

# Einleitung

Energiewende – was sonst?

Wenn man versucht, sich das in seiner vollen Tragweite nur schwer vorstellbare Ausmaß einer drohenden Klimakatastrophe vor Augen zu führen und weiters akzeptiert, dass es vor allem die Verbrennung fossiler Energieträger ist, die zur Erderwärmung beiträgt, dann erscheint sonnenklar, was getan werden müsste: Aus der Nutzung der fossilen Rohstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas muss möglichst rasch ausgestiegen werden, eine Energiewende oder gar eine »Energie-revolution«, wie Volker und Cornelia Quaschnig es bezeichnen<sup>1</sup>, ist möglichst rasch und flächendeckend umzusetzen.

So weit mögen dieser Argumentation noch viele folgen. Der Teufel steckt aber – wie zumeist – im Detail. Wie leicht oder wie schwer ist es tatsächlich, eine Energiewende oder gar eine Energierevolution (also einen völligen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger und Rohstoffe) umzusetzen, und dies insbesondere in der vergleichsweise sehr kurzen Zeit von zwei bis drei Jahrzehnten, wie das in der Regel gefordert wird?

Da gibt es einerseits die Ansicht, dass im Grunde bereits alle Zutaten vorhanden seien, um das Klimaproblem zu »lösen«, und dass es in erster Linie am nicht vorhandenen Willen oder der Unfähigkeit der politischen Entscheidungsträger sowie auch dem permanenten Störfaktor der Klimaskeptiker liege, dass es bislang beim »echten Klimaschutz« noch so wenig Fortschritte gegeben habe. Ein Vertreter dieser Sichtweise ist beispielsweise der bekannte deutsche Meteorologe und Klimaforscher Mojib Latif. Er schrieb dazu in seinem 2020 erschienenen Buch »Heißzeit«<sup>2</sup>:

»Lösungswege zur Bewältigung des Klimaproblems existieren schon lange. Es sind in erster Linie die erneuerbaren Energien, die uns aus der Klimakrise führen können. Sonne, Wind oder Erdwärme und andere saubere, nichtfossile

---

1 Quaschnig/Quaschnig (2022)

2 Latif (2020), S. 18

Energiequellen sind im Überfluss auf dem Planeten vorhanden und könnten spielend den Energiehunger der Welt stillen, ohne die Umwelt über Gebühr zu belasten. Technisch wäre dies überhaupt kein Problem und innerhalb weniger Jahrzehnte umsetzbar. Die notwendigen Investitionen könnte die Finanzwirtschaft spielend zur Verfügung stellen. An Geld mangelt es der Welt wahrlich nicht, wie Corona gezeigt hat. Die Menschheit muss es nur wirklich wollen, einen entsprechenden Plan entwickeln und ihn konsequent und zügig umsetzen.«

Das klingt gut und vermittelt eine gewisse Grundzuversicht hinsichtlich einer möglichen kollektiven Lösungskompetenz angesichts der Klimakrise. Aber stimmt diese Aussage? Dass erneuerbare Energien im Überfluss vorhanden seien und spielend den Energiehunger der Welt stillen könnten und dass der Umstieg auf Erneuerbare<sup>3</sup> technisch überhaupt kein Problem wäre, stimmt bestenfalls dann, wenn man theoretische Potenziale betrachtet. In der schnöden Realität der Umsetzungspraxis sind theoretische Potenziale aber nur eines – eben theoretisch.

In Wirklichkeit ist die Umstellung des bisher weitgehend auf fossilen Rohstoffen beruhenden Energiesystems auf erneuerbare Energieträger ein sehr, sehr mühevoller, langwieriger und konfliktreicher Prozess, der mit vielen schwierigen Entscheidungen und – noch zu lösenden – Problemstellungen verbunden ist und dessen (End-)Ergebnis noch nicht so klar absehbar ist.

Die einfache Lösung »Fossile raus – Erneuerbare rein« suggeriert, dass ein Eins-zu-eins-Ersatz der fossilen Energieträger durch erneuerbare Energien prinzipiell möglich wäre. Dies ist jedoch höchst fraglich. Vermutlich muss eine post-fossile Welt ziemlich anders aussehen als die gewohnte fossile Welt mit ihrem Füllhorn an Technologien, ihren mannigfaltigen Bequemlichkeiten und lieb gewordenen (nicht mehr weiter hinterfragten) Selbstverständlichkeiten, die im Grunde keine sind. Es könnte durchaus eine Welt sein, in der die Party<sup>4</sup>, die durch das relativ ungehemmte Verbrennen fossiler Energieträger ermöglicht wurde, ihrem Ende zugeht und eine neue Bescheidenheit angesagt ist.

