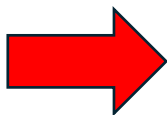


Das musst Du wissen

über den Klimawandel



über die Energiewende



Inhaltsverzeichnis

1 Einführung.....	3
2 Grundlagen und Begriffe.....	4
2.1 Primärenergie / Endverbrauch.....	4
2.2 Die Leistung (Watt).....	5
2.3 Der Arbeitsstrom; (Watt x Zeit).....	5
2.4 Der Energieverbrauch der Schweiz.....	5
2.5 Der Energieverbrauch pro Person.....	6
2.6 Die 2000-Wattgesellschaft.....	6
2.7 Die Energiedichte.....	7
3. Windräder.....	8
3.1 Windverhältnisse / windabhängige Turbinenleistung.....	8
3.2 Die Auslastung, der Volllaststunden-Faktor.....	9
3.3 Vergleich; Windstrom und Atomkraftwerk.....	10
3.4 Bedarfsgerechter und Flatterstrom.....	10
3.5 Der Platzbedarf.....	10
3.6 Der Siedlungsabstand.....	10
3.2 Die Auswirkungen auf die Umwelt.....	11
3.2.1 Die Landschaft.....	11
3.2.2 Das Mikroklima.....	11
3.2.3 Flora und Fauna.....	12
3.2.4 Der Rückbau.....	12
3.2.5 Die Lärmbelastung.....	13
3.3 Anzahl Windräder.....	14
4. Die Sonnenenergie.....	15
4.1 Referenzobjekt (Berechnungsgrundlage).....	15
4.2 Anzahl Referenzobjekte (Schweiz).....	16
4.3 Mix aus Sonnen- und Windenergie.....	16
4.4 Dachanlagen.....	16
4.5 Solaranlagen an Staudämmen.....	16
4.6 Der Albedoeffekt.....	17
5. Die Speicherung.....	17
5.1 Die Batterien.....	18
5.2 Pumpspeicherbecken.....	19
5.3 Wasserstoff.....	19
5.4 E-Fuels.....	21
6. Der Netzausbau.....	21

7. Der europäische Stromverbund.....	23
7.1 Die gegenseitigen Abhängigkeiten.....	23
7.2 Flatterstrom ist teuer	24
7.3 Wie der Strompreis an der Börse entsteht.....	24
7.4 Von der Plan- zur Marktwirtschaft.....	25
7.5 Knappe Ressourcen.....	26
8. Klimaziel	27
8.1 CO2-Ausstoss pro Kopf und Jahr	27
8.2 CO2-Ausstoss pro BIP/1'000£	27
8.3 CO2-Ausstoss pro kWh Strom.....	28
9. Ausblick	28
9.1 (Unrealistische) Anzahl Windräder und Solaranlagen	28
9.2 Die Speicherung	29
9.3 Back-up- Anlagen	29
9.4 Netzausbau	29
9.5 Der Bericht des DE Bundesrechnungshofes vom 7. März 2024.....	29

Vortrags-Angebote:

Klimawandel	Rückverfolgung des Klimaverlaufes und des CO2-Gehaltes in der Erd- und Klimageschichte. Wie weit ist ein Zusammenhang feststellbar zwischen dem Klimaverlauf und dem Verlauf des CO2-Gehaltes.
Extremwetter	Auflistung der Extremwetter der letzten 1000 Jahre: Die Jahrtausendflut, der Jahrtausendwinter, der Jahrtausendsommer, das Jahrtausendhochwasser. In welchen Zeiten fanden die extremsten Wetterereignisse statt.
Energiewende	Die Grenzen der alternativen Energieträger von Wind und Sonne. Sind sie in der Lage die Energie der fossilen Brennstoffe und den Atomstrom mengenmässig zu ersetzen?

1. Einführung

Die Klimaerwärmung ab dem Beginn des 19. Jahrhunderts und die Annahme, dass der Mensch zu 100% dafür verantwortlich sei, führte zum breit abgestützten politischen Entschluss, längerfristig gänzlich auf die fossilen Brennstoffe zu verzichten. Hinzu kam der Reaktorunfall 2011 in Fukushima, was gleichzeitig auch das Aus der Atomkraft bedeutete, namentlich im deutschsprachigen Raum. Somit gilt es nicht nur die Energie fossiler Brennstoffe, sondern auch noch die Kernenergie zu ersetzen.

Richten sollen es die Wind- und Sonnenkraft, die ja bekanntlich «keine Rechnungen stellen». Deutschland verstand sich schon früh als Vorreiter und begann ab dem Jahr 2000 mit dem Aufstellen von Windrädern. Das Land tat dies ohne jegliches Konzept. Inzwischen wurden 30'000 Windräder und 600 km² Solaranlagen in Betrieb genommen. Das Ergebnis ist ernüchternd. Der Ertrag liegt lediglich bei 10% des Primärenergiebedarfes. Mit der Umstellung traten Probleme namentlich am Netz zu Tage, an die vorher niemand dachte. Die inzwischen explodierenden Energiepreise liessen die Euphorie erlahmen. Die Industrie hat Investitionen eingestellt und beginnt, diese im Ausland zu tätigen.

Der Klimagipfel vom 30. November – 13. Dezember 2023 in Dubai brachte ein unerwartetes Ergebnis. 20 Länder gaben bekannt, die Atomkapazität bis 2050 zu verdreifachen, unter anderem die USA, Frankreich, Grossbritannien, Kanada und sogar Japan, trotz Fukushima. Tschechien, Polen, die Niederlande und andere europäische Staaten haben sich bereits früher neu zur Atomkraft bekannt, das windverwöhnte Holland mit der Begründung, dass es nicht gewillt sei, weitere Küstenstreifen für wenig Ertrag zu opfern. Im April 2024 gesellte sich auch noch Italien zu den Atomkraftbefürwortern.

Das bisherige sichere und günstige Energiekonzept mit Wasser- und Atomkraft, Kohle, Benzin, Diesel und Heizöl ist während 100 Jahren entstanden. Wer ein bewährtes System auf den Kopf stellen will, sollte sich gut überlegen, ob das neue ebenbürtig sein wird. Das übliche Vorgehen lautet: Vision – Machbarkeitsstudie- Planung – Bauen. Es kommt selten gut, von der Vision gleich mit der Bauphase zu beginnen.

Im Abstimmungsbüchlein des Jahres 2017 über das «Energiekonzept 2050» wurde versprochen, dass die Umstellung einen vierköpfigen Haushalt im Jahr lediglich Fr. 40.- kosten werde. Bundesrätin Simonetta Sommaruga eröffnete 2021 den Abstimmungskampf zum CO₂-Gesetz mit der Ankündigung, dass die Energiewende einen Kraftakt von 100 Mrd. erfordern werde. Das sind Fr. 48'000 pro Haushalt. Es gibt bis jetzt keine beruhigenden Anzeichen, dass sich die Politik und die Medien über die tatsächlichen technischen und finanziellen Auswirkungen der Energiewende im Klaren sind. Fehlt das Interesse an der Wahrheit, um das Projekt nicht in Gefahr zu bringen oder ist es Unvermögen, das Vorhaben technisch bis ans Ende fertig zu denken? Nachfolgend wird auf die drei wichtigsten technischen Klippen eingegangen.

Anzahl Anlagen

Als erstes ist die Frage zu beantworten, wie viele Windräder, bzw. Solarflächen für die Energiewende erforderlich sein werden. Das Bundesamt für Statistik erhebt jährlich den Energiebedarf jedes einzelnen Energieträgers. Daraus ergibt sich die Energiemenge (Atomkraft und fossile Energie), welche Wind und Sonne künftig übernehmen müssen. Was Windräder und Solaranlagen zu leisten vermögen ist kein Geheimnis.

Die zu ersetzende Energiemenge und das Leistungsvermögen von Wind und Sonne ergeben die erforderliche Anzahl Windräder, bzw. die Fläche für Solaranlagen.

Die Speicherung

Dass die Sonne in weniger als 50% scheint und der Wind in genügender Stärke mehrheitlich auch nicht zur Verfügung steht, belegen die über 100 Wetterstationen, welche seit Jahrzehnten die entsprechenden Wetterdaten erheben. Die Verfügbarkeit von Wind und Sonne ist belegt und entscheidet nicht nur über die Anzahl solcher Anlagen, sondern auch über die erforderliche Zwischenspeicherung. Sie muss bereitgestellt sein, bevor mit dem Bau von Wind- und Sonnenanlagen im grossen Stil begonnen wird. Um dieses Thema drückt man sich beharrlich. Bezüglich der Speicherung wird seit Jahren, ohne vernünftigen Ansatz an Ort und Stelle getreten. Die Hoffnung, auf den Wasserstoff oder die E-Fuels, entspringt einer gewissen Verzweiflung. Gemäss heutigem technischen Stand, sind beide eine Vision, welche an der Umsetzung aus wirtschaftlichen Gründen scheitern werden. Der technische Aufwand ist enorm (siehe unter dem Kapitel 5 «Speicherung»).

Die Netzkapazität

Wenn die fossile Energie durch Strom ersetzt werden soll, wird der Anteil des Stromes an der Gesamtenergiemenge massiv steigen. Das bestehende Stromnetz ist darauf nicht vorbereitet, bzw. nicht dimensioniert. Erst im Jahr 2023, 20 Jahre nach dem Beginn der Energiewende, hat Deutschland bemerkt, dass für den Netzausbau zwischen 250 und 450 Mrd.€ erforderlich sein werden. Solche Berechnungen wurden in der Schweiz noch nicht angegangen.

Nachfolgend werden Antworten auf diese drei Fragen gegeben:

2. Grundlagen und Begriffe

Die Energiewende ist ein technisches Projekt. Ohne gewisse Kenntnisse von Begriffen und Masseinheiten, kann man die Problematik der Materie verstehen.

2.1 Primärenergie / Endverbrauch

- Unter der Primärenergie versteht man die Energie direkt an der Quelle.
- Der Endverbrauch ist die Energie, die beim Verbraucher beim Stromzähler ankommt.
- Verluste entstehen dazwischen, bei der Übertragung (Leistungsverlust), der Speicherung oder beim Transformieren von der Hochspannung in die Mittel- und Niederspannung, und umgekehrt.
- Die Verluste im europäischen Netzverbund zwischen der Stromquelle und dem Endverbraucher betragen ca. 30%. Für die Stromproduktion ist die Primärenergie massgebend. Wer vom Endverbrauch ausgeht, dem fehlen am Schluss die 30%.
- Schlecht schneiden jene Energieträger ab, deren Strom vor dem Verbrauch gespeichert oder umgewandelt werden muss. Bei Speicherbecken gehen 50%, beim grünen Wasserstoff 70% verloren. Müssen diese Speicherungen in Anspruch genommen werden, muss die Produktion das Doppelte, bzw. über Dreifache betragen. Die bereit zu stellende Kapazitäten muss deutlich grösser sein,

als es der tatsächliche Verbrauch erfordern würde. Das schlägt auf den Energiepreis.

2.2 Die Leistung: Watt

Der Begriff wird im Alltag und auf dem Gebiet der Energietechnik unterschiedlich verwendet.

Im Alltag: versteht man unter der Leistung das Tagewerk eines Arbeiters oder einer Maschine.

Technisch: In der Technik versteht man unter der Leistung das Leistungsvermögen, die zur Verfügung stehende Kraft oder die Produktivität. Bei Fahrzeugen redet man von Pferdestärke (PS). Die PS-Zahl sagt noch nichts über die gefahrenen Kilometer (geleistete Arbeit) und die Leistung einer Turbine (MW) noch nichts über den erzeugten Strom (MWh) aus.

Die Masseinheit für die Leistung ist Watt. Mit 1 – 2 Watt kann man eine Taschenlampe betreiben, mit 1'000 Watt einen Staubsauger.

