

Energiewende: Worum geht es wirklich?

Geschätzte Investitionen je nach den zu implementierenden Technologien.

Zusammengefasst:

- Die Dekarbonisierung erfordert die allgemeine Elektrifizierung aller Aktivitäten.
- Die notwendigen Kapazitäten und Investitionen lassen sich grob abschätzen (eine einfache Berechnungsmethode ist in einem Tabellenkalkulationsblatt angegeben).
- Sie müssen darauf ausgerichtet sein, die Nachfrage jederzeit zu befriedigen.
- Aufgrund ihrer Intermittenz sind Photovoltaik und Windenergie viel mehr ausser als in Betrieb.
- Die Wahl dieser "intermittierenden erneuerbaren Energien" setzt die Notwendigkeit der Speicherung voraus. Die Speicherung selbst ist eine Quelle von Verlusten, die kompensiert werden müssen.
- Die Investitionen sind enorm und werden durch den Bedarf an Speicherkapazität noch vervielfacht.
- Weder die Schweiz noch der Rest der Welt hat das Ausmass dieser Herausforderung wahrgenommen.

In Klimatistan ist immer alles möglich, man muss es nur wollen, verkünden, sich dafür einsetzen und darauf warten, dass andere es auch tun. Die Alarmisten sind nicht zufrieden, weil sie den Eindruck einer Farce bekommen., die Realisten sind ebenfalls nicht zufrieden, weil auch sie den Eindruck einer Farce bekommen. Die einen verlangen, dass alles sofort erledigt wird, die anderen erkennen, dass eine unmittelbare Umsetzung weder wahrscheinlich noch möglich ist. Dazwischen ist die Welt verwirrt und beginnt sich zu ärgern, sowohl über die Hysterie als auch über die frommen Wünsche und teuren Versprechungen.

Abgesehen von einigen begriffsstutzigen Verweigerern besteht ein Konsens - nicht wissenschaftlich gemeint, denn das wäre ein Oxymoron - wonach die menschliche Gesellschaft auf lange Sicht klären muss, wie sie sich ohne fossile Brennstoffe mit Energie versorgen kann. Es geht nicht um die Frage, ob die Empfindlichkeit des Klimas gegenüber Treibhausgasen hoch oder gering ist, es braucht so oder so eine Lösung dieses Problems. Es geht es um die Erschöpfung der Ressourcen, um die steigenden Kosten ihrer Gewinnung sowie um geopolitische Interessen (Öl und Gas Versorgung). Sollten wir uns eines Tages in einer *Netto-Null-Kohlenstoff*-Situation befinden – ich selber werde das wohl nicht erleben – bedeutet das, dass unsere einzigen primären Energiequellen, die Sonne und die Erdwärme, sowie spaltbare Materialien **eine allgemeine Elektrifizierung durchlaufen** müssen, um sinnvoll genutzt werden zu können. Andere Verfahren sind

zwar noch nicht ausgereift, dürften zukünftig aber auch eine Rolle spielen: so z. B. die thermische Zersetzung von Wasser zur Erzeugung von Wasserstoff oder die Kernfusion. Der Klimakatechismus schreibt nun aber vor: "Netto-Null bis 2050". Wir müssen uns also ansehen, was dies in der Praxis bedeutet.

Die mit Öl und Gas betriebenen Heizungen in Haushalten und in der Industrie müssen durch Wärmepumpen und Solarkollektoren ersetzt, Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren auf Elektroantrieb – mit oder ohne Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe – umgestellt werden. Industrielle Verfahren zur Herstellung von Stahl, Zement, Kunststoffen und Chemikalien müssen auf die Verwendung anderer Reagenzien umgestellt werden. Demgegenüber wird die viel zitierte Abscheidung und Sequestrierung von CO₂ nur marginale Mengen betreffen können.

All dies biete auch die Möglichkeit Betriebsbedingungen zu optimieren – nicht zuletzt auch auf der Verbrauchsseite – und Einsparungen zu realisieren, beispielsweise bei der Isolierung, aber auch bei der Klimatisierung von Gebäuden oder bei der Optimierung der Haustechnik. Das Sparen stösst jedoch an Grenzen, denn es sollte nicht mehr kosten, als es einbringt, weder in Form von Geld noch in Form von Lebensqualität. Die *Gilets Jaunes* sind wachsam und zudem ist auch die Opferbereitschaft nicht selig machend.

Wie sieht das nun zahlenmässig aus?

