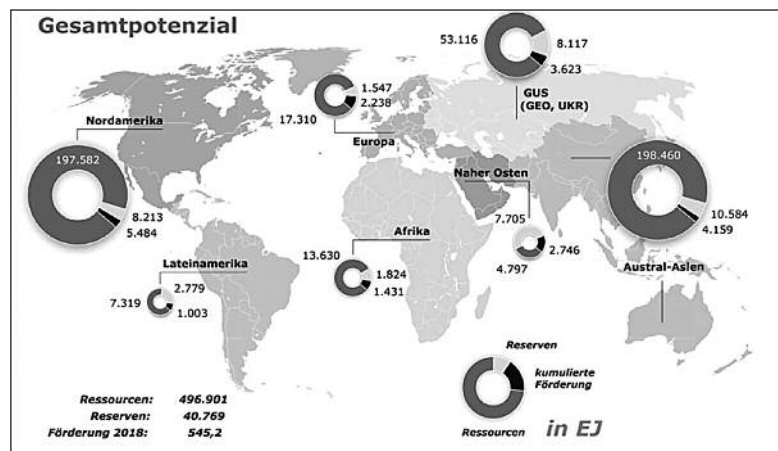
Im Jahr 2003 musste der Human Development Report der UN-Entwicklungsprogramme (UNDP), der den Erfolg früherer Agenda-Bemühungen der Vereinten Nationen überprüfen sollte, deren Unzulänglichkeit einräumen.² Damals wurde festgestellt: 1,1 Milliarden Menschen leben ohne Versorgung mit sauberem Trinkwasser und Elektrizität. Die Bevölkerung ist in 54 Ländern inzwischen ärmer als im Jahr 1990. In 34 Ländern ist die durchschnittliche Lebenserwartung seit 1990 gesunken und in 21 Ländern hat der Anteil der Hungernden an der Gesamtbevölkerung zugenommen. Es folgte die Aufzählung weiterer haarsträubender sozialer Probleme.

Dieser und ähnliche Berichte hatten die Vertreter der 193 Nationen der Vereinten Nationen auf dem „Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in New York“ am 25. September 2015 veranlasst, einstimmig die UN Agenda 2030 zu beschließen. In ihrer Präambel heißt es: „Diese Agenda ist ein Aktionsplan für die Menschen, den Planeten und den Wohlstand.“ Die Vertreter der dort versammelten 193 Nationen erklärten: „Wir sind uns dessen bewusst, dass die Beseitigung der Armut in allen ihren Formen und Dimensionen, einschließlich der extremen Armut, die größte globale Herausforderung und eine unabdingbare Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung ist.“ Und weiter: „Wir sind entschlossen, dafür zu sorgen, dass alle Menschen ein von Wohlstand geprägtes und erfülltes Leben genießen können und dass sich der wirtschaftliche, soziale und technische Fortschritt in Harmonie mit der Natur vollzieht.“ Das heißt,

Von den sogenannten erneuerbaren Energieträgern trugen 2017, obwohl sie inzwischen bevorzugt behandelt werden, weltweit zur Primärenergieversorgung bei: Biomasse 9,5 %, Wasserkraft 6,4 %, Solar- und Windenergie 1,7 %.

Die Lagerstätten der Kohlenwasserstoffe sind sehr unterschiedlich in der Welt verteilt. Das ist im Unterschied zu den hochdichten nuklearen Energieträgern bei den zur Bevorratung weniger lagerfähigen Kohlenwasserstoffen machtpolitisch durchaus von großem Gewicht. Denn wer – unabhängig vom nominellen innenpolitischen Machthaber – die Energieversorgung in der Hand hat, kann tatsächlich Macht ausüben.

Das Ölgeschäft war daher lange Zeit eines der wichtigsten außenpolitischen Machtmittel. Inzwischen scheint es wegen der breiteren Streuung neu entdeckter Lagerstätten weniger kontrollierbar geworden zu sein. Die drei Länder mit den bisher höchsten Erdölreserven – Venezuela, Saudi-Arabien und Kanada – verfügten zusammen über 46 % der weltweiten Erdöl-Reserven. Wegen des dort relativ geringen Förderaufwandes wurden etwa zwei Drittel des Erdöls bisher im heiß umkämpften Nahen Ostens gefördert.



