

DIE NEUE ENERGIEWELT

Vom Mangel zum Überfluss

Von Stefan Breit, Venkatesh Rao und Detlef Gürtler



Impressum

Autoren

Stefan Breit, Venkatesh Rao und Detlef Gürtler

GDI Research Board

David Bosshart, Karin Frick, Alain Egli, Jakub Samochowiec, Marta Kwiatkowski, Leonie Thalmann, Christine Schäfer und Sarah Haag

Korrektorat

Supertext

www.supertext.ch

Layout und Illustration

Joppe Berlin

www.joppeberlin.de

© GDI 2018

Herausgeber

GDI Gottlieb Duttweiler Institute

Langhaldenstrasse 21

CH-8803 Rüschlikon/Zürich

www.gdi.ch

Auftraggeber

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4

CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Kooperationspartner

EnergyCom, c/o sminds AG

Nordstrasse 9

CH-8006 Zürich

www.energycom.ch

Inhalt

- 02 **Vorwort**
- 03 **Summary**
- 05 **Das Ziel: Vom Mangel zum Überfluss**
 - > Alles ist Energie
 - > Übergang in die Energieüberflussgesellschaft
 - > Technologische und gesellschaftliche Transformation
 - > Muster der Entwicklungsbrüche
- 14 **Der Weg: Zukünftige Shifts**
 - > Trendlandschaft
 - > Neue Energiewelten: Zoom-ins in die Trendlandschaft
 - > Gesellschaft: Energy Cyborg
 - > Technologie: Autonome Schwarmenergie
 - > Wirtschaft: Gratisenergie
 - > Ökologie: Kobaltschock
 - > Geopolitik: Nukleares Comeback
 - > Eine Energiezukunft bis 2050
- 37 **Die Folge: Lockruf der Fülle**
- 40 **Anhang**
 - > Zum Zustand der Energiewelt
 - > Expertinnen und Experten

Vorwort

«The future always comes too fast and in the wrong order.» Diese nüchterne Feststellung des US-amerikanischen Futurologen Alvin Toffler spricht wohl derzeit vielen Energieunternehmen aus dem Herzen. Denn sie sind mit fundamentalen Veränderungen von Märkten und Technologien konfrontiert. Deren Auswirkungen sind bereits heute spürbar und werden zu einer ganz neuen Energiewelt führen.

Die Veränderungen kommen unaufgefordert auf uns zu, und sie werden dabei keiner gesetzlich anordneten Reihenfolge oder Logik folgen. Neue Technologien und Geschäftsmodelle werden auftauchen, gleichzeitig oder nacheinander, sich gegenseitig ergänzen oder ausschliessen, sich im Wettbewerb durchsetzen oder wieder verschwinden. Die Energiezukunft lässt sich nicht «sortieren».

Doch sie lässt sich lenken. Damit dies aber gelingen kann, müssen wir uns aktiv mit der Zukunft befassen, potenzielle Technologiesprünge antizipieren, Chancen ergreifen und Risiken frühzeitig vorkehren, ohne vor ihnen in eine Schockstarre zu verfallen. Das oberste Ziel bleibt, eine sichere, bezahlbare und umweltfreundliche Energieversorgung für uns alle zu garantieren.

Wir wollen die neue Energiewelt nicht abwarten, sondern sie gestalten. Unsere Generation hat das Privileg, dabei mitzuwirken.

Benoît Revaz

Direktor Bundesamt für Energie

Summary

Im 21. Jahrhundert wird sich das globale Energiesystem von einem System der Knappheit in ein System des Überflusses transformieren: Energie wird dann nicht nur immer und überall in der benötigten Menge zur Verfügung stehen, sondern wird auch zu 100 Prozent aus nicht fossilen Quellen gewonnen. Somit wird die alte industrielle Welt des Öls von der neuen digitalen Welt der Elektrizität abgelöst.

Die Kräfte, die dazu führen, entspringen dabei nicht nur dem technologischen Fortschritt, sondern auch der gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, ökologischen und politischen Veränderung. Mit dem grundlegenden Wandel des Energiesystems geht auch ein grundlegender Wandel der globalen Gesellschaft einher. Am Ende dieser Transformation steht eine postkarbone Energieüberflussgesellschaft mit radikal veränderten sozialen, politischen, ökonomischen und kulturellen Parametern.

Wie genau diese schöne neue Energiewelt aussehen wird, ist heute nicht zu sagen. Die Antwort darauf lässt sich ohnehin nicht aus einer Glaskugel ablesen. Jene Übergangsgesellschaft, die zwischen dem Mangel von heute und dem Überfluss von übermorgen lebt, wird sie aushandeln müssen. Denn genauso wie das Energiesystem sich durch Übergangstechnologien auszeichnet, wird sich auch eine Übergangsgesellschaft etablieren. Sie wird den Wandel miterleben und mittragen – und letztlich ermöglichen.

Dieser Übergang geschieht nicht auf einen Schlag – aber auch nicht gleitend, stufenlos und unmerklich. Er wird in Schritten, Sprüngen, Brüchen vor sich gehen, die für alle Beteiligten spürbar sind. Diese Entwicklungen sind als «Shifts» zu verstehen: Wenn sie eintreten, verändert sich die Art und Weise, wie wir Energie produzieren oder konsumieren. Entsprechend gehört es bei der Steue-

rung des Energiesystems nicht nur zu den Aufgaben, dessen Rahmenbedingungen festzulegen und zu kontrollieren, sondern auch, sich auf mögliche Verwerfungen vorzubereiten und auf positive wie negative Ereignisse planvoll zu reagieren. Insgesamt 30 der aus heutiger Sicht wichtigsten Entwicklungen aus dem gesellschaftlichen, technologischen, wirtschaftlichen, ökologischen und politischen Wandel wurden in dieser Studie in einer Trendlandschaft versammelt und daraufhin analysiert, wie sie das Energiesystem der Zukunft prägen könnten.

Eine zentrale Rolle in diesem Übergang zur Energieüberflussgesellschaft werden staatliche Institutionen spielen. Erstens, weil in einer elektrifizierten Welt die Wichtigkeit der Staaten zunimmt, da sie fast überall in der Welt über die Stromnetze gebieten. Zweitens, weil bei Investitionen für eine Überflussgesellschaft der volkswirtschaftliche Nutzen wichtiger ist als der betriebswirtschaftliche Gewinn. Und drittens, weil die Weiterentwicklung hin zur Überflussgesellschaft vor allem über Krisen- oder Umbruchsituationen geschehen wird. In solchen Situationen wird fast automatisch nach dem Staat als Helfer gerufen. Jeder Shift der Branche, ob vom Menschen oder der Natur verursacht, ob technische Disruption, soziale Revolution oder ökologische Katastrophe, eröffnet einen Gestaltungsraum für zentrale Akteure – und eine Chance, das Energiesystem insgesamt zukunftsfähiger zu machen.



Das Ziel: Vom Mangel zum Überfluss

Alles ist Energie

Eine warme Stube, eine Fahrt ins Tessin, WhatsApp-Nachrichten, ein Besuch bei den Grosseltern, Googeln, Theater, ein Fünf-Gänge-Menü, Kaffee, Geschenkpapier, Autostopp, Joggen, Rauchmaschinen – Energie ist unser ständiger Begleiter, oftmals ohne dass wir es überhaupt merken.

Energie ist viel mehr als eine physikalische Grösse, gemessen in Joule oder Kilowattstunden. Energie ist viel mehr als Feuerholz, Benzin oder Wasser, das hinter einer Betonwand nur darauf wartet, den Berg hinabzustürzen und Turbinen anzutreiben. Energie ist fundamental für das Leben, das wir führen.¹ Energie ist so wichtig, dass heutzutage 18 Prozent des Weltbruttosozialprodukts auf den Energiesektor entfallen.²

Energie ist Voraussetzung sowohl für Ordnung als auch für Veränderung. Sie muss aufgewendet werden, um Komplexität zu reduzieren und um neue Komplexität zu schaffen. Als zentrales Element jeder Kultur ist Energie auch zentrales Element jeden Kulturwandels. Beinahe jede neue Energiequelle läutete eine neue Zeit für die Menschheit ein.³ Beispiele hierfür sind die alt-ägyptische Hochkultur, die ihren Reichtum der Wasserkraft des Nils verdankte, die industrielle Revolution des 18. Jahrhunderts aufgrund der Erfindung der Dampfmaschine und der Erschliessung von Kohle sowie die Mobilitätsrevolution des 20. Jahrhunderts, angetrieben durch Öl in Verbrennungsmotoren. Der Erschliessung und Nutzung immer neuer Energiequellen ist es zu verdanken, dass ein grosser Teil der Menschheit heute erreicht hat, was früher Utopie war: einen materiellen Überfluss, der das physische Überleben sichert, ohne Angst vor Hunger und Kälte.

Im 21. Jahrhundert werden wir noch einen Schritt weiter gehen. Das globale Energiesystem wird sich ebenso grundlegend verändern wie die globale Kultur. Während bisher Energie dafür sorgte, das Überleben für viele zu sichern, wird in Zukunft Energie das Leben für alle sichern. Aus einem jahrtausendealten System der Knappheit wird erstmals ein System, eine Gesellschaft des Energieüberflusses werden. Diese grundlegende Veränderung wird nicht auf einen Schlag passieren – aber auch nicht gleitend, stufenlos und unmerklich. Sie wird in Schritten, Sprüngen, Brüchen vor sich gehen, die für alle Beteiligten spürbar sind. Wir nennen sie «Shifts», und wir sehen in ihnen das zentrale Element auf dem Weg in die Energiezukunft; und im Umgang mit ihnen die zentrale Herausforderung für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft.

Dieses Vorhaben ist mindestens eine Jahrhundertaufgabe und macht die Frage nach dem zukünftigen Energiesystem zu einer der wichtigsten der Gegenwart. Der Umbau des Energiesystems in eine stabile und sichere Zukunft ist beispiellos in der Komplexität der benötigten Massnahmen: Politische Koordination, technologische Entwicklung, die Sicherung der langfristigen Wirtschaftlichkeit und der ökologischen Verträglichkeit müssen zusammenspielen – auch ohne genau planbar zu sein. Das gilt auf der globalen Ebene genauso wie

¹ Garcia, Tristan (2017): Das intensive Leben: Eine moderne Obsession. Suhrkamp Verlag.

² Schmidl, Johannes (2014): Energie und Utopie. Sonderzahl Verlag.

³ Hufendiek, Kai (2015): Energie: Entwicklung und Bedeutung. Institut für Energiewirtschaft, Universität Stuttgart. Online: http://www.ier.uni-stuttgart.de/lehre/skripte/esys1/datei/es1_k01_2010.pdf

auf der nationalen, die ohnehin auf vielfältige Weise mit den internationalen Entwicklungen vernetzt und verwoben ist – von Stromnetzen über Ölpipelines bis zum Pariser Klimaabkommen von 2015⁴. Deshalb beschränkt sich diese Studie in ihrem Fokus auch nicht nur auf die Schweiz. Viele Entwicklungen im Energiebereich geschehen global, respektive entstehen lokal und breiten sich global aus.

Somit ist klar: Für den Wandel im Energiesystem muss viel Energie aufgewendet werden. Denn im 21. Jahrhundert wird es die wichtigste Aufgabe von Energiepolitik und -management sein, mit Veränderungen, Krisen, Schocks und Disruptionen umzugehen. Das kann bedeuten, sie zu verhindern, aber genauso gut auch, sich auf ihr Eintreten bestmöglich vorzubereiten, oder sogar, den Krisenfall für sonst nicht durchsetzbare Reformen zu nutzen. Selbst wenn die einzelnen Shifts nicht präzise im Voraus prognostiziert werden können, trägt eine physische und psychische Vorbereitung auf ihr Eintreten dazu bei, das Beste aus ihnen zu machen.

Übergang in die Energieüberflussgesellschaft

Alles scheint knapp im aktuellen globalen Energiesystem.⁵ Es ist abhängig von Energieträgern, die in lange vergangenen Zeiten beim Abbau von toten Pflanzen und Tieren entstanden sind: Über 85 Prozent der genutzten Energie wird durch fossile Brennstoffe wie Kohle, Öl oder Gas bereitgestellt.⁶ Dadurch verbrauchen wir Vergangenheit, die sich nicht so einfach erneuern lässt, und Rohstoffe, die nicht überall vorhanden sind. Global betrachtet, ist das Rohmaterial für die Energieproduktion somit ein knappes Gut und ungleich verteilt, nicht nachhaltig und ökologisch destruktiv.

Zudem zwingt es uns bis hinunter zur lokalen Ebene in ein komplexes System von Abhängigkeiten bezüglich Produktion und Distribution der Energie.