Zunächst muss der Bedarf für die allgemeine Elektrifizierung geschätzt werden: Wie hoch muss die Stromerzeugungskapazität im Jahr 2050 sein, um den Markt zu versorgen, bzw. die Nachfrage abzudecken? Sodann muss zweitens abgeschätzt werden, welche Investitionen notwendig sind, um dies zu verwirklichen. Eine dritte Frage, auf die hier nicht eingegangen wird, die aber bedeutungsvoll ist, betrifft die Anpassung des Verbrauchs an die neue Situation: Was braucht es an Infrastruktur, wie kann der Zugang und die Verteilung geregelt werden, wie erfolgt das Recycling, welche Importe sind notwendig, was für Exporte sind möglich, usw.

Es gibt zwei Möglichkeiten, Antworten auf diese Fragen zu erhalten. Entweder man beauftragt ein renommiertes Beratungsunternehmen damit, eine gründliche prospektive Studie zu erarbeiten oder man begnügt sich mit einer einfachen Überschlagsrechnung „*at the back of the envelope*“. Das erste Vorgehen kostet Monate und Hunderttausende von Franken, das zweite dauert wenige Tage und ist, bei minimalen Kosten, für die Beurteilung von Grössenordnungen genauso wertvoll.

Überschlagsrechnung zu den Investitionskosten

Die diesem Artikel beigefügte Tabellenkalkulation enthält eine Schätzung der Stromerzeugungskapazität, mit der für die Schweiz gerechnet werden muss. Man kann mit den Parametern experimentieren, um den Fall zu simulieren, der angemessen erscheint, oder die Empfindlichkeit testen, mit der man sich irren könnte. Nichts an diesen Zahlen entspricht einer Wahrheit, aber es ist möglich, ihre Plausibilität zu prüfen.

Bei einer einigermaßen realitätsnahen Betrachtung zeigt sich, dass rund 60 TWh pro Jahr zur Ergänzung der heutigen Produktion von ca. 65 TWh/a benötigt werden. In der Schätzung enthalten ist der Ersatz der Kernkraftwerke (23 TWh/a), nicht aber der Ersatz von Photovoltaik- oder Windkraftanlagen, die bis dahin veraltet sein werden. Ein geringes Wirtschaftswachstum ist ebenfalls enthalten. Für die Welt als Ganzes, deren Elektrifizierungsgrad noch niedriger ist, der sich aber voraussichtlich dem schweizerischen Wert annähern wird, muss mit einer Verdoppelung oder sogar Verdreifachung der derzeitigen Kapazität von 27'000 TWh/a gerechnet werden.

Ein weiteres Blatt der Kalkulationstabelle enthält eine grobe Schätzung der zur Erreichung der Versorgung notwendigen Investitionen. Es ist auch möglich, Szenarien mit einem je unterschiedlichen "Strommix" und unterschiedlichen eingesetzten Technologien (Photovoltaik [PV], Wind und Kernenergie) nach eigenen Prioritäten zusammenzustellen. Die hydraulische Energie könnte hinzugefügt werden, da aber die Wasserkraft bereits fast bis zur Sättigungsgrenze ausgebeutet ist, hat dies nur einen geringen Einfluss. Sämtliche "Bio"-Lösungen sind im Vergleich zur Photovoltaik sehr ineffizient und werden nur für marginale Zwecke eingesetzt. Die Nutzung von geothermischer Energie beschränkt sich auf wenige geeignete Standorte.

Zentral ist die Beachtung eines eisernen Energieversorgungsgesetzes:

«Die Gewinnung von Primärenergie muss weniger Energie erfordern, als sie liefert.»

Wäre dies nicht der Fall, müsste die gewonnene Energie mit zusätzlichen, anders gewonnenen Energieformen "subventioniert" werden. Das ist immer möglich, aber in grossem Massstab ist dies ein Verlustgeschäft. Die Energierendite muss zwingend grösser sein als eins: $ERoEI > 1$ (Energy Return on Energy Input).