Gesamtpotenzial der fossilen Energierohstoffe einschließlich Uran für 2018 (nicht berücksichtigt sind Aquifergas und Erdgas aus Gas-hydrat). Die kumulierte Förderung der Kohle wird ab 1950 geschätzt.¹³

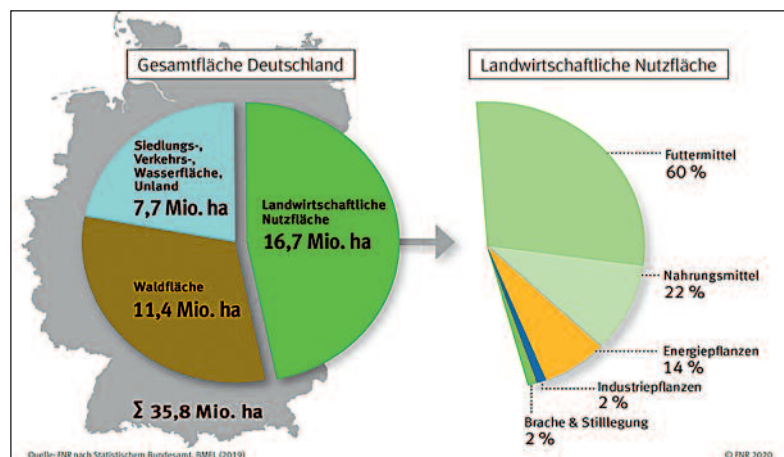
Um vorzusorgen, hatten die OECD-Staaten bereits in den letzten Jahrzehnten große Speichereinrichtungen für Kohlenwasserstoffe, insbesondere Öl und Gas, als strategische Reserven angelegt. Sie wollten sich damit auch vor Preismanipulationen aufgrund von willkürlich geänderten Fördermengen der großen, internationalen Förderfirmen schützen. Zu diesem Zweck hat man Kavernen in geeigneten geologischen Schichten angelegt, aber auch große Tanklager für Rohöl und Rohölprodukte eingerichtet. Entsprechende Speicher der OECD-Staaten bevorrateten auf diese Weise Ende 2017 rund 2,85 Milliarden Barrel an unterschiedlichen Produkten.¹⁴ Allerdings ist die Möglichkeit derartiger Vorratshaltung relativ begrenzt.

Inzwischen hat sich an der Verteilung der Ressourcen speziell von Erdöl und Erdgas einiges geändert.

Knappheit oder Schwemme – Markt und Verfügbarkeit

„Die Öl- und Erdgasquellen werden in den nächsten 40 Jahren aufgebraucht sein!“, konnte man im Sommer 2007 in den Medien lesen. Am 9. Juli 2007 warnte die Internationale Energieagentur (IEA) der OECD in Paris auf den entsprechenden Märkten vor weltweit rasch steigenden Öl- und Gaspreisen wegen angeblich zunehmender Verknappungstendenzen dieser Rohstoffe. Angesichts der hohen Nachfrage und der geringeren Fördermenge bestünde schon ab 2010 die Gefahr, dass Öl mit rasch weiter steigenden Ölpreisen knapp wird.¹⁵ Tatsächlich sorgte die Meldung für Unruhe an den Märkten und diese führte damals zu deutlich steigenden Preisen.¹⁶ Die Warnung leuchtete vielen Menschen ein, denn schließlich sind alle Stoffe dieser Erde nur in begrenzten Mengen vorhanden.