1 Joule entspricht 1 Wattsekunde. Damit lässt sich gemäss Definition ein Gramm Wasser in einer Sekunde um 2.4° erwärmen. Die Masseinheit Joule ist in diesem Zusammenhang eher selten, meist dann, wenn die verschiedensten Energieformen verglichen und in eine Berechnung gebracht werden. 1 Terrajoule entspricht 0.278 GWh.

$$\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampere}$$

Behelfsmässig lässt sich die Formel mit einem Wasserschlauch vergleichen. Der Druck (Volt oder Spannung) und der Querschnitt (Ampere) bestimmen darüber, was eine Leitung zu leisten im Stande ist. Das Produkt aus Volt und Ampere ergibt erst die Leistung (Watt), jedoch noch nicht die Wasser-, bzw. Strommenge.

Weil Watt eine sehr kleine Einheit ist, gerät man bei dessen Anwendung schnell in grosse, etwas unhandlich Einheiten. Es sind deshalb folgende Masseinheiten gebräuchlich:

1'000 Watt	1 Kilowatt	für Geräte
1'000'000 Watt	1 Megawatt	für Windräder
1'000'000'000 Watt	1 Gigawatt	für AKW oder Kohlekraftwerke
1'000'000'000'000 Watt	1 Terrawatt	für ein ganzes Land

2.3 Der Arbeitsstrom; (Watt x Zeit)

Darunter versteht man den tatsächlichen Stromverbrauch, welcher am Stromzähler abgelesen und in Rechnung gestellt wird. Er errechnet sich:

$$\text{Volt} \times \text{Ampère} \times \text{Zeiteinheit (Std.)} = \text{Wattstunde}$$

$$\text{Watt} \times \text{Stunde} = \text{Wattstunde, Wh}$$

Die gebräuchlichen Abkürzungen sind kWh (Kilowattstunde), MWh (Megawattstunde) usw. Wenn ein elektrisches Gerät mit einer Leistung von 500 Watt 20 Stunden in Betrieb ist, verbraucht es 10'000 Wh, oder 10 kWh.

2.4 Der Energieverbrauch der Schweiz

Für die nationale Energiemenge eignet sich die Masseinheit Gigawattstunden (GWh).

Produkt	GWh	Total GWh	100% = 210'000 GWh
Brennstoffe	25'000		12
Treibstoffe	<u>72'000</u>		34
Erdölprodukte total		97'000	
Gas		29'000	14
Atomstrom		24'000	11
Übrige Energie (Wasserkraft, Wind und Sonne)		60'000	29
		210'000	100

Die Angaben stammen vom Bundesamt für Statistik in Bern für das Jahr 2022

Die fossilen Brennstoffe (97'00 + 29'000) und die Kernenergie (24'000) machen zusammen 150'000 GWh (ca. 70%) und müssen zur Erreichung der Klimaneutralität durch die Wind- und Sonnenenergie ersetzt werden.

**Für die Berechnung der Anzahl Windräder oder Solaranlagen sind somit
150'000 GWh massgebend.**

2.5 Der Energieverbrauch pro Person

Er beträgt pro Person und Jahr 25'000 kWh (210'000 GWh/8.5 Mio. Einwohner), der fossile Anteil ist 70%, entspricht 17'500 kWh pro Person und Jahr, welcher durch Wind und Sonne zu ersetzen sind.

Im Zusammenhang mit dem Bau von Windrädern, wird oft mit der Anzahl Haushalte geworben, welche ein Windrad versorgen könne. Dabei geht man von einem Strombedarf von lediglich 3 – 5'000 kWh/Jahr und Haushalt aus. Das ist eine Täuschung. Jede Person verbraucht 17'500 kWh allein an fossiler und atomarer Energie. Das ergibt für einen dreiköpfigen Haushalt 52'500 kWh und für einen vierköpfigen Haushalt 70'000 kWh. Für die Erreichung der Energiewende ist das die massgebende Grösse.

Die Täuschung rührt daher, dass die Industrie, das Gewerbe, Schulen, Freizeitanlagen, Spitäler usw. ausgeblendet werden. Die Mitglieder eines Haushaltes verbrauchen tagsüber reichlich Strom auch ausserhalb der eigenen vier Wänden. Aussagekräftiger ist die Berechnung der Anzahl Windräder über den Gesamtverbrauch einer Gemeinde oder Region. Diese Betrachtungsweise ist dann nicht mehr so grossartig.

Die erneuerbaren Energien nur am aktuellen Stromverbrauch zu messen ist nicht korrekt – nur beschönigend – und ergibt keinen Sinn. Sie müssen in Relation der zu ersetzenden Energie (fossile Brennstoffe und Atomstrom) gesetzt werden.

2.6 Die 2000 Watt-Gesellschaft

Die Stadt Zürich hat 2008 mit grossem Mehr der «2000 Watt Gesellschaft» zugestimmt. 2000 Watt ist die Leistung, welche konstant pro Person zur Verfügung stünde und nicht etwa der Stromverbrauch (Wh). Das sind auf die 8'760 Stunden eines Jahres umgerechnet 17'500 kWh. Es sind 7'500 kWh weniger als der aktuelle Verbrauch.

Zufälligerweise entsprechen die 17'500 kWh der Menge fossiler Energie pro Person. Das angestrebte Ziel der Stadt Zürich ist es, 30% weniger Energie zu verbrauchen (100% entsprechen 25'000 kWh).

Zitat der Projektleitung Energie Schweiz: «Die 2000 Wattgesellschaft inkl. dem Netto-Null-Ziel ist die beste energie- und klimapolitische Vision, die wir heute haben. Methodisch fundiert, politisch verankert, bei Experten, Entscheidungsträgern und Bevölkerung be- und anerkannt».

Das klingt beeindruckend, aber immer noch erst visionär. Die Probleme und werden bei der Planung auftreten und zur Ernüchterung führen.

2.7 Die Energiedichte

Material (m3)	Energie (kWh)
Wasserstoff	3
Erdgas	10
Flüssiggas	28
Diesel	9'800
Solarpanel (m ²)	230 kWh/Jahr
Uran (1 kg)	22'700'000 kWh
1 Windrad	6 – 8'000'000 kWh/Jahr

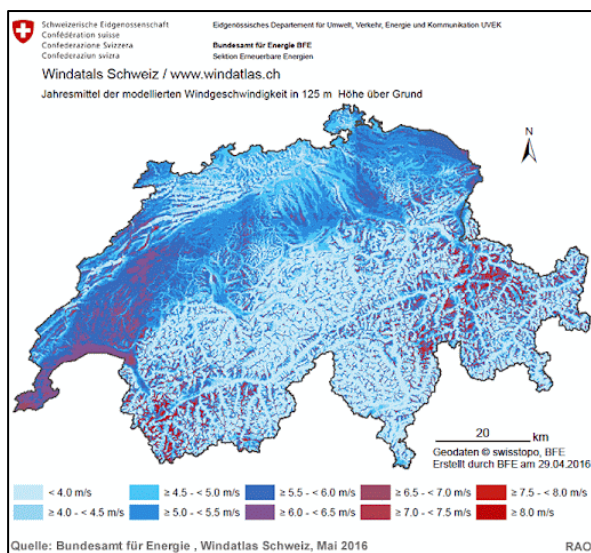
Wasserstoff	Er ist das kleinste Atom im Universum und der vollkommene Brennstoff. Die Gewinnung und das Handling sind allerdings aufwändig und kompliziert, weshalb ihn die Menschheit nie ernsthaft nutzte und stattdessen Kohle schürfte und nach Öl bohrte. Er wird erst bei 250° flüssig und diffundiert selbst durch Behälter aus Stahl. Er hat eine sehr geringe Energiedichte, weshalb grosse Speichervolumen erforderlich sind. Materialien von Behältern und Leitungen verspröden schnell.
Flüssiggas	Erdgas verflüssigt sich bei -162°. Die Abkühlung, der Transport auf den Meeren und die anschliessende Verdampfung erfordern viel Energie, bzw. Verluste. Flüssiggas ist ein teurer Energieträger. Flüssiggas setzt beim Verbrennen CO ₂ frei – ist somit nicht klimaneutral.
E-Fuel	sind synthetische, flüssige oder gasförmige Brennstoffe, hergestellt aus Kohlendioxid und Wasser. Hoher Energieaufwand. Es existieren noch keine funktionierenden Grossanlagen, wie sie einmal erforderlich wären. E-Fuels sind nur sinnvoll, wenn sie mit grüner Energie hergestellt werden. Bei deren Verbrennung wird CO ₂ freigesetzt. E-Fuels sind nicht wirtschaftlich.
Uran	Es ist erstaunlich, was in 1 kg Uran steckt. Drei Windräder schaffen erst in einem Jahr die selbe Energiemenge und erst noch

bedarfsgerecht. Das erklärt den enormen Platzbedarf der alternativen Energieträger gegenüber AKW's.

- Windräder Der Materialaufwand in Bezug auf das Leistungsvermögen ist erheblich. Neue Anlagen sind 250 Meter hoch, 10'000 Tonnen schwer und beanspruchen $\frac{1}{3}$ km². Der Nachteil: Das Wetter bestimmt über die Verfügbarkeit von Windstrom und nicht der Bedarf am Arbeitsplatz oder im Haushalt.
- Solarenergie Eine Grossanlage von 100'000 m² liefert 23 GWh/Jahr. Das entspricht in etwa 3 Windrädern.

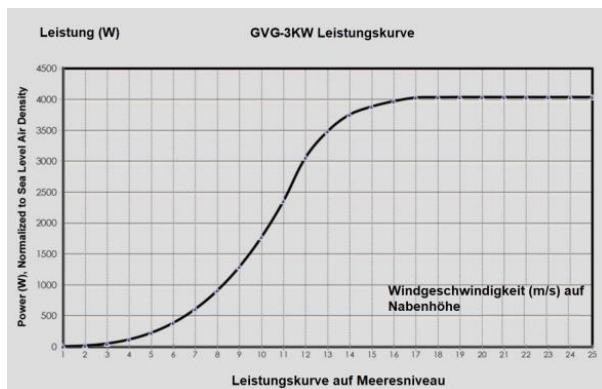
3 Windräder

3.1 Windkarte / windabhängige Turbinenleistung



Windatlas Schweiz

Standort für Windräder ist oder doch eher für Wasserkraftwerke.



Die Leistungskurve bildet das V₃-Gesetz ab. Ist unabhängig vom Produkt der Turbine

Die Energiemenge, die ein Windrad zu erbringen vermag, hängt von der Leistungsfähigkeit (MW) der Windturbine und der Windstärke ab, der sie antreibt, (m/sec). Es ist üblich, mit der Einheit m/sec zu arbeiten. 1 m/sec entspricht 3.6 km/h.

Holland mahlte früher sein Mehl mit Wind-, die Schweiz mit Wasserrädern. Es erstaunt deshalb nicht, dass 90% der Windräder Deutschlands nördlich von Berlin stehen und die Schweiz ihren Strom mit der Wasserkraft erzeugt. Die Windgeschwindigkeit beträgt im Jahresdurchschnitt 5 – 6 m/sec. Das ist die Hälfte von Norddeutschland. Damit stellt sich die Frage, ob die Schweiz überhaupt ein guter Standort für Windräder ist oder doch eher für Wasserkraftwerke.

Gemäss dem V₃-Gesetz der Strömungslehre nimmt die Leistung einer Wind- oder Wasserturbine in der dritten Potenz zur Strömungsgeschwindigkeit zu oder ab. An der Nordseeküste beträgt sie ca. 10 m/sec. Daraus ergibt sich, dass das selbe Windrad in der Schweiz lediglich $\frac{1}{8}$ zu leisten vermag.

Die abgebildete Leistungskurve entspricht dem V₃-Gesetz. Sie sieht deshalb für alle Windradtypen gleich aus. Sie unterscheidet sich nur bezüglich der Ordinate (Leistung Watt). Allen gemeinsam ist, dass die Turbinen erst ab einer

Windgeschwindigkeit von ca. 5 m/sec beginnen Leistung abzugeben. Wie noch zu sehen sein wird, schneiden Windräder in der Schweiz nicht um den Faktor 8 schlechter ab. Der Wind bläst nicht konstant, die tatsächlichen, schwankenden Windverhältnisse führen zu einem besseren Ergebnis als es der theoretische Durchschnittswert vermuten lässt. So oder so:

Mit wenig Wind viel Strom zu erzeugen, hat seinen Preis.

