

Neue AKW-Generation, Michelins «Grüner Stern», Lernen von Amerika

WELTWOCHEN GRÜN

Nummer 1 – 16. Februar 2023



Starke Alternativen

Strom aus Biomasse und solarthermischen Kraftwerken – solide Energie aus dem Züribiet und der kalifornischen Wüste

Die andere Sicht



Die Weltwoche bereichert seit 90 Jahren den Wettbewerb der Argumente durch die grösste Vielfalt an fundierten Meinungen. Sie schreibt und spricht aus, was andere nicht zu sagen wagen.

Überzeugen Sie sich selbst!

Probeabo:

8 Ausgaben nur Fr. 38.–
Telefon +41 43 444 57 01
kundenservice@weltwoche.ch

DIE WELTWOCH
www.weltwoche.ch/abo

Geregelt, nicht geflattert

Erlichterung macht sich breit in Europa, Rezessionsrisiken haben abgenommen, weil man vielerorts besser durch den Winter kommt als erwartet. Die Energie wurde nicht ganz so knapp und teuer wie befürchtet, auch dank Wetterglück. Politiker und Energieverbraucher atmen auf. Das Pikante daran: Es sind die traditionellen Energieformen Kohle, Öl und Gas, die den Karren ziehen.

Die sogenannten neuen erneuerbaren Energien aus Solar- und Windkraft sind immer noch Randerscheinungen. Sie wurden bisher nicht zu jenen Triebkräften, als die sie Klimapolitiker oft anpreisen. Solange sie als Alternativen zu den Fossilen keine zuverlässige Energieversorgung versprechen, sondern nur Flutterstrom, bleibt auch das weitherum deklarierte Ziel, die Treibhausgasemissionen drastisch zu reduzieren, ausser Reichweite. Starke Alternativen, die regelbaren Strom liefern, müssten her.

Dieses Heft bietet Erkundungen in dieser Richtung. Der deutsche Physiker Andreas Hieke, verbunden mit der Stanford University, gibt anhand einer Reise durch den Südwesten der USA einen Überblick über die Potenziale verschiedener Energieformen. Neben Fotovoltaik und Windrädern bringt er auch die Solarthermie und die Kernkraft zur Sprache. Er legt dar, was Deutschland und die Schweiz von



Amerika lernen können, wenn es um sichere Energieversorgung geht.

Sodann gibt es in der Nukleartechnik neue Entwicklungen. Wenn auch oft als weit entfernte Zukunftshoffnung abgetan, könnten diese als starke Alternativen zu den Fossilen das Energieangebot langfristig massiv ausweiten und günstiger machen. Konkretes dazu schildert Götz Ruprecht, Chef der Firma Dual Fluid, die einen Kernreaktor der nächsten Generation entwickelt, der Atomabfall wiederverwertet.

Nicht zu vergessen ist eine traditionellere Alternative: Biomasse. Wie unser Bericht über die Biogasanlage Lindau zeigt, liefert diese stetig und stabil Strom – aber der Biomassevorrat ist hierzulande fast erschöpft.

Wie steht es nun mit der Energiewende, die in der Schweiz und Deutschland den Ersatz der Fossilen durch Erneuerbare und die Abkehr von der Kernkraft fordert? Klimaaktivisten und viele Politiker bleiben ohne Rücksicht auf die Realität stur aufs 1,5-Grad-Ziel von Paris fixiert und schüren Panik, wie der Wissenschaftler Benny Peiser beschreibt. Aber die Politik ist eben, so der frühere ETH-Ökonomieprofessor Bernd Schips, meistens hektisch und eingriffslustig. Beim Umgang mit Rohstoffen sollte man deshalb mehr auf Märkte setzen.

Ihre Weltwoche

INHALT

- 4 **Vier gute Nachrichten**
- 5 **Überlebensstrategien**
Perfekte Laufmaschine
- 6 **Millionenfach mehr Energie**
Ungekannnte Dimensionen in der Stromproduktion dank einer neuen Generation von Kernreaktoren
- 8 **Grün Plus**
Nachhaltige Geschmacksexplosion
- 9 **Bücher, Podcast & Video**
- 10 **Wo der Biomotor brummt**
Naturstrom aus Grünabfällen und Hofdünger
- 12 **Und täglich grüsst der Klimakollaps**
Stell dir vor, die Welt geht unter, und kein Mensch merkt es
- 13 **Multitalent**
Energie aus Biomasse
- 14 **Von Amerika lernen**
Mit Vernunft und Logik kann die Energiestrategie gelingen
- 19 **Wie die Bodenheizung ergrünt**
Abhilfe gegen Energieverschwendung
- 20 **Solarträume im Realitätstest**
Wenn Umweltprobleme ins Ausland verlagert und flankierende Kraftwerke benötigt werden
- 22 **Anders als gedacht**
Auch Ökostrom tötet
- 23 **Schonend und schön**
Salzfreie Kalkschutzgeräte
- 24 **Der Markt kann mit Rohstoffen besser umgehen als die Politik**
Das Preissystem führt automatisch zu Anpassungen im Verbrauch
- 26 **Grüsse aus der Zukunft**
Neue Begeisterung

IMPRESSUM

Herausgeberin: Weltwoche Verlags AG, Zollikerstrasse 90, Postfach, 8702 Zollikon. Die Weltwoche erscheint donnerstags.

Chefredaktor: Roger Köppel. **Verlagsleitung:** Florian Schwab. **Betriebsleitung:** Samuel Hofmann.

Redaktion und Verlag: Telefon 043 444 57 00, Fax 043 444 56 69, www.weltwoche.ch, E-Mail-Adressen: vorname.name@weltwoche.ch, verlag@weltwoche.ch, leserbriefe@weltwoche.ch

Kundenservice: Tel. 043 444 57 01, Fax 043 444 50 91, E-Mail: kundenservice@weltwoche.ch.

Jahresabonnement Inland Fr. 346.– (inkl. MwSt.). Schnupperabonnement Inland Fr. 38.– (inkl. MwSt.). Weitere Angebote für In- und Ausland unter www.weltwoche.ch/abo.

Anzeigenverkauf: Tel. 043 444 57 02, Fax 043 444 56 07, E-Mail: anzeigenid@weltwoche.ch. **Druck:** Print Media Corporation, PMC, Oetwil am See, Mitglied der Schellenberg Gruppe AG.

Die Weltwoche wird auf **SCHWEIZER PAPIER** in der Schweiz gedruckt. Es schont Ressourcen, Energie und somit die Umwelt.

Die Wiedergabe von Artikeln und Bildern, auch auszugsweise oder in Ausschnitten, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Redaktion gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos wird keine Haftung übernommen.

DIE WELT GEHT DOCH NICHT UNTER

Vier gute Nachrichten



Linderung der Inflationsschmerzen

WIRTSCHAFT. Vor einem Jahr stand an dieser Stelle als gute Nachricht die Voraussage «Die Inflation wird wieder sinken». Sie stammte von der Konjunkturforschungsstelle KOF der ETH Zürich. Damals lag die Inflationsrate bei 2,2 Prozent, heute bei 2,8 Prozent. War es also eine falsche Prognose? Nein, damals sah man nur die Pandemie als Störung, die durch Beschädigungen der Lieferketten und Nachholbedarf die Preise in die Höhe getrieben hatte. Erst nachher kam der Ukraine-Krieg dazu, mit weiteren massiven Störungen, die in die Preise gingen. Aber sogar unter diesen neuen Bedingungen ist die Nachricht «Die Inflation wird wieder sinken» intakt. In der Schweiz ist sie seit dem Maximum von 3,5 Prozent im August jedenfalls zurückgegangen – und im Vergleich mit der Euro-Zone (bis 10,6 Prozent) weit darunter geblieben.



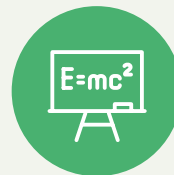
Veganismus ist günstiger für die Allgemeinheit

GESELLSCHAFT. Die Agrarpolitik in der Schweiz ist parteiisch. Das zeigt eine neue Studie, welche die Vision Landwirtschaft beim volkswirtschaftlichen Beratungsbüro BSS in Auftrag gab: Ein Lebensstil, der den Konsum von tierischen Produkten mit sich führt, wird hierzulande begünstigt. So seien Konsumentinnen und Konsumenten 2020 von der Allgemeinheit im Durchschnitt jährlich mit 1240 Franken unterstützt worden, wobei indirekte Kosten knapp die Hälfte ausmachten. Bei einem «veganen» Ernährungsstil mit vergleichsweise niedrigen Umweltkosten sinkt dieser Betrag auf 559 Franken pro Kopf – wer sich hingegen «protein-» oder «fleischbetont» ernährt, wurde mit 1574 beziehungsweise 1523 Franken unterstützt. Oft sind es Studien wie diese, die Diskussionen anregen und Anlass geben, den Ist-Zustand zu hinterfragen.



Brasiliens Böden – ein Segen für die Welt

TECHNOLOGIE. Böden stellen einen grossen Kohlenstoffpool dar. Änderungen in der Nutzung von Landwirtschaftsland oder der Bodenbewirtschaftung können diese Kapazitäten stark beeinflussen. So haben sich in Brasiliens Zentralregion in den vergangenen fünfzehn Jahren zunehmend Direktsaat- und Mulchsaat-Anbausysteme mit zwei Kulturen pro Jahr durchgesetzt. Sie ersetzen den traditionellen Soja-Monokulturanbau mit Brache und konventioneller Bodenbearbeitung. Eric Blanchart und Kollegen vom Entwicklungsforschungsinstitut in Marseille untersuchten die Effekte der neuen Bearbeitungsmethoden und kamen zum Befund, dass die Direktsaat und Mulchsaat zu Böden führten, die viel mehr Humus und Speicherkapazität für Kohlenstoff aufwiesen als Böden unter konventioneller Bearbeitung.



Bakterien sind soziale Wesen

WISSENSCHAFT. Mikroorganismen hält man gemeinhin für primitiv, aber sie können offenbar mehr, als man sich vorstellt. An der ETH Zürich wird erforscht, wie Bakterien und einzellige Algen dynamische Gemeinschaften bilden, die fundamentale ökologische Prozesse steuern. Laut den Angaben bauen sie Biomasse auf, zersetzen totes organisches Material und rezyklieren die Elemente des Lebens. Laut Professor Roman Stocker vom Institut für Umweltingenieurwissenschaften ist über das Wesen mikrobieller Gesellschaften trotz ihrer enormen Bedeutung noch immer wenig bekannt. Sein Team arbeitet mit neun Forschungsgruppen verschiedener Hochschulen an den Funktionsprinzipien, die mikrobiellen Ökosystemen im Ozean zugrunde liegen. Die Leitung obliegt der ETH Zürich und dem Massachusetts Institute of Technology.

ÜBERLEBENSSTRATEGIEN

Perfekte Laufmaschine

Herbert Cerutti



Ebenso schnell wie Antilopen: Rennpferd.

Der Weltrekord beim Marathon liegt für Männer heute bei zwei Stunden, einer Minute und neun Sekunden. Vor hundert Jahren betrug die Rekordzeit 31 Minuten mehr. Anders im Pferdesport. Beim Kentucky Derby, einem Flachrennen über gut zwei Kilometer, liegt die Siegerzeit seit hundert Jahren konstant bei um die zwei Minuten. Zwar haben Rennstallbesitzer und Pferdetrainer in all den Jahren enorme Anstrengungen unternommen, die Leistungen der Spitzentiere zu steigern. Bisher jedoch vergeblich.

Der Wissenschaftsjournalist Stephen Budiansky interessierte sich für die Leistungsgrenzen beim Rennpferd. Im Buch «The World According to Horses» schreibt er: Das Pferd ist bereits von Natur aus die perfekte Laufmaschine. Das Steppenleben hat dem Pferd im Lauf der Evolution für die Flucht vor Feinden und für die weiträumige Suche nach Futter ordentlich Beine gemacht. Lunge, Herz und Muskeln sind derart auf Leistung getrimmt, dass der maximale Stoffwechselumsatz fast viermal so gross ist wie bei Tieren vergleichbarer Körpergrösse. Mit Spitzengeschwindigkeiten von 70 km/h sind Vollblüter ebenso schnell wie Antilopen.

Spitzentänzer par excellence

Sein Lauftalent verdankt das Pferd nicht zuletzt den besonderen Beinen. Je länger die Beine, umso grösser der Schritt. Beine sind aber nur flink, wenn sie schlank und leicht gebaut sind. Deshalb stellte sich das Pferd

im Laufe der Entwicklung höher und höher auf seine Zehen. Nun steht es lediglich noch auf der Mittelzehe – der Zehennagel ist zum Huf geworden, und wo der Laie ein Knie sieht, ist anatomisch das Fussgelenk. Das Pferd ist also ein Spitzentänzer par excellence, was leichtfüssiges und deshalb energiesparendes Fortbewegen mit sich bringt.

Energiesparend sind auch die speziellen Gelenkbänder an den Vorder- und Hinterläufen. Schlägt der Huf auf den Boden, spannen sie sich wie Federn. Dadurch wird nicht nur der Aufprall des Hufs gedämpft, sondern auch kinetische Energie gespeichert, die nach dem Bodenkontakt das Bein wieder in die Höhe treibt. Und damit sich der schwere Körper beim Laufen möglichst wenig auf und ab bewegt, knickt das Pferd in der Schrittmitte die Fussgelenke extrem stark. So sitzt der Reiter selbst beim Galopp relativ ruhig im Sattel, während unter ihm die Pferdebeine wirbeln.

Ein galoppierendes Pferd braucht für seine Muskeln viel Sauerstoff, was eine tüchtige Pumpe nötig macht. Schlagen die Vorderbeine

beim Galopp auf den Boden, drückt der Aufprall die Rippen nach oben und quetscht verbrauchte Luft aus den Lungen. Einen halben Schritt später reisst das Pferd Kopf und Hals in die Höhe, was die Vorderbeine entlastet, den Brustkorb dehnt und damit den Blasbalg wieder füllt. Es ist dieser Pumpmechanismus, der das Pferd pro Galoppschritt genau einmal atmen lässt. Je schneller ein Pferd nun seine Beine bewegt, desto mehr Sauerstoff pumpen die Lungen ins Blut.

Ein perfekter Leistungsregler – aber auch ein Leistungsbegrenzer, denn kein Training kann das Rennpferd schneller atmen lassen, als es Schritte macht.

Effizienteste Geschwindigkeit

Das Pferd weiss auch, wie es lange Strecken am sparsamsten zurücklegen kann. Lässt man ihm freien Lauf, wählt es eine Marschgeschwindigkeit um die 5 km/h. Bei diesem Tempo schwingen seine Beine just im natürlichen Rhythmus eines physikalischen Pendels dieser Länge und Masse, was am wenigsten Kalorien verbraucht. Indem man Pferde auf einem Laufband laufen liess und dabei den Sauerstoffverbrauch pro zurückgelegte Strecke registrierte, konnte für jede seiner Gangarten die jeweils effizienteste Geschwindigkeit eruiert werden. Für den Trab waren dies etwa 6,5 km/h, für den Galopp um die 11 km/h.

Herbert Cerutti ist Autor und Tierexperte.

Millionenfach mehr Energie

Die neue Generation von Kernreaktoren eröffnet bisher ungekannte Dimensionen in der Stromproduktion. Abfall wird zu Brennstoff.

Götz Ruprecht

Eine zeitgemässe Energieversorgung muss emissionsarm, zuverlässig und günstig sein – so weit der Konsens. Die Auffassungen darüber, wie dieses Ziel zu erreichen ist, gehen weit auseinander. In Deutschland läuft seit zwei Jahrzehnten ein weltweit einmaliges, Hunderte Milliarden teures Experiment, die «Energie-wende». Das dafür eingesetzte Geld floss vor allem in Wind- und Solarkraft. Gleichzeitig verzichtete Deutschland auf gut regelbaren, preisgünstigen Atomstrom aus vierzehn Kernkraftwerken, die im Lauf eines Jahrzehnts vorzeitig stillgelegt wurden.

Die ernüchternde Bilanz: Die Emissionen sind nur wenig gesunken, während der Strom teuer und das Netz instabil wurde. Seit kein Gas mehr aus Russland fliesst, um Deutschlands fragile Energieversorgung zu sichern, ist eine akute Energiekrise ausgebrochen. Das Experiment ist offensichtlich gescheitert, auch wenn die Verantwortlichen das noch nicht zugeben mögen.