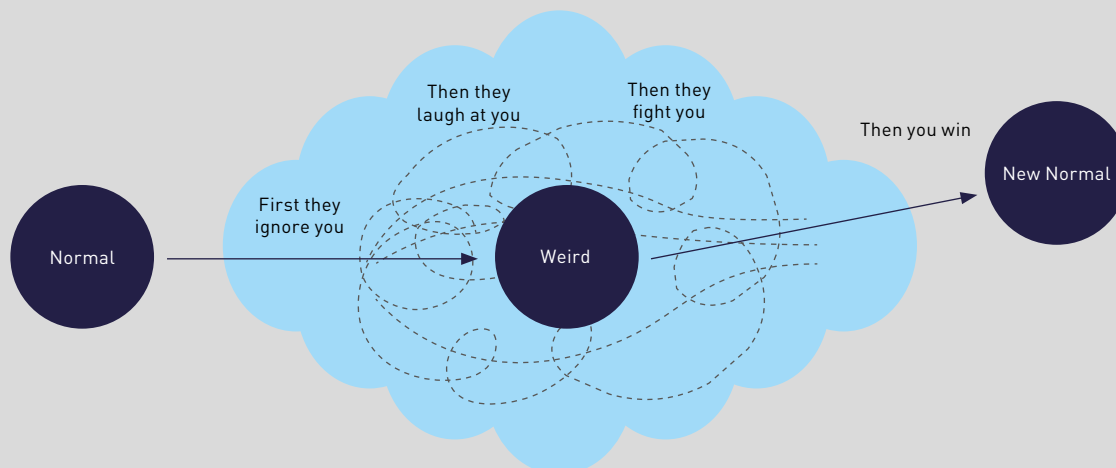
Doch dieser Zustand der Knappheit ist befristet. Das zukünftige Energiesystem wird fundamental anders aussehen. Denn theoretisch war, ist und wird Energie nie knapp. Begrenzt waren nur unsere Mittel, sie zu nutzen. Der Rohstoff Sonne, auf den letztlich die meisten Energieträger zurückgehen, ist in faktisch unbegrenzter Menge vorhanden – sie strahlt in zwei Stunden mehr Energie auf die Erde, als die gesamte Menschheit in einem ganzen Jahr verbraucht. Auch in der Schweiz mit ihrer vergleichsweise geringen Sonneneinstrahlung und hohem Energieverbrauch strahlt von der Sonne 200-mal mehr Energie ins Land, als dort benötigt wird. Natürlich ist dieser Energieschatz nicht kurzfristig nutzbar, aber er deutet an, wie gross das Potenzial ist, das durch technischen Fortschritt erschlossen werden kann. Die Technologien, die aus erneuerbaren Quellen Strom, Kraft und Wärme erzeugen sowie die erzeugte Energie speichern, entwickeln sich derzeit in einem Tempo, das irgendwann in diesem Jahrhundert ein Leben im Energieüberfluss bei praktisch

⁴ Vereinte Nationen (2015): Das Pariser Klimaabkommen. Online: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

⁵ Sperling, Franziska & Schwinghammer, Alexander (2015): Ist Energie knapp? Kulturanthropologische Forschungsperspektiven im Bereich der Energopower und Energopolitics. In: Tuschek, Markus & Grewe, Maria (2015): Knappheit, Mangel, Überfluss. Kulturwissenschaftliche Positionen zum Umgang mit begrenzten Ressourcen. Campus Verlag GmbH.

⁶ Ritchie, Hannah & Roser, Max (2018): Energy Production and Changing Energy Sources. Online: <https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources>

Entwicklungsmodell des technischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Fortschritts nach Venkatesh Rao



Quelle: Venkatesh Rao, www.breakingsmart.com

komplettem Verzicht auf fossile Energieträger möglich machen wird.⁷

Wie genau das Energieüberflusssystem aussehen wird, ist nur in den Grundzügen klar. Klar ist lediglich, dass es dekarbonisiert, elektrifiziert und digital ist, hauptsächlich angetrieben durch erneuerbare Energien. Ob dabei aber die Sonne im Mittelpunkt steht, die Kernfusion oder eine Energiequelle, an die wir heute noch gar nicht denken, ist offen. Offen ist auch, ob Energie zentral oder dezentral produziert wird und wie das Energiesystem letztlich organisiert sein wird.

Allerspätestens in rund 600 Jahren ist es sowieso keine freiwillige Entscheidung mehr, auf fossile Brennstoffe zu verzichten, denn bis dann werden sie aufgebraucht sein. Doch so lange wird es nicht dauern. Um eine Aussage des langjährigen saudischen Ölministers Ahmed Zaki Yamani heranzuziehen: «Die Steinzeit endete nicht aus Mangel an Stein, und die Ölzeit wird enden, lange bevor der Welt das Öl ausgeht.» Während sich die schlaunen Füchse aufmachen in eine Energiezukunft, die mit Attributen wie Dezentralisierung, Lokalisierung, Kollaboration, Frieden und Demokratisierung lockt, halten andere noch an tradierten

Strukturen fest: Oligopole, Zentralisierung, Hierarchie und Machtabsicherung.

Zwischen dem Heute und der Zukunft, zwischen Knappheit und Überfluss, liegt eine Phase des Übergangs. Zum Verständnis dieser Phase dient das Fortschrittsmodell von Venkatesh Rao.⁸ Es ist für technologische, ökonomische und soziale Fortschritte gleichermassen einsetzbar. Demnach lässt sich für beliebige Fortschrittsaspekte sowohl der Ausgangspunkt einer Entwicklung – Normal – als auch deren Endpunkt – New Normal – konsistent beschreiben. In dieser langfristigen Betrachtung ist die Entwicklung zudem, so Rao, völlig pfadunabhängig: «Die wichtigsten technologischen Fortschritte, einmal erkannt, werden unweigerlich so eingesetzt, dass ihr Potenzial maximal ausgeschöpft wird.»⁹

⁷ Diamandis, Peter (2017): Disrupting Energy. Online: <http://www.diamandis.com/blog/disrupting-energy>

⁸ Rao, Venkatesh (2016): Breaking Smart. Prometheusianer und Bukolisten. Online: <https://breakingsmart.com/de/dont-panic/>

⁹ Rao, Venkatesh (2016): Breaking Smart, a.a.O.

Verbrauchen wir immer mehr, wenn wir mit einem Angebotsüberfluss konfrontiert sind? Oder sind wir irgendwann gesättigt?

Die Phase dazwischen hingegen – Weird – sei in Dauer und Ablauf praktisch nicht prognostizierbar. Rao zieht hierbei eine Analogie zu einem Mahatma Gandhi zugeschriebenen Spruch: «Zuerst ignorieren sie dich. Dann lachen sie über dich. Dann bekämpfen sie dich. Dann gewinnst du.» Wie dabei die Entwicklung ablaufe, bleibe notwendigerweise offen – nur das Ende nicht: «Solange noch unausgeschöpftes Potenzial vorhanden ist, werden die Individuen miteinander konkurrieren und ihre Strategien auf unberechenbare Weise so lange anpassen, bis dieses ausgeschöpft ist.»¹⁰ Selbst wenn beispielsweise völlig klar gewesen sei, dass sich aus einer vorwiegend stationären Internetnutzung – Normal – eine vorwiegend mobile Internetnutzung – New Normal – entwickeln würde, sei der Ablauf dieser Entwicklung in keiner Weise klar gewesen. Oder wer hätte 1997 darauf kommen sollen, dass der damals gerade knapp der Pleite entronnene Computerhersteller Apple ein Jahrzehnt später den Durchbruch zum mobilen Internet schaffen würde, indem er ein Telefon all seiner Tasten beraubte und dessen Nutzer stattdessen eine Glasplatte streicheln liess?

Die Energiebranche eignet sich besonders gut für dieses Modell, da sich hier sowohl «Normal» als der aktuelle Zustand als auch «New Normal» als das weit entfernte, utopisch klingende Ende der Entwicklung gut definieren lassen. Nochmals zusammengefasst:

NORMAL

Energie ist knapp. Ihre Produktion und Distribution ist aufwendig. Energie ist Raubbau. Ihre Produktion aus fossilen Brennstoffen ist nicht nachhaltig und ökologisch destruktiv.



NEW NORMAL

Energie steht immer und überall in der benötigten Menge zur Verfügung. 100 Prozent der benötigten Energie wird aus nicht fossilen Quellen gewonnen.

Technologische und gesellschaftliche Transformation

Die Kräfte, die zu diesem «New Normal» führen, entspringen dabei nicht nur dem technischen Fortschritt. Es gibt ökonomische Treibkräfte, wie aktuell die Investments in neue Batteriekonzepte, und ökologische Motive, die etwa aus dem Pariser Klimaabkommen hervorgehen. Und auch die Gesellschaft bietet starke Anreize, sich in Richtung Energieabundanz zu bewegen – denn Verbrauch

¹⁰ Rao, Venkatesh (2016): Breaking Smart. Prometheusianer und Bukolisten. Online: <https://breakingsmart.com/de/dont-panic/>

fällt immer leichter als Verzicht. Am Ende dieser Transformation steht eine postkarbone Gesellschaft mit radikal veränderten sozialen, politischen, ökonomischen und kulturellen Parametern. Auch für diese kulturelle Entwicklung lassen sich «Normal» und «New Normal» konsistent beschreiben:



Seit den 1920er-Jahren prägt die Petrokultur unser Leben.¹¹ «Dieser Begriff betont die Art und Weise, in der die globale Gesellschaft durch und durch eine Ölgesellschaft ist», definiert eine Forschergruppe um den kanadischen Kulturwissenschaftler Imre Szeman. «Sie wird durch Öl auf physikalische und materielle Weise geformt, von den Autos und Autobahnen, die wir benutzen, bis hin zu den Kunststoffen, die jeden Raum unseres täglichen Lebens ausfüllen.» Dadurch sei nicht nur unsere physische Umwelt geprägt, sondern auch unsere Werte, Praktiken, Gewohnheiten, Überzeugungen und Gefühle. «Aus diesem Grund wird der Übergang von fossilen Brennstoffen zu anderen Energiequellen mehr erfordern als neue Energietechnologien. Wir müssen gleichzeitig unsere kulturellen und sozialen Werte transformieren und verändern.»¹²

Wie genau das «New Normal», die Energieüberflussgesellschaft, aussehen wird, ist angesichts dieser gravierenden kulturellen Transformation nicht mit Sicherheit zu sagen. Aber dass sie stattfinden wird, ist sicher: Die grundlegende Veränderung des globalen Energiesystems wird eine Veränderung der globalen Kultur nach sich ziehen.

Der Gedanke eines «Energieschlaraffenlandes» lockt, in dem zwar nicht der Fluss mit Milch, Honig oder Wein gefüllt ist und auch die Tiere nicht bereits vorgegart und mundfertig durch die Gegend hüpfen und fliegen, aber dafür die Energie paradiesisch anmutend bereitgestellt wird. Die Häuser bestehen nicht aus Kuchen, sondern werden vielmehr zu Energieproduzenten. Und in der Tat kommt die Frage nach der Gemeinsamkeit von Energie und Essen auf: Verbrauchen wir immer mehr, wenn wir mit einem Angebotsüberfluss konfrontiert sind, oder sind wir an einem gewissen Punkt gesättigt und hören schlicht auf, noch mehr zu konsumieren? Beim Essen hören wir auf, wenn wir satt sind. Beim Energiekonsum gibt es kein körperliches Limit, weshalb es biologisch betrachtet keinen Grund gibt, mit Energiekonsum aufzuhören, wenn es sie im Überfluss gibt. Aber möglicherweise sieht die zukünftige globale Überflussgesellschaft doch ganz anders aus, als es sich deutsche Märchenerzähler vor 300 Jahren träumten.¹³

In der folgenden Tabelle wird ein Prognoseversuch unternommen. Er enthält die Annahme, dass sich ein New-Normal-Zustand im 22. Jahrhundert einstellen wird; das gegenwärtige 21. Jahrhundert wäre dann in erster Linie durch Transformationen jeglicher Art geprägt. Humane Energie als Wachstumsparadigma und Zeit als

¹¹ Wilson, Sheena; Carlson, Adam & Szeman, Imre (2017): *Petrocultures: Oil, Politics, Culture*. McGill-Queen's University Press.

¹² Szeman, Imre et al. (2015): *After Oil*. Introduction. Online: <http://afteroil.ca/resources-2/introduction/>

¹³ Sachs, Hans (1530): *Schlaraffenland*. Online: <http://www.wispor.de/w-g-sach.htm>

Transformationen des Energiesystems

Bereich	19. Jahrhundert	20. Jahrhundert	21. Jahrhundert	22. Jahrhundert
Regulierung	Regulierung – was ist das?	Regulierung der wenigen zum Nutzen aller	Regulierung aller zum Nutzen aller	Regulierung – das ist etwas für Algorithmen
Wachstumsparadigma	Hauptsache gross: Quantitatives Wachstum um jeden Preis	Optimierung des Angebots: Bei uns kommt der Strom aus der Steckdose	Optimierung der Nachfrage: Smarte Energie	Optimierung der Menschheit: Humane Energie
Energiemix	Der erste beste nächstgelegene Energieträger	Energie aus aller Welt, der Preis bestimmt den Mix	So elektrisch und erneuerbar wie möglich	Der beste Energieträger aus der Nähe
Was ist knapp?	Hochwertige Energie	Günstige Energie	Saubere Energie	Zeit
Was gibt es im Überfluss?	Menschliche Arbeitskraft	Fossile Rohstoffe	Günstige Energie	Hochwertige und saubere Energie

Quelle: GDI, 2018

Knappeitsgut entspringen der Überzeugung, dass in einer Überflussgesellschaft das, was im Überfluss vorhanden ist, nicht mehr wichtig ist. Wenn man sich nicht mehr um Energie sorgen muss, sorgt man sich um Anderes, wie Mitmenschlichkeit oder das Zeitmanagement.

Muster der Entwicklungsbrüche

Die Frage ist also nicht, ob wir irgendwann im «New Normal» ankommen. Die Frage ist nur, was dazwischen passiert. Denn der Weg in den Energieüberfluss ist von Überraschungen und Unsicherheiten gesäumt. Gesellschaftliche und technische Transformationen gehen niemals stetig und gemächlich vor sich, sondern verlaufen ruckartig. Es kann sich dabei um viele kleine Ereignisse handeln, wie etwa die Entwicklung immer besserer Computerchips, oder um wenige grosse, wie die Französische Revolution 1789 oder die Oktoberrevolution 1917. Jedes dieser Ereignisse eröffnet neue Optionen, bahnt neue Wege – und verschüttet gleichzeitig alte, bislang verfolgte Entwicklungspfade. Jedes folgt dabei seiner eige-

Wir sollten uns darauf
vorbereiten, aus den unweigerlich
eintretenden Strukturbrüchen
den grösstmöglichen Nutzen
zu ziehen.

nen Logik oder auch Irrationalität; dennoch lassen sich aus den vergangenen Ereignissen Muster erkennen, welche Art von Grossereignissen welche Veränderungen der ökonomischen oder gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zur Folge haben. Fünf dieser Event-Arten sind hier ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgeführt:

- **Fukushima-Events** Ein externer Schock verschiebt die gesellschaftliche Nachfrage nach einzelnen Energieträgern. Die Verschiebung orientiert sich dabei weniger an Effizienz-Gesichtspunkten als vielmehr an einer veränderten Risikobewertung.
- **Opec-Events** Ein internationaler ökonomischer Schock verändert die Rahmenbedingungen der Energiewirtschaft. Ausschlaggebend hierfür sind Angebotsengpässe, Preisabsprachen, politisch motivierte Aktionen oder marktbeherrschende Stellungen.
- **Lehman-Events** Ein internationaler ökonomischer Schock verändert die ökonomischen Rahmenbedingungen und gesellschaftlichen Wertvorstellungen. Die Einstellung, es könne so wie bisher nicht weitergehen, greift um sich. Personen, Unternehmen und Institutionen suchen nach Alternativen innerhalb wie ausserhalb des Systems.
- **Swissair-Events** Ein nationaler ökonomischer Schock verschiebt die Prioritäten und Werthaltungen der Gesellschaft. Sicher geglaubte Er-rungenschaften stehen zur Disposition.