3.2 Die Auslastung, der Volllaststunden-Faktor

Die Auslastung wird mit dem Volllaststunden-Faktor ausgedrückt. Es ist der Quotient aus dem erzeugten Strom (MWh) und der installierten Leistung (MW). Das Ergebnis ist die Stundenzahl (h), während der ein Windrad unter Volllast während eines Jahres gefahren wäre. Diese Stundenzahl wird ins Verhältnis zur Jahresstundenzahl von 8'760 Stunden gesetzt. Das Ergebnis ist eine %-Zahl. Um es etwas einfacher auszudrücken, man vergleicht die produzierte Strommenge mit der Menge, welche eine Turbine während eines Jahres theoretisch liefern könnte. Zum Vergleich: Der Kühlschrank hat eine Auslastung von 100%, ein Eierkocher von vielleicht 1%. Die Auslastung und der Wirkungsgrad sind nicht das selbe. Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel Energie eingesetzt und wie viel davon genutzt werden kann. Das offizielle Rating der Auslastung für die verschiedenen Energieerzeuger präsentiert sich wie folgt und ist unbestritten:

Geothermie	95 %
Kernenergie	88 %
Braunkohle	76 %
Windräder, offshore	35 %
Windräder, onshore	20 %
Windräder Schweiz	17 %
Windpark am Gotthard	11 %
Photovoltaik	12 %

Berechnung der zu erwartenden Strommenge

Die Geheimniskrämerei um die Windmessungen ist überflüssig und nicht vertrauenswürdig. Die offizielle Windkarte ist genügend aussagekräftig. Ob ein Standort etwas günstiger ist oder nicht, ist für die Gesamtbetrachtung des Nutzens von Windrädern unbedeutend.

Mittels Windmessungen	Aus der gemittelten Jahresdurchschnitts Windgeschwindigkeit, aufgrund von Windmessungen, resultiert die entsprechende turbinenspezifische Leistungsabgabe. Multipliziert mit den 8'760 Jahresstunden erhält man die prognostizierte Jahresstrommenge.
Mit dem Volllaststundenfaktor	Max. Turbinenleistung x 8'760 Stunden x Volllaststundenfaktor Der Volllaststundenfaktor kann von bestehenden Windanlagen vergleichbarer Objekte der Region übernommen werden. In der Schweiz beträgt er ca. 17%. Er ist in der Westschweiz etwas höher als im

Osten. Er nimmt gegen Norden zu und beträgt an der Nordseeküste ca. 30%.

Die bescheidenen Auslastungen von Wind (<20%) und Sonne (ca. 12%) haben zwei erhebliche Nachteile: die grosse erforderliche Kapazität und die Glättung, d.h. die bedarfsgerechte Verteilung des Stromes über die Zeit.

3.3 Vergleich von Windstrom und einem AKW

Um eine 100%ige Versorgungssicherheit zu erreichen, muss bei einer 20%igen Auslastung die Kapazität verfünffacht werden. Ein mittleres Kernkraft hat eine Kapazität von 1'000 MW (z.B. Gösgen), ein Windrad eine solche von 5 MW. Bei beidseitig voller Auslastung wären 200 Windräder für den Ersatz des AKWs erforderlich. Unter Berücksichtigung des Volllaststundenfaktors ergibt sich für das AKW: $1'000 \text{ MW} \times 88\% = 880 \text{ MW}$ – für das Windrad $5 \text{ MW} \times 20\% = 1 \text{ MW}$. Es sind somit nicht 200, sondern 880 Windräder erforderlich. 680 Windräder ($880 - 200$) sind allein für das stetige Füllen der Speicher notwendig.

3.4 Bedarfsgerechter und Flatterstrom

Der Windstrom fällt nicht an, wann er gebraucht wird, sondern willkürlich, d.h. die produzierte Strommenge muss «geglättet» werden, wie das im Fachjargon heisst. Das kann nur über einen Speicher erfolgen. Bei der Wasserversorgung ist das selbstverständlich. Dank Reservoirs können wir duschen, auch wenn es nicht regnet. Die Speicherung ist der grosse Pferdefuss der Wind- und Sonnenenergie. Seit 30 Jahren tritt man diesbezüglich an Ort und Stelle. Wer bereits mit Systemen operiert, die noch nicht ausgereift sind, wird scheitern. Wer der Auffassung ist, «man müsse nur genügend in die entsprechende Forschung stecken», macht es sich gar einfach. Die Speicherung ist primär ein technisches und vermutlich auch ein finanzielles Problem.

Der Speicherung wird ein separates Kapitel gewidmet.

3.5 Der Platzbedarf

Ein Windpark ist eine Industrieanlage. Sie beeinträchtigt Flora und Fauna. Den Platzbedarf lediglich auf die Fundamentgrösse zu reduzieren, ist nicht ehrlich. Er ergibt sich aus den Arealflächen, welche als Spezialzone anderen Flächen entzogen werden muss. Windräder haben untereinander einen bautechnischen Minimalabstand. Er beträgt üblicherweise in der Hauptwindrichtung vier und rechtwinklig dazu drei Rotor-durchmesser. Daraus ergibt sich der Platzbedarf bei einem Durchmesser von 160 m von $640 \text{ m} \times 480 \text{ m} = 30 \text{ Hektaren}$, was ca. 3 Windräder pro km^2 entspricht.

3.6 Der Siedlungsabstand

In Deutschland gilt ein Siedlungsabstand von 1'000 Metern, im Freistaat Bayern von der 10-fachen Höhe. Bei 250 Meter hohen Anlagen sind das 2.5 km. Da bleibt nicht mehr viel Platz für Windräder übrig. Das sind subjektive Abstände, ohne klar begründete Kriterien.

Solche Abstände würden in der kleinräumigen Schweiz das AUS der Windräder bedeuten. Geplant ist deshalb ein Abstandsregelung, wie er sich aus der Lärmschutzverordnung ergibt. Damit werden Abstände von weniger als 1'000 Meter möglich. Auch

wenn Lärmschutzwerte eingehalten werden. Wer an einer ruhigen Lage wohnt, lässt sich nicht mit einem eingehaltenen Grenzwert beruhigen. Dass die plötzliche Nähe einer Liegenschaft zu Windrädern einen Wertverlust erleiden, überrascht nicht. Wie hoch er ausfallen wird, werden wohl die Gerichte einmal bestimmen müssen. Dem Thema Lärm ist ein eigenes Kapitel gewidmet.

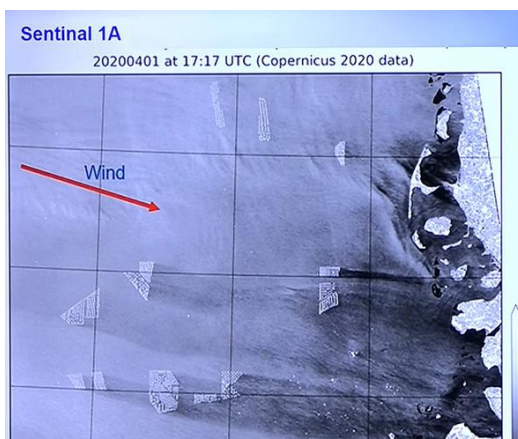
3.2 Die Auswirkungen auf die Umwelt

3.2.1 Die Landschaft

Glühende Befürworter von Windrädern werden sich kaum an deren Anblick stören. Wer sie ablehnt, wird sich schwerlich darüber erfreuen. Unbestritten ist, dass grossräumige Landschaften wie sie in Deutschland oder Frankreich zur Verfügung stehen, grosse Windräder optisch schlucken. Man sieht sie meist in gebührendem Abstand. Kleinräumige Landschaften, wie z.B. das Alpsteingebiet, das Emmental oder das Entlebuch, würden optisch massiv beeinträchtigt. Der Trend bewegt sich zu immer höheren Anlagen. Waren es vor 20 Jahren noch 120 Meter, plant man bereits 250 Meter hohe Windräder. Das stellt hohe Anforderungen an die Zufahrten. Sie müssen genügend breit sein und dürfen keine engen Kurven aufweisen. Der Transport von 50 Meter langen Rotorblättern ist nur mit 8 – 10achsigen Spezialfahrzeugen möglich. Damit entfällt der schlecht zugängliche Alpenraum, bzw. Höhenlagen ab ca. 1'500 m ü.M. fast vollständig für Windrad-Standorte.



Windpark Horns, Nordsee



Aufnahme über der Deutschen Bucht. Dunkle Bereiche = Leeseite der Windparks. 1 Balken entspricht 25 km

3.2.2 Mikroklima, der Abschattungs-Effekt

Windräder entziehen der Atmosphäre Energie. Deshalb ist die Windgeschwindigkeit auf der Luvseite eines Windrades grösser als auf der Leeseite. Je mehr Energie entzogen wird, desto grösser ist die Differenz zwischen Luv- und Leeseite.

Über die Frage, wie weit Windparks Einfluss auf die Abschattung (Reduzierung der Luftgeschwindigkeit) und das Niederschlagsmuster haben, wird seit einiger Zeit heftig gestritten. Windradbefürworter haben diese Effekte zum Vornherein vehement bestritten. Windradbetreiber sind da vorsichtiger, weil der Abschattungs-Effekt Einfluss auf ihren Ertrag hat, bzw. die Abstände von Windparks vorgibt. Windradbetreiber werden deshalb mehr Interesse an einer ordentlichen Abklärung haben.

Der Satellit Sentinel 1A der ESA ist in der Lage Differenzen der Windgeschwindigkeiten z.B. im Bereich von Windparks sichtbar zu machen. Das Bild zeigt, dass die Abnahme des Windes noch in einem Abstand von 50 km zu einem Windpark spürbar ist. Windparks im

Windschatten anderer Windparks werden deshalb einen kleineren Ertrag abwerfen. Die Niederschläge an der deutschen Bucht werden von den Luftmassen mit hoher Luftfeuchtigkeit vom Atlantik her verursacht. Was für Auswirkungen eine reduzierte Windgeschwindigkeit auf die Niederschlagsmenge an der Küste und im Hinterland hat, ist eine offene Frage. Das Mass der Auswirkungen hängt von der Anzahl der Windparks ab. Deutschlands Windparks in der Nordsee haben aktuell eine Leistung von 8.5 GW, bis 2045 sollen es 70 GW sein. Die EU will ihre Kapazität von 120 GW bis 2050 auf 300 GW steigern, Das AKW Gösgen hat eine Leistung von 1 GW. Da stellt sich die Frage, ob all die vielen Windräder nicht zu einer permanenten Flaute und einer Änderung des Mikroklimas führen werden.

3.2.3 Fauna und Flora

Wie die Auswirkungen auf die Natur ausfallen werden, ist Spekulation. Windräder im Wald stören wegen der Rotation und des Lärmes die Wildtiere. Ob sie solche Gebiete meiden, ist noch unerforscht. Dass Vögel und Fledermäuse oftmals Opfer von Rotorblättern sind, ist bekannt. Die Rotorspitzen bewegt sich mit Geschwindigkeiten zwischen 350 – 400 km/h. Überspitzt lässt sich sagen, dass wohl kaum jemand zur Förderung von Flora und Fauna Windräder aufstellen würde. Daraus ergibt sich der entsprechende Umkehrschluss.

3.2.4 Der Rückbau



Rotorblätter vor dem Vergraben

Die Lebensdauer von Windrädern beträgt rund 20 Jahre. Die ersten Anlagen in Deutschland haben dieses Alter erreicht. Am anfälligsten sind die Rotorblätter. Die hohe Geschwindigkeit der Blattspitzen führt dazu, dass sich die Rotorblätter beginnen aufzulösen. Die Türme bestehen oft aus vorgespanntem Beton. Die enormen Kräfte und vor allem die Schwingungen führen zu schnelleren Ermüdungserscheinungen des Materials. Das Überholen lohnt sich oftmals kaum mehr. Zwischen 2018 und 2020 wurden in Deutschland mehr Anlagen stillgelegt als zugebaut.