Frankreich dagegen, das sich in den 1970er Jahren für den massiven Ausbau der Kernkraft entschieden hat, produziert seinen Strom mit fünf- bis zehnmal weniger Emissionen als Deutschland. Dass Frankreich seinen Kraftwerkspark lange vernachlässigt hat und jüngst nun entsprechende Unterhaltskosten anfielen, ändert daran nichts. Strom war die meiste Zeit so günstig, dass die Franzosen damit heizen. Die Schweiz steht mit einem hohen Anteil an Kernkraft plus Wasserkraft ähnlich gut da.

Lässt man die Ideologie beiseite, sprechen alle Argumente für Kernkraft: Sie ist so emissionsarm wie Windkraft und so zuverlässig wie Kohle. Sie zählt zu den sichersten Energiequellen überhaupt, selbst wenn man die gros-

sen Unfälle in die Betrachtung einbezieht. Sie verbraucht wenig Fläche und Rohstoffe bei kleinsten Müllmengen, die – entgegen dem herrschenden Narrativ – gut handhabbar sind. Nach Jahren der Stagnation entschlossen sich heute immer mehr Länder, die Kernkraft auszubauen oder erstmals einzusteigen.

Das Potenzial der Kernspaltung

So bewährt und verbreitet Leichtwasserreaktoren heute sind, so haben sie dennoch einen entscheidenden Nachteil: Die monumentalen Anlagen können nur einen winzigen Teil des aufwendig geförderten Natur-Urans zu Strom machen. In anderen Worten: Sie sind wenig effizient.

Auch technischen Laien leuchtet unmittelbar ein, dass Elektrogeräte oder Antriebe effizient sein müssen, also möglichst wenig Ressourcen für eine bestimmte Leistung verbrauchen sollten. In der Energieerzeugung fehlt dieser Gedanke erstaunlicherweise bisher. Dabei gibt es eindeutig effiziente und weniger effiziente Methoden, Strom herzustellen. Mit dem sogenannten Erntefaktor existiert dafür auch ein klares, jedoch wenig verbreitetes Mass.

Der Erntefaktor betrachtet das Verhältnis von insgesamt gewonnener zu eingesetzter Energie, und zwar über den kompletten Lebenszyklus einer Energieerzeugungsanlage. Die Berechnung ist nicht einfach, denn alle energetischen Aufwendungen – für den Bau über die Brennstoffbeschaffung bis zur Entsorgung – müssen darin einfließen. Doch die Mühe lohnt sich, denn man erhält einen guten Vergleichsmaßstab für die Leistungsfähigkeit einer Energietechnologie.

Werfen wir einen kurzen Blick auf Solar- und Windkraft, Lieblinge der deutschen Energie-wende: Für sie wurde, inklusive Speicherung,

ein Erntefaktor von etwa vier errechnet. Das heisst, sie ernten viermal mehr, als man insgesamt hineingesteckt hat. Dass der Strompreis in Deutschland (vor dem Ukraine-Krieg) immer neue Höhen erklomm, ist eine direkte Folge dieses relativ niedrigen Erntefaktors.

Fossile Kraftwerke dagegen bieten einen Erntefaktor von etwa dreissig – ein Wert, der die industrielle Revolution ermöglichte und mit dem sich eine Industriegesellschaft versorgen lässt. Heutige Leichtwasserreaktoren haben einen Erntefaktor von etwa hundert. Das klingt zunächst gut, weil dreimal besser als Kohle. Allerdings muss man wissen: Uran

Derartige Energie würde einen Kreislauf aus Innovation, Wachstum und Wohlstand in Gang setzen.

enthält nicht dreimal, sondern Millionen Mal mehr Energie als Kohle! Ein derart dichter Brennstoff sollte eigentlich, richtig genutzt, eine viel höhere Energieausbeute erlauben. Wer den hohen Energiegehalt von Uran kennt, bekommt eine Ahnung vom gewaltigen, noch zu hebenden Potenzial der Kernkraft.

Atommüll ist ein Wertstoff

Mit dem Ziel, den nuklearen Brennstoff optimal zu nutzen, entwickelt unser Unternehmen Dual Fluid eine neue, wirksamere Art der Kernspaltung. Sie hat mit der heutigen Leichtwassertechnik, ausser der physikalischen Spaltungsreaktion, kaum etwas gemeinsam. Statt Brennstäbe nutzen wir zwei Flüssigkeiten im Reaktorkern: Eine trägt den Brennstoff, die andere führt die Wärme ab. Dank dieser patentierten Konstruktion kann



Das Maximum herausholen: Blick über den Rhein auf das AKW Leibstadt.

der flüssige Brennstoff, ein unverdünntes metallisches Aktiniden-Gemisch, seine volle Kraft bei tausend Grad Celsius entfalten (ein Leichtwasser-Reaktor arbeitet bei 350 Grad Celsius). Als Kühlmittel dient flüssiges Blei, das die Wärme optimal abführt, ohne die Neutronen im Reaktorkern zu verlangsamen.

Deshalb kann der Reaktor – zusammen mit der Dual-Fluid-Recyclinganlage – jedes spaltbare Material vollständig verwerten, auch Thorium, Natur-Uran oder aufbereiteten Atom-müll. Für die Kerntechniknationen ist insbesondere der letzte Punkt interessant, denn der heutige Atom-müll ist zum allergrössten Teil noch verwertbar. Die nuklearen Abfälle Deutschlands und der Schweiz würden ausreichen, um uns auf heutigem Niveau mehrere Jahrhunderte lang vollständig mit Strom zu versorgen. Die Reststoffe müssten weit überwiegend nur wenige hundert Jahre gelagert werden.

Das Wichtigste ist aber: Verglichen mit einem Leichtwasserreaktor würde ein Dual-Fluid-Kraftwerk etwa zehnmal weniger Energie und Ressourcen verbrauchen, um eine vergleichbare Energiemenge herzustellen. Der Erntefaktor steigt damit auf einen Wert etwa 800 bis 1000. Das senkt natürlich den Strompreis: Das erste Modell mit 300 Megawatt an elektrischer Leistung könnte die heutigen Stromkosten aus Kohle oder Kernkraft nach unseren Berechnungen etwa halbieren (Wind und Solar sind kein zulässiger Vergleichspartner, da sie nicht die unabdingbare Grundlast liefern können). Die damit verbundenen Chancen liegen auf der Hand: Derart günstige, gut regelbare

Energie würde einen sich selbst verstärkenden Kreislauf aus Innovation, Wachstum und Wohlstand in Gang setzen.

Schneller als Kernfusion

Im Gegensatz zur Kernfusion ist die Dual-Fluid-Technologie prinzipiell mit dem heutigen Stand der Technik realisierbar. Auch wenn die Medien regelmässig Durchbrüche bei der Fusion vermelden, ist sie von einer marktfähigen, weil wirtschaftlichen Anwendung noch Jahrzehnte entfernt. Die Hilfsmittel, die eine Fusion erst ermöglichen (stärkste Laser oder felderzeugende Magnete), verbrauchen selbst um Grössenordnungen höhere Energiemengen, als bisher in Fusionsprozessen freigesetzt wurde.

Dass die Kernfusion in den nächsten Jahrzehnten andere Formen der Energieerzeugung ablöst, ist deshalb sehr unwahrscheinlich. In der Kernspaltung hingegen sind die grundlegenden Fragen seit Jahrzehnten gelöst. Hier geht es nur noch darum, das Maximum herauszuholen.

Natürlich ist auch bei uns noch viel Entwicklungsarbeit nötig. Vor allem müssen die Materialien identifiziert und weiterentwickelt werden, die den hohen Belastungen in einem System extremer Leistungsdichte am besten standhalten. Da die nicht nukleare Industrie schon länger Materialien unter vergleichbar harten Bedingungen erfolgreich einsetzt, halten wir diese Entwicklungsarbeit für machbar.

Im Moment arbeiten etwa fünfzehn feste Mitarbeiter in Deutschland und Kanada am ers-

ten Reaktormodell DF300. Kooperationen mit Hochschulen und Forschungszentren, unter anderem mit der TU Dresden, der TU München und dem Nationalen Kernforschungszentrum Polen, legen die Grundlagen für die Lizenzierung. Parallel suchen wir einen Standort für unseren «kritischen Demonstrator», den ersten Kleinreaktor, der das Dual-Fluid-Prinzip zur Mitte des Jahrzehnts zum ersten Mal in der Realität zeigen soll.

Teile der Entwicklung – beispielsweise die nukleare Recyclinganlage – könnten ohne weiteres dauerhaft in Deutschland verbleiben. Die Entwicklungskosten liegen geschätzt im niedrigen zweistelligen Milliardenbereich. Dieser Betrag erscheint hoch; doch verglichen mit den Kosten der Energiewende – in den vergangenen Jahren über 25 Milliarden Euro jährlich – sind sie eher moderat. Im Gegensatz zur Endlagerung, die ausschliesslich Kosten verursacht, wäre die energetische Nutzung des Atom-mülls sogar gewinnbringend.

Auch vor diesem Hintergrund sollten Deutschland und die Schweiz sich fragen, ob sie wirklich auf eine Technologie verzichten wollen, deren beste Zeiten noch kommen. Die Kernkraft wird weltweit genutzt und weiterentwickelt, egal, ob wir uns daran beteiligen oder nicht. Wir können die Herausforderung annehmen und anfangen, Kernkraft als Teil der Lösung zu begreifen – oder die Lösung anderen überlassen.

Götz Ruprecht ist CEO des kanadischen Unternehmens Dual Fluid.

Nachhaltige Geschmacksexplosion

Stefan Millius



«Kein Spaziergang»: Chefkoch Funke.

Wer gerne gut isst, kann sich an die Empfehlungen von berufenen Leuten halten. Die Tester von «Gault-Millau» und «Michelin» sagen den Konsumenten, wo sie das Besondere finden. Treffen viele Punkte und Sterne aufeinander, gilt das als Qualitätssiegel.

Seit 2021 gibt es in der Welt von «Michelin» ein weiteres Kriterium. Ist das, was wir gerade geniessen, auf nachhaltige Weise entstanden? Kennt der Koch den Ursprung des Fleisches? Ist das Gemüse zuvor nicht um die halbe Welt gereist? Der «Grüne Stern» will es dem Gast ermöglichen, einen «nachhaltigeren Ansatz in der Gastronomie» zu belohnen, wie es «Michelin» nennt.

Keine Kompromisse

Wer den Extra-Stern will, muss einiges tun dafür. Herkunft und Saisonalität der Produkte sind das eine. Dazu kommen die Vermeidung von unnötigem Abfall, Ressourcenschonung, die Sensibilisierung der Mitarbeiter für das Thema Nachhaltigkeit. Aber kann man auf höchstem Niveau kochen und gleichzeitig so viel Energie in Nachhaltigkeit stecken?

«Man kann», sagt Tobias Funke, aber es sei kein Spaziergang. Funke ist einer von rund zwanzig Köchen in der Schweiz – und der einzige in der Ostschweiz –, die den «Grünen Stern» besitzen. In Heiden im Kanton Appenzell Ausserrhoden betreibt er die «Fernsicht». Derzeit steht er dort bei 18 «Gault-Millau»-Punkten und zwei «Michelin»-Sternen.

Erhalten hat er diese Bewertungen für sein Flaggschiff, das Gourmetlokal «Incantare». Der «Grüne Stern» hingegen gehört seinem zweiten Betrieb am selben Standort, dem «Swiss Alpine». Was hier auf dem Teller landet, kommt aus der Nähe und von Produzenten, die Funke gut kennt. Der Anspruch geht aber darüber hinaus: Bei Funke reicht das bis hin zur Auswahl der Teller. Diese lasse er teilweise eigens herstellen, um das lokale Handwerk zu unterstützen.

Wobei dahinter Überzeugung und nicht der aktuelle Zeitgeist steckt. Er sei keiner, der dem Nachhaltigkeitswahn blind nachrenne, sagt Funke, mehr noch: «Manchmal kann ich das Wort gar nicht mehr hören, inzwischen redet ja jeder davon.» Nicht selten, um dann dennoch an Silvester Himbeeren zu servieren.

Tobias Funke, der seine Karriere 1998 mit der Kochlehre im Schloss Rapperswil begonnen hat, bleibt realistisch. «Wir stehen bei diesem Thema alle noch ganz am Anfang», sagt er. Wichtig sei, dass man sich laufend weiter in die richtige Richtung bewege. Wer es möglichst billig machen

wolle, habe schon verloren. Fairer Handel, das Tierwohl, gesunde Ernährung – das bleibe auf der Strecke, wenn man Kompromisse mache. «Der Konsument hat keine Chance zu wissen, was nachhaltig produziert wurde und was nicht. Wir Profis müssen ihm diese Arbeit abnehmen.»

Alte Verfahren

Der Sterne-Koch ortet diesbezüglich Defizite beim Nachwuchs. In der Berufsschule würden diese Themen vernachlässigt. Alte Ver-

fahren würden heute kaum mehr vermittelt. Einmachen, fermentieren, trocknen, in Salz einlegen, Sommerprodukte so erhalten, dass sie auch im Winter mit gutem Gewissen eingesetzt werden könnten – all das sei kein Teil der Ausbildung mehr, obschon das Ergebnis auch hilfreich für eine kreative Küche wäre.

Zu dieser Kreativität ist gezwungen, wer eine nachhaltige Spitzenküche anbieten will. Die Lebensmittel, die sich mit diesem Anspruch einsetzen lassen, sind begrenzt, sie können auch einmal ausgehen. «Nachhaltigkeit, verbunden mit unserem Qualitätsanspruch, das ist nicht einfach.» So kommen im «Incantare» im Unterschied zum «Swiss Alpine» auch Produkte aus Europa auf den Teller. Das funktioniere auf diesem Niveau gar nicht anders, «aber ich kann auch dort zu hundert Prozent dazu stehen, denn ich kenne auch hier jeden Produzenten persönlich.»

Der «Grüne Stern» mag ein Beleg für Nachhaltigkeit sein. Doch wenn er fehlt, belegt das umgekehrt nicht einen Mangel an Nachhaltigkeit.

Bücher



Optimistische Botschaft an die Enkel

Simon Aegerter: Das Wachstum der Grenzen. Über die unerschöpfliche Erfindungskraft der Menschen. NZZ Libro. 252 S., Fr. 38.90

Jahrzehntlang hat die Wendung «Grenzen des Wachstums» die Diskussionen beherrscht. Das 1972 von Dennis Meadows mit diesem Titel lancierte Buch hat in vielen Köpfen das Denken geprägt, die Formel war derart griffig, dass sie auch überlebte, als ihre Prognosen längst widerlegt waren. Bis heute sind Forderungen nach Nullwachstum oder *degrowth* verbreitet.

Das Gegenteil, nicht nur sprachlich, bringt Simon Aegerters Buch «Wachstum der Grenzen» zur Geltung. Er stellt nicht in Abrede, dass es Klimaänderungen, Ressourcenfragen, ungelöste Probleme gibt, aber er legt auch dar, wie die Menschen bisher die Entwicklung gemeistert haben. Schon immer, so der Physiker Aegerter, hätten die Menschen an der Schwelle zur Zukunft gestanden, hätten sie Angst davor gehabt, und fast immer sei es ganz anders als befürchtet gekommen: besser, angenehmer, gesünder. Aegerter verweist auf die Bedeutung von Innovationen und die Evolution.

Er habe das Buch in erster Linie «für unsere Enkel» geschrieben, sie sollten dereinst nicht sagen müssen, ihr Grossvater habe zwar gesehen, was auf sie zukomme, aber nichts gesagt. Er zeichnet zahlreiche Entwicklungsmöglichkeiten auf, etwa der Technologie, der Städte, des Verkehrs, er bespricht die möglichen Varianten der Energienutzung und Energiequellen, und in seinen Abwägungen schneidet die Kernenergie vergleichsweise gut ab.

Ist die Natur stärker als der Mensch?

Eike Roth: Das grosse Klimarätsel. Woher kommt das viele CO₂? Books on Demand. 132 S., Fr. 16.90

Verweise auf die Publikationen des Weltklimarats IPCC dominieren in vielen Ländern die Klimapolitik. Regierungen und Firmen rufen das Ziel netto null Treibhausgasemissionen 2050 aus. Dahinter steht die Auffassung, der menschenverursachte CO₂-Ausstoss bestimme den CO₂-Gehalt der Atmosphäre, und dieser sei entscheidend für die Klimaentwicklung. Diskussionen über die Klimawirksamkeit von CO₂ sind im Gang, auch in Berichten des IPCC.