Die Ursachen der Verknappung lagen – wie sich später herausstellte – nicht an fehlenden Ölvorräten, sondern an der absichtlichen Verknappung durch Spekulationen.¹⁷ Im Grunde ging es damals angesichts nachgebender Ölpreise darum, diese bis zur Fälligkeit eingegangener „Oil Futures“ hoch zu halten, in die unter anderen vor allem auch die Investmentbank Goldman & Sachs investiert war.¹⁸ Ausschlaggebend waren aber nicht nur Geldgeschäfte. Denn schon



Die speziell für Energiepflanzen ausgewiesene Fläche lässt sich kaum durch Eingriffe in andere Nutzungsflächen erweitern. Denn dies könnte nur auf Kosten der Waldflächen geschehen, was am Widerstand vieler Menschen scheitern dürfte. Andererseits könnte die von einigen offen, von anderen indirekt betriebene Umstellung größerer Teile der Bevölkerung auf die heftig propagierte vegane Ernährungsweise größere Bereiche der Viehweiden für diesen Bereich öffnen. Insgesamt würde aber eine entsprechende Umstellung zu Formen der Monokultur mit drastischen Auswirkungen auf die Ökologie und mittelfristig auf die Bodenbeschaffenheit führen, die bereits angesichts des intensiven Maisanbaus beklagt wird.

Andere Möglichkeiten, den Ertrag der umweltverträglichen Nutzung der Energiepflanzen zu steigern, bietet die umweltverträgliche Züchtung neuer Energiepflanzen. Hierbei wird an Winterpflanzen für die Produktion von Biomethan gedacht, die auf den Flächen der Nahrungsmittelproduktion im Winterhalbjahr wachsen könnten.²⁸ Hierbei wird aber der Energiebedarf durch die zusätzliche Bodenbearbeitung und Düngung bisher nicht berücksichtigt. Schließlich wird noch die Anlage von Algenfarmen in brauchbaren Binnengewässern und an geeigneten Küsten vorgeschlagen, in denen Algen zur Biogasproduktion gezüchtet werden könnten. Eine gewisse ökologisch sinnvolle Ertragssteigerung bietet die Optimierung der Ein-

satzstoffe und Technologien an mageren unbebauten Standorten, welche nicht in deutlicher Konkurrenz zur Nahrungsmittel- und Futtermittelproduktion stehen.

Bedenken löst für die künftige Entwicklung der Biogasentwicklung eine Meldung des *Energate Messenger* vom 23.7.2020 aus: „In diesem Jahr könnten mehr Biogasanlagen vom Netz gehen als neu hinzukommen. Damit droht der Anlagenbestand in Deutschland erstmals zu schrumpfen.“²⁹ Der Fachverband Biogas ermittelte für das Jahr 2020 einen Rückgang von 168 MW. In absoluten Zahlen ging der Anlagenbestand demnach von 9527 auf 9359 zurück. Der Präsident des Fachverbands, Horst Seide, nannte auf einer Pressekonferenz dafür zwei Ursachen. Zum einen entfallen 2020 für zahlreiche ältere Biogasanlagen die Subventionen aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und machen ihnen dadurch einen wirtschaftlichen Weiterbetrieb unmöglich. Als zweiten Grund nannte er die enorm gestiegenen, regulatorischen Anforderungen an den nicht unproblematischen Betrieb solcher Anlagen. Ein Nebeneffekt sei die Abwanderung aus dem einstigen Biogas-Vorreiterland ins benachbarte Ausland: „Die jahrelang aufgebaute Expertise wandert ab.“ Trotzdem schätzt das Beratungsunternehmen Ecofys bei Realisierung aller genannten Potentiale der Biogasproduktion sehr optimistisch ein Gesamtpotential von 250 TWh.³⁰

Eine Einschätzung des Potentials der nachwachsenden beziehungsweise aller sogenannter erneuerbaren Energiegewinnungsmöglichkeiten lässt sich nur im Zusammenhang ermitteln. Dabei ist neben dem großen zusätzlichen Flächenbedarf auch der Energiebedarf der nötigen Energieumwandlungen nicht zu vernachlässigen.