Das Niveau von 2016 wurde noch nicht erreicht. Stillgelegte Anlagen müssten theoretisch rückgebaut werden. Zwei Bauteile machen Probleme. Die Fundamente aus Stahlbeton messen gegen 1'500 m³ und wiegen rund 3'500 Tonnen. Es ist schwer vorstellbar, dass diese je abgebaut werden. Die Rotorblätter sind Sondermüll und bestehen aus einem Materialverbund aus Glas- Carbonfasern, Epoxid- Vinylharz und Balsaholz. Weil die Entsorgung technisch noch nicht gelöst ist, werden Rotorblätter in Europa zwischengelagert und in den USA vergraben. Ob die Betreiber finanziell noch in der Lage sein werden Windradanlagen ordnungsgemäss zu entsorgen?

3.2.5 Die Lärmbelastung

Schallwellen sind Druckwellen. Sie wirken auf unseren Körper, ob wir sie hören oder nicht- auch auf Gehörlose. Am oberen Ende der Skala der hörbaren Töne liegt der Ultra-, am unteren Ende der Infraschall. Windräder liegen im Bereich des Infraschalls, nicht für alle hörbar. Trotzdem «bearbeiten» die Schallwellen unseren Körper. Tiefe Töne durchdringen Wände, Mauern und den menschlichen Körper. Das ist problematisch. Je nach Frequenz vermögen sie auf Organe einzuwirken. Unwohlsein, Kopfwahl und unregelmässiger Herzschlag können die Folgen sein. Es reicht deshalb nicht, allein auf die Empfindlichkeit des Ohres zu achten.

Schall- und Wasserwellen sind vergleichbar. Kurze Wellen verlieren sich schnell. Lange Wellen reichen weit. Die Tsunamiwelle, welche durch das Seebeben 2004 vor der Küste von Jakarta ausgelöst wurde, richtete noch im 7'000 km entfernten Mombasa an der ostafrikanischen Küste, Schäden an. Langwellige Energie hat eine enorme Kraft, die kaum aufgehalten werden kann. Ähnlich, wenn auch nicht im selben Ausmass, verhalten sich Infraschallwellen. Daraus wird ersichtlich, dass mit einem minimalen Siedlungsabstand nicht viel erreicht werden kann. Der Infraschall ist ein Problem, dem mit technischen Mitteln nur schwer beizukommen ist. Je dichter eine Landschaft besiedelt ist, desto problematischer sind Windrädern.



Die Lärmbelastung von Windrädern bewegt sich im grünen Bereich. Sie ist nicht für alle hör- jedoch für alle spürbar.

Die Gesundheitsschädlichen Auswirkungen gehen, sofern überhaupt, vom «Lärm» aus, den sie verursachen. Frankreich hat wegen der unsicheren Faktenlage im März 2024 den Bau von Windrädern gestoppt. Nicht nur das – der Staatsrat hat die bisher erteilten Bewilligungen formal als illegal erklärt. Sein Land plant 6 neue Atomkraftwerke und denkt über 14 weitere nach. Deutschland denkt über die Reduzierung des Siedlungsabstandes von Windrädern nach und hält am Verbot von der Planung und dem Bau von AKWs fest. Die Schweiz folgt dem Vorbild Deutschland.

Lärmmessungen, wie sie die Lärmschutzverordnung vorsieht, messen modelliert, d.h. sie bilden nur den Bereich ab, den das menschliche Ohr üblicherweise hört. Infraschall gehört nur am Rande dazu. Schalldruck, welcher auf den Körper wirkt, jedoch vom Ohr nicht als Ton erfasst wird, wird nicht gemessen. Nachfolgend ein paar technische Begriffe über den Schall:

- Geräuschemission Sie wird mit dem Begriff der «Schallleistung» umschrieben.
- Frequenz Masseinheit Hertz (Hz). Anzahl Schwingungen pro Sekunde
- Schalldruck, (dB) Es ist der Druck, den die Schallwellen auf das Trommelfell des Ohrs aber auch auf den ganzen Körper ausüben. Er

nimmt mit dem Abstand zur Lärmquelle ab. Er ist im Extremfall (Explosion) im Stande, Fensterscheiben einzudrücken.

Relevante Leistung Es ist das Resultat der Umrechnung von Immission nach Emission. Gemessene Werte werden rechnerisch verändert. Eine Kolonne Panzer z.B., welche durch eine Strasse donnert, wird rechnerisch auf einen bestimmten Zeitabschnitt verteilt.

Die Eidgenössische Lärmschutzverordnung operiert nur mit dem Wert dB(A). Diese Messmethode stimmt mit der Empfindlichkeit im Alltag unseres Ohres überein. Sie eignet sich für den Strassenverkehr, die Eisenbahn, Flugverkehr, Industrie und Gewerbe, Schiessanlagen usw. Der Infraschall der Windräder wird nur ungenügend oder gar nicht gemessen. Deshalb ergibt der Wert dB(A) bei der Beurteilung der Schallbelastung von Windrädern ein falsches Bild.

dB(C) Die Kurve der dB(C)-Skala ist flacher, d.h. sie gewichtet niedrigere Schallfrequenzen stärker. Sie ist vorwiegend für tiefe Töne gedacht.

dB(G) Die Bewertung nach dB(G) ist spezifisch für Windräder geeignet. Es fehlen jedoch Erfahrungswerte, um sie interpretieren zu können. Es ist zu befürchten, dass das Lärmproblem, zu Lasten der Betroffenen, mit dem Wert dB(A) vollzogen wird.

Die Eidgenössische Lärmschutzverordnung operiert nur mit dem Wert dB(A).

3.3 Anzahl Windräder

An diversen Standorten wird schweizweit die Planung von Windanlagen in Angriff genommen mit der guten Absicht, etwas für die Energiewende und das Klima zu tun. Die Frage sollte jedoch zunächst lauten, wie viele Windräder sind für die Energiewende gemäss dem Energiekonzept 2050 erforderlich. Das Ergebnis könnte unter Umständen wenig motivierend ausfallen. Zwei Zahlen sind dazu erforderlich. Wie gross ist der Energiebedarf, den uns die fossilen Energieträger und die AKWs liefern? – und- wie viel Strom liefert ein Windrad jährlich?

Gemäss dem Bundesamt für Statistik beträgt der jährlich Energiebedarf 212'000 GWh. Durch alternative Energieträger sind zu ersetzen:

Brennstoffe	25'000 GWh
Treibstoffe	72'000 GWh
Gas	29'000 GWh
Atomstrom	24'000 GWh
Total	150'000 GWh

Der Windpark «Verenafohren» in Tengen (nördlich von Schaffhausen) liefert im Jahr 18 – 20 GWh, verteilt auf drei Windräder. Das ergibt pro Rad 6.5 GWh. Grössere Windräder, wie sie zur Zeit geplant werden, vermögen ca. 8 GWh zu liefern.

Um die Ziele der Energiewende zu erreichen sind ca. 20'000 Windräder erforderlich.

Quotient aus 150'000 GWh und ca. 7 GWh/Windrad und Jahr

Die Fläche der Schweiz beträgt 41'000 km². Rund die Hälfte davon ist für Windräder ungeeignet (Alpen, Siedlungsfläche, Siedlungsabstände für Windräder). Es verbleiben noch ca. 21'000 km² für 20'000 Windräder. Auf 1 km² trifft es 1 Windrad. Mit andern Worten: Zwischen dem Genfer- und Bodensee stünde ausserhalb des Siedlungsgebietes auf jedem km² ein Windrad. Das Mittelland wäre eine «Minenfeld» für Vögel. Da ist kein Durchkommen mehr. Es darf davon ausgegangen werden, dass die Bevölkerung der Politik Einhalt gebieten wird.

Die Schweiz zählt 2'100 Gemeinden. Pro Gemeinde würde es 9.5 Windräder treffen. Die selbe Rechnung ergibt für Deutschland über 300'000 Windräder. In der politischen Debatte zum Energiegesetz, über welches im Juni 2024 abgestimmt wurde, ist von 1'000 Windrädern in der Schweiz die Rede. Das ist ein Tropfen auf den sprichwörtlichen heissen Stein.

Europa hat einen Primärenergieverbrauch von 12'000 TWh/Jahr an fossilen Brennstoffen. Das entspricht ca. 1'500'000 Windrädern. Frankreich, Spanien, Deutschland und Schweden messen zusammen knapp 2'000'000 km². Das macht deutlich, wie utopisch die Vision der Energiewende ist.

4. Die Sonnenenergie

Das zweite Standbein, auf welches die Energiewende setzt, ist die Sonnenenergie. Die Problemstellung ist identisch. Was vermögen Solaranlagen zu leisten und was müssten sie insgesamt erbringen, um die Wende herbeiführen zu können. Die zu ersetzende Energie der fossilen Brennstoffe und der Atomkraft wurde im Kapitel Windkraft beschrieben und beträgt 150'000 GWh. Hier wird zunächst der 100%-ige Bedarf an Solaranlagen ermittelt. Selbstverständlich ist ein Mix aus Wind und Sonne denkbar, bzw. wahrscheinlich. Ohne die Erkenntnis, was die Solaranlagen zu leisten vermögen, ist kein Mix nicht planbar.

4.1 Referenzobjekt, (Berechnungsgrundlage)

Alpiq plant ein Grossprojekt «Gondosolar» in Gondo (VS). Vorgesehen sind gemäss der Bauherrin 100'000 m² Solarpanels mit einer Leistung von 15.9 MW und einem Jahresertrag von 23 GWh. Ob die Anlage je so gebaut wird, ist noch offen. Als Referenzobjekt eignet sie sich gut. Die Sonnenscheindauer beträgt in der ganzen Schweiz rund 1'700 Stunden. Es erstaunt, dass sie, unabhängig vom Standort, kaum variiert. In den Bergen regnet es häufiger. Im Flachland liegt dafür öfter Nebel. Die Sonne scheint demnach während 19% der Zeit.

4.2 Anzahl Referenzobjekte

Um die 150'000 GWh abdecken zu können, wären somit 6'500 Anlagen à 100'000 m² erforderlich. Eine Anlage leistet so viel wie drei Windräder.

Der Flächenbedarf wäre 650 km² (Kanton Thurgau; 980 km² / Siedlungsfläche der Schweiz; 3'300 km²). Verteilt auf die 2'100 Gemeinden der Schweiz, müsste jede Gemeinde 3 solche Anlagen (300'000 m²) erstellen. Das ist schwer vorstellbar. Die optische Beeinträchtigung der Landschaft wäre enorm.

4.3 Ein Mix

Würde der Bedarf je zur Hälfte auf Windräder und Solaranlagen verteilt, ergäbe dies 10'000 Windräder und 3'250 Solar Grossanlagen. Es sind beliebig viel Mischverhältnisse denkbar.

4.4 Dachanlagen

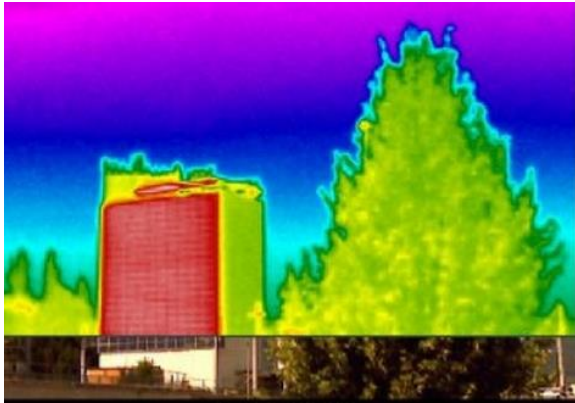
Enthusiasten streben nach Solarpanels möglichst auf jedem Dach. Es ist fraglich, ob mit einer unüberschaubaren Anzahl Minianlagen auf Dächern die Stromversorgung des Landes sicher funktioniert. Angebot und Nachfrage müssen jederzeit im Gleichgewicht sein. Je grösser der Anteil der Sonnenenergie ist, desto schwieriger wird es, die Balance zu halten. Wer steuert, koordiniert und unterhält all die Anlagen? Wer nimmt welche vom Netz, wenn das Angebot überschiesst? Solange Solaranlagen nur einen unbedeutenden Anteil Strom produzieren, ist das noch kein Problem.