Der Physiker Eike Roth, der beruflich in einem Kernkraftwerk tätig war und mehrere Bücher zu Klimathemen geschrieben hat, sucht diese Fragen für ein breites Publikum aufzuarbeiten. Er stellt die Frage ins Zentrum, woher das viele CO₂ in der Atmosphäre komme: wie viel aus der Natur, wie viel vom Menschen? Wenn sich, so Roth, die These bewahrheitete, dass auch in dieser Hinsicht die Natur stärker sei als der Mensch, dann müsse man die IPCC-gestützte Forderung nach der radikalen Reduktion des menschengemachten Ausstosses neu beurteilen. Er legt dar, dass bei den IPCC-Modellen die Einflüsse von aussen auf das System grundsätzlich als unveränderlich angenommen würden, während die Kritiker des Weltklimarats von veränderbaren äusseren Einflüssen ausgingen. Die Unterschiede zwischen diesen Ansätzen werden im Buch so besprochen, dass sie auch für ein breiteres Publikum verständlich sind. *Beat Gygi*

Podcast & Video

Nüchterne Sicht auf den Wasserstoff

Die drastische Reduktion der Treibhausgasemissionen auf netto null beherrscht die Köpfe von Klimapolitikern und Aktivisten – und auf die Frage, wie die neue Volatilität der Energieversorgung zu stabilisieren sei, kommt oft die Antwort «Wasserstoff». Das kleine Element H erscheint als sauberes Allheilmittel, um die fossilen Kohlenwasserstoffe zu ersetzen, etwa in Form synthetischer Treib- und Brennstoffe. Die bekannte deutsche Physikerin Sabine Hossenfelder hat in ihrer Podcast-Serie ein Video zu Wasserstoff publiziert, das Nüchternheit in die Schwärmerei bringen dürfte. Detailliert erklärt sie, wie man Wasserstoff herstellt, mit ihm umgeht und ihn anwendet, welche Kosten damit verbunden sind. Sie sagt im Video von sich selber, dass sie vor der Produktion des Films den Wasserstoff optimistischer gesehen habe als nachher.

www.youtube.com/watch?v=Zklo4Z1SgkE

Energiewende light

Gerd Ganteför, emeritierter Physikprofessor der Universität Konstanz, hat eine Videoserie erstellt zu zwei Symposien von 2022, in denen rund zwanzig Wissenschaftler ihre Einschätzungen zu Klima-, Energie- und Bevölkerungsthemen darlegten. Die unten genannte Adresse ist eine Art Zusammenfassung der wichtigsten Schlüsse daraus. Besonders brisant: Was die Menschen an CO₂ in die Atmosphäre abgeben, bleibt nicht alles dort. Die Landpflanzen und die Ozeane absorbieren etwa die Hälfte der menschengemachten Emissionen. Das Ziel der Klimaneutralität hiesse also nicht Reduktion auf netto null, sondern halb so viel Drosselung: Energiewende light. Das ist in der Öffentlichkeit kaum ein Thema.

www.youtube.com/watch?v=v9NNBisNUI&t=802s

Kalt-warm-Behandlung

Unter dem Titel «Wer spricht von Kältetoten?» bringt Nationalrat Thomas Matter in einem seiner regelmässigen Videos zur Sprache und ins Bild, wie nun geneigte Beobachter, Medienleute und Aktivisten praktisch jedes Kälte- und erst recht jedes Wärmeereignis dem Klima zuschreiben. *(gy)*

www.youtube.com/watch?v=Ha6AaRouXyE

Wo der Biomotor brummt

Eine private Biogasanlage im Kanton Zürich produziert aus Grünabfällen und Hofdünger Elektrizität. Die raffinierte Energieumwandlung liefert Naturstrom für 730 Haushalte.

Michael Baumann

Bei den Themen Energie und Strommangellage geht es in der politischen Diskussion zurzeit primär um Sparvorschläge oder um raschen Kapazitätsausbau bei Wind-, Wasser- und Sonnenenergie. Dabei gibt es daneben noch andere erneuerbare Energiequellen, die seltener zur Sprache kommen. Zu Unrecht, wie das Beispiel von Hanspeter Frey zeigt. Der 57-jährige Landwirt und Unternehmer aus dem zürcherischen Lindau betreibt schon seit 2007 zusammen mit Partnern erfolgreich eine Biogasanlage, in der aus organischen Stoffen wie Küchen- oder Gartenabfall, Mist, Gülle und Gras Strom hergestellt und ins öffentliche Netz eingespeist wird. Regional, nachhaltig und aus zu 100 Prozent erneuerbarer Energie. Dafür hat die Anlage den Innovationspreis der Gemeinde Lindau gewonnen.

Hanspeter Frey hatte früher für die Kommunen Grüngut entsorgt, da kam er auf die Idee. «2005 sah ich darin eine Möglichkeit zur Wertschöpfung, indem wir den vergärbaren

Weil der Düngerpreis in letzter Zeit gestiegen sei, verwendeten Bauern wieder vermehrt Gülle.

Teil des Abfalls für die Stromproduktion nutzen», sagt er. Mit Idealismus habe dieser Schritt nichts zu tun gehabt, sondern primär mit der Aussicht auf ein zweites berufliches Standbein nebst seinem Landwirtschaftsbetrieb mit rund neunzig Hektar Land und hundert Kühen. Gesagt, getan.

Heute wird die Biogasanlage mit drei Personen betrieben, die sich 250 Stellenprozente teilen. Doch bis damals der Gestaltungsplan ge-

nehmigt und die Baubewilligung erteilt waren, dauerte es noch weitere zwei Jahre. Später, 2016, konnte ein Erweiterungsbau in Betrieb genommen werden.

Das Land, auf dem die Anlage steht, hat die Bio Gas Lindau AG, die zu gleichen Teilen Hanspeter Frey und zwei Partnern gehört, vom Kanton im Baurecht übernommen. Frey: «Für ein solches Projekt in der Landwirtschaftszone ist der Kanton ein guter Partner.»

Stabiles Geschäftsmodell

Als Hanspeter Frey zu Beginn seinen Businessplan erstellte, kalkulierte er lediglich mit den Erträgen aus den Entsorgungsgebühren, erst kurz darauf wurde die Abgeltung von Strom aus Erneuerbaren eingeführt. «Wir haben im richtigen Moment angefangen, denn zu Beginn des Jahres 2009 führte der Bund die kostendeckende Einspeisevergütung, die KEV, für Ökostrom ein», sagt er rückblickend. Das gab dem jungen Energieunternehmen Planungs- und Ertragssicherheit. «Unser Geschäftsmodell ist stabil, weil wir eine Abnahmegarantie zu einem fixen Preis haben.»

Später kam dann noch ein Landwirtschaftsbonus dazu. Um in den Genuss dieser Programme zu kommen, müssen 80 Prozent der verarbeiteten Stoffe aus dem landwirtschaftlichen Bereich stammen. «Bei uns kommt die Gülle hauptsächlich aus den Kuh- und Schweineställen der nahen Landwirtschaftsschule Strickhof und von zwei Landwirtschaftsbetrieben», erklärt Frey, der in Lindau bis 2020 für die SVP 22 Jahre dem Gemeinderat angehörte. Heute ist er Verwaltungsratspräsident des Elektrizitätswerks Lindau.

Die Gülle wird durch ein unterirdisches Leitungssystem in die Biogasanlage gepumpt, das zum Teil schon vorher bestand. Zudem wer-

den noch Grüngutabfälle dazugegeben. Auch das Material von Hanspeter Freys eigenem Betrieb wird zum Zielort gepumpt. Insgesamt werden rund zwei Drittel durch die Leitung, der Rest auf der Strasse angeliefert. Zudem muss die Anlage mit Eigenstrom betrieben werden. Dass diese Vorgaben eingehalten werden, wird regelmässig von der Pronovo AG, der Zertifizierungsstelle des Bundes, kontrolliert.

Sie ist gleichzeitig auch die Abnehmerin des Stroms. Pro Kilowattstunde erhält die Bio Gas Lindau AG einen garantierten Betrag, der die Kosten deckt. Weil mit der Abwärme der Anlage im Winter der Strickhof geheizt und im Sommer Holz getrocknet wird, gibt es noch zwei Rappen mehr pro Kilowattstunde. Von der Energiepreissteigerung der letzten Monate hat Hanspeter Frey wegen des fixen Preises nicht profitieren können. «Ein paar Monate lang hätten wir auf dem freien Strommarkt deutlich mehr verdienen können», sagt er.

Das angelieferte Grünmaterial, rund tausend Kubikmeter jeden Tag, wird in der Vorgrube der Anlage im richtigen Verhältnis zu einer Biomasse vermischt, die zuerst in die Hydrolyse und dann in den Fermenter geleitet wird. Dort werden ihr für die Vergärung Bakterien zugeführt, die sich bei einer Temperatur von vierzig Grad Celsius am wohlsten fühlen. Zur besseren Kontrolle erfolgt die Vergärung nach Freys Worten in zwei Phasen.

Zwei V8-Zylinder

Durch den Vergärungsprozess im Fermenter wird das Biogas produziert, das in einer elastischen Haube gespeichert wird. «Nach der Vergärung bleiben feste und flüssige Teile übrig, die als Kompost oder als hochwertiger Dünger verwendet werden», sagt er. Pro Tag fallen rund sechzig Kubikmeter Substrat in Form



Tausend Cancellaras stark.

von homogener Gülle an, die weniger geruchsintensiv ist, weil ihr Ammoniak und Methan entzogen wurden. «Diese wird im Winterhalbjahr gelagert und im Frühling und Sommer auf die Felder ausgebracht», so Frey.

Vierundzwanzig Stunden, sieben Tage

Weil der Düngerpreis in letzter Zeit gestiegen sei, verwendeten viele Bauern, so Frey, wieder vermehrt Gülle, mit der sogar ein besserer Ertrag resultiere. Trotzdem lohne sich für die Bio Gas Lindau AG der Verkauf von Gülle nicht: «Für uns ist es insgesamt ein Verlustgeschäft.» Aber eine bessere Lösung gebe es nicht. Die bei der Lagerung des Düngers entstehenden Gase aus der Nachvergärung werden auch landwirtschaftlich verwertet.

Schliesslich wird das aus dem Vergärungsprozess gewonnene Biogas aufbereitet, gereinigt und zwei Blockheizkraftwerken

(BHKW) zugeführt, die mit einem V8-Zylinder-Dieselmotor Strom produzieren. Es ist eindrücklich: Die zwei Motoren sind grosse Brummer im Dauerlauf, acht Zylinder treiben eine Kurbelwelle an, die den Stromgenerator dreht. Die Abwärme des Motors wird auch genutzt, um den Fermenter und den nahen Schweinestall zu heizen. Jährlich können so insgesamt über 1,2 Millionen Kilowattstunden an Wärme für externe Zwecke genutzt werden. «Diese Energiemenge müsste andernfalls mit einem herkömmlichen Heizsystem kostspielig und wenig umweltschonend produziert werden», führt Hanspeter Frey aus.

Die Biogasanlage in Lindau hat eine Leistung von gut 500 Kilowatt, womit sie in der Schweiz zu den grösseren ihrer Art zählt. Frey sieht sie von der Leistung her im obersten Drittel. Zum Vergleich: Wenn der Radrennfahrer Fabian Cancellara jeweils dem Feld davonfuhr,

brachte er gut 500 Watt oder nicht ganz ein PS auf die Pedalen, Biogas Lindau ist also tausend Cancellaras stark. Grundsätzlich läuft die Anlage rund um die Uhr, sieben Tagen die Woche. Im Jahr produziert sie laut Frey etwa 3,3 Millionen Kilowattstunden Strom. Nur für Servicearbeiten muss sie ab und zu abgestellt werden. Mit dem Output können rund 730 durchschnittliche Haushalte mit Strom versorgt werden.

Für Hanspeter Frey ist klar, dass nur mit Biogas allein das Energieproblem der Schweiz nicht gelöst werden kann. Denn der Aufwand sei für den erzielten Output relativ gross. Und das Grünmaterial, das für die Produktion gebraucht werde, sei begrenzt verfügbar. «Hier muss man technologieoffen sein, um die Gesamtsituation zu verbessern», findet er. Aber die Stromproduktion mit Biogas trägt einen relevanten Teil zur Landesversorgung bei. «Zudem liefert sie die so wichtige Bandenergie, was sonst mit grünen Alternativen nicht möglich ist.» Bandenergie heisst: Stetige Produktion ohne Schwankungen, ohne Flattern, die Motoren brummen monoton rund um die Uhr.

Zusätzlicher Absatzkanal

Der Blick auf die kommenden Jahre erfüllt Frey gleichwohl mit Sorge. Der KEV-Vertrag, der die Abnahme des Stroms zu einem fixen Preis garantiert, hat eine Laufzeit von zwanzig Jahren und läuft somit 2029 aus. Ob es dann ein Anschlussprogramm geben wird, weiss er noch nicht. «Falls nichts passiert, ist die Zukunft offen und unsere Anlage höchst gefährdet», da gibt er sich keinen Illusionen hin.

Die Teuerung hat sich auch auf die Beschaffung von Ersatzteilen ausgewirkt. Immerhin dürfte die Amortisation in zwei bis drei Jahren abgeschlossen sein. «Unsere Hoffnung auf eine vernünftige Lösung ist im Moment noch gross.» Ein zusätzlicher Absatzkanal für einen Teil des Biogases wäre sonst anstelle der Verstromung die Einspeisung in das Erdgasnetz. Hanspeter Frey kann sich diese Möglichkeit in Zukunft gut vorstellen. Denn im benachbarten Effretikon gibt es eine Erdgastankstelle für Autos, die mit diesem Treibstoff angetrieben werden. Allerdings würde diese Absatzenergie Investitionen mit sich bringen. «Und weil Biogas einen tieferen Brennwert als Erdgas hat, müsste es aufwendig aufgewertet werden», erklärt er. Seine Arbeit für eine nachhaltige Energieversorgung bleibt spannend.

Und täglich grüsst der Klimakollaps

Klimawissenschaftler und Aktivisten sind starr fixiert auf das Ziel, die Erderwärmung auf 1,5 Grad zu begrenzen. Was nun, wenn beim Überschreiten der Schwelle nichts passiert?

Benny Peiser

Stell dir vor, die Welt geht unter, und kein Mensch merkt es. Kann gut sein. Immerhin steht uns die vorausgesagte Klimaapokalypse schon bald ins Haus, wenn wir die symbolische Grenze von 1,5 Grad Erderwärmung überschreiten. Sechs Jahre und 188 Tage – so wenig Zeit bleibt der Menschheit noch, um das Überschreiten der 1,5-Grad-Schwelle und damit eine irreversible Weltkatastrophe zu verhindern. Mit einer auf den Tag genau eingestellten Klimauhr konfrontierte eine Schweizer Klimaaktivistin Ende Januar Teilnehmer des Weltwirtschaftsforums in Davos.

Was aber passiert, wenn die prophezeite Katastrophe dann ausbleibt?

Die berühmte 1,5-Grad-Schwelle der Erwärmung wurde im Pariser Klimaabkommen von 2015 festgelegt. Die globale Temperatur soll nicht stärker über das vorindustrielle Niveau – um 1870 herum – steigen. Darauf hat sich die internationale Gemeinschaft geeinigt, um den Klimawandel zu begrenzen.

Apathie oder Wut

In den Augen vieler Klimaaktivisten ist die Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 Grad Celsius zum entscheidenden Massstab für den Erfolg ihrer Kampagne geworden – auch wenn zahlreiche Wissenschaftler privat davor warnen, dass das Ziel nicht mehr erfüllbar sei. Viele Aktivisten geben nur ungern zu, dass die 1,5-Grad-Grenze aussichtslos geworden ist. Klimapropheten, die seit Jahren eine globale Klimakalamität für das Jahr 2030 verkündet haben, fürchten indessen, dass die einen mit Apathie, die andern wütend reagieren könnten, sollte die prophezeite Katastrophe ausbleiben.

Was steckt eigentlich hinter dem Getue um diese Zahl? In einem Sonderbericht zum 1,5-Grad-Ziel warnte der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) im Jahr 2018, die Menschheit habe nur noch

zwölf Jahre, um eine Klimakatastrophe zu verhindern und die globale Erwärmung auf maximal 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Der IPCC-Bericht erklärte, die weltweiten Kohlendioxidemissionen müssten bis 2050 auf netto null gesenkt werden, und damit das 1,5-Grad-Ziel nicht über-

etwa Extinction Rebellion und «Letzte Generation», die das Ziel vertreten, den Untergang zu verhindern.

In einer dramatischen Rede vor dem britischen Unterhaus im Jahr 2019 prophezeite ein sechzehnjähriges Mädchen den Zusammenbruch der globalen Zivilisation – und zwar auf die Stunde genau: «Um das Jahr 2030, in zehn Jahren, 252 Tagen und zehn Stunden, werden wir uns in einer Situation befinden, in der wir eine unumkehrbare Kettenreaktion auslösen werden, die sich der menschlichen Kontrolle entzieht und höchstwahrscheinlich zum Ende unserer Zivilisation, wie wir sie kennen, führen wird.»