---

3 In diesem Text werden die Begriffe »Erneuerbare«, »erneuerbare Energien«, »erneuerbare Energietechnologien« in der Regel synonym gebraucht. Damit sind im Wesentlichen gemeint: hauptsächlich Photovoltaik und Windenergie, in weiterer Folge Wasserkraft, Solarthermie, Bioenergie, Geothermie, Gezeiten- und Wellenenergie. Weitere Details zu verwendeten Begriffen siehe Glossar.

4 Der Begriff der »Party« im Zusammenhang mit der fossilen Ära ist von Richard Heinbergs Buch »The Party's Over« entlehnt (Heinberg 2003)

In Bezug auf den Untertitel des Buchs (»Die Dilemmata der Energiewende«) möchte ich das *Grunddilemma der Energiewende* bzw. der Klimapolitik so zusammenfassen: Es besteht darin, dass wir auf der einen Seite möglichst rasch – im Grunde sofort und weltweit<sup>5</sup> – aus der Nutzung fossiler Energieträger aussteigen müssten, um die Dramatik der Erderwärmung zumindest zu bremsen. Auf der anderen Seite zeichnet sich klar ab, dass die Energiewende nicht so schnell und so einfach – wenn überhaupt! – umsetzbar ist, wie das vielleicht Viele hoffen oder sich wünschen (und auch Energiewende-Szenarien und ambitionierte Klimaziele zu suggerieren versuchen), und dass der Umstieg auf Erneuerbare mit nicht wenigen unerwünschten Nebenwirkungen und sich auftuenden Konfliktlinien verbunden ist. Dieses Grunddilemma verzweigt sich in verschiedene Unterdilemmata, die – zumindest gilt dies für einige der wichtigsten – in diesem Buch genauer besprochen werden sollen (siehe dazu insbesondere Teil 3).

## Gliederung des Buchs/Inhaltsübersicht

Dieses Buch ist in vier Teile gegliedert. Im Teil 1 geht es um einen geschichtlichen Rückblick und eine Bestandsaufnahme. Während die Geschichte der Energiewende im engeren Sinn in Deutschland beginnt und die Beleuchtung der Situation in Deutschland einen wichtigen Teil der Erörterungen in diesem Buch darstellt, ist mir auch der »Blick über den Tellerrand« wichtig. Denn letztlich muss die Energie- und Klimawende global gelingen (oder sie wird nicht gelingen). Daher zieht sich der Versuch, die globale Perspektive miteinzubeziehen, wie ein roter Faden durch das Buch.

Teil 2 beschäftigt sich mit den Perspektiven und Wunschbildern der Energiewende. Hier wird versucht, die gängigen Narrative und Szenarien darzustellen, die beschreiben, wie es mit der Energiewende weitergehen soll, wie eine Gesellschaft ohne fossile Energieträger aussehen und funktionieren könnte. Grundlage dafür bilden die sogenannten »Big 5«-Studien, welche von renommierten Institutionen in Deutschland erstellt und im Jahr 2021 veröffentlicht wurden und beschreiben, wie Deutschland das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 (bzw. 2050) erreichen könnte. Diese fünf Studien können als richtungsweisend für

---

5 Wie ich im Buch »Öko-Bilanz« (Schriefl 2021, S. 37–39) argumentiert habe, ist die Existenz eines »Carbon Budgets« (eines globalen CO<sub>2</sub>-Budgets), das noch verbraucht werden dürfe, im Grunde fraglich. Ein CO<sub>2</sub>-Budget von Null bedeutet, dass eigentlich weltweit (ab sofort) gar keine fossilen Energieträger mehr verbrannt werden dürften.

aktuelle Vorstellungen zur Umsetzung der Energiewende in einem bedeutenden Industrieland wie Deutschland gelten (und haben dadurch auch eine Bedeutung, die über Deutschland hinausweist). Aus dem Vergleich dieser Studien lassen sich einige generelle Aspekte ableiten, die auch für viele andere Energiewende-Szenarien gelten.