Anlagen auf Dächern sind dann sinnvoll, wenn die Schwankungen hausintern mittels Batteriespeichern übernommen und nicht ins Netz überwältzt werden. Das wird allerdings recht teuer. Einzelne Grossanlagen sind einfacher zu handhaben als eine Vielzahl von Kleinanlagen.

4.5 Solaranlagen an Staudämmen

Als der Staudamm des Muttesees mit Solarpanels bestückt wurde, brach eine gewisse Euphorie aus. «Die Zukunft der Stromversorgung liege in den Bergen», wussten die Medien zu titeln. Von den rund 20 Staudämmen auf der Alpen Nordseite, sind alle bis auf den einen nach Norden ausgerichtet. Von den 30 grössten Stauseen der Schweiz sind gerade einmal 3 nach Süden orientiert, 6 in der Ost- oder Westrichtung. Letztere eignen sich ebenfalls nicht. Auch sie sehen die Sonne kaum.

4.6 Der Albedo Effekt



Wärmebildaufnahme einer mit Solarpaneels bestückten Gebäudefassade

Helle Flächen (Wolken, Schnee, Gletscher) reflektieren die einfallende Sonnenenergie und tragen so zur Abkühlung bei. Schwarze Flächen absorbieren und heizen auf. Solarpanels können bis zu 70° heiss werden. Man stelle sich eine Stadt vor, vollbestückt mit Solaranlagen bei 30° Aussentemperatur. In Städten ist es wegen des Wärmeinseleffektes (UHI) ohnehin 2° wärmer als ausserhalb.

5. Die Speicherung

Holz, Kohle, Benzin, Heizöl, Gas, Uran und auch Wasser lassen sich leicht speichern, bevor sie zur Gewinnung von Energie genutzt werden. Das funktioniert bei Wind und Sonne nicht. Sind sie aktiv, fällt deren Strom an, auch wenn er nicht erwünscht ist. Darüber, wie der Strom von Wind und Sonne wirtschaftlich zwischengelagert werden kann, zerbricht sich die Wissenschaft schon seit Jahrzehnten erfolglos den Kopf. Es ist klüger und vor allem wirtschaftlicher, Strom dann zu produzieren, wenn er unmittelbar gebraucht wird (AKW, Wasser, Kohle, Gas). Die Diskussionen rund um den Kostenvergleich von Strom sind deshalb unehrlich, weil die Umwandlung des Flatterstroms in bedarfsgerechten Strom ausgeblendet wird, bzw. wie selbstverständlich den übrigen Stromerzeugern überwältigt wird. Die Schutzbehauptung, «Wind und Sonne stellen keine Rechnung», ist deshalb zynisch. Weshalb müssen sie dann subventioniert werden? «Erneuerbare» Energie gibt es nicht. Wird Energie verbraucht, ist sie unwiederbringlich weg. Das gilt auch dann, wenn damit z.B. ein Pumpspeicherbecken mit Wasser gefüllt wird. Es muss dann mit dem hochgepumpten Wasser ein zweites Mal Strom erzeugt werden.

Ohne Speicherung, z.B. mittels Pumpspeicherbecken, muss die doppelte Kapazität an Leistung bereitgestellt werden, eine für die Alternativen, Wind und Sonne und eine, wenn diese ausfallen. Das ist der Normalfall. Anlagen im «zweiten Glied» nennt man backup-Anlagen. Sie stehen sozusagen Pikett. Auch sie müssen, gebaut, unterhalten und stets betriebsbereit sein. Die bisherige Stromerzeugung funktioniert ohne ein zusätzliches Backup-System.

Unabhängig von der Art und Weise wie Strom gespeichert werden soll, jeder Schritt zwischen der Produktion und dem Verbraucher ist mit Verlusten verbunden. Die Frage ist, ab wie vielen Verlusten der eingeschlagene Weg unrentabel wird. Die Antwort wird bei einem Anwaltsbüro anders ausfallen als bei der energieintensiven Stahlproduktion. Die Deindustrialisierung Deutschlands zeigt eindrücklich, welche Branchen besonders betroffen sind. Wer kann, geht. Wer nicht gehen kann, z.B. Bäckereien, dem droht das Aus.

5.1 Batterie



Trockenbatterie in Volketswil

Überspitzt gesagt sind Batterien ein Unsinn. Man produziert Strom und versucht ihn dann in die Materie zu «stopfen» (Wind und Sonne). Materie ist Energie. Klüger ist es, die bereits vorhandene Energie aus der Materie herauszuholen (Kernspaltung). Es ist auch klüger, Strom dann zu produzieren, wenn er unmittelbar gebraucht wird. Das Problem besteht darin, den willkürlich anfallenden Strom bedarfsgerecht umzuformen, bzw. zu «glätten», wie der entsprechende Fachausdruck lautet.

Die grösste Trockenbatterie der Schweiz steht in Volketswil und hat eine Kapazität von 7.5 MWh mit einem Platzbedarf von 450 m². Es wären 3'000 solcher Anlagen erforderlich, um die Menge Strom zu speichern, die in einem Kilogramm Uran enthalten ist. Das AKW Gösgen hat eine Leistung von 1'000 MW. Es produziert in 27 Sekunden die 7.5 MWh, die in der beschriebenen Anlage steckt. Sie wurde gebaut, um Netzschwankungen kurzfristig auffangen zu können, jedoch nicht für die Versorgung eines Gebietes oder Betriebes über Stunden oder gar Tage.

Diskutiert wird, künftig Autobatterien als Stromspeicher zu nutzen, wenn der Strom vorübergehend knapp werden sollte. So weit wird es nicht kommen. Autobatterien haben eine Kapazität von 40 – 100 kWh (im Mittel 70 kWh). Um die Kapazität der Anlage von Volketswil zu erzielen wären 107, und um die Kapazität von 1 Kilogramm Uran zu erreichen 330'000 Autobatterien nötig. Es ist ein Ding der Unmöglichkeit, tausende Autobatterien in kürzester Zeit koordiniert ans Netz zu bekommen? Ein solches Projekt wäre der sofortige Tod der E-Autos. Wer würde noch ein Auto kaufen, auf welches das Elektrizitätswerk jederzeit zugreifen könnte. Batterien sind sinnvoll, um ein Haus mit einer Solaranlage autonom zu gestalten. Solche Batterien haben eine überschaubare Grösse, sind jedoch nicht billig. Es ist eine Illusion zu glauben, ganze Dörfer oder Städte während Tagen mit Strom aus Batterien versorgen zu können.



Pumpspeicherbecken Goldisthal

5.2 Pumpspeicherbecken

Pumpspeicherbecken werden deshalb gebaut, um den anfallenden Strom, für den aktuell kein Bedarf besteht, zeitlich versetzt nutzen zu können, oder um Strom bei Flaute erzeugen zu können, bzw. den Flatterstrom zu glätten. Das ist nur beim Wind- und Solarstrom erforderlich.

- Schritt 1: Umwandlung von Strom in potenzielle Energie: Wasser wird von einem unteren Becken in ein Höheres gepumpt. Optimal wäre ein fließendes Gewässer an Stelle des unteren Beckens. Es ist in der Schweiz grundsätzlich wenig sinnvoll, Wasser auf ein höheres Niveau zu pumpen, da überall Wasser ohne un-

ser Zutun zu Tale fließt. In flachen Gebieten wie in Deutschland sind geeignete Standorte rar. Es scheitert dort oft an zu geringen Druckhöhen.

- Schritt 2: Das hochgepumpte Wasser fließt in einem Druckstollen in eine Kaverne und treibt dort eine Turbine an. Es wird ein zweites Mal Strom erzeugt. Beim Endverbraucher kommt weniger als die Hälfte des ursprünglich erzeugten Stromes an. Das Verhältnis Primärenergie zum Endverbrauch beträgt $<2:1$.

Bild: Das grösste Pumpspeicherbecken Deutschlands Goldisthal (Thüringen) kann während 9 Stunden 9'540 MWh Strom erzeugen. Es kostete € 600 Mio. Das AKW Gösgen liefert in der selben Zeit die selbe Strommenge.

5.3 Wasserstoff

Das Konzept: Der Zweck ist der selbe wie bei Pumpspeicherbecken. Wind- und/oder Sonnenstrom, der zur Unzeit anfällt, soll zur Herstellung von Wasserstoff benutzt werden, der sich dann speichern lässt. Wasser wird mittels Elektrolyse in seine Bestandteile Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) zerlegt. Wird Wasserstoff verbrannt, entsteht wieder H_2O . Er ist somit der ideale Brennstoff, weil keinerlei schädlichen Rückstände entstehen. Der traditionelle Weg, an den Wasserstoff zu gelangen, geht über die Gewinnung aus verschiedenen Rohstoffen wie Kohlenwasserstoffe, Kohl oder Biomasse. Er ist jedoch nicht CO_2 frei. «Grün» ist jener Wasserstoff, der mittels Elektrolyse mit erneuerbarem Strom gewonnen wird. Der Verlust an Energie beträgt jedoch ca. 40%.

Wasserstoff ist das kleinste Atom im Universum, 1 Proton und 1 Elektron. Es steht deshalb auf Platz 1 des Periodensystems. Es hat die kleinste Energiedichte aller Energielieferanten.

Brennwert 1 m^3 entspricht 3 kWh (1 m^3 Heizöl, 10'000 kWh)

Lagerung Die bescheidene Energiedichte erfordert ein grosses Lagervolumen. Nur spezielle Behälter eignen sich zur Lagerung. Der Wasserstoff diffundiert selbst durch Stahltanks. Es ist etwas übertrieben formuliert, als ob man eine Stofftasche mit Wasser füllen wollte. Aktuell ist nur

eine untertägige Speicherung möglich. Diese Möglichkeit ist in der Schweiz nicht gegeben.

Transport	Um das Volumen für den Transport in Grenzen zu halten, wird der Wasserstoff mit 300 bar komprimiert. Er geht erst bei -250° in den flüssigen Zustand über, weshalb dies Möglichkeit entfällt.
Anwendung	Zurzeit wird er in der Wasserstoff-Brennzelle als Treibstoff in Fahrzeugen kalt verbrannt. Es entsteht Strom, welcher für den Antrieb des Autos verwendet wird. So ein Fahrzeug funktioniert wie ein E-Auto. Der Unterschied: Man tankt Wasserstoff und wandelt ihn im eigenen Fahrzeug in Strom. In den Tankstellen wird der Wasserstoff von 300 bar weiter auf 700 bar verdichtet. Der Behälter im Fahrzeug steht ebenfalls unter diesem enormen Druck – ein etwas ungutes Gefühl. Denkbar ist sein Einsatz in Bussen und LKW's im Fernverkehr in Kombination mit dem normalen E-Mobilitätskonzept. Der Wasserstoff sorgt für zusätzlichen Strom, was den Aktionsradius erhöht. In PWS hat die aufwändige Apparatur kaum Platz. Die Verluste von der Stromquelle bis zum Antrieb betragen über 80%. Bei mit Wasserstoff betriebenen Wärmepumpen fällt der COP-Wert von 2.5 auf 0.6, d.h. der Energieaufwand beträgt das vierfache.
Verbrennung	Wasserstoff kann nicht an Stelle von Erdgas verwendet werden. Das bestehende Gasnetz eignet sich nicht, weil sich der Wasserstoff in den traditionellen Leitungen verflüchtigt. Das gilt auch für die Hausinstallationen. Der Brennwert ist dreimal kleiner als der des Erdgases.
Wirkungsgrad	Die Gewinnung des Wasserstoffes verschlingt ca. 40% der eingesetzten Energie. Das Komprimieren und die Wasserstoff-Brennzelle beanspruchen ähnlich viel Energie, so dass der Wirkungsgrad nur noch bei rund 20% liegt.
Verlagerung	Diskutiert wird die Herstellung von Wasserstoff in Wüstengebieten im Nahen Osten oder in Afrika. Dort gibt es mehr Sonnenstunden und genügend Platz für die Anlagen. Es braucht aber auch Wasser. Und das steht dort nicht in genügender Menge zur Verfügung. Hinzu kommt der komplizierte Transport des komprimierten Gases. Die in Frage kommenden Standorte befinden sich oft in politisch instabilen und unsicheren Regionen.