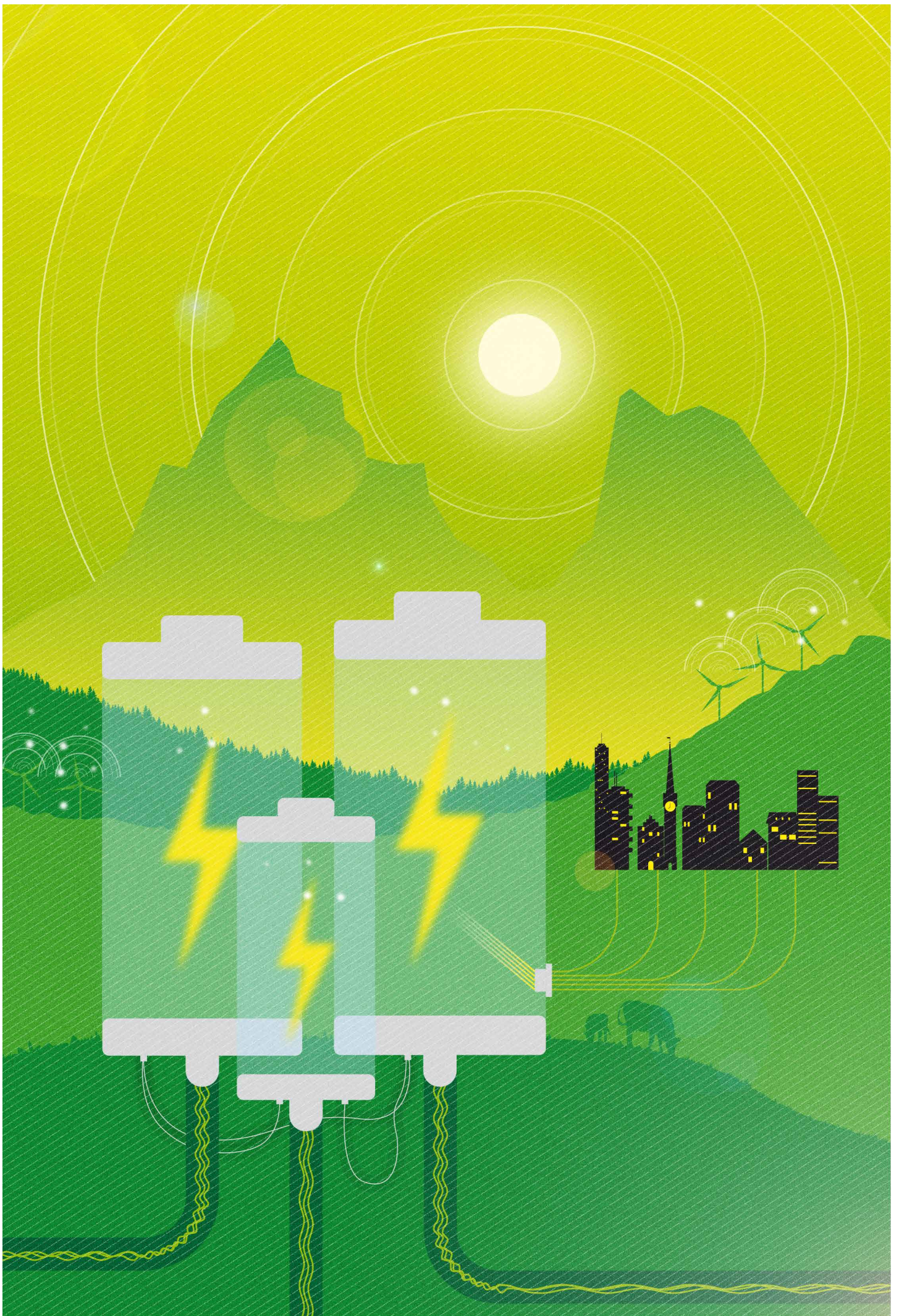
→ **iPhone-Events** Eine technische Disruption verändert die Rahmenbedingungen für grosse Teile der Wirtschaft. Je höher der Convenience-Faktor der Innovation ist, desto schneller und intensiver setzt sie sich durch.

Gerade bei den grossen, schockartigen Entwicklungsbrüchen sollte das Hauptaugenmerk der Schweizer Energiepolitik nicht so sehr darauf liegen, sie zu verhindern – weil sich die sie auslösenden Kräfte aus der Schweiz selten beeinflussen lassen und weil sie sich weitgehend der Prognostizierbarkeit entziehen. Mit den Lehren aus vergangenen Katastrophen lassen sich in erster Linie diejenigen Katastrophen verhindern, die genau dem Pfad der Vergangenheit folgen; entsprechend kann eine Katastrophe neuen Typs umso härter zuschlagen.

Das Hauptaugenmerk sollte vielmehr darauf liegen, welche neuen Entwicklungspfade sich durch einen Strukturbruch öffnen. Analog zu Louis Pasteurs Einsicht, dass Zufälle nur den vorbereiteten Geist begünstigen, sollten Geist und Institution sich darauf vorbereiten, aus den unweigerlich eintretenden Strukturbrüchen den grösstmöglichen Nutzen zu ziehen. Denn komplexe Systeme wie das Energiesystem verändern sich nur dann, wenn ein ausreichend starker Druck das System zu einer Veränderung zwingt.

Eine über lange Zeit erfolgreiche Methode zur planvollen Systemveränderung durch Nutzung von Krisen praktizierte die Europäische Union. Diese Methode wurde in den 1950er-Jahren vom französischen Unternehmer Jean Monnet entwickelt, einem der Wegbereiter des EU-Vorläufers Montanunion. «Europa wird in Krisen geschmiedet werden, und es wird die Summe der zur Bewältigung dieser Krisen verabschiedeten Lösungen sein», prognostizierte Monnet. Denn erst in der Existenzkrise seien Lösungen jenseits der nationalen Egoismen möglich.

Monnet, einer der grössten Netzwerker seiner Zeit, hatte seine Methode für eine kleine, elitäre Kaste konstruiert: die Spitzenbeamten der europäischen Institutionen in Brüssel sowie die eng mit ihnen verbundenen Europaexperten in den nationalen Regierungen. Diese haben eine klare Vorstellung der fernen Zukunft: das «New Normal» des vereinten Europa. Aber sie können den Weg dorthin nicht selbst gehen – das können nur die Regierungschefs der Mitgliedsstaaten, die wiederum eher ein Interesse an der eigenen Wiederwahl haben als an einer Weiterentwicklung Europas. Nur wenn all diese Entscheider zum Krisengipfel zusammenkommen und einen Blick in den jeweils gähnenden Abgrund werfen, werden sie einem jener Schritte zustimmen, die Europa voranbringen. «Der Mensch akzeptiert die Veränderungen nur unter dem Druck der Notwendigkeit», sagte Monnet – die Menschen aus seiner eigenen elitären Kaste natürlich ausgenommen.



Der Weg: Zukünftige Shifts

Trendlandschaft

In diesem Abschnitt werden wichtige gesellschaftliche, technologische, ökonomische, ökologische und politische Entwicklungen identifiziert und analysiert, die das Energiesystem der Zukunft prägen könnten. Es handelt sich dabei um erwartbare Fortschritte sowie um hypothetische, aber durchaus plausible Events. Diese Entwicklungen sind als «Shifts» zu verstehen: Wenn sie tatsächlich eintreten, verändert sich die Art und Weise, wie wir Energie produzieren oder konsumieren. Die Abbildung auf Seite 16/17 ist dabei als Trendlandschaft aufzufassen. Sie zeigt als eine Art Radar die thematische Breite und die wichtigsten Entwicklungsgebiete, die sich auf das Energiesystem auswirken werden.

Die hier untersuchten Shifts variieren in Wahrscheinlichkeit und Auswirkung, was sich in der Wahl der Koordinaten dieser Trendlandschaft niederschlägt: Die X-Achse steht für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Shift tatsächlich eintritt. Somit repräsentiert diese Achse auch die zeitliche Dimension: Gewisse Shifts werden bereits morgen Realität, andere sind zeitlich noch sehr weit weg. Die Y-Achse steht für die Auswirkung, die ein Shift bei Eintritt auf das Energiesystem haben wird. Die Abbildung stellt dabei eine aktuelle Bestandsaufnahme dar.¹⁴ Aufgrund der dynamischen Entwicklung des gesamten Energiesystems wird die Landschaft sich in späteren Jahren zwangsläufig anders darstellen. Gewisse Shifts wandern von unten nach oben, von rechts nach links, einige fallen weg und neue kommen hinzu.

¹⁴ Die Abbildung beruht auf den Ergebnissen des Expertenworkshops am GDI vom 27. Februar 2018.

30 Shifts auf dem Weg in die Energiezukunft

● GESELLSCHAFT

- **Bevölkerungswachstum:** In der Schweiz führt das allmähliche Bevölkerungswachstum in den nächsten Jahrzehnten zu einer Bevölkerung von mehr als 10 Millionen Menschen. Das Energiesystem wird langsam ausgebaut, um den gesteigerten Verbrauch zu bedienen und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.
- **Elektrisierte Lebensstil:** Eine elektrisierte und nach Intensität lechzende Gesellschaft jagt von Höhepunkt zu Höhepunkt. Wir sind unersättlich und wollen mehr von allem.
- **Energy Cyborg:** Der Energielifestyle der Zukunft schliesst mehr ein, als suffizient zu leben und freiwillig auf Energie zu verzichten. Der Mensch wird selbst zum Kraftwerk und produziert einen Grossteil der von ihm benötigten Energie im, am oder auf dem Körper.
- **Helionauten:** Aus einer Mischung von Partizipation und Mitbestimmung werden kommunale Energiegenossenschaften gegründet: Konsumenten können sich dadurch finanziell an externen, kommunalen Solargärten beteiligen. Im Gegenzug erhalten sie Gutschriften auf ihre Stromrechnung für überschüssige Energie, die durch ihren Anteil an einem Solargarten erzeugt wird.
- **Öko-Diktatur:** Eine radikale Grüne Partei kommt in Deutschland an die Macht, verordnet den Ausnahmezustand und zieht Europa mit. Personalisierte CO₂-Budgets werden implementiert – der Energieverbrauch wird vorübergehend begrenzt und strikt rationiert.

● TECHNOLOGIE

- **Atmende Microgrids:** Das Monopol der Elektrizitätswerke wird gebrochen: Die effiziente lokale Erzeugung und Speicherung von Strom ermöglicht dezentrale Stromnetze. Als Folge übernehmen Stadtviertel und Energiegenossenschaften ihr eigenes Netzwerk, werden somit unabhängig und schliessen sich je nach Bedarf automatisch mit anderen zusammen oder trennen sich ab. Durch diese atmenden Microgrids werden existierende Eigentumsverhältnisse und Marktstrukturen verschoben.
- **Autonome Autos:** Autonome Autos werden geteilt, nicht besessen, und ersetzen in letzter Konsequenz gar den öffentlichen Verkehr von heute. Damit sind einerseits weniger Autos auf den Strassen unterwegs, andererseits sind sie aber deutlich stärker ausgelastet. Mobil sein bleibt Statussymbol, das Auto als Konsumgut verliert aber seine Bedeutung.
- **Autonome Schwarmenergie:** Eine digitalisierte Infrastruktur führt zu einer fundamentalen strukturellen Neuorganisation der Energieunternehmen. In letzter Konsequenz kann es so weit kommen, dass Energieunternehmen keine Menschen mehr benötigen – das Energiesystem führt sich mit künstlicher Intelligenz selber.
- **Big Battery Boost:** Grosse Batterien ermöglichen eine Energiespeicherung für ganze Städte, um Schwankungen in der Energieproduktion auszugleichen. Durch die Effizienz der neuen Spei-

chermöglichkeiten werden erneuerbare Energieträger gestärkt und Pumpspeicherkraftwerke als Energiespeicher geschwächt.

- **Elektrifizierung:** Die Elektrifizierung von Produkten und Dienstleistungen führt zu einer höheren Nachfrage nach Strom.
- **Kernfrei:** Kernkraftwerke in der Schweiz werden abgeschaltet, der Anteil der Kernenergie sinkt auf null.
- **Laborfleisch:** Petrischale statt Bauernhof: Fleisch wird künstlich hergestellt, entweder aus pflanzlichen Zutaten oder aus Muskelzellen von Rindern. Dadurch muss weniger Futtermittel angepflanzt werden; Fläche für Nutztierhaltung würde wegfallen und stünde für andere Zwecke zur Verfügung.
- **Smart Heat Grid:** Nicht nur Strom, auch Wärme kann geteilt werden. Intelligente Nahwärmenetze machen die Beheizung von Wohn- und Gewerbeflächen effizienter.
- **Smarte Verträge:** Insbesondere der Energiesektor sieht in der Blockchain einen neuen Weg, der das Energiesystem revolutionieren könnte. Durch sogenannte Smart Contracts wird der Kauf und Verkauf, respektive das Beziehen und Einspeisen, von Energie automatisiert und vereinfacht.
- **Staubsauger:** Unerwünschtes CO₂ wird aus der Atmosphäre abgesaugt und in unterirdischen geologischen Formationen gelagert.
- **Virtualisierung:** Durch eine konstante Verbesserung der Technologien rund um die virtuelle und erweiterte Realität werden immer mehr Aktivitäten in den digitalen Raum verlagert. Konsummuster werden verändert, echte physische Erfahrbarkeit ist bei vielen Erlebnissen, wie beispielsweise bei beruflichen Meetings, nicht mehr zwingend notwendig.