«Doomsday Clock»

Dabei unterstrich Greta Thunberg, die schwedische Kinderprophetin, dass es sich bei dieser Vorhersage nicht um ihre persönliche Vermutung, sondern um einen globalen, wissenschaftlichen Konsens handle: «Diese Projektionen», so Thunberg, «werden durch wissenschaftliche Fakten untermauert, die von allen Nationen und dem Weltklimarat IPCC geteilt werden. Nahezu alle grossen nationalen wissenschaftlichen Institutionen auf der ganzen Welt unterstützen vorbehaltlos die Arbeit und die Erkenntnisse des IPCC.»

«Wir sind die letzte Generation, die den Kollaps unserer Gesellschaft noch aufhalten kann.» Das glauben auch die Untergangspropheten der «Letzten Generation». In wenigen Jahren schon werde der Emissionsspielraum bis zur Erreichung der 1,5-Grad-Schwelle aufgebraucht und damit ein Kipppunkt erreicht sein, der eine globale Katastrophe auslösen werde.

Derartige Weltuntergangsstimmungen sind freilich nicht auf apokalyptische Klimaaktivisten beschränkt. Der Generalsekretär der Vereinten Nationen, António Guterres, warnte wiederholt vor einem «kollektiven Selbstmord der Menschheit», während der britische



Prophezeite Katastrophe: «Doomsday Clock».

müssten die globalen CO₂-Emissionen bis zirka 2030 um etwa 45 Prozent zurückgehen. Auf dieser Berechnung basiert die weitverbreitete Behauptung, die Menschheit habe «noch zwölf Jahre, um die Welt zu retten».

Mit diesem Sonderbericht des Weltklimarats gewann die 1,5-Grad-Schwelle eine gewaltige Eigendynamik in der internationalen Klimapolitik und unter Klimaaktivisten. Keine Wunder also, dass grüne Gruppen neue Organisationen und Bewegungen ins Leben riefen, wie

Premier Boris Johnson beim Uno-Klimagipfel in Glasgow 2021 erklärte, es sei «eine Minute vor Mitternacht auf der Weltuntergangsuhr».

Da die globale Durchschnittstemperatur seit der vorindustriellen Zeit bereits um etwa 1,2 Grad Celsius gestiegen ist, fehlen mithin nur noch 0,3 Grad bis zur gefürchteten Grenze. In Anlehnung an die umstrittene Weltuntergangsuhr amerikanischer Atomwissenschaftler («Doomsday Clock») gibt es mittlerweile in vielen Ländern Klimauhren, die genauestens anzeigen, wie viel CO₂ noch in die Atmosphäre geblasen werden darf – quasi als Budget –, will man die globale Erwärmung auf 1,5 Grad oder beziehungsweise auf zwei Grad begrenzen. Basierend auf den vom Welt-

Mit dem Sonderbericht von 2018 gewann die 1,5-Grad-Schwelle eine gewaltige Eigendynamik.

klimarat vorgelegten Berechnungen des verbleibenden CO₂-Budgets, hat die Menschheit derzeit noch einen Haushalt von ungefähr 272 Gigatonnen CO₂ verfügbar, das in die Atmosphäre abgegeben werden kann. Und da der Jahresausstoss globaler CO₂-Emissionen heute schätzungsweise etwa 42 Gigatonnen beträgt, bleiben der Welt bei gleichbleibendem Ausstoss etwas mehr als sechs Jahre, bis das Budget für das 1,5-Grad-Ziel erschöpft ist.

Nun ist es allerdings so, dass die globale Temperatur in den vergangenen sechs bis sieben Jahren kaum merklich gestiegen ist. So bleibt derzeit offen, ob der Verbrauch des verbleibenden CO₂-Budgets tatsächlich den dramatischen Anstieg um 0,3 Grad Celsius erzeugen wird oder nicht.

Neu rechnen für neue Panik

Damit zurück zur Frage: Was passiert, sollte die Temperaturgrenze einfach so überschritten werden? Professor Myles Allen von der Universität Oxford fürchtet bereits starke Gegenreaktionen. «Ein weiteres Viertelgrad Erwärmung wird sich für die Steuerzahler von 2030 nicht wie Armageddon anfühlen. Und was werden sie dann denken?» Andere sagen: Ein Plus von 1,6 Grad werde sich nicht so anfühlen, als sei eine Schwelle überschritten, da es eine solche in Wirklichkeit gar nicht gebe.

Klimawissenschaftler und -aktivisten befürchten, dass dann eine wachsende Zahl von Menschen ihnen gegenüber skeptischer werden könnte – besonders wenn die Energiekrise anhalten und aus Entwicklungsländern lautstarke

Forderungen nach Hunderten von Milliarden an Klimakompensation kommen sollten.

Für die Klimabewegung könnte sich das Gefühl der apokalyptischen Dringlichkeit, das Aktivisten seit Jahren angetrieben hat, abschwächen. Wenn eine Erwärmung um 1,5 Grad nicht zum erwarteten Zusammenbruch der Zivilisation führt und aussergewöhnliche Änderungen kaum zu bemerken sind – wäre dann eine fortgesetzte Angstkampagne mit der Ausrichtung auf ein Ziel von 1,6 oder 1,7 oder zwei Grad noch glaubhaft, noch aufrechtzuerhalten?

Klar, Computermodelle und deren Prognosen liessen sich mit wenig Aufwand revidieren. Es wäre schliesslich nicht das erste Mal. Bereits 2017 sahen sich Klimawissenschaftler gezwungen, öffentlich zu erklären, sie hätten sich geirrt. Sie gaben zu, dass der vom Weltklimarat zuvor vorgelegte CO₂-Haushalt für das 1,5-Grad-Ziel innert dreier Jahre aufgebraucht sei und deshalb der Katastrophenzeitpunkt in die Zukunft verschoben werden müsse.

Die Verschiebung des Weltuntergangsdatum ist eine altbekannte und gleichzeitig verrufene Methode gescheiterter Propheten. Seit Jahrhunderten sagen Apokalyptiker unermüdlich das Ende der Welt voraus. Und seit Jahrhunderten verschieben sie immer wieder das Datum des Untergangs. Sobald der Zeitpunkt ereignislos verstrichen war, machten sich Untergangspropheten nochmals ans Rechnen und verschoben die Apokalypse in die Zukunft.

«When Prophecy Fails» ist ein klassisches Werk der Sozialpsychologie. Das 1956 veröffentlichte Buch ist eine Studie über eine Sekte, die das kurz bevorstehende Ende der Welt prophezeite. Der Psychologe Leon Festinger und seine Kollegen interessierten sich besonders für die Bewältigungsmechanismen der Kultmitglieder, nachdem die Apokalypse nicht wie erwartet eingetreten war.

Die Studie zeigte auf, dass die Mitglieder nicht nur an ihrem Glauben an das nahende Ende festhielten, sondern sogar noch fanatischer ihrer Überzeugung nachgingen. Für die Kultmitglieder behielt die fehlgeschlagene Prophezeiung ihre Richtigkeit, da sie annehmen, nur das Datum habe etwas falsch gelegen, weil ungeahnte Gründe zu einer gewissen Verzögerung des Untergangs geführt hätten. An ihrem Endzeitglauben hielten sie mit grösserer Hartnäckigkeit als zuvor fest.

Benny Peiser ist Direktor der Londoner Denkfabrik Net Zero Watch.

Multitalent

Energie aus Biomasse geniesst doppelte Sympathie. Nach ihrer Hauptaufgabe machen die Stoffe eine zweite Karriere.

Es mutet fast an wie die Zauberformel: «Unter erneuerbarer Energie gilt Biomasse als der Alleskönner: Mit ihr ist die Produktion von Strom, Wärme und Treibstoff möglich.» Mit diesen Worten stimmt das Bundesamt für Energie das Publikum ein auf die Energieproduktion aus Stoffen, die man sonst liegen lässt oder wegwirft. Und es tönt so: «Weggeworfene Orangenschalen, Kuhmist oder Holz – in zahlreichen organischen Abfällen und in Wald- und Restholz steckt wertvolle Energie.»

In der nüchternen Definition wird alles nachwachsende organische Material als Biomasse bezeichnet. Alle Stoffe tierischer und pflanzlicher Herkunft gehören dazu. Sie gelten als CO₂-neutral, da sie während des Wachstums CO₂ in ihre Strukturen einbauen und dieses während ihrer Existenz festsetzen. Energie aus Biomasse erhält sogar die lobende Einstufung als «rundum nachhaltig», weil die Stoffe zuerst als Nahrungs- oder Futtermittel oder als Baustoff ihren Dienst tun und in ihrer zweiten Karriere, oft in der gleichen Region, Energie liefern. Holz und Holzabfälle werden verbrannt oder vergast. Die weniger verholzte Biomasse wird vergärt, wie dies im Bericht über die Biogasanlage Lindau in dieser Beilage erklärt wird (Seite 6).

Sympathiebonus

Biomasse ist auch von der Grösse her eine Art heimlicher Champion: Die erneuerbaren Energien machen in der Schweiz insgesamt etwas über ein Viertel des Gesamtenergieverbrauchs aus – und in diesem Segment stellt die Biomasse ein Viertel dar, sie ist die Nummer zwei der Erneuerbaren nach der Wasserkraft.

Hinzu kommt ein Sympathiebonus bei den Konsumenten. Viele Kunden haben die Wahl zwischen Erdgas und dem teureren Biogas – und die Nachfrage nach Biogas ist so gross, dass verrechnungsmässig Importe nötig sind. Als Treibstoff ist Biogas Mineralölsteuerbefreit. Ein Wachstumsgeschäft scheint Biogas jedoch nicht zu sein, weil man bei nötigen Inputs wie Pflanzenabfällen oder Hofdünger laut Branchenexperten die Mengen ausgereizt hat.

Beat Gygi

Von Amerika lernen

Eine sichere Energieversorgung ist die Grundlage für Frieden und Wohlstand. Wenn Europa den «Green New Deal» durchzieht, drohen gefährliche Lücken. Erfahrungen aus den USA zeigen, dass es vor allem in der deutschen Energiepolitik mehr Vernunft und Logik braucht.

Andreas Hieke

Die Themen Energieversorgung und Energiepreise erhitzen in Deutschland, der Schweiz und fast ganz Europa die Gemüter. Im Interesse des sozialen Friedens und der Erhaltung des Wohlstands erscheint es dringlich, Vernunft, Logik und allenfalls unangenehme wissenschaftliche Fakten in die Debatte einzubringen.

Energiesicherheit ist für jedes Land, vor allem aber für die Industrieländer, ein Eckpfeiler nationaler Sicherheit. Der in den USA im August 2022 von der Biden-Administration verabschiedete «Inflation Reduction Act» verspricht 369 Milliarden Dollar über zehn Jahre allein für Energiesicherheit, preiswerte Energie und Klimaschutz, was neben Kapazitäten für erneuerbare Energie den Erhalt und Ausbau von Kernkraftwerken einschliesst.

Kürzlich hat der Autor gemeinsam mit einem Freund («Nicht-Physiker») eine rund 1500 Kilometer lange Tour durch Südkalifornien und Südnevada unternommen, um einige der weltgrössten und bemerkenswertesten Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energie zu besichtigen. Aus physikalischer Sicht ist das Adjektiv «erneuerbar» keine präzise Beschreibung. «Extern geliefert» oder «virtuell unerschöpflich» wäre faktisch zutreffender.

Zwischen Physik und Politik

Denn gemeint ist natürlich die durch die Kernfusion der Sonne von ihr als elektromagnetisch emittierte Strahlung auf die Erde treffende Energie. Sie kommt in Gegenden wie Südkalifornien bestenfalls mit rund 900 Watt pro Quadratmeter auf der Erdoberfläche an. Sie ist damit die Quelle für die von Menschen daraus unmittelbar in fotovoltaischen, solarthermischen, hydroelektrischen wie auch Windkraftanlagen gewonnene elektrische Energie. Die Sonne ist auch



Dr. Andreas Hieke, Physiker, ist Gründer und Inhaber von Themis Scientific, LLC.

Auf Einladung eines Nobelpreisträgers baute er an der Stanford University, School of Medicine, ein von ihm erfundenes physikalisches Instrument zum Sequenzieren von Proteinen.

die Quelle – allerdings durch Millionen Jahre der Akkumulation von Sedimenten – für die chemische Energie von Kohle, Erdgas und Erdöl.

Beim Thema Energie geht es um Physik und Ingenieurwissenschaften. Fragen – im Rahmen der Mess- beziehungsweise Erfassungsgenauigkeit – sind also immer klar beantwortbar. Etwa: Was ist der Energieinhalt einer Autobatterie? Was ist die durchschnittliche tägliche Energie, welche die fotovoltaischen Zellen auf meinem Dach liefern? Wie und wie lange kann ich diese Energiemenge speichern?

Da geht es nicht um politische Einstellungen oder Meinungen. Aber irgendwann kommen diese Gesichtspunkte offensichtlich ins Spiel. Wenn eine wissenschaftlich, finanziell, ökologisch, ideologisch oder anderweitig motivierte

technische Vision Vorrang erhält, sollten wenigstens folgende Fragen gestellt werden:

- Ist es technisch machbar?
- Was kostet es in Form von Geld?
- Ergibt es wirtschaftlich Sinn?
- Was sind die Kosten in Form von Kollateralschäden oder anderen Auswirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt?

Kanzlerin Merkmals Vorstellungen

Von grösster Bedeutung sind diese Fragen zurzeit mit Blick auf den «New Green Deal» der EU und die Energiewendediskussionen in Deutschland, die zum Ziel haben, die Energieversorgung radikal umzustellen und schnellstens CO₂-Emissionen zu reduzieren (am besten auf null). Gewiss, die Abkehr von fossilen Brennstoffen wäre prinzipiell erstrebenswert, unter anderem weil der Vorrat endlich ist, weil Verbrennung Luftverschmutzung nach sich zieht und auch weil man gerade mit Erdöl andere wichtige Aufgaben wahrnehmen kann. Aber die genannten vier Fragen sind unumgänglich.

Beim Thema Energie begehen Nicht-Wissenschaftler und die Medien oft fundamentale Fehler. Besonders verbreitet sind die irrtümlichen Annahmen,

- dass der Verbrauch an Elektroenergie (pro Kopf, Land usw.) gleich dem Gesamtenergieverbrauch sei,
- dass ein elektrisches Netzwerk zur Stromversorgung nennenswerte Energiespeicherkapazitäten habe,
- dass Wasserstoff eine Energiequelle anstatt ein Energieträger beziehungsweise Energiespeicher sei;
- dazu kommt, dass selbst Energie und Leistung nicht sauber unterschieden werden. So werden oft Kilowatt und Kilowattstunden verwechselt.



Beeindruckende Leistung: Ivanpah Solar-Thermal Power Plant, Südkalifornien.

Wie weitverbreitet diese Irrtümer sind, illustriert die Tatsache, dass die damalige Bundeskanzlerin Angela Merkel auf dem (virtuellen) World Economic Forum am 26. Januar 2021 gegenüber der Weltöffentlichkeit behauptete: «Deutschland bezieht inzwischen mehr als 40 Prozent seiner Energie aus erneuerbaren

Beim Thema Energie begehen Nicht-Wissenschaftler und die Medien fundamentale Fehler.

Quellen» (übersetzt aus dem Englischen). Die Rede lässt sich bis heute im Web nachlesen. Merkmals Aussage ist in irreführender Weise falsch. 2016 betrug der Primärenergieverbrauch Deutschlands etwa 13,5 EJ = 13 500 PJ = 3750 TWh pro Jahr (Erklärungen zu den Masseneinheiten siehe Kasten auf Seite 18). Das entspricht einer durchschnittlichen permanenten Leistung von 428 Gigawatt (GW). Nur 1,8 EJ des gesamten Primärenergieverbrauchs sind «erneuerbar», nachzulesen im Bericht des Wirtschaftsministeriums 2019, Seite 11.

Korrekt hätte Merkmals Aussage also lauten müssen: 14 Prozent. Aufgeschlüsselt nach Energieart waren das: 3 Prozent aus Windkraft,

sodann Fotovoltaik (1,3), Wasserkraft (0,5) solarthermisch (0,2). Der Rest stammte überwiegend aus Biomasse und Biokraftstoff. Und wie wichtig war Strom? Rund 680 TWh waren 2019 elektrische Energie, 18 Prozent des Gesamtverbrauchs.