Noch ist man nicht entscheidend über das Stadium der Idee gekommen. Es gibt einige LKW-Versuchsfahrzeuge. Dort hat es genügend Platz für die technische Anlage. Spätestens, wenn es um die Umsetzung und den Bau der entsprechenden Infrastruktur geht, wird die Einsicht einkehren, dass das Speicherproblem mit der Nutzung von Wasserstoff, nicht mehr als eine gut gemeinte Idee ist. Der Energieverschleiss wegen des minimalen Wirkungsgrades ist enorm. Die Nutzung des Wasserstoffs wird auch an den Kosten scheitern.

5.4 E-Fuels

Sie bestehen aus Kohlenstoff (CO₂) und Wasser, hergestellt mit grüner Energie.

Der Vorteil gegenüber dem Wasserstoff besteht in der vergleichsweise grossen Energiedichte. Das Speichervolumen wird kleiner. Es ist keine spezielle Tanktechnologie nötig. Der Nachteil besteht im aufwändigen Herstellungsverfahren. Um 1 Liter E-Fuels herzustellen, braucht es ca. 27 kWh Strom. Genutzt werden können jedoch nur 1/3 davon. Zunächst gilt es den Wasserstoff mittels Elektrolyse aus dem Wasser zu gewinnen. Um die komplizierte Lagerung und die Umwandlung in Strom zu umgehen, verarbeitet man ihn mit CO₂ zu einem flüssigen, synthetischem Brennstoff oder Methan. Der Wirkungsgrad beträgt gerade einmal ca. 13%. E-Fuels sind dann klimaneutral, wenn sie mittels grünem Strom erzeugt werden und das CO₂ der Atmosphäre entnommen, oder aus Industrieabgasen oder aus Biomasse gewonnen wurde. Die Verbrennung von Wasserstoff ist emissionsfrei, jene von E-Fuels nicht.

Ob E-Fuels den Verbrennungsmotor retten können ist mehr als fraglich. Das Mitschleppen von schweren Batterien wie bei den E-Autos entfällt zwar. Es braucht keinen Stromnetzausbau für Ladestationen. Die Reichweite ist grösser und das Betanken einfacher. Gemäss dem aktuellem Stand der Technik ist das Verfahren jedoch wegen des geringen Wirkungsgrades von 13% nicht realistisch.

Auch bei dieser Technik ist man noch nicht über die Idee hinausgekommen. Die entsprechende Infrastruktur müsste zuerst noch aufgebaut werden. Es ist noch zu früh, diese Technik bereits in ein künftiges Energiewendekonzept einzubauen.

6. Netzausbau

Die Energiewende stellt vieles auf den Kopf. Davon betroffen ist auch die Energieverteilung. Sie gelangt über verschiedene Wege zum Verbraucher. Jene von Benzin, Diesel und Heizöl erfolgt auf der Strasse, jene des Erdgas über ein separates Rohrleitungssystem und die Elektrizität über das Stromnetz. Wenn künftig keine fossilen Brennstoffe mehr verwendet werden dürfen, muss auch der Ersatz der fossilen Energie als Strom über das Netz verteilt werden. Auf diesen Fall ist es jedoch nicht ausgelegt. Es erstaunt, dass das erst jetzt, nach Jahrzehnte bemerkt wird.

Produktion und Abnahme des Stroms müssen in jeder Sekunde im Gleichgewicht sein. Das macht das Stromnetz zu einer hochtechnischen Angelegenheit. Die Wasserversorgung zeigt, wie es gehen müsste. Sie hat Zugriff auf Reservoirs oder einen ganzen See (z.B. Bodensee für 5 Mio. Personen). Das Wasser ist «einfach da». Der Strom muss sekundengenau produziert werden! Das ist mit Wind und Sonne nicht möglich.

Die Kapazität ist das eine, die Netzschwankungen das andere. Das Netz wird mit Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hertz pro Sekunde betrieben. Fliesst zu wenig Strom, fällt die Frequenz, fliesst zu viel, steigt sie. Der Normalbereich liegt zwischen 49.8 und 50.2 Hertz. Unter 49 Hertz kommt es zu Lastabwürfen, d.h. gewisse Nutzer werden geplant vom Netz getrennt. Über 50.2 Hertz werden Solaranlagen und Windräder vom Netz abgekoppelt. In verschiedenen Zentralen des europäischen Netzverbundes wird die Einhaltung des Frequenzbereiches gesteuert. Die Eingriffe haben in den letzten Jahren massiv zugenommen.

Im Gegensatz zum Wasser- muss beim Stromnetz die Spannung (Druck) konstant sein.

Ist das nicht der Fall, schalten gewisse Maschinen und Computer automatisch ab. Je nach Produktion können dabei massive Schäden entstehen. Das Hochfahren des Netzes ist ein diffiziler Prozess, der sich über Stunden oder Tage hinziehen kann. Betriebe, die sich freiwillig vom Netz trennen lassen, werden entschädigt. Windradetreiber, die nicht liefern dürfen, erhalten den entgangenen Strom bezahlt. Man spricht in diesem Falle von Phantomstrom. So funktioniert Planwirtschaft.

Redispatch nennt man Eingriffe ins Netz, um Schwankungen oder sogar Ausfälle zu vermeiden, wie sie durch den Flatterstrom von Wind und Sonne immer wieder verursacht werden. Bei Überschüssen muss der anfallende Strom entsorgt oder verramscht werden, bei Engpässen sind Notzukäufe erforderlich. Waren in Deutschland im Jahr 2014 noch 3'450 solche Eingriffe erforderlich, stiegen diese bis 2023 auf 15'200. Kurzfristig stieg der Preis pro MWh auf € 15'000. Üblicherweise liegt der Handelspreis im Schnitt bei € 80 /MWh. Die Kosten solcher Eingriffe kann in die Millionen gehen. In Deutschland sind es mittlerweile € 4 Mrd. pro Jahr. Länder, die solche Schwankungen verursachen, werden zu Kasse gebeten. Wer hilft, diese auszugleichen, macht das grosse Geschäft. Es entbehrt nicht einer gewissen Ironie, dass ausgerechnet der subventionierte Strom aus Wind und Sonne zusätzlich solche «Nebenkosten» verursacht. Zudem fehlt es an den Leitungskapazitäten, um den Windstrom des Nordens oder den AKW-Strom von Frankreich in die Wirtschaftszentren im Süden Deutschlands zu leiten.

Der jährliche Bedarf an Erdölprodukten in der Schweiz beträgt 97'000 GWh und an Gas 29'000 GWh. Das macht zusammen 126'000 GWh, welche künftig zusätzlich zu den bisherigen 60'000 GWh das Stromnetz belasten werden. Das ist das 3.2-fache. Darauf ist das Netz nicht vorbereitet. Es trifft alle Netzkategorien, Hoch-, Mittel- und Niederspannung – von den Übertragungsleitungen bis in die Quartiere hinunter.

Das bisherige Transformationsnetz muss auf die neuen Verhältnisse ausgerichtet werden.



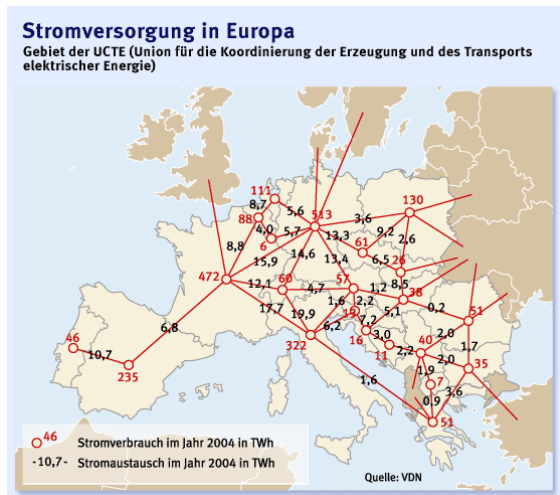
*Symbolbild: Die Energie, die auf der Strasse benötigt wird, muss künftig über die Stromnetze zu den Bezü-
gern geführt werden.*

Der Netzbau und die Speicherung müssen parallel zum Ausbau der Windräder und Solaranlagen erfolgen. Hinken sie hinterher, stolpert man von einer Netzpanne in die andere. Das hat Deutschland verschlafen oder nicht zur Kenntnis nehmen wollen. Wind- und Sonnenenergie machen dort kaum 10% des Primärenergiebedarfes aus und trotzdem hat die Netzstabilität merklich abgenommen. Die Meldung 2024, dass

für den Netzausbau 250 – 400 Mrd. Euro erforderlich sein werden, trafen das Land «völlig» überraschend.

7. Der europäische Stromverbund

7.1 Die gegenseitige Abhängigkeit



Das europäische Stromnetz funktioniert wie ein Strassennetz. Fällt die A1 zwischen Zürich und Bern aus, kommt es zu weiträumigen Zusammenbrüchen. Bei Störungen im übergeordneten Netz, schlagen sie ins untergeordnete durch, welches seinerseits wieder zusammenbricht usw. Voraussetzung für einen störungsfreien Betrieb sind stabile Verhältnisse von Angebot und Nachfrage. Mit dem Abschalten der 19 AKWs Deutschlands und der Sprengung von Nordstream 2, wurde dieses Verhältnis massiv gestört. Deutschland ist nicht mehr in der

Lage, seinen Beitrag an die europäische Netzstabilität zu leisten. Es ist offensichtlich auch nicht gewillt seine Strategie zu ändern und erwartet, dass es von seinen Nachbarn gestützt wird. Allein zwischen April und Juni 2024 importierte das Land 18.5 Mrd. kWh aus Frankreich. «Kein Strom mehr für Deutschland»: Französische Politiker forderten im Juni 2024, «den Energiemarkt grundlegend zu verändern»

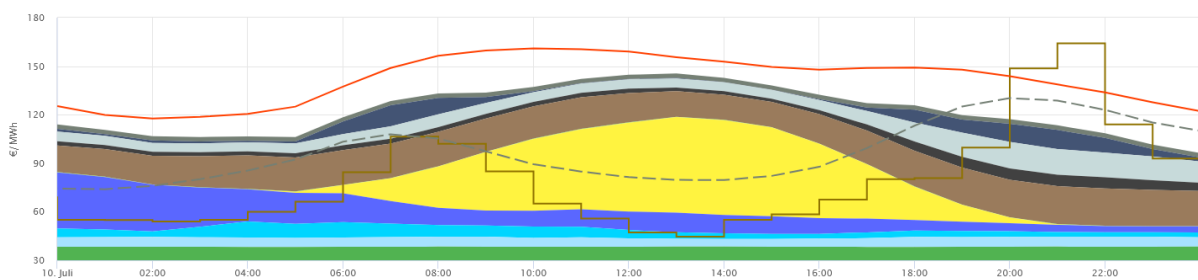
Eric Ciotti, Vorsitzender der konservativen Partei Les Républicains erklärte in einem Interview, «Frankreich muss aus dem europäischen Energiemarkt aussteigen, um wieder eine sichere, autonome Stromproduktion garantieren zu können». Damit sollen die Störungen, welche die Kapriolen des Nachbarn verursachen, im eigenen Netz vermieden werden.

Im Juni 2024 erteilte Schweden dem deutschen Strommarkt eine Absage. Die Regierung hat einen Antrag zum Bau der Unterseestromverbindung «Hansa PowerBridge» nach Deutschland abgelehnt. Begründung: Das Deutsche Stromnetz sei zu ineffizient. Das eigene Netz würde instabiler, was automatisch zu höheren Strompreisen im eigenen Land führen würde.