● UMWELT

- **Disaster Displacement:** Der Klimawandel führt zu häufigeren und heftigeren Naturkatastrophen, und damit zu mehr Migrationsbewegungen. Das bewirkt nicht nur einen sprunghaften Anstieg der Bevölkerung in den betroffenen Einwanderungsregionen, sondern auch eine Schärfung des globalen Bewusstseins für den Klimawandel.
- **Gletscherschmelze:** Aufgrund des warmen Klimas verschwinden (fast) alle Gletscher in der Schweiz. Dies führt zu einem Verlust der Schweizer Identität, zu mehr Felsstürzen und zu neuen Herausforderungen für die betroffenen Gebiete. Das wirtschaftlich erfolgreiche Mittelland ist nicht mehr bereit, den immer teureren Schutz und die Versorgung in Randregionen zu finanzieren.
- **Kobaltschock:** Ein Netz von neuen Speichermöglichkeiten entfaltet sich. Das führt dazu, dass sich neue materielle Abhängigkeiten zeigen: Die Bedeutung von Rohstoffen für die Energieproduktion wie Erdöl, Gas und Kohle nimmt langfristig ab, diejenige von Rohstoffen für die Speicherherstellung wie Kobalt und Lithium hingegen zu.

● WIRTSCHAFT

- **Biologisches Fliegen:** Der Imperativ der sauberen Energie erfasst auch bislang kaum betroffene Sektoren wie den Flugverkehr. Da sein Anteil an den Gesamtemissionen immer weiter steigt, wird Kerosin kontinuierlich durch Alternativen ersetzt: emissionsärmere Biotreibstoffe, Wasserstoff oder Elektroantrieb. Die Emissionen, die auch durch diese Massnahme nicht vermieden werden können, werden von den Airlines freiwillig kompensiert. Was anfänglich als Kommunikationsmassnahme geplant war, entwickelt sich zu einem validen Geschäftsmodell.

- **Divestment:** Die Schweiz ist sich der Tatsache bewusst, dass ihr grosser Einfluss auf die Welt ihre geringe Grösse übertrifft, und beginnt, eine grössere globale Verantwortung zu übernehmen. Sie ergreift Massnahmen, um nicht nur die inländischen Emissionen, sondern auch den Fussabdruck im Ausland zu reduzieren. Als Konsequenz müssen alle Finanzinstitute in der Schweiz umweltfreundlich investieren. Ziehen andere Länder mit, müssen Unternehmen nachhaltig werden, um ihre Projekte finanzieren zu können.
- **Gratisenergie:** Da die Grenzkosten für erneuerbare Energie gegen null tendieren, wird Ähnliches auch für die Energie allgemein gelten. Konsumenten zahlen nicht mehr mit Geld, sondern mit Nutzerdaten.
- **Liberalisierung:** Endkunden in der Schweiz haben die Möglichkeit, ihren eigenen Stromlieferanten zu wählen, was zu mehr Wettbewerb im nationalen Strommarkt führt.
- **Motor City:** China wird zum Detroit der Elektrofahrzeuge, fossil angetriebene Autos verlieren Marktanteile und verschwinden innerhalb von kurzer Zeit von den Strassen. Das führt zu einer Elektrifizierung des Strassenverkehrs.

● GEOPOLITIK

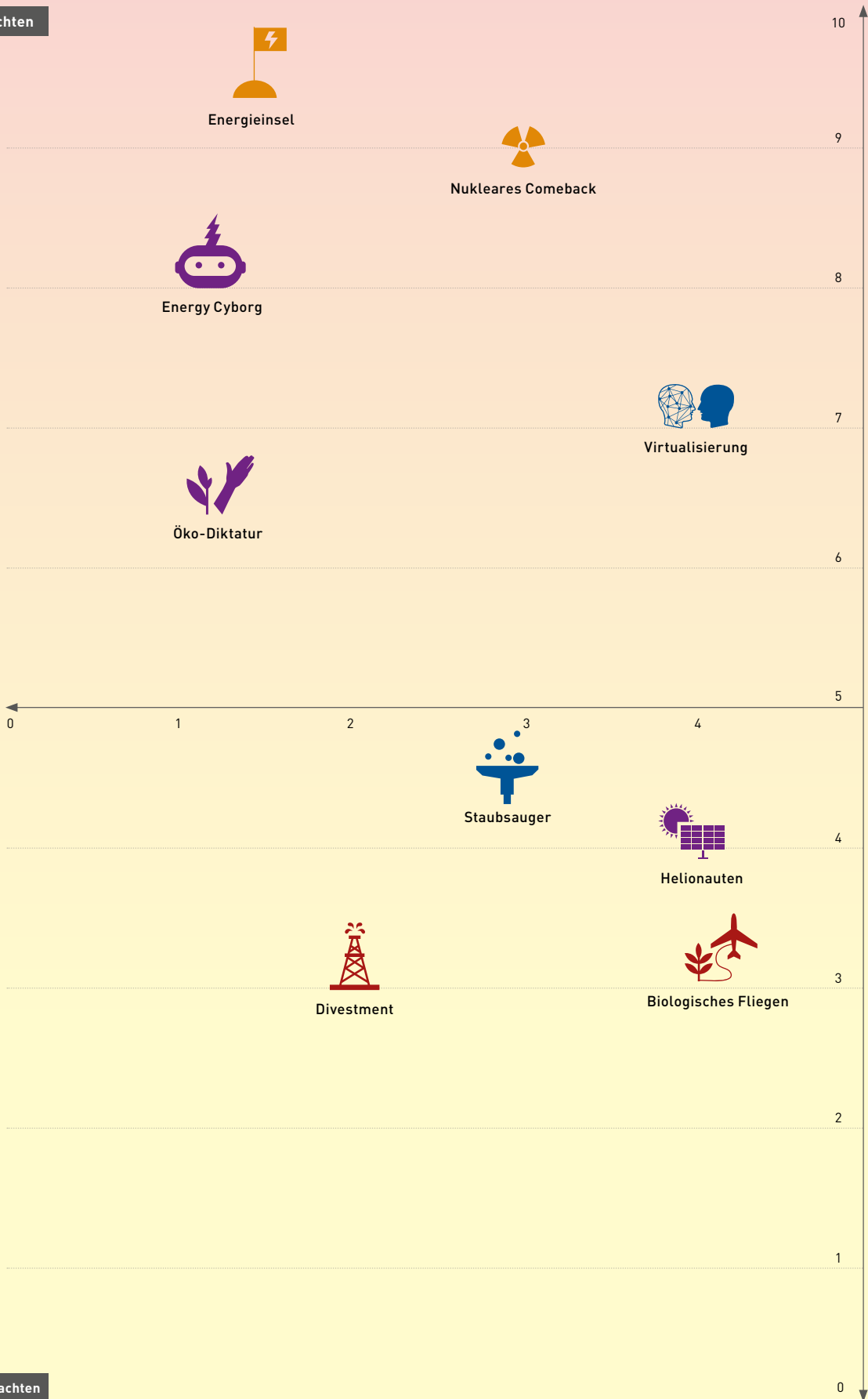
- **Cyberattacke:** Eine vermehrt elektrifizierte und digitale Energieinfrastruktur birgt das Risiko von gezielten Hackerangriffen auf das Netzwerk. Potenzielle Schäden reichen von gestohlenen Daten über Stromausfälle bis hin zur Zerstörung von physischen Gütern und grossen finanziellen Verlusten.
- **Energieinsel:** Aus Angst vor der Abhängigkeit von ausländischen Staaten wird ein Gesetz verabschiedet, das die Schweiz zu einer weitgehend autarken Energieversorgung verpflichtet.
- **Global Grid:** Das europäische Stromnetz, in das die Schweizer Stromversorgung integriert ist, weitet sich sukzessive aus und schliesst sich letzten Endes mit anderen Versorgern in einem weltumspannenden «Global Grid» zusammen. Damit können die effizientesten Kraftwerke und Übertragungstechnologien der Welt auch global geteilt werden.
- **Klimaprozess:** Ölfirmen tragen zum Klimawandel bei, Konsequenzen tragen andere. Küstenstädte weltweit erhalten deshalb Schadenersatzzahlungen, nachdem sie Unternehmen aus dem Bereich der fossilen Brennstoffe wegen gegenwärtigen und zukünftigen Kosten durch den Klimawandel verklagt haben. Folglich gerät die Wirtschaftlichkeit der betroffenen Unternehmen weiter unter Druck – auch weil es immer schwieriger wird, Versicherungen für Risikogeschäfte abzuschliessen.
- **Nukleares Comeback:** Bereits totgeglaubte Energieformen können einen zweiten oder dritten Frühling erleben. Auch der Nuklearindustrie könnte eine Renaissance bevorstehen, da sie als Machtinstrument einer zentralen Energieversorgung gilt.
- **Post-Heizöl:** Ölheizungen als Heizquelle für Gebäude werden verboten. Damit wird der grösste Hebel in der Emissionsreduktion im Gebäudebereich betätigt. CO₂- und Feinstaub-Emissionen können durch Alternativen wie Wärmepumpen oder Fernwärmeheizungen weitgehend vermieden werden.

Zukünftige Shifts im Energiesystem

zu fürchten

AUSWIRKUNG

WAHRSCHEINLICHKEIT

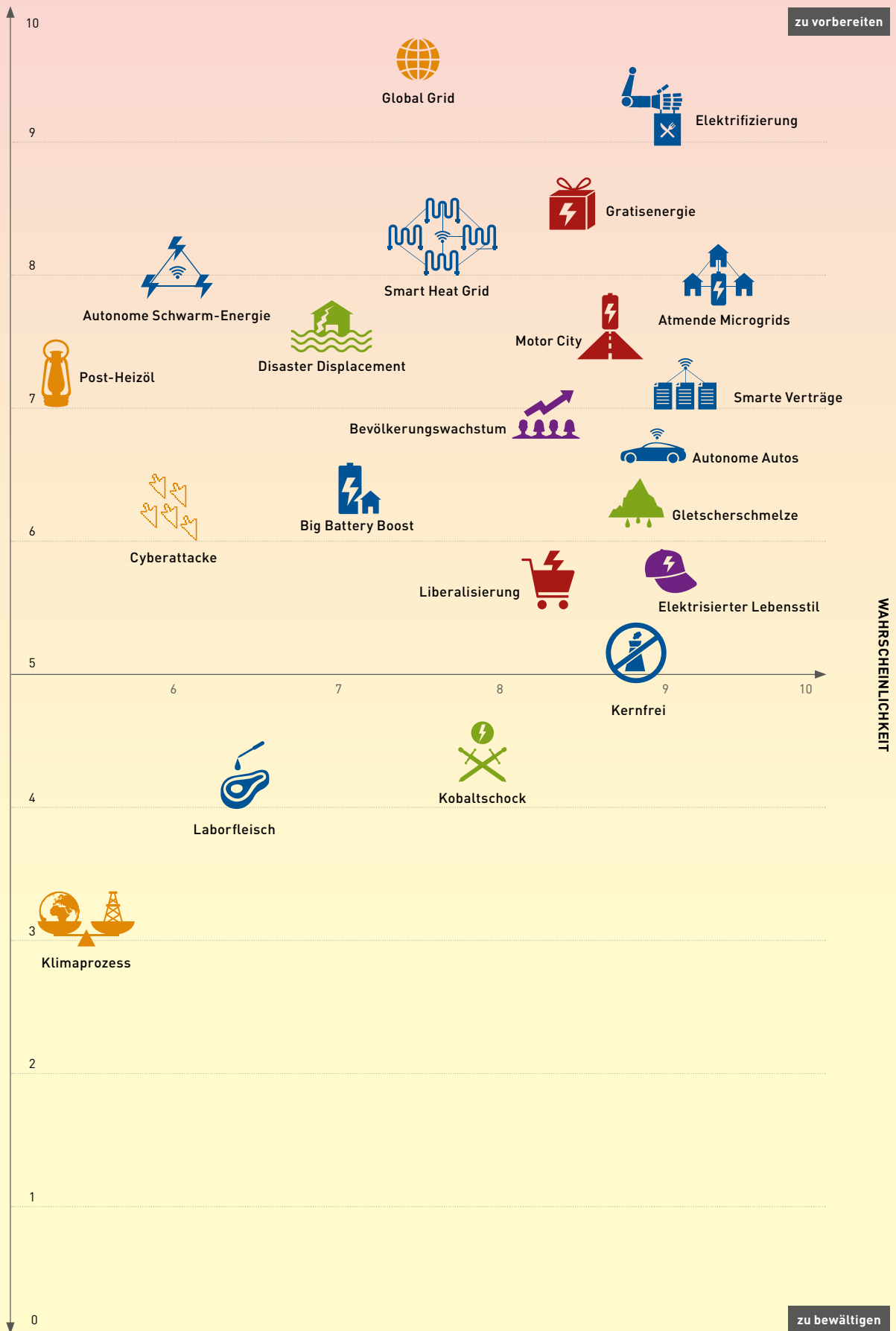


zu beobachten

● Gesellschaft
 ● Technologie
 ● Umwelt
 ● Wirtschaft
 ● Geopolitik

0 = Sehr klein 10 = Sehr gross

AUSWIRKUNG



Neue Energiewelten: Zoom-ins in die Trendlandschaft

Shifts fallen nicht vom Himmel. Selbst wenn es sich um ein völlig unvorhersehbares Ereignis handelt, resultiert der auf dieses Ereignis folgende Wandel des Energiesystems aus einer Vielzahl von Aktionen und Positionen, die sich auf das Ereignis beziehen. Und keine von ihnen ist rein zufällig. Entsprechend gehört es bei der Steuerung des Energiesystems nicht nur zu den Aufgaben, dessen Rahmenbedingungen festzulegen und zu kontrollieren, sondern auch, sich auf mögliche Verwerfungen vorzubereiten und auf positive wie negative Ereignisse planvoll zu reagieren.