In Teil 3 geht es dann »ans Eingemachte«. Wie das auch schon der Untertitel des Buchs ankündigt, umfasst Teil 3 eine relativ ausführliche Diskussion verschiedener wesentlicher Dilemmata, die sich in Zusammenhang mit der Energiewende zeigen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit, aber doch mit dem Ziel, einige der wichtigsten Kontroversen und Konfliktlinien herauszuarbeiten). Teil 3 bildet damit das Kernstück des Buchs.

Folgende Themen werden in diesem Teil schwerpunktmäßig behandelt:

- *Versorgungssicherheit und Speicherbedarf*: Wie sicher ist eine Energieversorgung, die weitgehend auf der volatilen (und auch jahreszeitlich sehr unterschiedlichen) Stromerzeugung durch Sonnen- und Windenergie beruht? Welcher Speicherbedarf ergibt sich daraus? Kann der resultierende Speicherbedarf, welcher um Größenordnungen höher ist als zurzeit existierende Speicherkapazitäten<sup>6</sup>, überhaupt realistisch gedeckt werden? Wie hoch ist das Risiko eines Blackouts einzuschätzen?
- *Wasserstoffwirtschaft*: Eine mögliche »Lösung« des riesigen Speicherproblems ist die Produktion von sogenanntem »grünem Wasserstoff« (eventuell auch von synthetischem Methan auf der Basis von Wasserstoff). Was ist allerdings von einer Wasserstoffwirtschaft zu halten? Wird es sie jemals in großem Maßstab geben oder wird sie aufgrund ihrer schlechten Gesamtbilanz und anderer kritischer Aspekte eher auf Nischenanwendungen beschränkt bleiben?
- *»Wüstenstrom« und überregionaler Energietransport*: Die Idee klingt verlockend – Solarstrom soll zu einem großen Teil dort produziert werden, wo die Sonne viel mehr und regelmäßiger als in West- und Mitteleuropa scheint (etwa in Nordafrika) und dann entweder direkt über neue Stromleitungen

---

6 Für Deutschland müssten die Kapazitäten für die Kurz- und Langzeitstromspeicherung (in Summe) größenordnungsmäßig um den Faktor 1000 steigen, siehe dazu die Ausführungen im Kap. »Keine Angst vor Dunkelflauten und Blackout? – Der enorme Speicherbedarf für die Energiewende«.

oder umgewandelt als »grüner Wasserstoff« nach Europa transportiert werden. Um das sogenannte *Desertec*-Projekt (als eine mögliche Umsetzung der »Wüstenstrom«-Idee), das rund um das Jahr 2010 etwas stärker im Fokus medialer Aufmerksamkeit war, ist es allerdings erstaunlich ruhig geworden – warum eigentlich? Wie realistisch ist es, dass in absehbarer Zukunft größere Mengen an Energie aus benachbarten oder weiter entfernten Weltregionen tatsächlich nach Europa kommen?

- *Die Rolle der Kernenergie in einem zukünftigen Energiesystem:* In der ursprünglichen Konzeption der Energiewende, wie sie Anfang der 1980er-Jahre in Deutschland entstand, spielte der Ausstieg aus der Kernenergie eine zentrale Rolle. Der fundamentale Standpunkt einer kategorischen Ablehnung der Kernenergie hat aber Kratzer bekommen, wie auch die Debatte in Deutschland im Herbst 2022 über das Weiterbetreiben jener Kernkraftwerke, die Ende 2022 stillgelegt hätten werden sollen und als Ergebnis dieser Debatte eine kurze Laufzeitverlängerung bis April 2023 bekamen, zeigte. Selbst wenn man die Nutzung der Kernenergie nicht kategorisch ablehnt, ist es eine nicht so leicht zu beantwortende Frage, welche Bedeutung Kernenergie in einem zukünftigen Energiesystem haben könnte und welche limitierenden Faktoren sie betreffen.
- *Energiebilanz der Erneuerbaren und die Nettoenergieperspektive:* Wie lange dauert es, bis der Aufwand, der in den Ausbau der Erneuerbaren (und der begleitenden Infrastruktur) hineingesteckt wird, sich energetisch amortisiert? Das heißt, ab wann produzieren erneuerbare Erzeugungsanlagen (inklusive der zusätzlich benötigten Infrastruktur in Form von mehr Speichern und mehr Netzen) in einer Nettobilanz Energie? (Beziehungsweise – wie lange dauert es, bis diese klimaneutral sind, also die Treibhausgasemissionen für deren Errichtung wieder kompensiert haben?) Hier ergibt sich aufgrund der Daten- bzw. Studienlage ein differenziertes Bild. Eines ist allerdings evident: Je rascher ein neues Energieversorgungssystem ausgebaut wird, desto mehr »Anschubenergie« (und auch Anschub-Emissionen) werden zunächst benötigt.
- *Rohstoffbedarf für die Energiewende:* Für zumindest einige Rohstoffe (einige Schlüsselmetalle oder »transition minerals«, wie sie auch bezeichnet werden) ist ein erheblicher Mehrbedarf bei einer umfassenden und schnell »durchgepeitschten« Energiewende erwartbar. Insbesondere die Elektromobilität,