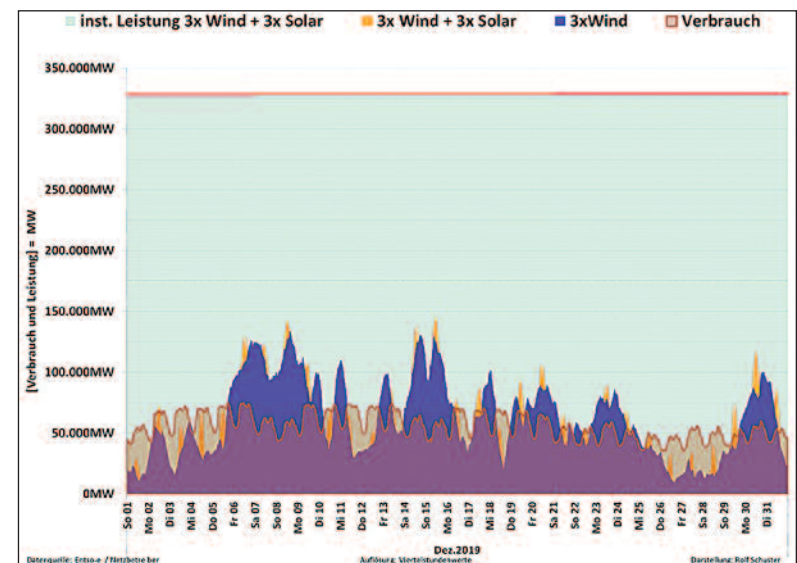
Potentiale der Energieentnahme aus Wind

„Die Windenergie ist eine der ältesten vom Menschen genutzten technischen Energieformen.“³¹ Menschen nutzen seit alters Windenergie zum Segeln oder mit Hilfe von Windrädern (Windkraftanlagen), um Getreide zu malen, Wasser zu pumpen und um ähnliche nur sporadisch anfallende Aufgaben zu bewältigen. Kein Handwer-

zur Stromerzeugung gegen null geht. Daran wird sich kaum etwas ändern, wenn mehr dieser volatilen Erzeuger gebaut werden.

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen installierter Leistung, also der Leistung, die das Kraftwerk unter optimalen Bedingungen erbringen kann (angegeben z. B. in Megawatt 1 MW entspricht einer Million Watt), und der tatsächlich erbrachten Leistung pro Dauer (angegeben zum Beispiel in MWh, MW eine Stunde lang). Diese Unterscheidung ist für Windkraftwerke entscheidend, weil diese nur sporadisch Energie liefern können, eben wenn der Wind hinreichend stark weht. Geht man von den Daten des Umweltbundesamtes für Ende 2019 aus, nämlich von 53,26 Gigawatt installierte Leistung onshore und 6,3 Gigawatt installierte Leistung offshore, ergäben sich bei 100 % Auslastung 465,6 TWh für Onshore- und 55,2 TWh für Offshore-Windenergie-Anlagen. Tatsächlich wurden insgesamt nur 126 TWh geliefert. Das bedeutet, dass alle Windenergieanlagen, die Ende 2019 installiert waren, während des Jahres nur 24,2 % ihrer Nennleistung geliefert haben. Demnach ist der Beitrag aller Windenergieanlagen an der Stromerzeugung in Deutschland durchschnittlich an über einem Drittel der 8.760 Stunden des Jahres vernachlässigbar. Offshore-Windanlagen erreichen dabei eine Auslastung von rund 45 %, während Onshore-Windenergieanlagen mit 21,8 % Auslastung bestätigen, dass Deutschland ein relativ windarmes Land ist. Doch wer liefert den Strom in der Zwischenzeit?

Versorgungsprobleme bei Dunkelflaute werden nicht dadurch gelöst, dass man beliebig viele neue Windkraftanlagen installiert. Das zeigt die Graphik von Prof. Dr. Rolf Schuster am Beispiel des November 2019.⁴² Die obere rote Linie deutet rein rechnerisch das **Dreifache** der damals installierten Leistung von Wind- und Solarenergie an. Die blauen und gelben Felder geben das **Dreifache der Einspeisung** im November durch die vorhandenen Wind- und Solaranlagen an. Dabei wird unterstellt, dass drei gleich leistungsfähige Anlagen an der gleichen Stelle stünden, an der jetzt eine steht und das Dreifache an Leistung erbrächten. Damit wird die Einschränkung übergangen, dass die derzeit tatsächlich aufgestellten Windkraftanlagen an den günstigsten Stellen stehen und weitere Kraftwerke wohl nur an weniger günstigen Standorten errichtet werden können.