In der Schweiz versucht man das Rahmenabkommen mit der EU mit der engeren Anbindung an das Europäische Stromnetz schmackhaft zu machen. Ein grossräumiges Netz biete die Möglichkeit, regionale Schwankungen aufzufangen. Das geht nicht auf, weil überall die Überschüsse gleichzeitig im Sommer und die Mangellagen im Winter auftreten. Die zunehmende Unsicherheit des Netzes sprechen in der Zwischenzeit eher nicht für das Rahmenabkommen. Es ist zu befürchten, dass vertragliche Verpflichtungen das Gegenteil von dem bewirken, was man als Vorteil ins Feld führt. Autonomie ist gefragt und nicht die Hoffnung auf unsichere Partner. Das europäische Netz ist nur so gut, wie sein schwächstes Glied und das liegt geographisch mittendrin.

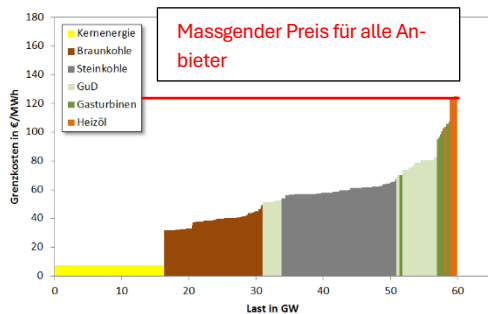
7.2 Flatterstrom ist teuer

Wer der Ansicht ist, dass bei ausgeglichenem Export/Import ein finanzielles Nullsummenspiel resultiert, kennt die Gesetze des Marktes nicht. Der Preis einer überschüssige Ware stürzt ab. Umgekehrt lassen Notzukäufe die Preise explodieren. Wind- und Sonnenenergie verursachen beides. Je kurzfristiger eine Überschuss- oder eine Mangellagesituation ausfällt, desto grösser sind die Preisausschläge. Kosten von selbst kurzfristigen Schwankungen können in die Millionen gehen. Das alles müsste nicht sein, wenn die Speicherung gelöst wäre. Sie wäre der Puffer, der Überschüsse und Mangellagen abfedern oder glätten würde. Die Graphik zeigt den Verlauf der Stromproduktion und parallel dazu den daraus resultierenden Grosshandelspreis vom 10. Juli 2024.



Die Treppenkurve zeigt den Preisverlauf am 10. Juli 2024. Der Preis pro MWh schwankte von 45 €/MWh um 14 Uhr und 164 €/MWh um 22 Uhr. Der Solarstrom (gelb) liess den Grosshandelspreis auf $\frac{1}{4}$ sinken. (blau): Windenergie. Wenn die EEG-Um- lage, wie angekündigt, gestrichen wird, sieht es für Betreiber von Wind- und Solaranlagen düster– für die Verbraucher rosig aus.

7.3 Wie entsteht der Strompreis an der Börse?



Der Strommarkt ist eine komplizierte Angelegenheit. Der Handel wird an verschiedenen Börsen Europas getätigt. Es werden die unterschiedlichsten Produkte gehandelt: Von langfristigen Jahres-, Quartals-, Monats-, Wochenkontrakten bis zum kurzfristigen «Day-Ahead» Produkt. Die Angebote werden täglich an der Börse in der Reihenfolge der Preishöhe entgegengenommen. Das ergibt die sogenannte Merit-Order Kurve. Der Zuschlag für den Höchstpreis gilt dann auch für alle eingegangenen, tieferen Angebote.

Der Zuschlag für den Höchstpreis gilt dann auch für alle eingegangenen, tieferen Angebote.

Eine Panne am 26. Juni 2024 führte zu einer kurzfristigen Preiserhöhung um das 40-fache. Je unberechenbarer das Wetter, desto hektischer die Börse, desto höher die Strompreise. Die traditionellen Stromerzeuger waren planbar und bescherte uns konstant, niedere Preise.

7.4 Von der Plan- zur Marktwirtschaft

Man könnte auch sagen; «Von der Vision auf den Boden der harten Realität». Am 5. Juli 2024 veröffentlichte die deutsche Regierung eine Art Weisung: «*Wachstumsinitiative – neue wirtschaftliche Dynamik für Deutschland*». Darunter kann man alles oder nichts verstehen. Auffallend ist der Zeitpunkt der Bekanntmachung – vor den grossen Sommerferien 2024. Wer möchte sich schon kurz vor der Abreise in die Ferien in ein über 30 Seiten umfassendes kompliziert formuliertes technisches Strategiepapier einarbeiten. Strategiepapiere kommen oft daher wie der Wolf im Schafspelz. Das Ausmass wird erst klar, wenn sich der Wolf des Pelzes entledigt. Das Papier ist eine Art Vorbote. Es enthält den Willen, das bisherige Energiekonzept grundlegend zu verändern – mit drastischen Konsequenzen. Es soll deshalb etwas näher darauf eingegangen werden. Seine Auswirkungen werden auch auf die Schweiz durchschlagen. Mehr als auf die etwas verdeckten Ideen hinzuweisen ist zum heutigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Der Teufel wird auch hier in den Details stecken. Die werden es jedoch bei konsequenter Anwendung in sich haben. Ob der erforderliche politische Wille zur Durchsetzung aufgebracht wird, muss sich allerdings noch weisen. Zweifel sind angebracht. Vielleicht hat auch die leere Staatskasse zu diesem Schritt geführt?

Das Erneuerbare-Energie Gesetz (EEG) aus dem Jahr 2000 hatte die Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien zum Ziel. Mit dirigistischen Massnahmen sollte den Erneuerbaren, unabhängig von deren Tauglichkeit, auf die Beine geholfen werden. Das führte zu einem verzerrten Markt mit zum Teil unsinnigen Stellschrauben, welche in der Zwischenzeit zu Kosten von gegen einer Billion, und zum weltweit höchsten Strompreis führten und zu einer Abwanderung von Investitionen und ganzer Wirtschaftszweige. Das EEG verpflichtet die Netzbetreiber, den zuvor subventionierten Strom zu einem fixen Preis abzunehmen, auch wenn sich kein Abnehmer dafür interessierte. Die daraus entstehenden Verluste sind enorm. Um Netzzusammenbrüche zu vermeiden, wurden Anlagen vom Netz gekoppelt. Trotzdem besteht die gesetzliche Pflicht, den entgangenen Strom als Phantomstrom «einzukaufen». Nicht oder nur widerwillig wird zur Kenntnis genommen, dass sich Wind und Sonne nicht an der Nachfrage orientieren. Der Ausgleich müsste über die nach wie vor nicht vorhandene Speicherung erfolgen und die Verteilung über ein Netz, das den enormen Schwankungen nicht gewachsen ist. Wenn die Energiewende scheitert – und einiges spricht dafür – liegt es auch an diesen beiden ungelösten Problemen.

Im aktuellen Strategiepapier ist, im Gegensatz zum EE-Gesetz, von Flexibilität die Rede. Damit entfallen dirigistische, meist ins Leere laufenden, Massnahmen. Selbstregulierung ist das Zauberwort: Marktwirtschaft.

Flexibler und damit niedriger sollen die Strompreise werden. Der folgende Satz aus dem Papier fasst die 30 Seiten vorzüglich zusammen: «*Unverzerrte Preissignale, zeitvariable regionale Netzentgelte und eine optimale Integration von EE-Anlagen*». Auch optimale EE-Anlagen werden nicht mehr liefern können, wenn kein Bedarf besteht. Sie können auch entschädigungslos vom Netz getrennt werden, wenn es sein muss. Das ist marktgerecht und senkt die Preise. Das Angebot der Wind- und Sonnenenergie fällt nur selten mit der Nachfrage zusammen. Sie pendelt permanent zwischen dem Zuviel und dem zu Zuwenig – täglich und saisonal. Beim Zuviel sinkt, beim Zuwenig steigt der Preis, permanent. Für den Verbraucher bedeutet dies, dass er seinen Bedarf zeitlich dem Angebot anpassen muss, soweit dies überhaupt möglich ist. Für

den Produzenten bedeutet dies im schlimmsten Fall einen Negativpreis in Kauf nehmen zu müssen. In letzter Konsequenz wäre dies das Aus für die Solar- und Windenergie, denn alle Anlagen liefern gleichzeitig oder alle gleichzeitig nicht. Hoch- und Niedertarife waren während Jahrzehnten in der Schweiz gebräuchlich. Damit drängte man die Verbraucher, gewisse Arbeitsvorgänge, z.B. das Waschen, in die Nacht zu verschieben. Ein weiterer Schritt sind rollende Preise, die sich stündlich den vor allem witterungsbedingten Schwankungen anpassen. Das würde die Produzenten und Verbraucher zwingen, sich marktgerecht zu verhalten – ohne dirigistische Massnahmen.

Zusätzlich soll die Speicherung vermehrt gefördert werden. Weil topografisch ungünstig, erhofft man sich z.B. im Ausland Speicherbecken vertraglich ins Konzept einbinden zu können. Das selbe Problem hat aber auch das Ausland. Der Trend läuft eher in die andere, in die autonome Richtung, wie es Frankreich und Schweden anstreben.

Kleine Anlagen, z.B. eines Hauses können mit einer Speicherung ergänzt werden, um sich der Nachfrage anzupassen. Das wird jedoch den Erzeugungspreis erhöhen, ohne Preisgarantie. Für die Schwächen der E-Energie wird künftig der Produzent und nicht mehr der Verbraucher aufkommen müssen.

Regionale Netzentgelte wird es nur noch geben für Anlagen in Gebieten mit wenig Anbietern. Das schützt vor Ballungszentren von rentablen Anlagen in z.B. windverwöhnte Gebieten. Diese Massnahme wird das Netz entlasten, weil der Strom dort anfällt, wo er gebraucht wird. Das muss künftig auch über die Landesgrenzen hinaus gelten. Es ist unsinnig, Strom quer durch Europa von der Quelle zum Verbraucher zu leiten. Das ist mit hohen Verlusten verbunden und erfordert neue, mit grösseren Querschnitten versehenen, Leitungen.

Künftig soll es nur noch Investitionszuschüsse geben aber keine Beiträge mehr für Anlagen, nur weil sie da stehen. Soweit die Bekanntgabe. Ob sie durchgesetzt werden kann oder ein Papiertiger bleibt, wie so vieles in letzter Zeit, wird sich weisen.

7.5 Knappe Ressourcen?

Mark Mills ging in seinem Werk «The Energy Transition Delusion» der Frage nach, was die Energiewende für die globalen Ressourcen bedeutet. Zwei Fragen sind zu klären, reichen sie und können sie zeitgerecht in genügender Menge bereit gestellt werden. Es geht im Bericht nicht um fossile Brennstoffe. Es geht um chemische Grundstoffe, die künftig in enormen Mengen für die Elektrifizierung herbeigeschafft werden müssen. Wo befinden sie sich und wer sichert sich die Schürfrechte? Im IEA Report 2022 wird der Bedarf an Materialien (Nickel, Mangan, Chrom, Molybdän, Zink und seltene Erden) verschiedener Energieträger pro Megawatt Leistung aufgeführt. Offshore Windrad: 15'000 Tonnen – Onshore Windrad: 10'000- Tonnen – Solaranlage: 6'500 Tonnen – Kernkraft: 5'000 Tonnen – Kohlekraftwerk: 2'000 Tonnen – Erdgas: 1'500 Tonnen pro Megawatt. Bezogen auf heute wird gemäss Mills im Hinblick auf den netto Null CO₂-Ausstoss ein Vielfaches an wichtigen Elementen erforderlich sein: Lithium: das 42 fache; Graphit: das 25 fache; Kobalt: das 21 fache; Nickel: das 19fache und seltene Erde: das 7 fache.

McKinsey stellte 2022 fest, dass die Bereitstellung all der Materialien das Nadelöhr für die Energiewende sein wird. Das bedeutet, dass das Netto-Null-Ziel bezüglich des

CO2-Ausstosses bis 2050 auch wegen der Materialbeschaffung nicht erreicht werden kann. Wir werden trotz dieses verpassten Zieles nicht untergehen- wie schon so oft...