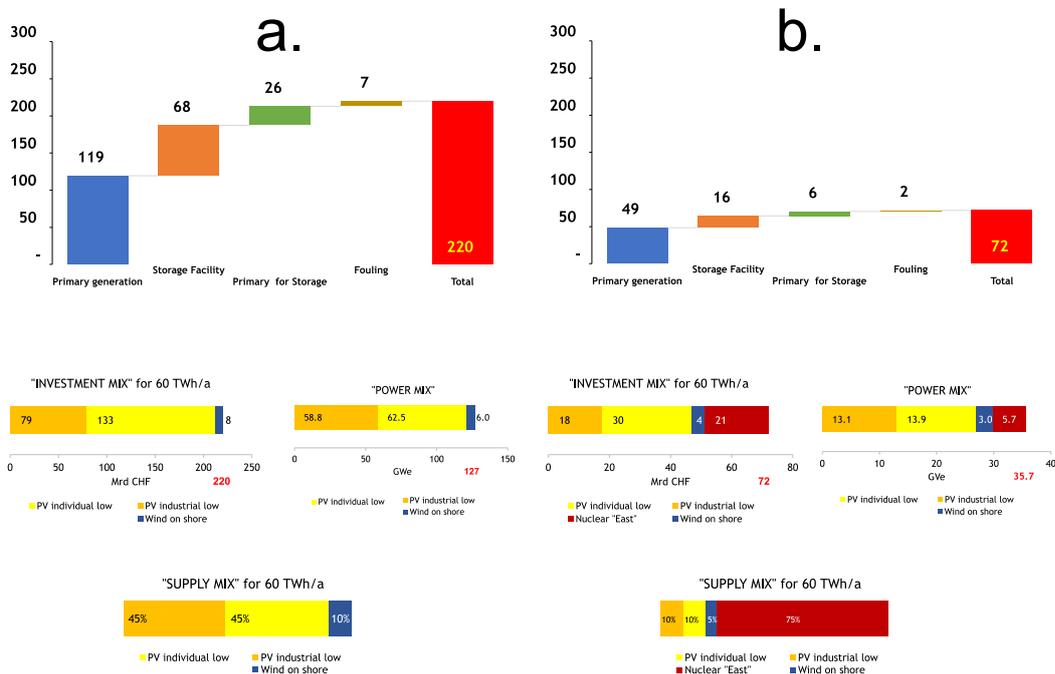
Die in der Beilage enthaltene Schätzung geht nicht von der Erzeugung aus, sie konzentriert sich vielmehr auf die Deckung der Nachfrage und dies zu jeder Tages- und Jahreszeit bei allen Wetterbedingungen. Diese Sichtweise wird vernachlässigt, weil die Stromwirtschaft in den Händen staatlicher Monopol-Unternehmen liegt, die sich daran gewöhnt haben, Renten zu verwalten und nicht, einen Markt zu befriedigen. Die immer wieder in ähnlicher Form vorgebrachte stolze Aussage "dieser Windpark liefert den

Strom für eine Stadt mit 50.000 Einwohnern" ist insofern eine Lüge, weil die Kosten für die notwendigen Zwischenspeicherkapazitäten, die für diese intermittierenden Produktionen unabdingbar sind, nicht berücksichtigt sind. Berücksichtigt man diese, sinkt der Ertrag und das ist selbstverständlich keine tolle Sache.

Ergebnis

Für die Schweiz würde die Bereitstellung von 60 TWh/a durch einen Mix aus 45% industrieller PV, 45% individueller PV und 10% Windkraft Gesamtinvestitionen von rund 220 Mrd. Fr. oder 7,3 Mrd. Fr. pro Jahr über die nächsten 30 Jahre erfordern.

Wäre wie durch ein gesetzgeberisches und soziales Wunder eine Lösung mit einem Mix aus 20 % Photovoltaik, 5 % Windkraft und 75 % Kernkraft denkbar, würden die Investitionen mit 72 Mrd. Fr. wesentlich geringer ausfallen. Am höchsten bliebe allerdings weiterhin der Investitionsanteil für erneuerbare Energien mit 71 %. Angesichts dieser Zahlen ist es legitim zu fragen, ob ein hartnäckiges Beharren auf erneuerbaren Energien wirklich sinnvoll ist.



© 2021. Michel de Rougemont

ER's Blog
On & Off the Line

Abbildung 1 Zwei Fälle von geschätzten Neuinvestitionen, um 60 TWh pro Jahr in der Schweiz zu liefern, in Mrd. CHF.
a: nur neue erneuerbare Energien
b: bescheidener Anteil an neuen erneuerbaren Energien kombiniert mit 75% Kernkraft.
Oben: Kaskade von Investitionen zur Kompensation der Intermittenz, Mrd CHF.
Mitte: Investitionen nach Technologien, Mrd CHF, und der installierten Nennleistungen (GWe).
Unten: Verteilung der Versorgung nach Technologien (TWh/a)

Der Leser, selbst der unaufmerksame, kommt nicht umhin, die wichtige Rolle zu erkennen, die die Speicherung spielen muss, um die Intermittenzen aufzufangen. Da der Anteil der erneuerbaren Energien im Moment bescheiden ist, bemerkt man dies vorläufig noch nicht, denn das europäische Verbundnetz fängt diese Schwankungen auf. Die bereits im Land vorhandenen Pumpspeicher leisten zudem gute Arbeit beim Ausgleich der täglichen Nachfrageschwankungen. Dies reicht aber nicht aus, um die Schocks der Produktion aufzufangen, sowohl in Bezug auf die Ladeleistung (W) als auch in Bezug auf die Speicherzeit (Wh). Will man sich darüber hinaus gegen winterliche Stromausfälle absichern, wenn Importe nicht mehr möglich sind, so ist eine zusätzliche Redundanz in Form von Gaskraftwerken erforderlich – dies ist in den aufgeführten Schätzungen nicht enthalten.