die im gängigen Narrativ der Energiewende als Problemlöser gilt, hat in dieser Hinsicht erhebliche Schattenseiten. Der Rohstoffbedarf (insbesondere für die Lithium-Ionen-Batterien, aber auch für andere Komponenten eines E-Fahrzeugs<sup>7</sup>) ist bei einer großflächigen Umstellung auf batteriebetriebene Fahrzeuge gewaltig. Auch für andere Schlüsseltechnologien der Energiewende – für stationäre Batteriespeicher, Elektrolyseure, Stromnetze, Windenergie- und Photovoltaikanlagen ergibt sich ein erheblicher Mehrbedarf an Rohstoffen (beispielsweise an Kupfer, das für die zunehmende Elektrifizierung im Zuge der Energiewende eine wesentliche Rolle spielt). Die bisherige Umsetzung der Energiewende ist noch stark »extraktivistisch« geprägt<sup>8</sup>, beruht also in erheblichem Ausmaß auf nicht rezyklierten, neu gewonnenen Rohstoffen. Recycling steckt im Zusammenhang mit den Schlüsseltechnologien der Energiewende in vieler Hinsicht noch in den Kinderschuhen.

Neben diesen in Teil 3 ausführlicher besprochenen Dilemmata gibt es einige weitere kritische Bereiche, die durchaus auch Aufmerksamkeit und eine ausführlichere Darstellung verdient hätten. Im Zuge der Entstehung dieses Buchs traf ich allerdings die Entscheidung, den Fokus auf die oben kurz umrissenen Bereiche zu legen, die in Summe bereits ein sehr umfassendes Bild der Problemlagen ergeben.

Diese weiteren kritischen Bereiche umfassen folgende Themen: Naturschutz versus Klimaschutz, die Rolle der Bioenergie, die gesellschaftliche Akzeptanz (welche insbesondere in Bezug auf Windenergie ein relevantes Thema ist), hohe bereits angelaufene und erwartbare Kosten für die Energiewende (insbesondere dann, wenn auch die zusätzliche Infrastruktur an Speichern, Backup-Kraftwerken und Stromnetzen mitberücksichtigt wird), der knappe Faktor Zeit und ein Mangel an Fachkräften (vor allem dann, wenn ein Nachfrage-Hype nach verschiedenen Technologien einsetzt), Rebound-Effekte, Auslagerungseffekte (sogenanntes »Carbon Leakage«) und die Unmöglichkeit von »grünem Wachs-

---

7 Im Vergleich zu einem Verbrennerauto ist der Bedarf an sieben Metallen (Kupfer, Lithium, Nickel, Kobalt, Mangan, Graphit, Seltene Erden) bei einem batterieelektrischen Auto in Summe in etwa um den Faktor 6 höher. Siehe dazu auch die Ausführungen im Kapitel »Materialschlachten – Reichen die Rohstoffe für die Energiewende?« in Teil 3.

8 Für eine umfassende Darstellung der begrenzten Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen und der ökologischen Konsequenzen des Bergbaus siehe z.B. Bardi (2013) oder Pitron (2020) bzw. das Kapitel »Materialschlachten – Reichen die Rohstoffe für die Energiewende?« (Teil 3).

tum«. Die letztere Thematik – die Fragwürdigkeit bzw. Unmöglichkeit von »grünem Wachstum« und die damit verbundenen Konsequenzen – wird allerdings in Teil 4 noch behandelt.

In Teil 4 erfolgt schließlich der Versuch, sich einen Reim auf das bis dahin Geschriebene zu machen und ein Resümee zu ziehen. Nach den vielen Details und dem Panoptikum an besprochenen Themen geht es abschließend darum, einen Schritt zurückzutreten und das größere Ganze (»the bigger picture«) in den Blick zu nehmen: Welche Schlussfolgerungen lassen sich mit großer Sicherheit ziehen, welche sind mehr spekulativer und thesenhafter Natur? Was ergibt sich als möglicher Ausblick?