Weiter mit Merkel: Da nach zwanzig Jahren «Energiewende» diese irrtümlichen 40 Prozent ja schon ganz gut zu sein schienen, fuhr sie am WEF mutig fort: «...haben wir unser europäisches Ziel für die CO₂-Reduktion bis zum Jahr 2030 von 40 auf 55 Prozent erhöht ... und werden bis 2050 klimaneutral!» (übersetzt).

Wie realistisch dieses heute überall uniform beschworene CO₂-netto-null-2050-Ziel ist, wird im Folgenden betrachtet.

Fantastereien zum «Green New Deal»

Wie kann es sein, dass Redenschreiber und Berater der deutschen Kanzlerin eklatante Fehler nicht bemerken? Woher kommen solche Ideen? Eine mögliche Antwort mag darin liegen, wer ihre Berater waren. Der Autor wurde Zeuge, als am 19. Januar 2020 der amerikanische Ökonom Jeremy Rifkin an der DLD-Konferenz (Digital Life Design) in München den Vortrag «A New Green Deal for Europe» hielt. Rhetorisch eher im Stil eines amerikanischen Fernsehpredigers gehalten, gelang es Rifkin so, die Zuhörer zu fesseln. Nach einleitenden Ausführungen zum

kurz bevorstehenden Massensterben und Weltuntergang verlangte er – erstaunlicherweise primär mit Blick auf Europa und Deutschland –, man müsse bis 2040 ohne fossile Brennstoffe und Kernenergie auskommen.

Er verstieg sich zu Bemerkungen, die suggerierten, dass das physische Stromnetz wie eine Art Internet betrieben werden könne. Wörtlich sagte er [14.36]:

– «Jetzt wird dieses digitalisierte Kommunikationsinternet mit einem digitalisierten Internet der erneuerbaren Energien [...]»

– «und sendet sie (die Energie) zurück in ein zunehmend digitalisiertes Energie-Internet [...] und bald ein Hochleistungs-Gleichstrom-Internet [...]»

– «unter Nutzung derselben Daten, derselben Analysen und Algorithmen, die wir zum Austausch von Nachrichten, Wissen und Unterhaltung im Kommunikationsinternet nutzen. Sie konvergieren» (übersetzt aus dem Englischen).

Rifkins Behauptungen sind technisch grober und gefährlicher Unfug. Sie basieren auf mindestens zwei Fehleinschätzungen: Erstens kann man elektrische Energie nicht in Paketen routen und vor allem nicht billig speichern (!) wie Bytes im «Daten-Internet». Dies sind physikalisch und technisch völlig andere Systeme.

Zweitens sind seine Aussagen bezüglich ökonomisch-finanzieller *inflection points* beim Unterschreiten des Preises erneuerbarer Energien im Vergleich zu fossiler beziehungsweise nuklearer Energie unvollständig, da nicht nur Marktkräfte wirken, sondern auch physikalische Grenzen erreicht werden. Wäre Rifkin mit diesen Aussagen zum amerikanischen Energieministerium gegangen, wäre ihm wohl sehr schnell die Tür gewiesen worden. Aber klar, er brüstete sich lieber damit, Berater sowohl der deutschen Kanzlerin [16.35] – «Als Angela Merkel Bundeskanzlerin Deutschlands wurde, bat sie mich, nach Berlin zu kommen[...] um ihr zu helfen[...] wie wir die deutsche Wirtschaft wachsen lassen können...» – als auch von Sigmar Gabriel zu sein – «Ich arbeite mit Sigmar Gabriel an diesem Übergang...» [28.38]. Und sogar der EU-Spitze [39.36]: «Wie können wir die Regionen dazu bringen, dies zu tun? Ursula von der Leyen ist meiner Meinung nach grossartig, und ich glaube, dass sie uns dabei helfen wird, denn als sie den Green Deal ankündigte, sagte sie: «Seien Sie sich im Klaren, ich habe sieben Kinder. Wir werden das tun»» (übersetzt aus dem Englischen).

Wie kann jemand anscheinend ohne relevantes wissenschaftlich-technisches Grundwissen massgeblicher Berater führender deutscher und anderer europäischer Politiker sein?

Zeitgleich hat der Fachbereich Physik der Universität Heidelberg seit Jahren einen offenen Brief zum bisher eher dürftigen Erfolg der deutschen «Energiewende» auf seiner Website, der wissenschaftlich fundiert ist, aber von der Politik weitestgehend ignoriert wird.

Gebündeltes Sonnenlicht

Nun aber zurück in die USA. Bei knapp 30 Grad Celsius betraten wir Ende September 2022 das Gelände des «Ivanpah Solar-Thermal Power Plant» in der Wüste von Südkalifornien – eine sowohl optisch als auch technisch absolut beeindruckende Leistung: Die solarthermischen Kraftwerke wie «Ivanpah» sind im industriellen Massstab eine effiziente und relativ nebenwirkungsarme Methode, solare Strahlung in Elektrizität umzuwandeln. Eine Vielzahl von Spiegeln leitet das Sonnenlicht auf den Kollektor an der Turmspitze. Kombiniert mit flüssigem Salz als thermischem Energiespeichermedium erreicht man einen Betrieb zumindest bis weit in die Nacht hinein.

Die Bausumme betrug 2,2 Milliarden Dollar, massgebliche Unterstützung kam vom US-Energieministerium. Die Anlage leistet maximal 400 MW (elektrisch) und produziert im Jahr durchschnittlich 856 GWh, das sind 3,1 PJ. Zum Vergleich: Der gesamte Energiebedarf der USA



Nebenwirkungsarm: Ivanpah-Kollektor.



Klassiker: Hoover-Damm am Colorado River.

liegt bei etwa 109 EJ oder 109 000 PJ. Man bräuchte also 35 000 «Ivanpah»-Anlagen zur Deckung des Verbrauchs der USA. Bei einem Flächenbedarf von 14 Millionen Quadratmetern pro Anlage (3,7 mal 3,7 km) ergäbe das total eine Fläche von 700 mal 700 Kilometern.

Zumindest theoretisch (abgesehen von den Kosten von rund 2,2 Milliarden Dollar mal 35 000, also 77 Billionen Dollar oder dreimal das jährliche US-BIP) könnte man dies in den USA durchaus realisieren und einen nennenswerten Teil der Wüsten im Südwesten der USA (in Kalifornien, Arizona, Nevada, New Mexico,

Texas) dafür verwenden. Vermutlich liesse sich der Platzbedarf pro Anlage noch etwas verringern. Deutschland, das 13 500 PJ Gesamtbedarf an Energie hat, würde «nur» etwa 4300 solcher Anlagen brauchen – sofern sie in günstigen Gebieten wie etwa Nordafrika stünden. Und selbst dann käme dies mit 2,2 Milliarden Dollar mal 4300 auf rund 9,5 Billionen Dollar oder etwa das doppelte des deutschen BIP.

Denn im Südwesten der USA ist die Sonneneinstrahlung mit 7 bis 8 kWh pro Quadratmeter und Tag weitaus stärker als in Deutschland, wo sie – sehr stark jahreszeitabhängig – nur etwa 2,5 kWh pro Quadratmeter und Tag ausmacht. Der Standort Deutschland bräuchte also wahrscheinlich wenigstens 20 000 «Ivanpahs» und unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen von 1:4 eher 40 000 oder noch mehr. Das ist natürlich völlig unpraktikabel. Das Land wäre komplett zugestellt. Und ohne Langzeit-Energiespeicher funktioniert dies ohnehin nicht.

Fotovoltaische Heizplatte

Und wie steht es um die vielgepriesene Fotovoltaik, auf die man in Europa baut? Erkenntnisse aus unserer Amerikaexpedition: Fotovoltaische Anlagen sind zwar in der Anschaffung inzwischen relativ billig und auch sehr einfach zu betreiben, nutzen aber die Fläche nur mässig effizient. Die besichtigte «Copper Mountain Solar Facility 1–4» in Nevada hat eine Maximalleistung von 805 MW und produziert jährlich eine elektrische Energie von etwa 1300 GWh, das sind 4,7 PJ. Mit 104 000 PJ/4,7 PJ entspricht das 0,004 Prozent des jährlichen Gesamtenergiebedarfs der USA.

Man bräuchte somit etwa 23 000 solcher Anlagen. Und das unter den vorteilhaften klimatischen Bedingungen des Südwestens der USA, das heisst mit solarer Einstrahlung von 7 bis 8 kWh pro Quadratmeter und Tag.

Ironischerweise ist einer der unerwünschten Nebeneffekte von grossen fotovoltaischen Anlagen, dass sie zur lokalen und so indirekt globalen Erwärmung beitragen. Wenn man relativ gut reflektierende helle Wüstenoberflächen mit dunklen, fast schwarzen Zellen abdeckt (ähnlich einer Asphaltstrasse), welche die ankommende Strahlungsenergie nur zu einem Bruchteil – typisch etwa 15 bis 20 Prozent – in Elektrizität umwandeln, wird der verbleibende Strahlungsenergieanteil in Wärme umgewandelt. Die Stromerzeugung ist dann eigentlich ein Nebeneffekt.

De facto sind derzeitige reine fotovoltaische Kraftwerke (ohne Wasserkühlung und Nutzung der Wärme), wie zum Beispiel die «Copper



Können theoretisch viel: San Geronio Pass Wind Farm, Riverside County, Kalifornien.

Mountain Solar Facility», primär solarthermische Wandler, also eine gigantische Heizplatte für die Umgebung. Eine fotovoltaische 200-MW-Solarfarm produziert etwa 800 MW Wärme. Ob dieser Effekt eventuell sogar grösser ist als der durch CO₂ beziehungsweise Russmission bei Verbrennung einer äquivalenten Menge Kohle oder Öl entstehende, wäre einmal genau zu berechnen. Diesen Nachteil haben die vorher beschriebenen solarthermischen Anlagen wie «Ivanpah» nicht.

Enormer Flächenbedarf

Nochmals: In Mitteleuropa hat man mit deutlich weniger solarer Einstrahlung auszukommen. In Deutschland und der Schweiz auf geringen Höhen sind das etwa 2,5 kWh Strahlungsenergie pro Quadratmeter und Tag Jahresdurchschnitt. Dabei nimmt man sogar an, dass die Panels da zweiachsig aktiv auf die Sonne ausgerichtet werden. Bei 20 Prozent Umwandlungseffizienz von fotovoltaischen Zellen braucht man zwei Quadratmeter Fläche für eine Kilowattstunde elektrischer Energie pro Tag.

Also würde man, so die Rechnung für Deutschland, 430 GW mal 24 Stunden, dividiert durch 0,5 kWh pro Quadratmeter pro 24 Stunden brauchen, das ergibt gerundet 21 Milliarden Quadratmeter oder 21 000 Quadratkilometer Gesamtfläche: ein Quadrat von 146 mal 146 Kilometer – ohne Zufahrtswege. Berücksichtigt man die starken jahreszeitlichen Strahlungsschwankungen von 1:4 (Winter zu Sommer), ist aber praktisch deutlich mehr nötig, mindestens das Doppelte, was 42 000 Quadratkilometer hiesse. Es dürfte unmöglich sein, so viel ungenutztes Land und entsprechende Oberflächen zu finden. Auch ist die Verfügbarkeit

mehrerer Milliarden Zwei-Achsen-Tracking-Systeme wahrscheinlich ein Problem.

Südlich gelegene, menschenleere Wüstenregionen in den USA, Nordafrika, im Nahen Osten und in China sind eben deutlich vorteilhafter in Bezug auf die eintreffende Strahlungsenergiemenge. Aber wie vorher schon angetönt: Ohne Technologie zum Speichern von Energie über Zeiträume im Bereich von Wochen ist Fotovoltaik über einen gewissen Anteil hinaus nicht praktikabel.

Man baut daher derzeit in Kalifornien das «Edwards & Sanborn Solar and Energy Storage System», das ist der weltweit grösste Akkumulator mit 3320 MWh oder 3,3 GWh elektrischer Speicherkapazität. Das ist zweifellos ein Schritt

Durch den erhofften vollständigen Ersatz von Erdgas und Erdöl würde der Stromverbrauch merklich steigen.

in die richtige Richtung, repräsentiert aber mit 0,011 PJ nur einen Tropfen auf den heissen Stein, denn das sind lediglich 0,004 Prozent des täglichen Gesamtenergieverbrauchs der USA.

In Deutschland bräuchte man bei einem täglichen Gesamtenergieverbrauch von 10,3 TWh etwa 3090 solcher Anlagen. Zum Speichern der zurzeit landesweit an einem einzigen Tag verwendeten elektrischen Energie von gut 1,8 TWh also etwa 564 solcher Anlagen. Heute liegt der Stückpreis bei einer Milliarde Dollar. Bis 2050 wäre alle achtzehn Tage eine Einheit zu bauen. Aber selbst das würde eben nicht reichen: Durch den erhofften vollständigen Ersatz von Erdgas und Erdöl würde der Stromverbrauch ja merklich steigen, etwa auf das Vier- bis Fünffache.

Blicken wir auf die klassische Version der erneuerbaren Energieformen, die Wasserkraft. Hydroelektrische Kraftwerke haben zwei ganz entscheidenden Vorteile: Sie haben wochenlange Energiespeicherfähigkeit quasi eingebaut, und sie liefern leicht dem Bedarf anpassbare Leistung während 24 Stunden am Tag. Allerdings verwandeln sie viel Landfläche in Seen, und es fließen nicht annähernd genug Flüsse auf der Welt, um die Menschheit so mit Energie zu versorgen. Dies trifft konkret auf die USA wie auch auf die Schweiz und Deutschland zu.

Vergleichsweise verlässlich

Der Hoover-Damm am Colorado-Lauf in den USA ist sozusagen ein Klassiker; er hat historisch gesehen pro Jahr zwischen 2500 und 10 000 GWh produziert, typisch sind 4200 GWh, das sind 15 PJ. Durch die Verringerung der Wassermenge im aufgestauten Lake Mead verringert sich inzwischen die Leistung. Die USA bräuchten zur vollen Energiedeckung somit etwa 109 000 PJ/15 PJ = 7200 Hoover-Dämme.

Der Fluss Colorado und der Rhein sind vom Durchfluss etwa vergleichbar. Wenn man den Rhein zum Beispiel an der Loreley auf 200 Meter Höhe stauen würde – was aufgrund der dann unter Wasser gesetzten Fläche völlig undenkbar ist –, hätte man etwa einen Hoover-Damm. Deutschland bräuchte 13 000 PJ/15 PJ, ergibt 866 davon. Dies ist physikalisch unmöglich.

Zu guter Letzt bleiben als «Erneuerbare» noch die Windkraftanlagen. Diese können theoretisch zwar viel: 24 Stunden am Tag Strom liefern. Sie tun dies aber auf stark variable Art und Weise. Vergleichsweise verlässlich ist Windenergie in Gegenden, wo Wüstenregionen in der Nähe des Meeres liegen. Die «San Geronio Pass Wind Farm», die wir auf unserer Reise in Kalifornien besichtigt haben, hat eine Maximalleistung von 615 MW und produziert jährlich elektrische Energie von 1300 GWh. Das sind 4,7 PJ, also ebenfalls wie bei Fotovoltaik 0,004 Prozent des jährlichen Gesamtenergieverbrauchs der USA.

Selbst wenn man alle Windfarmen in Kalifornien kombiniert, produzieren diese derzeit 15 170 GWh, das sind 15,2 TWh oder 50 PJ pro Jahr. In andern Worten nur 0,045 Prozent des Energiebedarfs der USA. Allerdings hat die USA, vor allem im Südwesten, sehr grosse unbesiedelte und landwirtschaftlich kaum nutzbare Flächen, die einen weiteren Ausbau ermöglichen. Dies dürfte in Mitteleuropa vergleichsweise schwierig sein.

Windkraftanlagen sind an sich ideal für sonnenarme mittel- und nordeuropäische Verhältnisse. Allerdings ist nur an guten Punkten in Deutschland die durchschnittliche Leistung

etwa ein Drittel der Maximalleistung. Wenn man also die von Deutschland durchschnittlich permanent verbrauchte Leistung von rund 430 GW mit modernen 6-MW-Windrädern erzeugen wollte, hätte man folgendes Problem: Da nur die besten Standorte für Windkraftanlagen das Ein-Drittel-Leistungsverhältnis bieten, sei auf der restlichen Fläche ein Verhältnis von Durchschnitt zu Maximalleistung von einem Viertel angenommen, also durchschnittlich 1,5 MW. Ferner sei angenommen, dass 50 Prozent der Fläche nicht nutzbar sind durch Gebirge, Flüsse, Industrieanlagen, Städte, Flugplätze und so weiter. (In der Schweiz wäre der relative Anteil nutzbarer Fläche sicherlich noch geringer.)