Erweitert auf eine globale Betrachtung ergibt sich aus der Schätzung eine Vorstellung von der Grössenordnung des Problems.

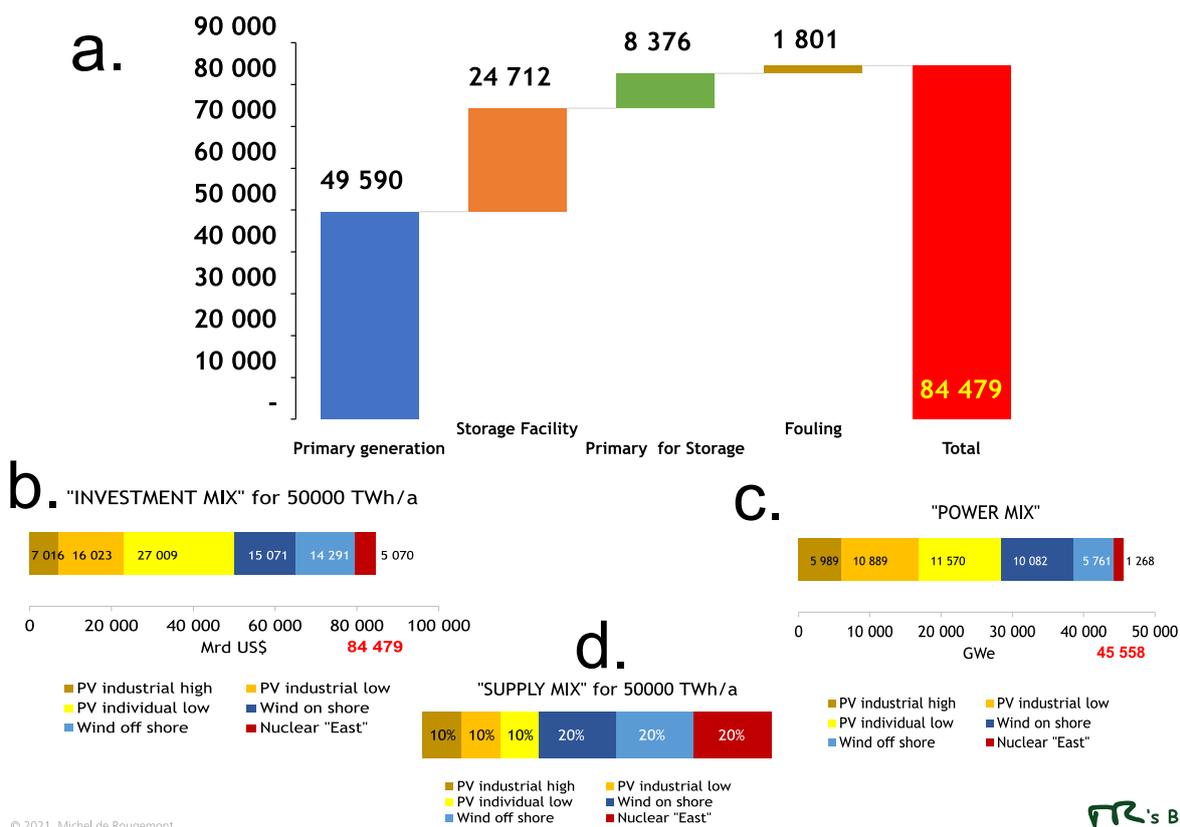


Abbildung 2 Weltweites Szenario: Die Aufstockung der derzeitigen 27.000 TWh/a um 50.000 TWh/a mit einem Mix aus 40 % industrieller Photovoltaik, davon 20 in günstigen Breitengraden, 40 % Windkraft, davon die Hälfte offshore, und 20 % Kernkraft würde Finanzmittel in Höhe von 84.500 Mrd. USD erfordern, was dem weltweiten BIP eines ganzen Jahres entspricht.

a. Kaskade von Investitionen, inkl. Speicherung so dass Unterbrechungen ausgeglichen werden. Milliarden US\$.
 b. Verteilung der Investitionen nach Technologien Milliarden US\$

- c. Verteilung der installierten Nennleistungen (GWe)
- d. Verteilung der Versorgung nach Technologien (TWh/a)

Wiederum lassen sich die Parameter der Schätzungen und die Szenarien nach Wunsch anpassen. Es zeigt sich, die Resultate – es handelt sich nicht um Prognosen und es besteht kein Anspruch auf Exaktheit – sind so oder so von einer ausserordentlichen Grössenordnung.