In diesem Abschnitt wird deshalb für jeweils eine wichtige, interessante und überraschende Entwicklung aus den fünf Kategorien des Wandels (Gesellschaft, Technologie, Wirtschaft, Ökologie, Politik) genauer betrachtet, wie neue Energiewelten aussehen könnten. Die ausgewählten Shifts variieren in Wahrscheinlichkeit und Auswirkungen und repräsentieren somit Möglichkeiten und nicht Prognosen.

Gesellschaft: Energy Cyborg

Der Energielifestyle der Zukunft schliesst mehr ein, als suffizient zu leben und freiwillig auf Energie zu verzichten. Der Mensch wird selbst zum Kraftwerk und produziert einen Grossteil der von ihm benötigten Energie im, am oder auf dem Körper.

Holland baut riesige Dämme, um gegen den ansteigenden Meeresspiegel gewappnet zu sein. Die Stadt Bern pflanzt die kroatische Zerr-Eiche, um ihren Bewohnern in einem künftigen anderen

Klima eine grüne Lunge zu gewährleisten. Diese beiden Beispiele zeigen, dass die Anpassungen an ein sich veränderndes Klima immer wichtiger werden. Die gleiche Logik, mit der heute die Menschheit die Natur umbaut, wird bald auch auf den Menschen selbst angewandt: Statt nur die Welt um uns herum zu verändern, verändern wir uns zukünftig selbst.

DER NEUE PROSUMISMUS

Die Dezentralisierung des Energiesystems führt dazu, dass die Energieproduktion räumlich und gedanklich wieder näher zum Menschen rückt. Die Entwicklung zum Prosumenten nimmt zu, also Personen, die gleichzeitig oder nacheinander Konsumenten und Produzenten von Energie sind. Aktuelle Beispiele für Prosumismus sind Solarpanels auf dem Haus, ein Wohnblockheizkraftwerk im Keller, Anteile an Energiegenossenschaften oder das Engagement bei einer energieautarken Wohnbaugesellschaft. Leitmotive wie «Off Grid» oder «Unplug!» stehen für einen autonomen und autarken Energielifestyle. Dennoch werden daneben Bewegungen entstehen, die mehr wollen, als suffizient zu leben und freiwillig auf Energieverbrauch zu verzichten. So wie Häuser durch den technischen Fortschritt von Energieverbrauchern zu Energieproduzenten werden können, werden auch Menschen den Ehrgeiz entwickeln, mindestens so viel Energie zu produzieren, wie sie selber benötigen.

DER ENERGIEAUTARKE MENSCH

Eine wichtige Rolle auf dem Weg zum Mensch als Kraftwerk können neue Materialien spielen. Denn der Mensch selbst ist eine grosse ungenutzte Energiequelle. Man denke nur an die unendlich erscheinende kinetische Energie, die der Mensch tagtäglich durch seine Bewegungen produziert. Forscher der Universität Dallas haben aufgrund dessen einen Faden entwickelt, der diese Energie zu nutzen ver-

«Kraftwerke zum Aufkleben»
können bald überall Energie
produzieren – ob als Etikett auf
dem Marmeladenglas oder als
Tattoo am Körper.

sucht. Er erzeugt nämlich Strom durch Bewegung. «Twistron» nennen sie ihre Erfindung aus Kohlenstoffnanoröhrchen, die bei Ausdehnung elektrische Spannung erzeugt. Energieproduzierende Kleidung der Zukunft könnte damit Energie aus der Bewegung des Trägers beziehen, um kleine elektronische Bedürfnisse zu stillen.¹⁵ Es gibt auch schon Schuhe, welche Energie durch menschliche Bewegung ernten können.¹⁶ Weiter können sogenannte «Kraftwerke zum Aufkleben» eine wichtige Rolle spielen.¹⁷ Durch Entwicklungen im Bereich der Advanced Functional Materials – Materialien mit speziellen elektrischen, magnetischen oder optischen Eigenschaften – ist es zukünftig möglich, energieproduzierende Folien überall hinzukleben: als Tapeten auf Wände, als Etikett auf ein Marmeladenglas oder als Tattoo auf den menschlichen Körper – oder gar als energieproduzierende Solarfarbe auf allen nur erdenklichen Oberflächen. So wird man E-Book-Reader oder ähnliche Geräte mit Advanced Functional Materials nicht mehr aufladen müssen. Die gespeicherte oder aus Umgebungslicht, Reibung oder Bewegung gewonnene Energie wird praktisch ewig für den Betrieb kleinerer Geräte ausreichen. Kleingeräte täglich aufzuladen, wie wir es heute tun, wird in wenigen Jahren kein Thema mehr sein.

HUMAN ENGINEERING

Als nächster Schritt wäre denkbar, ein Kraftwerk nicht nur am Körper zu tragen, sondern im Körper – als Energy Cyborg. Der erste offizielle Cy-

borg der Welt war Neil Harbisson im Jahr 2004. Er wurde farbenblind geboren, konnte das aber nie akzeptieren. So entschied er sich im Alter von 20 Jahren, eine Antenne direkt mit seinem Hirn zu verknüpfen, sodass er nun Informationen wahrnehmen kann, die allen anderen verborgen bleiben – er kann Farben hören, Infrarotstrahlen fühlen, gar Daten von Satelliten empfangen. Harbisson ist somit Vertreter der Cyborg Art Community, welche die Ergänzung des menschlichen Körpers durch Implantate mit dem Ziel der Sinneserweiterung vorantreibt.¹⁸ Diese Kunstbewegung postuliert, dass wir psychologisch schon lange mit der Technik verschmolzen seien. Der nächste Schritt schliesse die biologische Verschmelzung des Körpers mit der Technik ein. So ist es möglich, durch technologische Erweiterungen den Menschen Sehkraft im Dunkeln zu ermöglichen¹⁹ oder das Wärmeempfinden so zu verändern, dass die Empfindlichkeit auf Kälte und

¹⁵ Kim, Shi et al. (2017): Harvesting electrical energy from carbon nanotube yarn twist. *Science* Vol. 357, Ausgabe 6353, S. 773ff. Online: <http://science.sciencemag.org/content/357/6353/773>

¹⁶ Rincon, Paul (2015): Smart shoe devices generate power from walking. *BBC News*. Online: <http://www.bbc.com/news/science-environment-30816255>

¹⁷ Reusswig, Fritz et al. (2014): *energy2121: Bilder zur Energiezukunft*. Klima- und Energiefonds. Omnium KG.

¹⁸ Vgl. <https://www.cyborgfoundation.com/>

¹⁹ Vgl. <https://www.youtube.com/watch?v=TBmpwTYym2E>

Wärme abnimmt. In letzter Konsequenz könnte das dazu führen, dass man die Umgebung in der Nacht nicht mehr beleuchten müsse und keine Heizung mehr bräuchte.

Der Fantasie, und den menschlichen Möglichkeiten, sind keine Grenzen gesetzt: Der amerikanische Philosoph Matthew Liao setzte die unbequeme Idee in die Welt, dass man den Menschen genetisch verändern kann, um ihn besser für die Bekämpfung des Klimawandels geeignet zu machen. Der Mensch wird genetisch so manipuliert, dass er aufgrund einer kleineren Grösse weniger Nahrung braucht – oder gar direkt eine Fleischallergie oder ein Empathiegen eingepflanzt bekommt. Dieses Human Engineering wäre freiwillig, wenn auch möglicherweise unterstützt durch Anreize wie Steuererleichterungen oder gesponserte Gesundheitsfürsorge.

50 SHADES OF GREEN

Zukünftig können sich die Menschen sogar einen Energietricke vom Tierreich abschauen. *Elysia chlorotica*, eine im Meer lebende Schneckenart, ernährt sich von Algen. Wenn die Schnecke die Algen frisst, leben Chloroplasten dieser Algen im Körper der Schnecke weiter. Das ermöglicht dem Tier, Photosynthese zu betreiben und Energie durch die Umwandlung von Licht zu gewinnen. Mit einer darauf basierenden Technologie könnten wir zukünftig alle ein wenig grünlich sein. Die Energie, die der Mensch durch Photosynthese erzeugen könnte, reicht zwar auf absehbare Zeit bei Weitem nicht aus, um den Energiebedarf unseres Lebensstils zu decken²⁰, aber die innere Begrünung kann Teil dieses Lebensstils werden. In diesem Sinne vom Beispiel der Natur inspiriert²¹, können MarathonläuferInnen zukünftig in der Sonne etwas schneller unterwegs sein als im Schatten.

Technologie: Autonome Schwarmenergie

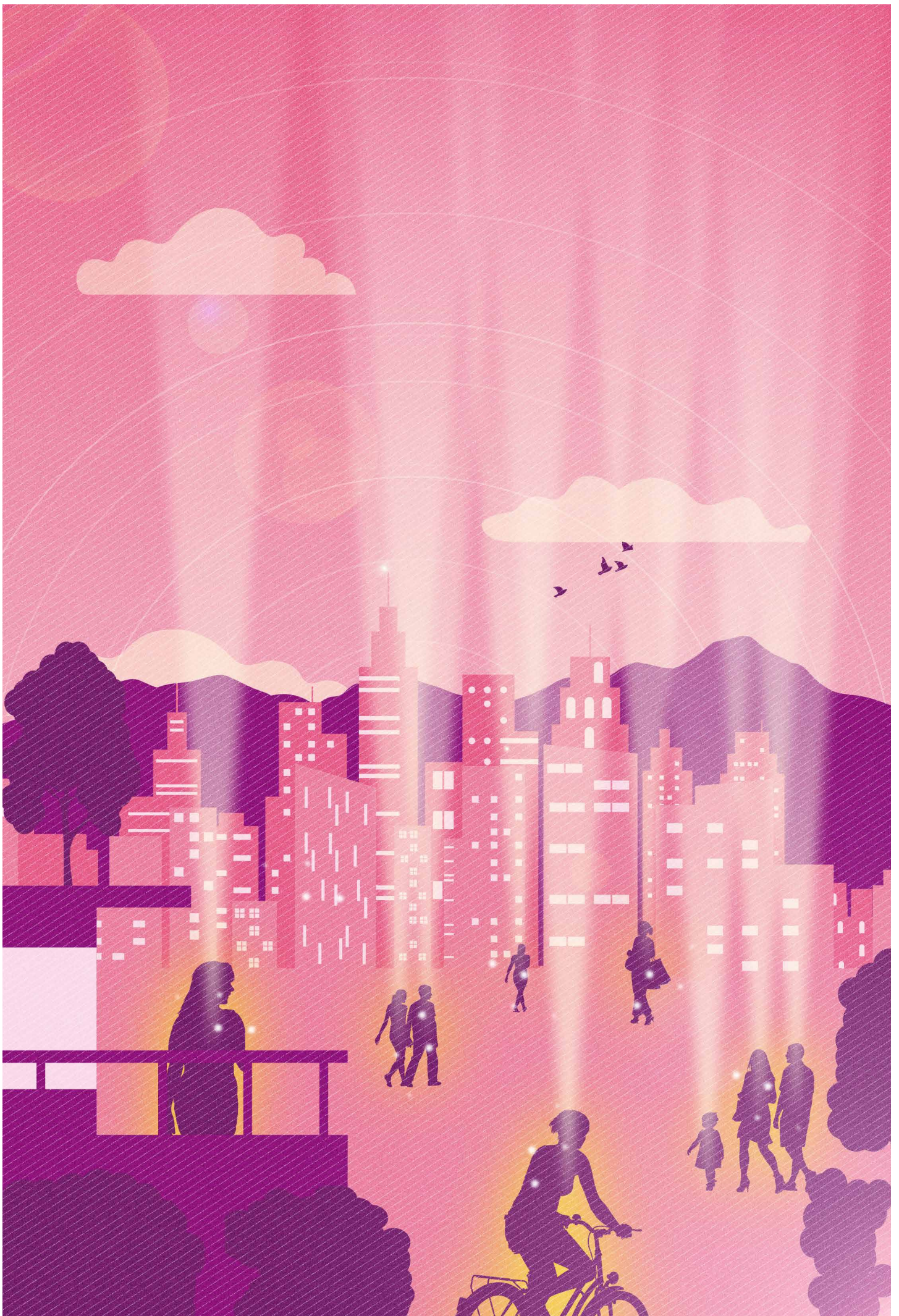
Eine digitalisierte Infrastruktur führt zu einer fundamentalen strukturellen Neuorganisation der Energieunternehmen. In letzter Konsequenz kann es so weit kommen, dass Energieunternehmen keine Menschen mehr benötigen – das Energiesystem führt sich mit künstlicher Intelligenz selber.

In den kommenden Jahrzehnten werden digitale Technologien die Energiesysteme weltweit vernetzter, intelligenter, effizienter, zuverlässiger und nachhaltiger machen. Die Fortschritte bei Daten, Analysen und Konnektivität ermöglichen eine Reihe neuer digitaler Anwendungen. Das Energiemanagement allerdings wird dadurch erst einmal nicht einfacher, sondern komplizierter. Nicht zuletzt, weil immer mehr dezentrale Energieressourcen Anschluss an das Netz finden. So fließt Strom vermehrt nicht mehr nur von grossen zentralen Kraftwerken zu den Endkonsumenten, sondern in beide Richtungen. Das schafft neue Herausforderungen. Wenn zudem Milliarden von smarten Geräten an das Netz angeschlossen werden, erhöht sich die Komplexität der Steuerung deutlich.²² Um diese Komplexität steuern zu können,

²⁰ Stone, Maddie (2015): Eating the Sun: Can Humans Be Hacked to Do Photosynthesis? Motherboard. Online: https://motherboard.vice.com/en_us/article/3dk4bv/human-photosynthesis-will-people-ever-be-able-to-eat-sunlight

²¹ Vgl. Martin, Richard (2016): A Big Leap for an Artificial Leaf. MIT Technology Review. Online: <https://www.technologyreview.com/s/601641/a-big-leap-for-an-artificial-leaf/>

²² Kroposki, Benjamin (2017): Basic Research Needs for Autonomous Energy Grids. National Renewable Energy Lab. Online: <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/70428.pdf>



Künstliche Intelligenz kann das Energiesystem effizienter und nachhaltiger machen, ohne dabei Arbeitsplätze zu gefährden.

wird die Problemlösung zunehmend an Softwareprogramme ausgelagert.