Daher bräuhete man in Deutschland 430 Milliarden Watt/1,5 Millionen Watt, das sind 287 000 jeweils knapp 200 Meter hohe Windräder. Die Hälfte der Fläche Deutschlands misst rund 180 000 Quadratkilometer (424 mal 424 km), also hat man 0,63 Quadratkilometer pro Windrad. Sofern man kartesisch aufstellt, bekommt man damit 790 Meter Abstand – in alle vier Himmelsrichtungen. Das Land derart vollzustellen, dürfte mit geltendem Baurecht, geschweige denn mit der allgemeinen Akzeptanz bei der Bevölkerung, nicht vereinbar sein. Offshore-Anlagen können partiell die Situation etwas erleichtern, aber nicht das Problem lösen.

Und der Zeitdruck wäre enorm: Bis zum Jahr 2050 verbleiben 9855 Tage; sagen wir 10 000. Also müssten pro Tag 29 Windräder produziert und in Deutschland installiert werden.

Aber, wie gesagt, selbst wenn dies machbar wäre, ist es immer noch komplett illusorisch, so lange es keine Technologie gibt, die derartige Energiemengen über Zeiträume im Bereich von wenigstens mehreren Wochen speichern kann.

Enttäuschte Hoffnung in die Autoflotte

Manche träumen davon, offenbar auch Jeremy Rifkin, dass durch komplette Elektrifizierung der Fahrzeugflotte diese Speicherwirkung im elektrischen Netz erreicht werden kann. Aber auch das dürfte schwierig werden. Bei 130 kWh Verbrauch pro Person und Tag und beispielsweise selbst nur zwei Wochen gewünschter Speicherzeit erfordert dies 1820 kWh – pro Person. Wenn man 100 kWh Speicherkapazität pro Autobatterie annimmt, ergibt dies achtzehn Tesla-S pro Bürger allen Alters. Eine Flotte von etwa 1,5 Milliarden Fahrzeugen – und das nur für Deutschland. Alleine durch Lithiumbedarf und -preis ist dies also komplett illusorisch.

Dagegen kann ein einziges 2-GW-Atomkraftwerk im Jahr (angenommen fünf Tage Wartungszeit) in der Tat 2 GW mal 24 Stunden mal 360 = 17 300 GWh und damit 62 PJ liefern –



Nur mässig effizient:

Copper Mountain Solar Facility 1–4, Nevada.

mehr als alle Windparks in Kalifornien. Um CO₂-neutral zu werden, könnte man also in Deutschland bis 2050 zu den bestehenden erneuerbaren Energiequellen in den verbleibenden 27 Jahren

Das Land derart vollzustellen, dürfte mit geltendem Baurecht nicht vereinbar sein.

180 Atomkraftwerke von je etwa 2 GW Leistung bauen, das würde heissen: etwa alle 1,8 Monate ein Atomkraftwerk. Ist das realistisch? Als langfristiges Ziel (bis Ende des Jahrhunderts) ist dies zumindest nicht völlig absurd. Sicherlich würde der Platz ausreichen und es gäbe keine Energiespeicherprobleme – dies unter der Annahme, dass genug spaltbares Material verfügbar ist.

Die hier dargelegten Relationen scheinen zumindest in den USA einigen Verantwortlichen klar zu sein. Die USA sind ohnehin bereits das Land mit der grössten installierten Leistung von Kernenergie, etwa 95 GW. Damit ist Kernenergie in den USA die grösste Quelle von «Clean Energy», welche die Emission von zirka 400 Millionen Tonnen Kohlenstoff pro Jahr vermeidet, was etwa den Emissionen von hundert Millionen Autos entspricht.

Derzeit sind weltweit 440 industrielle, also zur Energiegewinnung verwendete, nukleare (Spalt-)Reaktoren in Einsatz und erzeugen eine elektrische Gesamtleistung von 394 GW. Dies entspricht somit knapp dem gesamten Leistungsbedarf von Deutschland. Zahlreiche Industrienationen – die USA, China, Japan, Südkorea, Frankreich, Russland – sind gegenwärtig dabei, neue Generationen von Nuklearreaktoren

zu entwickeln und zu bauen. Dies betrifft sogenannte GenIII+Reaktoren, Reaktoren, die bisher als «Nuklearabfall» betrachtetes Material zur thermischen/elektrischen Energiegewinnung nutzen können. (Siehe Artikel Seite 6.)

Die Innovationen betreffen sowohl eine neue Generation von «Mikroreaktoren», die Leistungen im Bereich von 1 bis 10 MW liefern, als auch von kleineren modularen Reaktoren, deren Leistung im Bereich von 10 bis 100 MW liegt.

Technologieland USA

Alleine in den USA arbeiten mindestens zwanzig Firmen an solchen Reaktortypen. Zahlreiche weitere Staaten haben in den letzten Jahren neue Reaktoren gekauft und in Betrieb genommen und planen weitere Anschaffungen in diesem Jahrzehnt. Die geplanten elektrischen Kapazitäten sind wie folgt verteilt: China (20,6 GW), Indien (6), Südkorea (4), Türkei (3,3), Grossbritannien (3,2), Vereinigte Arabische Emirate (2,7), Japan (2,6), Russland (2,6), USA (2,2), Bangladesch (2,1).

Das US-Handelsdepartement schätzt den Exportmarkt für Nuklearreaktoren auf 500 bis 740 Milliarden Dollar innerhalb der nächsten zehn Jahre. Diesbezügliche staatlich gesponserte Entwicklungen neuer Kernreaktoren in Russland und China werden als Bedrohung der amerikanischen nationalen Sicherheit eingestuft, und man sucht den Einfluss russischer und chinesischer Konkurrenten im Weltmarkt zu reduzieren. Russland hat zurzeit ausländische Aufträge in Höhe von 133 Milliarden Dollar zum Bau von mehr als fünfzig Reaktoren in neunzehn Ländern. China baut derzeit vier Reaktoren im Ausland (16 sind geplant) und hat innerhalb der letzten 33 Jahre im Inland 45 neue Reaktoren gebaut.

Warum hat Deutschland nicht diese Aufträge und den daraus resultierenden Umsatz bekommen? Deutschland ist die einzige führende Industrienation, die diese Entwicklungen ignoriert. Die Konsequenzen für die Wirtschaft, die Wissenschaft und indirekt für den Wohlstand und sozialen Frieden sind potenziell katastrophal.

Hinweise zu den verwendeten Masseinheiten und Grössenordnungen: Kilo (k) = 1000; Mega (M) = 1 Million; Giga (G) = 1 Milliarde; Tera (T) = 1 Billion = 1 Million × 1 Million; Peta (P) = Billiarde = 1 Million × 1 Milliarde; Exa (E) = Trillion = 1 Milliarde × 1 Milliarde.

Ferner sei daran erinnert, dass man Energie im Allgemeinen aber vor allem in Form von thermischer oder chemischer Energie mit der Einheit Joule (J) ausdrückt. Elektrische Energie wird mit der Einheit Wattsekunden (Ws) beziehungsweise einem Vielfachen davon ausgedrückt, zum Beispiel 1 kWh = 1000 W × 3600 s = 3,6 MWs = 3,6 MJ. Der Vorteil des SI-Systems ist es, dass 1 Joule = 1 Ws ist.

andreas.hieke@stanford.edu

Wie die Bodenheizung ergrünt

Schlecht funktionierende Bodenheizungen verschwenden viel Energie.
Die Naef Group in Freienbach schafft Abhilfe.

Florian Schwab

In Ländern mit ausgeprägtem Winter, wie in der Schweiz, erfordert das Heizen viel Energie. Zwischen Genf und Lugano werden jährlich rund 75 Terawattstunden dafür aufgewendet, dass Wohnhäuser, Büros und Produktionsgebäude im Winter warm bleiben. Das ist gut ein Drittel des gesamten Schweizer Energiebedarfs.

Wem es gelingt, seinen Heizaufwand zu senken, der spart nicht nur Geld. Er tut auch etwas Gutes für die Umwelt. Neben der Isolation der Aussenwände bietet auch die Heiztechnik im Haus oftmals ein grosses Optimierungspotenzial. Sind zum Beispiel die Rohre einer Bodenheizung defekt, verpufft ein grösserer Teil der Heizleistung ungenutzt. Dann werden einzelne Räume nicht mehr richtig warm oder es bilden sich Kälteinseln am Boden.

«Smart Living»-Technologie

Solche Probleme löst das Familienunternehmen Naef Group in Freienbach. Seit 1985 entwickelt es Technologien zur schonenden Rohrinnensanierung. Dabei müssen Böden und Wände nicht geöffnet werden – die Leitungen werden von innen gereinigt und nötigen-

Oftmals sinnvoll sind Festwertregelstationen oder eine Fernsteuerung.

falls neu beschichtet. Für die nachhaltige Rohrinnensanierung älterer Bodenheizungen ist das HAT-System der Naef Group bekannt. Es kommt zur Anwendung, wenn die Heizungsrohre versprödet sind. Mit einem speziellen Verfahren wird dabei im Rohrinne eine Beschichtung aufgetragen.



Gut für die Energieeffizienz:
Technologie aus Freienbach.

Aber auch bei neueren Bodenheizungen, deren Rohre aus moderneren Materialien ohne Versprödungsgefahr bestehen, können die Techniker der Naef Group deutliche Effizienzgewinne erreichen. So empfiehlt das Unternehmen, nach zwanzig Jahren auf jeden Fall eine Zustandsanalyse und gegebenenfalls eine Reinigung durchzuführen. Sofern keine neue Innenbeschichtung angebracht werden muss, ist dieses «HAT-System Light» kosteneffizienter als das traditionelle HAT-System, bei dem eine neue Beschichtung angebracht wird.

Ein weiterer Ansatzpunkt ist die energetische Optimierung von Heizverteilern. Die Naef Group verbaut jährlich rund 1500 Heizungsverteiler und ist stets auf dem aktuellsten Stand, was die Geräte und Komponenten auf dem Markt betrifft. Mit der optimalen Wärme-

verteilung bekommt man auch die Energiekosten in den Griff.

Oftmals sinnvoll sind zum Beispiel Festwertregelstationen oder eine Fernsteuerung. Es gibt mittlerweile eine Vielzahl an «Smart Living»-Technologien, mit denen man zum Beispiel die Heizregelung des Ferienhauses in den Bergen jederzeit per Mobile-App einstellen kann. Dank den Stellantrieben, die mit einem Bodenheizungsaktor und Einzelraumsensoren verbunden werden können, ist es möglich, via Access-Point und Smartphone-App die Räume zu regulieren, egal, wo man sich gerade befindet.

Jede Optimierung im Bereich der Bodenheizung beginnt mit einer Zustandsanalyse vor Ort durch die Spezialisten der Naef Group. Diese gibt innert weniger Stunden Aufschluss über den Zustand Ihrer Bodenheizung. Hauseigentümer können eine Zustandsanalyse per Telefon oder online buchen: +41 44 786 79 00, www.naef-group.com



In einer Verlags-Zusammenarbeit mit ausgewählten Firmen beleuchtet *Weltwoche Grün* neue Trends und Technologien, die Unternehmertum und Ökologie besonders eindrücklich verbinden. Die Naef Group, ein technologisch innovatives Familienunternehmen aus Freienbach SZ, sorgt seit fast vierzig Jahren für umweltfreundliche Rohrinnensanierung.



Verachtfachung der Investitionen: der Transport von Flüssigerdgas erfolgt mithilfe sogenannter LNG-Tanker.

Solarträume im Realitätstest

Erneuerbare Energien, wird oft versprochen, seien klimaneutral, wirtschaftlich günstig und garantierten Versorgungssicherheit. Analysen zeigen, dass Solarstrom Umweltprobleme ins Ausland verlagert, neue Klumpenrisiken bringt und flankierende Kraftwerke benötigt.

Pierre Heumann

Der Bundesrat hat sich im Rahmen des Pariser Klimaübereinkommens verpflichtet, bis 2030 den Treibhausgasausstoss der Schweiz gegenüber dem Stand von 1990 zu halbieren. Im Sommer August 2019 hat er dieses Ziel verschärft: Ab dem Jahr 2050 soll die Schweiz unter dem Strich keine Treibhausgasemissionen mehr ausstossen. Im indirekten Gegenvorschlag zur Gletscherinitiative, der im Juni vors Volk kommt, soll das Ziel gesetzlich festgeschrieben werden. Ein Blick ins Ausland zeigt, wo die Probleme dieser Politik liegen.

1. Der enorme Sprung nach oben – Der Solarmarkt sei «ganz extrem» gewachsen, «wesentlich schneller, als wir zuvor angenommen hatten», sagt Michael Schmela, Marketingchef von Solarpower Europa: «In der EU sind derzeit für 41 Gigawatt Solaranlagen installiert, fast 50 Prozent mehr als im Vorjahr.» Der Ausbau kommt zwar rasant schnell voran. Dass aber Europa mit der kompletten Umstellung auf regenerierbare Energien überfordert wäre, hat neulich der

Grazer Forscher Georg Brasseur vorgerechnet. 2019 wurden auf dem ganzen Kontinent 58 Prozent der Energieprodukte importiert. «Um das mit grüner Energie zu kompensieren, würden wir 110-mal so viel Fotovoltaikfläche wie heute brauchen», so Brasseur. Das entspräche der Fläche Rumäniens. Oder man bräuchte in Europa das 36-Fache an Windrädern. Brasseur: «Allein diese Zahlen zeigen, dass das nicht geht – rechtlicher oder gesellschaftlicher Widerstand noch exklusive.»

2. Gewaltige Investitionen – Die globale Abhängigkeit von Kohlenwasserstoffen beträgt derzeit 80 Prozent. Darauf komplett zu verzichten und sie durch Erneuerbare zu ersetzen, würde massive Investitionen in Anlagen alternativer Energien voraussetzen. Daniel Yergin, einer der bekanntesten Energieexperten weltweit, fordert deshalb etwas mehr Bescheidenheit bei der Formulierung der Ziele. Die Öko-Transformation der Energieversorgung sei komplexer, als viele Politiker annehmen würden, sagt er. Trotz einem riesigen Subventions-

volumen im Wert von weltweit mehreren hundert Milliarden Dollar pro Jahr ist der Anteil der Erneuerbaren an der gesamten Endenergienachfrage in den Sektoren Gebäude, Industrie, Landwirtschaft und Verkehr gering geblieben.

Die Ablösung fossiler Brennstoffe durch kohlenstoffarme Technologien würde im Vergleich zu heute eine Verachtfachung der

Mit der kompletten Umstellung auf regenerierbare Energien wäre Europa überfordert.

Investitionen in erneuerbare Energien erfordern, heisst es in einer Studie des Internationalen Währungsfonds. Bjarne Steffen, Professor für Klimafinanzierung und -politik an der ETH Zürich, hat den Bedarf berechnet und dabei vor allem Investitionen in erneuerbare Energien, Fotovoltaik und Windturbinen berücksichtigt – «und zwar in einem viel grösseren Umfang als zusätzliche Erdgas-

infrastrukturen wie LNG-Terminals». Um das Ziel netto null bis 2050 zu erreichen, müssten die EU, die Schweiz, Norwegen und Grossbritannien in den nächsten Jahren jährlich rund 75 Milliarden Euro in Solar- und Windkraftanlagen investieren, schätzt Steffen zusammen mit der Doktorandin Lena Klaassen.

Zum Vergleich: Für diesen Betrag könnten pro Jahr mehr als ein halbes Dutzend Kernkraftwerke gebaut werden, wie Beispiele in Frankreich oder Finnland zeigen.

3. Langfristiger Preisauftrieb – Der Preisanstieg bei den Rohstoffen, die für Energietechnologien notwendig sind, beeinträchtigt die Wettbewerbsfähigkeit sauberer Energietechnologien «stark». So haben sich beispielsweise die Preise für Lithium oder Kobalt im Jahr 2021 mehr als verdoppelt, während die Preise für Kupfer und Aluminium um etwa 25 beziehungsweise 40 Prozent gestiegen sind. Im selben Jahr drehte auch der langfristige Abwärtstrend bei den Kosten für Windturbinen und Fotovoltaikmodulen. Im Vergleich zu 2020 stiegen ihre Preise laut einem Bericht der EU um 9 beziehungsweise 16 Prozent. Batteriepacks kosteten 2022 mindestens 15 Prozent mehr als im Vorjahr.