Hoffnung allein reicht nicht

Angesichts der Grösse und Komplexität der aufgezeigten Probleme und der Latenzzeit, die erforderlich ist, um einen Wandel herbeizuführen, scheint es klar, dass weder die kleine, reiche Schweiz noch die verwirrte grosse Welt sich auf dem Weg zu einer kurz oder mittelfristig erfolgsversprechenden Strategie der Dekarbonisierung befinden, die, nur aus Worten und Hoffnung bestehend, auch nur einen geringen Teil der Wünsche der Klimabewegten abdecken könnte. Mit anderen Worten: Es ist fahrlässig, künftige Beute ohne Rücksicht auf die Dimensionen, um die es geht, zu verteilen.

Notwendig und dringlich ist, weiterhin an der Lösung technischer und gesellschaftlicher Fragen zu arbeiten und in Forschung zu investieren, die zu technologischen Durchbrüchen führen kann (*break-through*). Dazu braucht es intensiven Wettbewerb auf höchstem Niveau – ohne Gefälligkeitsenthusiasmus. Lächerlich wäre es, wenn man sich nur anstrengen würde, um seinem Hobby zu frönen. Doch genau das wird bei Massnahmen zur „Innovationsförderung“ getan, die nur dazu dienen, sich selbst auf die Schulter zu klopfen. Der menschlichen Intelligenz und Kreativität sind keine Grenzen gesetzt, aber sie sind Ressourcen, die nicht mit einem Federstrich eingesetzt werden können.

Es hat keinen Sinn, sich über diese offensichtliche Unzulänglichkeit der bisher vorgeschlagenen Massnahmen zu empören, denn es sind die Fakten, die hartnäckig sind. Selbst wenn die Primärenergie der Sonne, die geothermische Energie und die spaltbaren Materialien für den Menschen praktisch unerschöpflich sind, werden wir sie nicht einfach dadurch beherrschen können, weil dies wünschenswert wäre. Wachstumsverzicht in der Form von *Degrowth* sowie Konsumbeschränkungen, Rationierungen und Regulierungen nach sowjetischem Zuschnitt sind und bleiben inakzeptabel, auch wenn solche Massnahmen zunehmend in verschiedensten Ländern zur Anwendung kommen, in denen das Leben nicht sehr lustig ist. Einem solchen Verhalten nachzueifern wäre gleichbedeutend mit dem Eingeständnis, die Menschheit sei unfähig die Probleme zu lösen, die sie sich selbst geschaffen hat; es ist unsinnig und daher inakzeptabel.

Wir werden also lernen müssen, in einer wärmeren Atmosphäre zu leben, und wir sollten besser aufhören, zu glauben, dass dieses verdammte Klima innerhalb von dreissig Jahren unter Kontrolle gebracht werden kann.

Nein, in Klimatistan ist nicht alles möglich.

Kaiseraugst, 11. November 2021

MR/TB/MR

Über den Autor:



Michel de Rougemont, Chemieingenieur, Dr. sc. tech, ist selbständiger Berater. www.mr-int.ch
Seine Tätigkeiten in der Feinchemie und in der Landwirtschaft stellen ihn vor zahlreiche Herausforderungen in Bezug auf die Sicherheit von Mensch und Umwelt, ohne dass er sie fürchtet. Er ist Autor von drei Essays "Réarmer la raison. De l'écologie raisonnée à la politique raisonnable" (2017), « Entre hystérie et négligence climatique » (2018) und « La grande illusion du sauvetage de la planète par une remise à zéro » (2021, auch auf Englisch). [Einzelheiten finden Sie hier.](#)
Er betreibt einen Blog blog.mr-int.ch, eine Klimaseite climate.mr-int.ch und eine weitere Seite über biologischen Pflanzenschutz in der Landwirtschaft biologicals.mr-int.ch.
E-Mail: michel.de.rougemont@mr-int.ch
Er hat keinen Interessenkonflikt in Bezug auf das Thema dieses Artikels.