NACHFRAGESTEUERUNG UND HANDELSPLATTFORM

Einer dieser neuen Ansätze sind auf Machine Learning basierende Vorhersagemodelle. Sie können mit beinahe absoluter Gewissheit die Wetterbedingungen in einer bestimmten Region vorhersagen. Wird voraussichtlich eher wenig Energie produziert, kann die automatische Abschaltung von gewissen Geräten programmiert werden, die zu diesem Zeitpunkt nicht unbedingt nötig sind. Es folgt eine Priorisierung von Nutzungen – ein Dialysegerät wird später abgeschaltet als ein Kühlschrank; und wer einen Stromvertrag zum Niedrigpreis abgeschlossen hat, muss damit rechnen, in solchen Situationen Klimaanlage oder Heizdecke abgeschaltet zu bekommen. Gegenwärtig ist das britische National Grid in Gesprächen mit Googles DeepMind und hofft, mithilfe der künstlichen Intelligenz das Gleichgewicht zwischen Energieangebot und -nachfrage in Grossbritannien zu verbessern. Ziel ist, mit AI ohne neue Infrastruktur, nur durch Optimierung, 10 Prozent des britischen Energieverbrauchs einzusparen.²³ Digitalisierte Energiesysteme könnten in Zukunft in der Lage sein, zu erkennen, wer Energie benötigt und sie zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und zu den niedrigsten Kosten zu liefern.

Ein weiteres Beispiel ist das Start-up WePower. Es produziert zwar selber keine Energie, fördert aber Investitionen in nachhaltige Energieprojekte. Basierend auf der Blockchain-Technologie möchte es ein Peer-to-Peer-Netzwerk für den Handel von erneuerbaren Energien schaffen – mit dem Wissen, dass diese Technologie in der heutigen Konstitution selber so viel Energie verbraucht, dass eine Anwendung im grossen Ausmass schwierig wird.²⁴ Investoren haben die Möglichkeit, in «Tokens» von WePower zu investieren. Diese verpflichten den Hersteller, in der Zukunft eine festgelegte Menge Energie zu liefern. Die Tokens werden dadurch weltweit standardisiert und Produzenten können direkt, ohne Zwischenhändler, mit Konsumenten handeln. Die Tokens sind für Käufer interessant, da sie (zukünftige) Energie unter dem Marktpreis kaufen können. Für die Stromanbieter ist es eine Möglichkeit, an Kapital und Liquidität zu kommen.

²³ Murgia, Madhumita & Thomas, Nathalie (2017): DeepMind and National Grid in AI talks to balance energy supply. Financial Times.

²⁴ Hornigold, Thomas (2018): Let's Talk About Bitcoin's Insane Energy Consumption. SingularityHub. Online: <https://singularityhub.com/2018/02/05/lets-talk-about-bitcoins-insane-energy-consumption/>

ENERGIEFIRMEN OHNE BESCHÄFTIGTE

Doch das ist erst der Anfang. Da die Digitalisierung eine schier unendliche Zahl dezentraler Konsumenten, Produzenten und Prosumenten vernetzen kann, ergeben sich daraus völlig neue Geschäftsmodelle – zum Teil ganz ohne dafür Menschen zu benötigen. Vorbote dazu existieren bereits: So gibt es Strassenlampen, die sich selbst gehören. Sie produzieren, beschaffen, speichern und verbrauchen ihre Energie selber. Durch Energieüberschüsse zahlen sie für Wartung und Reparatur. Dieses Prinzip der «Decentralized Autonomous Organisation» (DAO) lässt sich auch auf weit grössere Systeme übertragen – vorausgesetzt die Politik ermöglicht, dass Firmen ohne Beschäftigte eine Rechtspersönlichkeit erhalten.

Im Energiesektor werden sich zukünftig besonders viele Einsatzmöglichkeiten für DAOs ergeben. Die Aufgaben solcher DAOs werden in vielen Fällen nicht in Konkurrenz zu bislang von Menschen übernommenen Aufgaben treten: Die oben erwähnten intelligenten Strassenlampen beispielsweise vernichten keine Beleuchter-Arbeitsplätze, sondern machen das bisherige System der Strassenbeleuchtung effizienter und nachhaltiger. Im Gegenteil könnten in der Energiezukunft neue Berufsfelder hinzukommen, welche wir heute nur erst erahnen können: Solargärtner sorgen für die Installation und den Unterhalt in PV-Anlagen, EnergiekünstlerInnen geben Tipps, wie man im Überfluss Energie sinnvoll verbraucht statt spart und Energietechnologieethiker evaluieren neue Technologien, um zu entscheiden, ob sie für den öffentlichen Gebrauch geeignet sind.

SUPER-KI

Natürlich wird auch in absehbarer Zukunft nicht alle Energie dezentral produziert. Zentrale und dezentrale Produktion müssen sich aber nicht mehr, wie bislang, auf dem Markt als Konkurren-

ten gegenüberstehen, vielmehr ist es denkbar, dass beide Ansätze miteinander verschmelzen. Dies kann durch den Einsatz einer künstlichen Intelligenz (KI) erreicht werden – oder besser gesagt: eines Netzes von künstlichen Intelligenzen, die Produktion, Verbrauch und Netzsteuerung koordinieren. Dieses Netz aus verteilten Intelligenzen breitet sich über alle Schichten der Energielandschaft aus, von den smarten Geräten in den Wohnungen bis hin zu kontinentalen Hochspannungsleitungen. Zentral ist dabei die Frage, wie diese algorithmischen Systeme miteinander kommunizieren.

Ein bereits existierendes Beispiel, das in diese Richtung weist, ist das virtuelle Schwarm-Kraftwerk: ein Zusammenschluss von mehreren kleinen und mittleren Anlagen zu einer grossen Einheit. Die Bündelung dezentraler Anlagen erlaubt Skaleneffekte beim Vertrieb und die Unsicherheit bei der Prognose fluktuierender Produktion kann reduziert werden. In Deutschland betreibt der norwegische Energiekonzern Statkraft ein virtuelles Kraftwerk mit mehr als 10'000 MW Kapazität – grösser als die grössten Kern- und Kohlekraftwerke in Deutschland. Es bündelt und vermarktet den Strom vieler kleiner Produzenten von erneuerbarer Energie und kann damit Energie effizienter verteilen und speichern. In der Endstufe können sogar alle Produzenten eines Kontinents ein grosses virtuelles Kraftwerk bilden, dem dann auch alle Konsumenten des Kontinents als grosser virtueller Nutzer gebündelt gegenüberstehen. Eine einzige künstliche Intelligenz, ein Energiehirn sozusagen, übernimmt dann die zentrale Koordination und organisiert gleichzeitig die dezentrale Leistungserbringung – und das wesentlich effizienter als die bisherigen Koordinierungsinstitutionen.

Wirtschaft: Gratisenergie

Da die Grenzkosten für erneuerbare Energie gegen null tendieren, wird Ähnliches auch für die Energie allgemein gelten. Konsumenten zahlen nicht mehr mit Geld, sondern mit Nutzerdaten.

Grenzkosten sind diejenigen Kosten, die anfallen, um eine zusätzliche Einheit eines Produkts herzustellen, nachdem die Fixkosten abbezahlt sind. Durch die Digitalisierung und durch das Internet sind die Grenzkosten für verschiedene Produkte stark gesunken. Ein Beispiel dafür ist die Musik: Ist ein Lied erst einmal produziert, spielt es kostenmässig keine Rolle, ob zehn oder zehn Millionen Menschen das Lied herunterladen. Dieses Prinzip gilt auch für E-Books, Kommunikation über die Sozialen Medien sowie Vorlesungen an Universitäten. In Zukunft wird es auch im Energiesektor gelten.²⁵ Die dominierende Meinung war lange, dass dieses Konzept nur für digitale Produkte funktionieren kann und sich nicht auf die Produktion physischer Produkte übertragen lässt. Das Aufkommen von 3D-Druckern war hingegen der erste Vorbote für eine Ausweitung der Null-Grenzkosten-Gesellschaft auf weitere Sektoren der Wirtschaft.

Im Energiesektor ist eine Bewegung in diese Richtung überall dort möglich, wo die Basisinfrastruktur bereits vorhanden ist und keine Brennstoffkosten anfallen. Die Energieproduktion aus Öl, Gas, Kohle, Uran oder Holz ist zwingend mit dem Aufwand für den Brennstoff verbunden, also mit Grenzkosten. Die Sonne hingegen schickt keine Rechnung für die Energie, die sie als Licht, Wärme, Wind und Wellen auf die Erde sendet. Die Ausgaben für Herstellung und Wartung der Anlagen, die diese Energie nutzen und verteilen, sinken derzeit stark. Und sind die Fixkosten einmal abbezahlt, reduzieren sich die Grenzkosten

von Energie praktisch auf null. Dadurch kann in letzter Konsequenz Energie gratis werden.

Gratisenergie hat gravierende Auswirkungen auf die Gesellschaft. Vor allem in denjenigen Ländern, die heute aufgrund limitierter Energiereserven in ihrer Entwicklung gehemmt sind. Strom würde in vielen Teilen der Welt allgegenwärtig werden, wo dies heute noch nicht der Fall ist. An anderen Orten würden Stromrechnungen verschwinden – aber das wäre das Mindeste. Die Herstellungskosten von Gütern würden sinken, ebenso wie die Transportkosten, und so ziemlich alle Kosten für alles durch Energie Produzierbare. Das Geld, das wir heute noch für Energie ausgeben, kann gespart und anderweitig eingesetzt werden.

GESCHÄFTSMODELL «GRATIS»

Wie könnte ein Geschäftsmodell für Hersteller aussehen, wenn Energie tatsächlich gratis ist? Ein Beispiel: Eine Firma installiert gratis Solarsysteme und Batterien und will dafür Nutzerdaten, die Energie ist gratis, da dezentral mit Sonne produziert. Auch das deutsche Unternehmen FreshEnergy strebt an, den Strompreis in Zukunft auf 0 Cent pro kWh zu senken. Dabei nimmt FreshEnergy eine ganz eigene Perspektive ein: Sie schenken ihren KundInnen einen Smart Meter, einen intelligenten Stromzähler, der Daten wie Tarifänderungen oder Stromverbrauch empfangen und senden kann. Aufgrund der Datenanalyse ist das Unternehmen in der Lage, die verschiedenen Elektrogeräte im Haushalt zu iden-

²⁵ Rifkin, Jeremy (2014): The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism. St. Martin's Press.

Sind die Fixkosten einmal abbezahlt, kann Energie in letzter Konsequenz gratis werden.

tifizieren und kann dabei helfen, die Effizienz zu steigern, indem es etwa grössere Energieverbraucher identifiziert und eine alternative Nutzung oder einen Ersatz für das Produkt vorschlägt. Statt sich auf die Kilowattstunde als Kernprodukt zu konzentrieren, wird der Stromverbrauch lediglich zum Dateninput, um einen neuen Vertriebskanal für verschiedene Produkte zu erschliessen, die beispielsweise über ein Partnernetzwerk bereitgestellt werden.

Dadurch wird der Verkauf von Strom zum Vehikel, um neue Einnahmequellen zu erschliessen, die rentabel genug sein könnten, um Strom kostenlos zur Verfügung zu stellen. Vorbilder dafür gibt es in anderen Branchen: Die Telekommunikationsbranche etwa gibt ihr traditionelles Kernprodukt, den langjährigen Hauptumsatzträger Festnetztelefonat, inzwischen fast kostenlos ab – und verzeichnet dennoch, oder gerade deswegen, robuste Umsätze und Gewinne mit anderen Produkten, insbesondere im Mobilfunk.

In direkter Analogie wäre beispielsweise denkbar, dass ein Energieunternehmen «Festnetzwärme», also die Wohnungsheizung, gratis abgibt und vom Nutzer für «mobile Wärme» bezahlt wird – eine (leider noch nicht erfundene) Technik, durch die man sich unabhängig von den Aussenbedingungen immer in seiner eigenen Wohlfühltemperatur bewegt.

Ökologie: Kobaltschock

Ein Netz von neuen Speichermöglichkeiten entfaltet sich. Das führt dazu, dass sich neue materielle Abhängigkeiten zeigen: Die Bedeutung von Rohstoffen für die Energieproduktion wie Erdöl, Gas und Kohle nimmt langfristig ab, diejenige von Rohstoffen für die Speicherherstellung wie Kobalt und Lithium hingegen zu.

Energie ist nicht immer vorhanden, wenn man sie braucht. Deshalb muss überschüssige Energie gespeichert werden, um sie bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt abzugeben. Angetrieben durch den vermehrten Einsatz von fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen, die Endlichkeit fossiler Energieträger und der Elektrifizierung des Energiesystems wird weltweit ein zusätzlicher Bedarf an Energiespeichern entstehen. Daraus ergibt sich eine verteilte und diversifizierte Speicherlandschaft aus neuen Speichermöglichkeiten. Das führt sogar so weit, dass bei zwischenzeitlichen Versorgungsengpässen die Speicherlandschaft angezapft werden kann. Verbindet man zukünftig all die Speicher miteinander, ausgehend von kleinen mobilen Batterien in Autos bis hin zu grösseren stationären Batterien neben grossen Windparks und Solaranlagen, entsteht ein riesiges Speicherpotenzial für Energie. Diese Verbindung muss auch nicht mehr zwingend durch Kabel sichergestellt werden. Das Unternehmen Energous hat kürzlich von der US-Rundfunkbehörde die Zulassung für



ihr WattUp-System bekommen.²⁶ Über mehrere Meter hinweg lassen sich elektronische Geräte kabellos aufladen – Energie wird geschickt statt übertragen. Das führt dazu, dass sich energieproduzierende Geräte mit energiekonsumierenden Geräten austauschen werden. Der Extremfall: Es gibt auf der Welt ein einziges Kraftwerk, lokalisiert an einem Ort. Dieses produziert so viel Energie, dass es all die benötigte Energie kabellos über die Welt verteilen kann. Um an eine Ladung Energie zu kommen, muss man zukünftig kein Kabel mehr in eine Steckdose stecken, sondern kann Energie direkt aus der Luft beziehen.