Kostentreibend wirkt vor allem die Verknappung der Rohstoffe. Eine Trendumkehr ist mittelfristig nicht in Sicht: Die Entwicklung von Bergwerken ist ein sehr lange dauernder Prozess – oft ein Jahrzehnt oder länger. Deshalb bleibt der Druck auf die Rohstoffpreise hoch. Die Umstellung auf saubere Energie könnte in den kommenden Jahrzehnten zudem eine noch nie da gewesene Nachfrage nach Metallen auslösen, so eine Studie des Internationalen Währungsfonds.

4. Neue Abhängigkeiten – Jahrzehntlang hat sich Europa auf billige russische Energie verlassen. Doch während Europa jetzt versucht, seine Importe aus Russland zu verringern, läuft es Gefahr, sich ein neues Klumpenrisiko aufzuladen, um seinen Energiehunger zu stillen. Um es mit Mark Widmar zu sagen, dem CEO des amerikanischen Herstellers First Solar: «Solarenergie ist «Freiheitsenergie» – es sei denn, wir sind bei der Technologie von Autokratien abhängig.»

Weit über die Hälfte der Solarpanels stammt aus China, aus Europa aber weniger als 3 Prozent. Die Welt werde bis 2025 von China abhängig bleiben, heisst es bei der Internationalen Energieagentur. Komponenten und Materialien wie Polysilizium oder Wafers würden bald fast zu 95 Prozent in der Volksrepublik hergestellt.

Der Wettlauf um strategisch wichtige Rohstoffe sei in vollem Gang, meint der Präsident des Bundesverbands der Deutschen Industrie, Siegfried Russwurm. Dabei drohen Deutschland und Europa im Wettbewerb mit anderen Ländern wichtige Rohstoffquellen zu verlieren. «Die Folge: Abhängigkeiten vergrössern sich», so Russwurm. Ohne Rohstoffe werde es aber keine Energiewende, keine E-Mobilität oder Digitalisierung geben.

Ähnliches gilt für die USA. «Wir können mit Sicherheit sagen, dass die Vereinigten Staaten und die meisten anderen Länder der Welt spektakulär schlecht vorbereitet sind, um der steigenden Nachfrage nach kritischen Mineralien gerecht zu werden», sagte vor einem Jahr US-Senator Duncan Wood im Energiekomitee des Senats. Ein Problemfall ist auch Kobalt:

Deutschland und Europa drohen im Wettbewerb mit anderen Ländern Rohstoffquellen zu verlieren.

Der Südkongo verfügt über schätzungsweise 3,4 Millionen Tonnen Kobalt, fast 70 Prozent der weltweiten Produktion. Vergrössert wird das Klumpenrisiko dadurch, dass der Grossteil des Abbaus dort von China kontrolliert wird, dem wichtigsten Handelspartner des Landes.

Bei Wechselrichtern, einem wichtigen Teil in Solarnetzen, sei Europa zwar führend, sagt Alfred Karlstetter von der israelischen Firma Solaredge, die nach eigenen Angaben der weltweit führende Anbieter von Smart-Energy-Technologie-Lösungen ist. «Aber wir müssen aufpassen, dass die Produktion nicht in die USA abwandert, wo die Hersteller mit Subventionen überschüttet werden», warnt Karlstetter, der von München aus den europäischen Markt betreut. Seit Jahren würden zudem Wechselrichter von Grossanlagen «immer mehr in asiatische Hände übergehen». Deshalb sagt er: «Wir müssen wachsam sein, damit wir bei den Wechselrichtern nicht in eine ähnliche Abhängigkeit geraten wie bei den Modulen.»

5. Seltene Erden – Die Metalle der seltenen Erden sind für das Gelingen der Energiewende essenziell – und ausserhalb Europas konzentriert, vor allem in China. Zwar wurden neulich in Schweden und in Norwegen Vorkommen entdeckt. Aber es wird laut Experten noch bis zu fünfzehn Jahre dauern, bis mit dem Abbau begonnen werden kann. Bis es so weit ist, bleibt Europas Energiewende vor allem von China ab-

hängig, wo die grössten Vorkommen dieser Metalle zu finden sind.

6. Umweltschäden – Für den Einsatz regenerierbarer Energien braucht es Metalle und Rohstoffe, deren Abbau umweltbelastend ist. Dazu gehören Grafit, Kobalt und Lithium. Kobaltvorkommen im Kongo sind zum Beispiel Giftschleudern. Die Produktion von Rohstoffen ist mit vielen sozialen und ökologischen Risiken und Herausforderungen verbunden. Im Kobalt-Kleinbergbau werden Kinder eingesetzt. Es wird geschätzt, dass weltweit rund eine Millionen Jugendliche im Bergbau arbeiten müssen.

7. Europa lagert Öko-Belastungen aus – Der Abbau und insbesondere die chemische Aufbereitung der Rohstoffe wurden in Europa lange Zeit vernachlässigt. Es wurde nur bedingt in die Technologie investiert, da diese ein «gewisses Gefährdungspotenzial aufweist – und das möchte man nicht unbedingt im Land haben», sagt Urs Peuker, Lehrstuhlinhaber an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg.

8. Netzkapazitäten massiv erhöhen – Je mehr Solaranlagen ans Netz angeschlossen werden, desto eher stösst es an seine Grenzen, zumal auch Wärmepumpen und Ladevorrichtungen für E-Autos ans Netz drängen. Erneuerbare Energien – ob Solar oder Wind – beeinträchtigen die Zuverlässigkeit des Stromnetzes: Der Ausbau der Erneuerbaren und der Netzkapazitäten verläuft nicht synchron. Milliardeninvestitionen sind nötig, um lokale Stromausfälle zu verhindern.

9. Politik in blinder Hektik – In der Vergangenheit haben Technologien und ökonomische Vorteile die Umwälzungen im Energiesektor vorangetrieben. Jetzt will die Politik den Lauf der Dinge bestimmen. Während frühere Umstellungen im Laufe von vielen Jahrzehnten erfolgten, soll jetzt der Wechsel auf die Erneuerbaren im Eiltempo und auf Befehl durchgezogen werden. Die Revolution, sagt Energieexperte Yergin, werde von der Politik vorangetrieben, ohne dass sie makroökonomische Analysen gebührend berücksichtigt. In einem Interview mit der *Zeit* legte Yergin dar, Deutschland habe die Wahl zwischen Erdgas aus Fracking und Kohle, um die Schwankungen des Ökostroms auszugleichen. Angesichts der geringeren CO₂-Belastungen plädierte Yergin für Gas aus heimischer Produktion als eine Flankierung der erneuerbaren Energien.

ANDERS ALS GEDACHT

Auch Ökostrom tötet

Alex Reichmuth



Tabu: Fujinuma-Talsperre in Japan.

Vier Tote und acht Vermisste: Das war das Resultat, nachdem am 11. März 2011 die Fujinuma-Talsperre in der japanischen Präfektur Fukushima gebrochen war. Die Staumauer hatte dem gewaltigen Erdbeben an diesem Tag nicht standgehalten. Eine riesige Flutwelle spülte mehrere Häuser weg.

Über dieses tödliche Wasserkraftunglück berichteten die Medien im Westen aber nicht. Im Vordergrund stand für sie das AKW-Unglück in Fukushima, wo es wegen des gleichen Erdbebens und des darauffolgenden Tsunamis zu drei Kernschmelzen gekommen war. Dabei gab es bei dieser «Atomkatastrophe» nachweislich kein einziges Todesopfer. Das AKW-Unglück war den hiesigen Journalisten aber auch wichtiger als die rund 19 000 Toten wegen der Überschwemmungen, die der Tsunami in Japan verursacht hatte.

Verheerende Stauseeunglücke

Das Beispiel zeigt, dass tödliche Unfälle im Zusammenhang mit erneuerbarem Strom – und dazu zählt die Wasserkraft – für Journalisten tabu sind. Dabei gibt es eine lange Liste von Talsperren-Unglücken mit Hunderten, Tausenden oder sogar Zehntausenden Toten.

Die schlimmste derartige Katastrophe ereignete sich 1975 in der chinesischen Provinz Henan. Nach sintflutartigen Regenfällen brach der Shimatan-Staudamm. Die Wassermassen brachten weitere 61 Talsperren zum Einsturz. Zehntausende Menschen starben

unmittelbar, weitere 150 000 wegen der darauffolgenden Epidemien und Hungersnöte.

Auch in Europa gab es verheerende Stauseeunglücke. 1963 schwappte wegen eines Bergsturzes Wasser über die Talsperre des Vajont-Stausees in den italienischen Alpen. Eine 150 Meter hohe Wasserwoge ergoss sich talwärts, zerstörte mehrere Dörfer und das Städtchen Longarone. 2000 Menschen starben.

Kaum ein Thema in den Medien sind auch tödliche Ereignisse im Zusammenhang mit Windrädern. 2013 brach auf einer Windanlage im niederländischen Ooltgensplaat Feuer aus. Zwei Arbeiter, die auf der Anlage gefangen waren, verloren ihr Leben. 2015 stürzte im deutschen Bundesland Brandenburg der Lift eines Windrads ab. Dabei gab es einen Toten und einen Schwerverletzten.

Das schottische Caithness Windfarms Information Forum zählt für die Jahre 1996 bis 2021 weltweit 156 tödliche Vorfälle bei Windkraftanlagen. Dabei kamen insgesamt 220 Personen ums Leben. Auch im Zusammenhang mit der als besonders sanft geltenden Solarenergie gibt es

immer wieder tödliche Unfälle. Gefährlich ist vor allem die Montage von Fotovoltaikmodulen auf Dächern. 2011 kamen in Deutschland deswegen fünf Personen ums Leben. Informationen oder sogar Statistiken zu solchen Vorfällen sind öffentlich aber praktisch nicht verfügbar.

Ungleich materialintensiver
Vermutlich führt auch die Gewinnung der Rohstoffe für die Herstellung von Solarpanels, etwa der Abbau von Silizium,

immer wieder zu tödlichen Unfällen. Denn bei Bergbauaktivitäten gibt es ganz allgemein regelmässig Vorfälle mit Toten und Verletzten. Solche Ereignisse müsste man auch der Windkraft zurechnen, geht diese doch mit einem grossen Bedarf an Materialien wie Kupfer oder Beton einher.

Natürlich braucht der Bau von Kernkraftwerken ebenfalls Rohstoffe. Auch der Abbau des Brennstoffs Uran zählt zum Bergbau. Allerdings sind die Wind- und die Solarenergie ungleich materialintensiver als die Kernenergie. Darum dürfte es bei Wind und Sonne rein statistisch viel mehr Todesopfer geben, wenn man es auf die Kilowattstunde Strom herunterrechnet.

Dennoch gilt die Atomkraft als besonders riskante, ja tödliche Form der Energieerzeugung. Dabei ist seit der Katastrophe von Tschernobyl nie mehr ein Mensch wegen der Strahlung aus Reaktoren ums Leben gekommen. Und das liegt 37 Jahre zurück.

Alex Reichmuth ist Redaktor beim *Nebelspalter*.

Schonend und schön

Salzfreie Kalkschutzgeräte von Tratson sind modern, einfach im Gebrauch, und sie kommen der Gesundheit und der Umwelt zugute. So weisen sie den Weg in eine grünere, gesündere Zukunft.

Michael Schneeberger

Sind Sie es leid, ständig mit unschönen Kalkablagerungen in Ihrem Haushalt zu kämpfen? Machen Sie sich Gedanken über die Auswirkungen von Salz auf Ihre Gesundheit und über die Verschmutzung der Umwelt durch Ihre Entkalkungsanlage?

Suchen Sie nicht weiter, denn die Lösung dieser Probleme liegt in unseren salzfreien Kalkschutzgeräten. Diese in der Schweiz entwickelten und hergestellten Geräte sind nicht nur umweltfreundlich, sondern fördern auch Ihre Gesundheit und die Langlebigkeit Ihrer Haushaltsgeräte und Leitungen.

Unsere Geräte nutzen elektromagnetische Felder, um Kalkablagerungen zu reduzieren, so dass Sie sich nie wieder Gedanken über unschöne Kalkflecken machen müssen. Verabschieden Sie sich von schweren Salzsäcken und Rückenschmerzen, denn unsere Geräte sind wartungsfrei, ohne jährliche Wartungstermine oder teure Unterhaltskosten. Sie sparen also nicht nur Geld, indem Sie kein Salz mehr kaufen und lagern müssen, sondern steuern auch einen Beitrag zum Umweltschutz bei und haben das gute Gefühl, etwas für eine nachhaltigere Zukunft geleistet zu haben.

Sauber und gesund

Das bedeutet, dass Sie mehr Zeit für sich selbst haben und dabei auch noch Geld sparen. Zudem verbrauchen unsere Geräte 90 Prozent weniger Energie, was die Auswirkungen der steigenden Energiepreise verringert. Ausserdem wird der gewohnte Geschmack des Trinkwassers nicht beeinflusst, da die gesunden und lebenswichtigen Mineralien erhalten bleiben, was wiederum Ihre Knochen stärkt und das Risiko von Krankheiten wie Bluthochdruck und Osteoporose verringern kann.



Elegant: ENK-01 Quattro Power von Tratson.

Unsere Geräte sind einfach zu installieren, ohne dass Sie Ihre Wasserleitungen öffnen müssen, und halten somit Ihr Trinkwasser sauber von Viren und Bakterien. Mit vier einzeln platzierbaren Spulen müssen keine Änderungen an Ihren bestehenden Leitungen vorgenommen werden, was den Installationsprozess schnell, einfach und kostengünstig macht.

Das moderne Design unserer Geräte ist sowohl elegant als auch funktional. Die LED-Bedienungsanzeige ist einfach und intuitiv zu bedienen und erfordert keine Bedienungsanleitung. Unsere salzfreien Kalkschutzgeräte sind umweltfreundlich, und deren Nutzen ist wissenschaftlich erwiesen. Ihre herausragende Wirkung wurde von neutralen Dritten überprüft und in einer Dissertation, eingereicht an der ETH Zürich, detailliert dokumentiert.

Wir sind stolz darauf, dass unsere Geräte unter 1700 Einsendungen für den renommierten Green Product Award 2023 nominiert wurden, und unterstreichen damit unser Engagement für Nachhaltigkeit und Umweltschutz.

Jedes Gerät wird mit einer zehnjährigen Herstellergarantie geliefert, die Ihnen die Gewissheit gibt, dass Ihr Eigentum über Jahre hinweg vor Kalkablagerungen geschützt ist. Aber verlassen Sie sich nicht nur auf unser Wort: Wir bieten Ihnen eine 365-tägige hundertprozentige Zufriedenheitsgarantie, mit der Sie die Wirksamkeit unserer Kalkschutzgeräte ein Jahr lang testen können – mit der Gewissheit, dass wir das Risiko übernehmen, sollten Sie mit dem Ergebnis nicht vollkommen zufrieden sein.

Zusammenfassend sind unsere salzfreien Kalkschutzgeräte eine sichere, gesunde und umweltfreundliche Lösung für das Problem der Kalkablagerung. Mit wissenschaftlich erwiesenen Ergebnissen, einer Zehn-Jahres-Garantie und einer hundertprozentigen Zufriedenheitsgarantie für ein ganzes Jahr gibt es keine bessere Wahl für sauberes und gesundes Wasser in Ihrem Haushalt.

Nutzen Sie bis Ende Februar den exklusiven Gutscheincode: WW12 auf www.tratson.ch, und profitieren Sie von 12 Prozent Rabatt auf allen Tratson-Kalkschutzgeräten!



In einer Verlags-Zusammenarbeit mit ausgewählten Firmen beleuchtet *Weltwoche Grün* neue Trends und Technologien, die Unternehmertum und Ökologie besonders eindrücklich verbinden. Das Schweizer Unternehmen Tratson liefert innovative und effektive Lösungen rund um die Verbesserung der Wasserqualität. Im Zentrum stehen Qualität, Umweltschutz und regionale Produktion.

Der Markt kann mit Rohstoffen besser umgehen als die Politik

Viele Rohstoffe und Energien sind nicht unbegrenzt. Werden sie knapper, führen die Marktpreise automatisch zu Anpassungen im Verbrauch. Viele Politiker wollen aber lieber selber steuern.

Bernd Schips

Die Erde bietet nicht unendliche Öl-, Gas- und sonstige Rohstoffvorkommen, die Reserven sind begrenzt, irgendwann werden Limiten sichtbar. «Erschöpfbare Ressourcen» lautet der Fachbegriff, das heisst: Natürliche Metall- und Kohlenstoffverbindungen, die als Inputs für die unterschiedlichsten Produktionsprozesse dienen, auch als Rohstoffe bezeichnet, können irgendwann zur Kostbarkeit werden, was gesellschaftliche Auseinandersetzungen hervorrufen kann. Angesichts einer auf der Erde begrenzten und damit knappen Menge an Rohstoffen stellt sich die Frage, in welchem Ausmass jetzige Generationen den zu ihrer Zeit bekannten Rohstoffbestand verwenden dürfen, ohne künftigen Generationen Möglichkeiten zur Nutzung der Rohstoffe zu nehmen.