8. Das Klimaziel

Die Energiewende hat den Zweck das Klima zu retten. Aufschlussreich ist der Blick auf den CO2-Ausstoss pro Kopf und Jahr und auf das Bruttoinlandprodukt (BIP)

Land	t CO2 / Person / Jahr	t CO2 / BIP (kg/1000 £)
Schweden	3.24	94
Frankreich	3.95	179
Schweiz	4.04	51
Spanien	4.28	259
Italien	4.73	249
Dänemark	4.69	142
EU	7.80	262
China	8.12	510
Deutschland	9.10	237
USA	15.52	250

Deutsches Umweltbundesamt

8.1 CO2-Ausstoss pro Kopf und Jahr

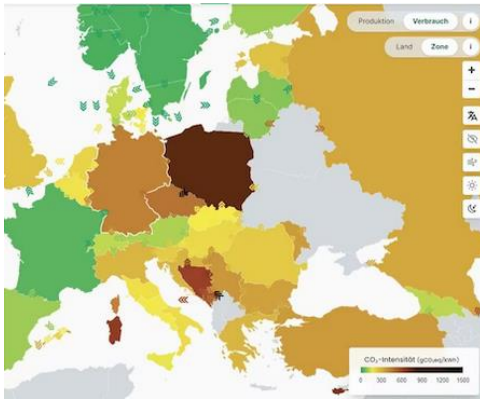
Er hängt von der Produktivität eines Landes ab. Ist sie schwach, wirkt sich das günstig auf den Pro-Kopf-Ausstoss aus. Ist die Produktion mehrheitlich energieintensiv, ist das negativ. Südliche Länder haben tendenziell eine kleinere Wirtschaftsleistung und einen kleineren Bedarf an Heizenergie. Das wirkt sich dort günstig auf den Pro-Kopfausstoss aus. Er ist deshalb kein objektives Vergleichskriterium.

Generell gut schneiden Länder mit einem grossen Anteil an Wasserkraft und Atomenergie (Schweden, Frankreich, Schweiz) ab.

Afrika hat einen Pro-Kopf-Ausstoss von einer Tonne, nicht weil es besonders umweltfreundlich, sondern weil es arm ist.

8.2 CO2-Ausstoss pro BIP- kg/1'000£

Aussagekräftiger als der Pro-Kopfausstoss ist deshalb, den CO2-Ausstoss an der Produktion (BIP) eines Landes zu messen. Das BIP/Person beträgt in der Schweiz 89'000 £. Entsprechend günstig wirkt sich das auf den Energieverbrauch pro Einheit aus. Nirgendwo ist der CO2-Ausstoss pro £ 1'000 Produktionsleistung so gering. Schwerindustrie lastige Länder schneiden notgedrungen schlechter ab. Verlagert die Industrie ihre Produktion wegen hoher Energiekosten ins Ausland, so bedeutet dies eine Phantomreduktion. An der globalen CO2-Konzentration ändert sich nichts. Man steht lediglich statistisch und medial gut da – bei sinkender Wirtschaftsleistung.



Grün = geringer / Gelb-braun = hoher CO2-Anteil am Strom

8.3 CO2-Ausstoss pro kWh Strom

Wie grün der Strom eines Landes ist, zeigt sich daran, wie gross der CO2-Ausstoss pro Kilowattstunde ist. Positiv fallen Länder mit einem hohen Atomstromanteil auf. Deutschland hat mit dem Abschalten aller 19 Kernkraftwerke sich und dem Klima einen Bärendienst erwiesen. Die Vorbildfunktion hat es verspielt und sich in eine Sackgasse manövriert. Es macht keine Anstalten, etwas daran ändern zu wollen. Die Ideologie steht dort über dem Klimaschutz.

9. Ausblick

Trotz des teuren Ausbaus der alternativen Energien, liegt der Pro-Kopf-ausstoss des CO2 von Deutschland über dem europäischen Mittel. Es wurde vom Stromexporteur zum-importeur und leidet unter dem teuersten Strompreis weltweit. Am Weltklimagipfel vom Dezember 2023 feierte die Atomkraft eine Art Renaissance. Das bedeutet die stille Abkehr von der Wind- und Sonnenenergie. Länder mit einem grossen Kernkraftanteil haben geringe Stromtarife. Gegenteilige Beteuerungen scheitern an der Realität.

Der politische Druck in der Schweiz zugunsten der Wind- und Sonnenenergie steigt. Am 9. Juni 2024 wurde der sogenannte Mantelerlass (Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien) per Volksabstimmung genehmigt. Dabei soll der Naturschutz zugunsten der Erneuerbaren zurückgesetzt werden. Wind und Sonne sollen bis 2035 35 TWh und bis 2050 45 TWh liefern. Das entspricht 5'000, bzw. 6'500 Windrädern. Stand 2024 40 Anlagen mit einer Jahresleistung von 140 GWh, das sind 0.14 TWh. Erreicht werden müssen 150 TWh. Dazu sind 20'000 Windräder samt der nötigen Speicherung erforderlich.

Zweifel sind angebracht. Widerstand regt sich schon in verschiedenen Standortgemeinden, bevor das erste Windrad steht.

9.1 Windräder, Solaranlagen

Um die fossile und atomare Energiemenge von 150'000 GWh durch erneuerbare Energieerzeuger zu ersetzen, braucht es:

- 20'000 Windräder oder
- 6'500 Solargrossanlagen à 100'000 m²

Zieht man das topografisch nicht zugängliche und das Siedlungsgebiet von der Landesfläche ab, verbleiben noch rund 50% oder 20'000 km², d.h. pro km² träfe es ein Windrad. In der offiziellen Berichterstattung ist davon nirgends die Rede. Will man damit die Bevölkerung verschonen, oder ist man in der Planung noch nicht so weit fortgeschritten, um das zu erkennen? Es erstaunt nicht, dass im Deutschen Bundestag das Scheitern der Energiewende immer heftiger und offener thematisiert wird.

9.2 Speicherung

Das Wind- und Sonnenenergieangebot fällt zeitlich nicht mit der Nachfrage zusammen. Das ist jedoch für die Aufrechterhaltung der Netzsicherheit zwingend notwendig. Die Lösung ist die Speicherung. Die Landwirte machen es vor. Sie organisieren die Futterbeschaffung so, dass die Tiere auch im Winter versorgt werden können. Der Futterüberschuss des Sommers wird als Heu oder Silofutter zwischengelagert. Energie in fossiler, atomarer oder hydraulischer Form zu speichern ist einfach – nicht so beim Strom. Pumpspeicherbecken sind eine technisch bewährte, jedoch teure Methode. Mit Strom zunächst speicherbaren Wasserstoff oder E-Fuels zu produzieren, steckt noch tief in der Versuchsphase. Die technischen Probleme und der enorme Energieverlust machen bereits deutlich, dass diese Formen der Stromspeicherung nicht wirtschaftlich sein werden. Mit künstlich verteuertem (subventioniertem), nicht wettbewerbsfähigem Strom, energieverlustreiche Speicherungen zu betreiben, wird sich nicht durchsetzen.

Jede Form der Speicherung ist mit Verlusten verbunden. Die unter dem Kapitel 8.1 angegebene Stückzahlen für Wind- und Sonnenstromanlagen müssen um die Speicherungsverluste erhöht werden.

9.3 Back-up- Anlagen

Weil die Speicherung in der Praxis noch ungelöst ist, müssen alte Gas-, Kohle- oder atomare Kraftwerke auf Pikett bereitgehalten und nach wie vor betrieben werden. Die CO₂ freien AKWs wurden in Deutschland endgültig abgeschaltet. Das bedingt, dass die doppelte Kapazität bereitgestellt, betrieben und unterhalten werden muss. Erst wenn die Speicherung gelöst ist, kann auf die Back-up-Anlagen verzichtet werden. Das wird noch Jahrzehnte dauern.

9.4 Netzausbau

Die Erkenntnis, dass die Netzkapazität massiv ausgebaut werden muss, wächst nur langsam. Von der Erkenntnis bis zum erfolgten Ausbau reichen Jahre nicht – es wird Jahrzehnte dauern.

9.5 Der Bericht des DE Bundesrechnungshofes vom 7. März 2024

Er lässt an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig. Er befasst sich mit der Versorgungssicherheit, der Bezahlbarkeit und der Umweltverträglichkeit. Er zeigt schonungslos auf, dass das mediale und politische Schönreden ein Ende haben muss. Er bestätigt, was namhafte Experten und Ökonomen schon seit Jahren unter Ausschluss der medialen Öffentlichkeit erkannten. Sie wurden aus der öffentlichen Debatte (Talkshows) konsequent ferngehalten. Die Lage ist dramatischer als es der Anschein macht. Statische Systeme, die innerlich marode werden, stürzen unvorbereitet mit einem lauten Knall in sich zusammen. Die Systemfehler, die Fehleinschätzungen, die Unzulänglichkeiten in der Umsetzung stauen sich, bis der Damm bricht.

Im Bericht des Deutschen Bundesrechnungshofes vom 7. März 2024 wird resümiert: *«Die bisherigen Massnahmen zur Umsetzung der Energiewende (nach 20 Jahren) sind ungenügend und bergen deshalb gravierende Risiken für die energiepolitischen Ziele. Die Regierung ist in Verzug beim Ausbau der erneuerbaren Energien und der Stromnetze sowie beim Aufbau von Backup-Kapazitäten. Hinzu kommen Wissenslücken über*

die Umwelteinwirkungen der Transformation und das Fehlen eines Konzept gegen hohe Strompreise. Die Risiken für die Energiewende und damit für unseren Wohlstand sind gross».

Ein paar Schlaglichter aus dem Bericht:

- *Die Versorgungssicherheit ist gefährdet. Der Strom ist zu teuer. Auswirkungen der Energiewende auf Landschaft, Natur und Umwelt vermag die Bundesregierung nicht umfassen zu bewerten. Dies birgt erhebliche Risiken für den Wirtschaftsstandort Deutschland sowie die Akzeptanz der Energiewende in der Bevölkerung.*
- *Die Annahmen im Monitoring über die Versorgungssicherheit werden als wirklichkeitsfremd bewertet.*
- *Die Regierung muss endlich ein Ziel- und Monitoringsystem einführen, um die Umweltwirkungen der Energiewende systematisch zu bewerten.*
- *Eine sichere Versorgung mit Strom aus volatilen erneuerbaren Energien erfordert, dass parallel ein weitgehend redundantes System mit gesicherten, steuerbaren Leistung verfügbar ist.*
- *Photovoltaik und Windenergie können keine bzw. nur geringe gesicherte Leistung bereitstellen, da sie tages- und jahreszeitlichen sowie wetterabhängigen Schwankungen unterliegen. Sie beziffert die gesicherte Leistung für Solaranlagen mit 0%, den Wind mit 6% und die Konventionellen Energieträger mit 89%.*
- *Die Kosten für das Netzmanagement (Redispatch) schätzt sie in ein paar Jahren auf 6.5 Mrd. jährlich.*
- *Der Netzausbau hinkt um 7 Jahre oder 6'000 km den Erforderlichkeiten hinterher. Der Endausbau umfasse 93'000 km.*

Es ist zu befürchten, dass dieselben Fehler auch in der Schweiz gemacht werden. In den Diskussionen hierzulande werden die Schwachpunkte ausgeblendet.

Vortrags-Angebote:

Klimawandel	Rückverfolgung des Klimaverlaufes und des CO ₂ -Gehaltes in der Erd- und Klimageschichte. Wie weit ist ein Zusammenhang feststellbar zwischen dem Klimaverlauf und dem Verlauf des CO ₂ -Gehaltes?
Extremwetter	Auflistung der Extremwetter der letzten 1000 Jahre: Die Jahrtausendflut, der Jahrtausendwinter, der Jahrtausendsommer, das Jahrtausendhochwasser. In welchen Zeiten fanden die extremsten Wetterereignisse statt.
Energiewende	Die Grenzen der alternativen Energieträger von Wind und Sonne. Sind sie in der Lage die Energie der fossilen Brennstoffe und den Atomstrom mengenmässig zu ersetzen?