DER TOD DER PUMPSPEICHERKRAFTWERKE

Die neue Vielfalt an Kurz- und Langfristspeichern und die hohen Investitionen in neue Batterietechnologien können in letzter Konsequenz ein Segment treffen, das derzeit noch als Wachstumsmarkt gilt: die Wasserkraft. Lange waren die Pumpspeicherkraftwerke die einzigen Energiespeicher, die in kürzester Zeit grosse Mengen an Strom produzieren konnten, um so Nachfragespitzen oder Angebotslücken auszugleichen. Wenn die neuen Speichertechnologien effizienter und kostengünstiger sind, werden sie geschwächt und konsequenterweise zu einem Relikt aus der Energievergangenheit. Allerdings eignen sie sich besser zur Nachnutzung als andere Kraftwerksanlagen: Wenn die Seen nicht mehr zur Energiespeicherung benötigt werden, kann man sie zu Erlebnisparks umrüsten.

KNAPPES KOBALT

Der stark wachsende Bedarf an neuen Speichermöglichkeiten bringt neue materielle Abhängigkeiten mit sich. Denn obwohl Strom immateriell ist, die Produktion davon ist es nicht. Das chemische Element Kobalt mit der Ordnungszahl 27 steht stellvertretend für die oft vernachlässigte Materialität der Energiewende. Es ist ein stahlgraues, sehr zähes Schwermetall, das sich aufgrund

seiner Eigenschaften ideal für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien eignet. Vor allem aufgrund der prognostizierten Zunahme der Elektromobilität wird die Nachfrage nach dem Rohstoff zunehmen – in einer typischen Batterie für ein Elektroauto sind 5 bis 10 Kilogramm Kobalt verarbeitet, in einem Smartphone stecken rund 10 Gramm. Bereits heute findet ein regelrechtes Rennen um die Ressourcen statt: Studien prognostizieren kritische Zustände in der Versorgungssicherheit durch Batteriebestandteile in den nächsten 15 Jahren.²⁷ Diese Aussicht wirkt sich bereits auf die ökonomische Gegenwart aus, weshalb sich der Preis für Kobalt innerhalb von 16 Monaten verdreifacht hat.²⁸ Dieser Druck wird zunehmen, wenn die grossen globalen Automobilhersteller die Produktion von Elektroautos ernsthaft erhöhen.

Kobalt kommt vor allem in der Demokratischen Republik Kongo vor, Lithium im Dreiländereck Bolivien, Chile und Argentinien. Wenn diese seltenen Metalle plötzlich wichtiger werden als das Vorhandensein von Erdöl, wird das zu neuen Konfliktfeldern und geografischen Machtverschiebungen führen. Neben technologischen

²⁶ Energous Corporation (2017): Energous Receives Industry-First FCC Certification for Over-The-Air, Power-At-A-Distance Wireless Charging. Online: <https://ir.energous.com/press-releases/detail/596/energous-receives-industry-first-fcc-certification-for>

²⁷ Arrobas, Daniele et al. (2017): The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. The World Bank. Online: <http://documents.worldbank.org/curated/en/207371500386458722/The-Growing-Role-of-Minerals-and-Metals-for-a-Low-Carbon-Future>

²⁸ Spector, Julian (2018): Battery Markets and Metals Markets Have Officially Collided. Greentech Media. Online: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/battery-markets-and-metals-markets-have-officially-collided>

Innovationen treibt das Risiko einer Kobaltknappheit neue Geschäftsstrategien voran. Das Unternehmen Apple, das auf Kobalt für seine iPhone-Batterien vertraut, hat Gespräche aufgenommen, um das Metall von Bergleuten in einem langfristigen Vertrag zu kaufen. Der Technologieriese will nicht zulassen, dass sein Paradeprodukt unter einer von Elektroautos initiierten Kobaltknappheit leidet.

WASSER IST NICHT ERPRESSBAR

Für die Betreiber von Pumpspeicherkraftwerken wäre eine Batteriekrisis, ob durch Lithium oder Kobalt oder einen anderen Rohstoff ausgelöst, ein willkommenes Argument. Sie können schliesslich bewährte Energiespeicher anbieten, die ohne jeglichen Rohstoffbedarf kurzfristig und ohne jegliches Erpressungspotenzial zur Verfügung stehen. Allerdings wird es zu einem ernsthaften Kobaltschock nicht kommen. Denn Knappheit führt zu Verteuerung des Rohstoffs und fördert gleichzeitig Innovationsgeist. Mehr Abbau ist unvermeidlich, aber vermehrtes Recycling, Substitution und sorgfältiges Design neuer Geräte werden dazu beitragen, die wachsende Nachfrage nach Kobalt zu befriedigen. Aufgrund des Risikos neuer Abhängigkeiten besteht aber ein extremer Druck, an einer Batteriegeneration mit geringeren, konsequenterweise mit keinen, Anteilen kritischer Mineralien zu forschen. Ein Beispiel dafür ist die Protonenbatterie. Statt Kobalt besitzt sie eine Elektrode aus Kohlenstoff, einem der am häufigsten vorkommenden Elemente auf unserem Planeten, und sie wird durch die Spaltung von Wassermolekülen aufgeladen. Das macht sie kostengünstig, umweltfreundlich und wiederaufladbar.²⁹ Hinzu kommt eine Vielzahl von weiteren neuen Speichermöglichkeiten wie beispielsweise Wasserstoffspeicher, schnell ladende Superkondensatoren oder Druckluftspeicherkraftwerke – alles Vertreter von Energiespeichern mit geringsten Umweltauswirkungen.

Geopolitik: Nukleares Comeback

Bereits totgeglaubte Energieformen können einen zweiten oder dritten Frühling erleben. Auch der Nuklearindustrie könnte eine Renaissance bevorstehen, da sie als Machtinstrument einer zentralen Energieversorgung gilt.

Manchmal geht es ganz schnell und ein ganzes Energiesystem wird mächtig durchgerüttelt. Innerhalb weniger Sekunden bewegten sich Erdplatten vor der Küste Japans bis zu 27 Meter horizontal und 7 Meter vertikal. Die dadurch ausgelöste Flutwelle traf aufs Festland und führte zur Reaktorkatastrophe in Fukushima. Dadurch geriet die Atomenergie weltweit unter Druck; die Schweiz entschied sogar, keine neuen AKWs mehr zu bauen. Doch auch andere Energieformen sind nicht vor Unfällen gefeit. Am 8. August 1975 brach der chinesische Shimantan-Staudamm aufgrund grosser Wassermengen eines aussergewöhnlich starken Taifuns. Eine halbe Stunde später, um 1 Uhr nachts, traf die Flutwelle auf den Banqiao-Staudamm. Dieser brach auch und zog den Bruch von insgesamt 62 Staudämmen und eine Opferzahl von mehr als 100'000 Menschen nach sich. Und erst letztes Jahr mussten in Kalifornien fast 200'000 Menschen evakuiert werden: Der grösste Staudamm der USA drohte wegen starken Regens und mangelhafter Wartung zu brechen.³⁰

²⁹ RMIT University (2018): All Power to the Proton: Researchers Make Battery Breakthrough. Online: <https://www.rmit.edu.au/news/all-news/2018/mar/all-power-to-the-proton>

³⁰ Fischer, Lars (2018): Warum Staudämme gefährlich sind. Spektrum der Wissenschaft. Online: <https://scilogs.spektrum.de/fischblog/staudaemme-gefaehrlich/>

Aus Angst vor Machtverlust des Nationalstaats können grosse zentralisierte Kraftwerke den Vorzug vor kleinen dezentralen Anlagen bekommen.

Solche plötzlichen Schocks können dazu führen, dass eine ganze Energieform in Bedrängnis gerät. Von ihrer Krise profitieren dann andere Sektoren der Energiebranche, die in die Bresche springen können. Doch genauso schnell, wie eine Energieform unter Druck gerät, kann auch das Gegenteil passieren: Totgeglaubte Energieformen erleben ein Comeback. So ging es der Holzheizung, die mit Pelletanlagen und gemütlich flackernden Kaminen einen Aufschwung nahm, und so könnte es auch der Nuklearenergie ergehen.

MEILER ALS MACHTAPPARATE

Mit der Digitalisierung der Energiebranche steigt auch der Grad ihrer Dezentralisierung. Und je dezentraler und somit demokratischer ein Energiesystem ist, desto geringer wird die Macht der zentralen Institutionen – und das betrifft nicht nur die zentralen ökonomischen Institutionen, die Energiekonzerne, sondern auch die zentralen politischen Institutionen, den Nationalstaat. Theoretisch könnten sich die Mächtigen von heute damit abfinden, an Einfluss zu verlieren. Praktisch werden aber viele versuchen, ihre Macht zu sichern. Nationalstaat und zentrale Stromversorgung gehen Hand in Hand – selbst wenn die Atomkraftwerke nicht vom Staat selbst betrieben werden, sondern von Untergliederungen wie den Kantonen oder von Privatunternehmen wie in Deutschland. Aus Angst vor Machtverlust können deshalb grosse zentralisierte Kraftwerke den Vorzug vor kleinen dezentralen Anlagen bekommen.

Versorgungssicherheit und geringe Abhängigkeit vom Ausland sind dabei wichtige Argumente der Zentralisierer. Natürlich muss das nicht zwingend durch AKWs passieren. Auch regenerative Anlagen können sich als Machtapparate eignen; das mittlerweile auf Eis gelegte Projekt «Desertec», bei dem zentrale Solaranlagen in Nordafrika Strom für ganz Europa liefern sollten, ist ein Beispiel dafür.

KERNENERGIE ALS KLIMASCHÜTZER?

Neuen Schub könnte die Atomenergie auch von der Tatsache erhalten, dass die Energiewende zu langsam vonstattengeht, um den Klimawandel in ertragbaren Konsequenzen zu halten. Es zeigt sich auch zunehmend, dass das Beharren auf 100 Prozent erneuerbaren Quellen mit grossen Kosten und Problemen verbunden ist. In einer in der Fachzeitschrift «Energy & Environmental Science» veröffentlichten Studie wurde festgestellt, dass Solar- und Windenergie allein etwa 80 Prozent des jüngsten jährlichen Strombedarfs in den USA zuverlässig decken können, aber massive Investitionen in Energiespeicherung und -übertragung erforderlich wären, um grössere Stromausfälle zu vermeiden. Zumindest als Übergangstechnologie für den Weg in eine rein erneuerbare Energiewelt könnte die Nuklearenergie durchaus infrage kommen. Bedingung wäre, dass das Risiko des radioaktiven Abfalls kleiner erachtet wird als dasjenige der klimaschädlichen Gase. Aus heutiger Perspektive mutet der Bau von neuen AKWs jedoch befremd-

lich an. Das trifft auch auf moderne, relativ kleine Kernkraftwerke der vierten Generation zu, die mit Thorium statt mit Uran betrieben oder mit Flüssigsalz statt mit Wasser gekühlt werden. Zu greifbar sind erneuerbare Energien, die nicht ein Nebenprodukt produzieren, das während einer Million Jahre weggesperrt werden muss, weil es zu gefährlich für den Menschen ist.

DER EWIGE FUSIONSTRAUM

Doch die Gefahr der Radioaktivität könnte zukünftig kleiner werden. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war die Kernfusion der grosse Traum von unendlicher und sicherer Energie. Wie im grossen natürlichen Fusionsreaktor, der Sonne, verschmelzen Wasserstoffkerne unter hohem Druck zu einem Heliumkern. Dabei wird eine grosse Menge Energie freigesetzt, die dann zur Stromproduktion eingesetzt werden kann. Die Fusionstechnologie verspricht eine unerschöpfliche Versorgung mit sauberem, sicherem Strom. Und seit vielen Jahren bleibt es bei dem Versprechen: Seit 50 Jahren wird relativ gleichbleibend behauptet, dass die Nuklearfusion in 10 Jahren machbar und in 50 Jahren kommerziell einsetzbar sei, aber das Ziel scheint nicht näherzukommen. Andererseits haben wir es in den letzten Jahren mehrfach erlebt, dass das Unmögliche erst nur noch unwahrscheinlich und dann fast über Nacht technisch machbar wurde.³¹ Wir tragen heute das gesamte Wissen der Welt mit uns herum und kennen das komplette menschliche Genom – warum sollte es nicht möglich sein, das Feuer der Sonne auf der Erde zu entfachen?

³¹ The Guardian (2018): The Guardian View on Nuclear Fusion: A Moment of Truth. Online: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2018/mar/12/the-guardian-view-on-nuclear-fusion-a-moment-of-truth>



Eine Energiezukunft bis 2050

Zukunft entsteht nicht auf geraden Wegen. Ökonomische und ökologische Interessen treten miteinander in Konflikt, technische Neuerungen können den politischen Akteuren die Arbeit erleichtern oder erschweren, und was in bester Absicht neugestaltet wurde, kann komplett nach hinten losgehen. Das Zusammenspiel von alltäglicher Weiterentwicklung und schockartigen Entwicklungssprüngen bietet den öffentlichen Institutionen vielfältige Gestaltungsoptionen, und ebenso viele Fallstricke.

Beispielhaft sind diese Spielräume in der folgenden Geschichte des europäischen Energiesystems bis 2050 dargestellt. In vier Akten und 36 Szenen wird eine Entwicklung von vielen möglichen Entwicklungen beschrieben, bei der aus dem Zusammen- beziehungsweise Gegeneinanderspiel der Kräfte ein sichereres, ökologischeres und günstigeres Energiesystem entsteht.