Wie man die Knappheit spürt

Die Knappheit von Rohstoffen kann nicht daran gemessen werden, wie lange ein bekannter Bestand bei Fortschreibung aktueller Extraktionsraten der Menschheit noch zur Verfügung stehen wird. Eine auf diese Weise ermittelte Knappheit gibt lediglich Hinweise darauf, für welche Rohstoffe künftig Anpassungsprozesse erforderlich werden, um eine vollständige Erschöpfung zu vermeiden. Die vom Club of Rome 1972 veröffentlichte und lange Zeit vielbeachtete Studie «Die Grenzen des Wachstums» hat beispielsweise die Auswirkungen von möglichen Anpassungsprozessen zur Überwindung einer aus bekannten Beständen und Extraktionsraten errechneten Erschöpfung einzelner Rohstoffe nicht explizit berücksichtigt.

Die Preisentwicklung eines Rohstoffs gilt zwar oft als ein Indikator für eine sich abzeichnende relative Verknappung. Steigende

Kosten für Exploration, Extraktion sowie Aufbereitung von Rohstoffen (nachfolgend unter dem Begriff «Extraktionskosten» zusammengefasst) und/oder das jeweilige Angebot übersteigende Nachfragen reflektieren jedoch immer nur aktuelle Marktsituationen.

Sind die auf den Märkten erzielbaren Rohstoffpreise höher als die Extraktionskosten, haben die Besitzer von Rohstoffvorkommen eine Wahlmöglichkeit. Sie können entweder heute Rohstoffe extrahieren und die Verkaufserlöse zinstragend anlegen oder vorerst auf eine Extraktion verzichten. Gehen Rohstoffbesitzer von nicht mehr spürbar steigenden Rohstoffpreisen aus, werden sie bei hohen Zinssätzen ihre Vorkommen möglichst rasch extrahieren. Rechnen sie in der Zukunft mit deutlich steigenden Rohstoffpreisen und anhaltend tiefen Zinssätzen, dürften Extraktionen aufgeschoben werden, und so weiter. Angebote und Nachfragen sowohl auf den Rohstoff-

als auch auf den Kapitalmärkten entscheiden damit über Umfang und Zeitpunkt von Rohstoffextraktionen, geben aber keine eindeutigen Hinweise auf das Ausmass einer möglichen künftigen Verknappung.

Das Geheimnis der Hotelling-Regel

Indikatoren für die Knappheit von Rohstoffen in der Zukunft können jedoch die Nutzungsmöglichkeiten sein, auf die nachfolgende Generationen verzichten müssen, wenn Teile des Bestands an Rohstoffen bereits von den jetzigen Generationen genutzt werden. Die entgangenen Nutzungsmöglichkeiten künftiger Generationen sind die Opportunitätskosten durch die Nutzung von Rohstoffen in der Gegenwart und sollten deshalb auch die Verteilung der Rohstoffe auf die einzelnen Generationen bestimmen (intertemporale Allokation).

In seinem 1931 veröffentlichten Artikel «The Economics of Exhaustible Resources» hat Harold Hotelling gezeigt, dass für eine optimale intertemporale Allokation erschöpfbarer Ressourcen zwingend Knappheitsprämien berücksichtigt werden müssen. Diese Prämien sind die

Rohstoffe können zur Kostbarkeit werden und gesellschaftliche Auseinandersetzungen hervorrufen.

Opportunitätskosten einer Nutzung von Rohstoffen in der Gegenwart. Der die zeitliche Allokation eines Rohstoffs bestimmende Preis ergibt sich nach Hotelling aus den Extraktionskosten plus einem Gewinnzuschlag sowie einer Knappheitsprämie. Unter den in der ökonomischen Theorie für ein allgemeines Gleichgewicht gemachten Annahmen führt ein Einhalten dieser



Bernd Schips ist emeritierter Professor für Nationalökonomie der ETH Zürich. Er ist unter anderem Autor zu Energiethemen beim Carnot-Cournot-Netzwerk.



Unvermeidlich länger dauernde Prozesse: Ölbohrung in Moab im US-Bundesstaat Utah.

Preissetzungsregel (Hotelling-Regel) zu einer optimalen intertemporalen Allokation eines Rohstoffs, sofern dessen Knappheitsprämie im Zeitablauf mit einer Rate wächst, die der sozialen Diskontrate entspricht.

Eine empirische Überprüfung dieser Regel ist schwierig. Die sich auf Rohstoffmärkten bildenden Preise gehen auf verschiedene und im Zeitablauf wechselnde Faktoren zurück, deren Einflüsse auf die Preisbildung variieren. Knappheitsprämien lassen sich auch nicht direkt beobachten und müssen geschätzt werden. Die bei der Formulierung der Regel gemachten Annahmen entsprechen nur in seltenen Fällen den tatsächlichen Marktverhältnissen, die Bestimmung einer sozialen Diskontrate führt unvermeidlich zu Diskussionen et cetera. Einige empirische Arbeiten konnten deshalb auch nur zeigen, dass die Rohstoffpreise mit Veränderungen des Zinssatzes und der Extraktionskosten korrelieren, aber nicht mit einer sozialen Diskontrate.

Dennoch ist die Hotelling-Regel eine Grundlage für das Verständnis von Rohstoffmärkten. Die Regel zeigt vor allem auf, welche Be-

deutung Erwartungen für eine Analyse von Rohstoffmärkten und den Umgang mit sich abzeichnenden Rohstoffverknappungen haben und wie eng diese Märkte mit anderen Märkten, insbesondere mit den Kapitalmärkten, verbunden sind. Nicht nur die von Besitzern der Rohstoffvorkommen erwarteten Rohstoffpreise und Zinsentwicklungen beeinflussen das heutige Rohstoffangebot, sondern auch die Substitutions- und Recyclingmöglichkeiten – einige Rohstoffe sind vollständig oder zumindest teilweise recycelbar – und die Entwicklung von sogenannten Backstop-Technologien.

Damit werden auf der Erde nur begrenzt zur Verfügung stehende Rohstoffe durch erneuerbare, das heißt unbegrenzt vorhandene natürliche Ressourcen ersetzt. Wird jedoch mit einer Backstop-Technologie auf die Verknappung eines Rohstoffs oder auf die von einer Verwendung dieses Rohstoffs ausgehenden externen Kosten reagiert, müssen immer auch die damit einhergehenden Verknappungen anderer Rohstoffe und die dabei entstehenden externen Kosten mit berücksichtigt werden.

Die für knapper werdende Rohstoffe erforderlichen und meist auch kapitalintensiven Anpassungsprozesse können in der Regel nicht kurzfristig umgesetzt werden. Marktpreise signalisieren im Fall einer relativen Knappheit einzelner Rohstoffe zwar rechtzeitig die Notwendigkeit von Anpassungsprozessen. Solche Prozesse setzen jedoch Substitutions- und/oder Recyclingmöglichkeiten sowie die Entwicklung von Backstop-Technologien voraus.

Solar und Wind rufen nach Rohstoffen

Die von Marktsignalen ausgehenden, über Substitutionen, Recycling und Innovationen erfolgenden Anpassungen sind deshalb unvermeidlich länger dauernde Prozesse. Sowohl die Ersetzung knapper werdender Rohstoffe durch die Exploration, Extraktion und Aufbereitung geeigneter Substitute als auch die Entwicklung von Recyclingverfahren und Backstop-Technologien erfordern in der Regel zudem einen hohen Kapitalbedarf. Trotz den meist nur langsam ablaufenden Anpassungsprozessen sollte aber auf politische Aktivitäten zur Schonung der Rohstoffvorkommen möglichst verzichtet werden.

Die Politik ist meist nicht bereit, den Zeitbedarf für die über Marktprozesse erfolgenden Anpassungen zu akzeptieren, und versucht deshalb nicht selten, Anpassungsprozesse zu verlangsamen, zum Beispiel mit Hilfe von Subventionen, oder mit Sofortmassnahmen zu beschleunigen, unter anderem durch Rationierung und Verbote. Insbesondere bei unvorhergesehenem Mengenengpässen und/oder abrupten Preisanstiegen will die Politik oft rasch reagieren. Solche Störungen der Marktprozesse gehen aber häufig auf in irgendeinem Land oder Wirtschaftsraum politisch verordnete Verknappungen bestimmter Rohstoffe zurück.

Wird beispielsweise mit hohen Abgaben ein faktisches Verbot eines Rohstoffs zur Reduktion der von dessen Verwendung verursachten externen Kosten angestrebt, sollten die politischen Entscheidungsträger – trotz einem in solchen Fällen oft von praktisch keine Verantwortung übernehmenden Nichtregierungsorganisationen ausgeübten Druck – die längerfristigen ökonomischen und sozialen Folgen dieser Massnahme unbedingt mit berücksichtigen. Beispielsweise kann eine forcierte Ersetzung fossiler Energieträger durch Strom zu Verknappungen anderer Rohstoffe führen.

Die Stromproduktion mit den neuen erneuerbaren Energieträgern Sonne und Wind erhöht den Rohstoffbedarf durch den Bau der zur Stromerzeugung erforderlichen Anlagen, und die Extraktion der dazu benötigten Rohstoffe verursacht ebenfalls externe Kosten.

GRÜSSE AUS DER ZUKUNFT

Neue Begeisterung

Reiner Eichenberger



Ruhiger und noch schöner als 2023.

Bekanntlich ist die Zukunft kaum prognostizierbar. Trotzdem planten die Regierungen um 2023 die Energieversorgung bis 2100. Dabei traf das einzig leicht Prognostizierbare ein: Die Pläne scheiterten. Denn die Zukunft ist noch schwieriger planbar als prognostizierbar. Die wirtschaftliche und die gesellschaftliche Entwicklung haben sich nach 2023 weiter beschleunigt. Der gesamte Temperaturanstieg seit Beginn der Industrialisierung liegt heute bei drei statt der anvisierten 1,5 Grad. Gegenüber all den anderen Veränderungen im privaten und öffentlichen Leben verblasst der Klimawandel jedoch völlig. Mittlerweile ist er zum Glück gestoppt. Doch nicht wegen sinkender CO₂-Emissionen.

Wegen des hochsubventionierten Zubaus von Sonnen- und Wind-Flutterstrom in den 2020er Jahren herrschten immer häufiger Phasen der «Stromsonnensturmflut» mit negativen Strompreisen, weil zu viel produziert wurde. Folglich kauften sich Bürger und Firmen viele stromfressende Anlagen, die sie dann allerdings auch in den vielen Dunkelflauten, die es daneben gab, betreiben wollten. Deshalb kam es dann oft zu Stromnotstand und Blackouts.

Die technologische Entwicklung bei den Alternativenergien war zwar enorm. Doch das galt auch für alle anderen Bereiche. Insbesondere wurde Kernenergie sehr viel billiger und sicherer. Die staatlichen Verbote für Neuanlagen hielten nicht lange. Die Klimaerwärmung setzte sich aber zuerst fort, weil

Öl und Gas dank neuer Fördertechnologien immer billiger wurden und so der weltweite Verbrauch stieg. Doch die Verdammung fossiler Energien wich schon bald neuer Begeisterung.

Denn immer mehr Bürger und Politiker verstanden, dass die Produktion von Solarpanels und Batterien enorm umweltbelastend blieb. Zugleich boomte die Technologie für DACCS, also Direct Air Carbon Capture and Storage: Schon um 2040 konnte CO₂ für weniger als fünfzig Franken pro Tonne der Luft entnommen und endgelagert werden. Das läutete den Siegeszug der neuen Benziner ein. Fünfzig Franken pro Tonne heisst ja 0,5 Rappen pro hundert Gramm. Und weil die neuen Luxusautos etwa hundert Gramm CO₂ pro Kilometer ausstossen – so viel wie sehr sparsame Autos 2023 –, kostet die CO₂-Entsorgungsgebühr eben auch nur 0,5 Rappen pro Kilometer und damit nicht einmal einen Hundertstel der gesamten Kilometerkosten.

Doch damit war nicht alles gut. Denn wegen Klimapanik und Angstbewirtschaftung wurden

ja lange all die anderen Probleme im Verkehrsbereich sträflich vernachlässigt. Mittlerweile tragen aber die Verkehrsteilnehmer dank umfassender Kostenwahrheit und Mobility Pricing alle externen Kosten selbst, so dass der weiterhin wachsende Autoverkehr praktisch lärm-, unfall- und staufrei ist.

Energie blieb aber ein Thema – jedoch nur wegen des Energieüberschusses, der an die Butterberge und Milchseen der Landwirtschaft von einst erinnert. Denn der Subventionsunsinn für die Energie-

produktion konnte noch nicht ganz beseitigt werden. Und es gab viele andere Probleme, etwa die grassierende Lärm- und Lichtverschmutzung. Wegen effizienteren Akkus, Lichtquellen und Musikgeräten wurde es immer billiger und einfacher, überall Musik in Konzertlautstärke mit Lichtshows zu geniessen und so andere und die Natur mit Lärm und Licht zu stören. Doch irgendwann kehrte Vernunft ein. Der Konsum von Musik und Lichtshows im Freien und in der Natur ist heute nur noch mit schall- und lichtdichten Virtual-Reality-Helmen erlaubt. Wenn der Lärm in einem Meter Abstand dreissig Dezibel überschreitet, werden die Kosten über ein elektronisches «Noise and Light Pricing» automatisch dem Verursacher belastet. Auch deshalb ist heute das Leben noch viel ruhiger und schöner als 2023.

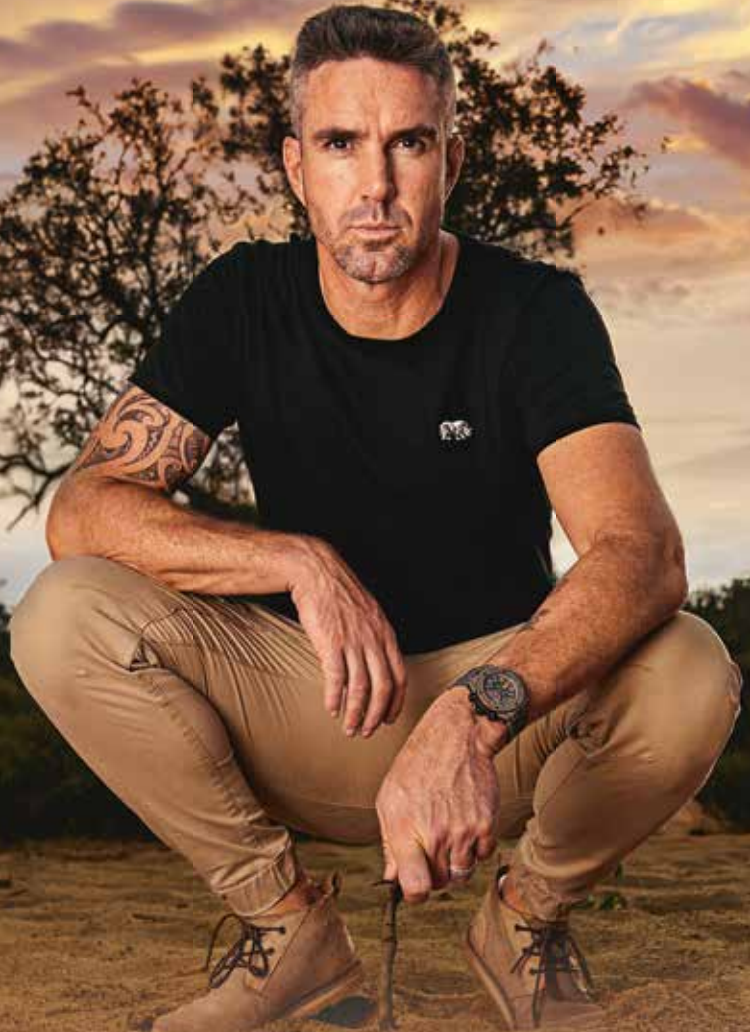
Reiner Eichenberger ist Professor für Theorie der Finanz- und Wirtschaftspolitik an der Universität Fribourg und Forschungsdirektor des Crema.



DIE WELTWOCH

Weltwoche Digital

Vielen Dank für Ihre Treue!



KEVIN
PIETERSEN

HUBLOT


T H E A R T O F F U S I O N

SORAI

**BIG BANG UNICO
SORAI**

Hublot hat sich mit Kevin Pieteresen und SORAI
zusammengeschlossen, um den laufenden Erhalt
und Schutz des Nashorns zu unterstützen.




HUBLOT