Einleitend noch einige Klarstellungen: Dieser Text soll keine Polemik gegen die Energiewende sein. Aber viele – nicht alle – Argumente von Kritikerinnen und Kritikern der Energiewende sind durchaus gewichtig und ernst zu nehmen. Im Sinne einer Ausgewogenheit sollen daher unterschiedliche, kontroverse Positionen und Stimmen zu Wort kommen, und der Gehalt dieser soll diskutiert und eingeordnet werden.

Die Prinzipien der Wissenschaftlichkeit, Klarheit und Nüchternheit dienen mir als Leitschnur. Ich möchte den Dingen auf den Grund gehen und verfolge das Ziel, ein umfangreiches und unübersichtliches Themenfeld einigermaßen verständlich darzustellen. Ein möglichst realistischer, von Wunschdenken ungetrübter Blick auf die vielfältigen Problem- und Konfliktzonen des Jahrhundertthemas Energiewende soll also geworfen werden.

Der vorliegende Text nimmt zwar einerseits Bezug zu aktuellen Ereignissen, will sich aber andererseits nicht vom tagesaktuellen Geschehen und den teilweise hitzig geführten Debatten vor sich hertreiben lassen. Die grundsätzlichen Argumentationslinien sollen mit Ruhe und Bedacht entwickelt werden und sich durch eine gewisse Zeitlosigkeit und Unabhängigkeit von tagesaktuellen Ereignissen abheben.

Wichtig ist mir auch – wie bereits erwähnt –, immer wieder über den Tellerand der europäischen Sichtweisen und Diskussionen zu blicken und auch eine globale Perspektive einzunehmen. Denn es besteht sonst leicht die Gefahr, »im eigenen Saft zu schmoren« und die Welt – die eben doch vielfältiger und größer ist – durch einen Tunnelblick wahrzunehmen.

Auch die Dramatik einer bedrohlich sich zuspitzenden Klimakatastrophe<sup>9</sup> soll hier nicht relativiert werden (wie das von einigen Skeptikern des bisherigen

---

9 Eindringlich, überzeugend, aber auch schwer verdaulich dargestellt etwa in Lynas

Kurses der Energie- und Klimawende durchaus gemacht wird). Im Gegenteil – vertrete ich doch im Vergleich zur offiziellen Diktion des IPCC eine etwas pessimistischere Position (wie auch in meinem Buch »Öko-Bilanz« dargestellt<sup>10</sup>). Insofern nämlich, dass vermutlich ein »Carbon Budget« gar nicht mehr existiert, dass Kippunkte eventuell schon jetzt erreicht sein könnten, und dass wir uns – zumindest gedanklich und eventuell auch schon durch Taten – auf eine um 3 oder 4 Grad wärmere Welt als bei weitem realistisches Szenario vorbereiten müssen.

Denn die Möglichkeit der Erreichbarkeit des 2-Grad-Ziels oder gar des 1,5-Grad-Ziels ist bereits sehr, sehr gering geworden und das Festhalten an dieser Zielvorstellung ist wohl eher einem gerüttelt Maß an Zweckoptimismus, Wunschdenken und dem Bemühen, vor einer allgemeinen Lethargie und Resignation zu bewahren, geschuldet. Dennoch: Je weniger Kohlendioxid und andere Treibhausgase in Zukunft emittiert werden, desto eher besteht noch eine Chance, das »Allerschlimmste« zu verhindern (auch wenn wir uns dessen nicht sicher sein können und vermutlich auch unterschiedliche Vorstellungen bestehen, was denn nun dieses »Allerschlimmste« ist), und desto weniger Kohlendioxid muss auch später wieder aus der Atmosphäre entfernt werden, sei es nun auf natürlichem Weg – durch die Leistung der sogenannten Kohlenstoffsenken – oder auf technologischem Weg, wobei es an dessen Umsetzbarkeit berechtigte Zweifel gibt<sup>11</sup>.

---

(2021) oder in Wallace-Wells (2019).

10 Schrieffl (2021), Kap. »Heiße Zeiten – wird die Erde unbewohnbar?«, S. 27–41

11 Schrieffl (2021), S. 122ff., S. 310ff.

# **Teil 1**

## **Eine kurze Geschichte der Energiewende**