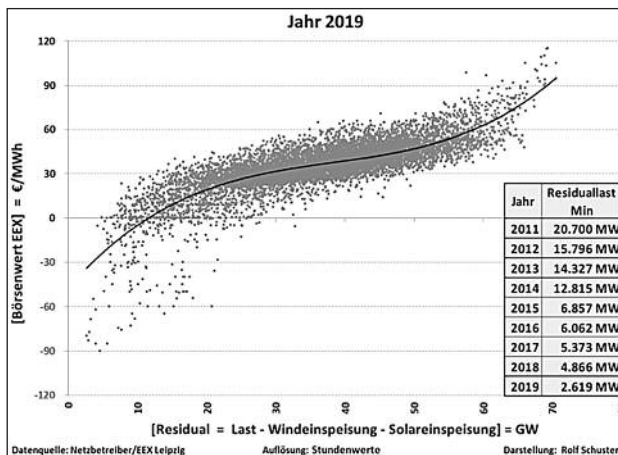
In die Graphik ist braun der tatsächliche, im Viertelstundentakt erfasste Stromverbrauch im November 2019 eingetragen. Es zeigt sich, dass dieser in beträchtlichen Zeitspannen auch nicht durch die Verdreifachung der Einspeisung durch Solar- und Windkraftwerke gedeckt werden könnte. Allerdings ergeben sich auch Perioden, in denen die Kraftwerke ein Übermaß an elektrischer Energie einspeisen.

Auch in einem solchen Fall ist die Versorgungssicherheit gefährdet. Um das System stabil zu halten, müssen sofort zusätzliche Lasten zugeschaltet werden – zum Beispiel Stromspeicher oder mit Wasserstoff betriebene Anlagen, falls sich diese so kurzfristig anwerfen ließen. Oder es müssen Verbraucher abgeschaltet werden, wie das zum Beispiel bei Aluminiumwerken in der Vergangenheit des Öfteren geschehen ist, um einen Absturz des Stromnetzes zu vermeiden.⁴³

Bei einem Überangebot würden zuerst Kraftwerke abgeschaltet werden. Wie problematisch auch dies ist, zeigt die Situation in Schleswig-Holstein. Die dort besonders zahlreich betriebenen Windkraftanlagen werden von mehr als der Hälfte aller Abschaltungen in Deutschland betroffen. Allein im ersten Quartal 2019 hätten sie

in diesem Bundesland bei zugelassenem Betrieb 1.800 TWh Strom mehr in das Netz einspeisen können. Nach dem EEG muss den Betreibern von Windanlagen die ihnen durch Abschaltung entgangene Stromproduktion vergütet werden. Nach Schätzungen der Bundesnetzagentur summierten sich die Entschädigungszahlungen für solche Maßnahmen des „Einspeise-Managements“ allein im ersten Quartal 2019 in Deutschland auf 394 Millionen Euro. Sie waren gegenüber dem gleichen Vorjahreszeitraum um 60 % gestiegen. Von Abschaltungen betroffen sind aber wegen des politisch verordneten Vorrangs der EE-Anlagen in erster Linie thermische Kraftwerke, vorzugsweise Gaskraftwerke, weil diese sich schneller ein- und ausregeln lassen – allerdings mit entsprechend höheren Verschleißerscheinungen und Wartungskosten.

Die Residuallast ist eine der Schlüsselgrößen bei der Analyse der Stromversorgung. Deshalb hat Dr. Schuster in der nächstfolgenden Graphik für jede Stunde des Jahres 2019 diese Größe (in GW) als Punkt in einer Graphik zusammengetragen.



Auf der zweiten Achse der Graphik wird der Börsenpreis des Stroms zur jeweils gleichen Zeit markiert. Dadurch entsteht für jedes Jahr eine „Punktwolke“ mit 8.760 Stunden-Punkten. Je mehr Wind- und Sonnenstrom in das Netz drängt, umso geringer ist die Residuallast