Erster Akt

SMARTE LETZTE MEILE

(2020–2025)

1. Bis 2020 hat sich in Europa ein EU-Supernetz entwickelt, das als Konsortium von Energieerzeugern hocheffizient das Stromangebot prognostiziert und die Nachfrage steuert. Sowohl für erneuerbare als auch für fossile Energieträger werden Erzeugung, Speicherung und Verteilung effizient gemanagt. Der Solar-/Windanteil an der Gesamtproduktion steigt weiter, bis 2020 auf durchschnittlich 30 Prozent. Auf der Nachfrageseite, insbesondere im Segment Heizung, hat sich jedoch noch keine Verbesserung ergeben.

2. Ein Zürcher Start-up entwickelt eine Technologie für Nahwärmenetze, die auf Wärmespeicherung und -rückgewinnung basiert. So entsteht eine intelligente Energiemanagement-Infrastruktur für die letzte Meile namens LastMileGenius (LMG).

3. Ein anderes Unternehmen bietet die BTM-Technologie (Behind the Meter), die von Teslas Powerwall bekannt ist, für Privathaushalte an. Sie nutzt die LMG-Infrastruktur, um Strom und Wärme dann zu kaufen und zu speichern, wenn sie billig sind, und dann zu nutzen oder zu verkaufen, wenn sie teuer sind. Der Preisverfall bei grösseren Batterien führt dazu, dass sich Nachbarn die Batterien teilen und gespeicherte Energie untereinander handeln. Dies führt zu sinkenden Umsätzen bei den Primärenergieproduzenten. Die Unternehmen LMG und BTM fusionieren – der daraus entstehende Konzern «EnergyEdgeIQ» managt den lokalen Einsatz von Strom und Wärme, mit einem eigenen Handelssystem für den Austausch zwischen benachbarten Gebäuden. Das Unternehmen wächst rasant und verkauft seine Systeme in der gesamten EU, gefördert durch günstige «grüne Kredite» für die Installation dieser Systeme. Die Akzeptanz ist hoch, da die Nachrüstung keine gravierenden Änderungen an Gebäuden erfordert.

4. Eine Cyberattacke auf das europäische Supernetz zu einem kritischen Zeitpunkt führt zu einer Kaskade von Blackouts mit erheblichen Folgeschäden. EU-weit werden Priorisierungsregeln eingeführt, die es ermöglichen, dass kritische Infrastrukturen (wie etwa Dialysegeräte) auch im Krisenfall versorgt werden. EnergyEdgeIQ muss diese Prioritätsregeln in seinen Systemen implementieren.

5. Die neuen Regeln werden im grossen Massstab von Betrügern missbraucht, die gefälschte Dialysegeräte einsetzen, um Strom über das EnergyEdgeIQ-System zu stehlen, zu speichern und weiterzuverkaufen. Die Folge ist eine erneute Regulierung des Systems und die Einführung eines marktwirtschaftlicheren Modells. EnergyEdgeIQ entwickelt automatisierte Strom-Broker.

6. Beim nächsten grösseren Blackout zeigt sich die Schattenseite des Marktsystems: Krankenhäuser in ärmeren Ländern werden von Unternehmen aus reicheren Ländern überboten – die Strassen in Deutschland bleiben hell, und in Bulgarien sterben Patienten. Die öffentliche Entrüstung darüber führt zu neuen Regeln, die marktwirtschaftliche Elemente mit einem Regulierungssystem kombinieren; so soll ein freier grenzüberschreitender Energiehandel möglich bleiben und gleichzeitig das notwendige Mass an Energiesicherheit garantiert werden. Die Bürger beschwerten sich über die Bürokratie, aber sie akzeptieren sie.

7. Ergebnis des Ersten Aktes: Sowohl der Energieverbrauch als auch die Kosten sind gesunken. Das System ist gegen das Versagen der Märkte und der Regulierung gleichermaßen gewappnet, seine Widerstandsfähigkeit gegen Cyberangriffe und plötzliche Blackouts ist gewachsen.

Zweiter Akt

DER AUFSTIEG VON «OPENENERGY»

(2025–2035)

1. Nach dem Ersten Akt ist die Energiewirtschaft ein Spiel zweier Giganten geworden: auf der Angebotsseite das EU-Supernetz, das die Produzenten organisiert, und auf der Nachfrageseite EnergyEdgeIQ, dessen Systeme die Konsumenten nutzen, um ihren Energieverbrauch zu optimieren. Es ist ein kompliziertes, bürokratisches Optimierungsspiel innerhalb des hybriden marktwirtschaftlichen/regulierten Systems.

2. Das EU-Supernetz ist alt, wenig innovativ und mit einer Vielzahl von angebotsseitigen Regulierungen belastet. EnergyEdgeIQ hingegen ist ein junges, aggressives Unternehmen (ähnlich wie heute Amazon). Es treibt die Preise aggressiv nach unten und strebt «Energie ohne Netz» an. Das EdgeIQ-Premium-Programm (wie Amazon

Prime) gibt den Kunden Energiegutschriften im Austausch für mehr Nutzungsdaten aus ihren Smart-Home-Systemen. Durch diese Datenintelligenz verschafft es sich Vorteile gegenüber dem EU-Supernetz; in der Folge gehen einige Anlagen in Konkurs, das Angebot verringert sich.

3. Um Engpässen vorzubeugen, werden einige Umweltgesetze gelockert, es werden Laufzeitverlängerungen für einige Kohle- und Kernkraftwerke ausgehandelt. Nach vielen Jahren des Rückgangs kommt es zu einem Anstieg der Kohlendioxidemissionen. Die Umweltschützer geben hierfür den Energiekonzernen die Schuld, diese wiederum machen EnergyEdgeIQ und dessen Preisdruck dafür verantwortlich. Die Verbraucher nehmen ihnen dieses Argument allerdings nicht ab, da EnergyEdgeIQ lange und sorgfältig ein grünes und sozial verantwortliches Markenimage aufgebaut hat.

4. Verärgerte Ex-Mitarbeiter/Whistleblower brechen in EnergyEdgeIQ-Systeme ein und veröffentlichen E-Mails/Videos von Managern, die belegen, dass das grüne Image nur eine Tarnung ist, um Gewinne zu maximieren und die Produzenten auszupressen. Der folgende Shitstorm (wie bei Facebook) dreht die öffentliche Meinung – sowohl Kunden als auch Umweltschützer fordern nun mehr Transparenz beim EdgeIQ-Premium-Programm sowie bei den künstlichen Intelligenzen, die den Energiehandel organisieren.

5. Gegen EnergyEdgeIQ wird ein Antimonopolverfahren eingeleitet, in dessen Folge dem Unternehmen der Einsatz einiger seiner Technologien untersagt wird. Daraufhin präsentiert der Verwaltungsrat eine ungewöhnliche Idee: EnergyEdgeIQ solle bis 2030 «sich selbst gehören» und dann ein Unternehmen ohne Mitarbeiter sein.

6. EU-weit werden «Energy AI Standards» verabschiedet, die sowohl die Hersteller- als auch die Verbraucherseite dazu verpflichten, ihre AI-Codes extern überprüfen zu lassen und sowohl zu ihren Daten als auch zu ihrem Code einen freien öffentlichen Zugang zu bieten (Open Source).

7. Als Ergebnis geht ein System namens «OpenEnergyNet» online, das einen freien, offenen und öffentlichen Zugang zu den Daten und dem Code des Energiesystems vom Erzeuger bis zur letzten Meile bietet. Private Programme wie das EdgeIQ-Premium-System für Energiegutschriften werden aufgelöst, stattdessen erhalten EU-Bürger und -Unternehmen Vergünstigungen für ihr Daten-sharing in Form eines EU-Energiegutscheins – die Presse nennt es «EnergyEuro». Nach langer und heftiger Debatte treten alle Länder des EU-Supernetzes sowohl auf der Erzeuger- als auch auf der Verbraucherseite dem System bei.

8. Dies führt zu einer grossen Open-Source-Renaissance rund um das Thema Energie. Eine Reihe von Start-ups, viele davon aus dem Zuger Crypto Valley, versuchen sich an allen möglichen Ideen, um die Daten und den Code zu nutzen. Dadurch werden immer mehr interne Unternehmensfunktionen von EnergyEdgeIQ durch Open-Source-Produkte und kleine Start-ups übernommen.

9. Bis 2030 wird EnergyEdgeIQ als DAO (Decentralized Autonomous Organisation) reorganisiert. Der ehemalige Grosskonzern transformiert sich in eine Reihe von Peer-to-Peer-Unternehmen in der EU-Energie-Blockchain, die auf einer internen Ökonomie von Energie-Tokens basiert. Als neuer Name für diese von der EU geförderte Struktur wird «OpenEnergyNet» gewählt, wobei jedes Land/jede Region ein eigenes Energieunternehmen hat, das mit allen anderen handelt.

Länder ausserhalb der EU beginnen ebenfalls mit der Implementierung von «OpenEnergy Net». Allmählich werden die Energiesysteme der Welt zu sich selbst gehörenden Unternehmen.

Dritter Akt

MOBIL UND KABELLOS

(2035–2040)

1. In der Zwischenzeit ist die Revolution der selbstfahrenden Elektroautos langsam vorangekommen. Die Ladeinfrastruktur ist in ganz Europa gewachsen. Neue autonome Dienste werden eingeführt und im Jahr 2030 werden mehr als 20 Prozent aller Fahrten mit selbstfahrenden Elektroautos durchgeführt.

2. Ein Autovermietungskonzern erfindet die «Car Clouds», die im Grunde genommen riesige Parkplätze und Batterien kombinieren. Diese Auto-wolken befinden sich in besonders günstigen Energiemärkten und sind darauf ausgelegt, sich zu den billigsten Zeiten aufzuladen. Ihr Anteil am Gesamtenergieverbrauch steigt schnell.

3. Ein anderes Unternehmen erfindet eine Technologie, um Strom kabellos von Auto zu Auto transportieren zu können. Mit diesem Car-to-Car-System wird es möglich, dass nebeneinander auf einem Parkplatz stehende Autos untereinander Strom handeln können. Dies verringert den Marktanteil der Car-Cloud-Firmen, da es immer mehr eigenständige Einzelfahrzeuge gibt, die zwar bei Bedarf auch die Car-Cloud-Infrastruktur nutzen, ansonsten aber ihre Gewinne aus dem Stromhandel selbst verwalten.

4. Ein weiteres Unternehmen kommt auf die Idee, das Car-to-Car-System mit Gebäuden zu verbinden und beginnt mit der Verlegung von Kurzstrecken-Stromkabeln zwischen «intelligenten Kreuzungen» (Smart Intersections) und

benachbarten Gebäuden. Auf diese Weise können Autos und Gebäude Strom austauschen, während Autos an Ampeln warten oder aus irgendeinem Grund stehen bleiben. Diese intelligenten Kreuzungen haben Zwischenbatterien unter der Strasse vergraben, sodass es einen neuen Boom bei der Nachfrage nach Batterien gibt. Sie fungieren als Zwischenhändler, kaufen überschüssigen Strom von Gebäuden oder Autos und verkaufen ihn an andere Gebäude oder Autos – oder auch an autonom-automatische Strassenlampen. Die Entwicklung ähnelt der beim heutigen Börsen-Hochfrequenzhandel, wo die AIs Tausende von kleinen Transaktionen tätigen, um Profit zu machen.

5. Durch diese Innovationen werden die Verkehrs- und Hausenergiesysteme stark gekoppelt, was aufgrund der Natur des OpenEnergyNet-Systems zu enormen neuen Effizienzsteigerungen führt, die Preise weiter in Richtung kostenlos sinken lässt und die Produzenten erneut stark unter Druck setzt.

6. Aufgrund von Jevons' Paradox (Effizienzsteigerung erhöht die Nachfrage) steigt der Energieverbrauch, obwohl die Margen der Produzenten sinken. Weil Mobilität fast kostenlos geworden ist, fangen die Menschen an, autonome Autos überallhin mitzunehmen.

7. Eine grosse staatliche Rettungsaktion für die angeschlagenen Energieproduzenten ermöglicht diesen, fast alle Kraftwerke für fossile Brennstoffe zu schliessen. Zusätzlich erhalten sie Fördermittel, um die alternde Solar- und Windinfrastruktur zu erneuern und die Speicherkapazität auf der Produzentenseite zu erhöhen, unter anderem durch das Ersetzen veralteter Batterien. Ein grosses Modernisierungsprogramm erfasst die gesamte Branche.

8. Neue staatliche Anreize ermutigen viele Start-ups, an der Verbesserung der Angebotsseite des Energiesystems zu arbeiten, um mit den Disruptionen auf der Nachfrageseite Schritt zu halten. Dadurch verbessern sich die Erlöse und die Stromkosten steigen leicht, aber immer noch deutlich geringer als zuvor. Die Nachfrage bleibt davon unberührt.

Vierter Akt

KOBALTSCHOCK UND GRATISENERGIE

(2040–2050)

1. Ein grosser Krieg in Afrika zerstört grosse Teile der bisherigen Kobaltproduktion. Auch andere wichtige Mineralienlieferketten werden dauerhaft unterbrochen.

2. China, Indien und Lateinamerika bauen ihre eigene OpenEnergyNet-Infrastruktur massiv aus und beginnen, die EU im Wettbewerb um die geschrumpften Kobalt-/Batterievorräte drastisch zu überbieten.

3. Dies führt zu einem Angebotsschock für die EU und ihre Programme zur Energie-Modernisierung. Dieser kommt zum denkbar schlechtesten Zeitpunkt, da Europa sich in einer Periode gänzlich unvorhersehbarer Wetter- und Klimakrisen befindet. Diese reduzieren die Leistung der auf Wettervorhersagen basierenden Energie-KI-Systeme. Aufgrund dieser Mischung aus Prognosefehlern und unzureichender Speicherkapazität kommt es zu unkalkulierbaren Netzausfällen. Im Gegensatz zu den Hacks im Ersten Akt ist dieses Problem viel schwieriger zu handhaben, da es von der Natur verursacht wird.

4. Ebenfalls vom Schock getroffen werden die «Smart Intersection»-Unternehmen. Gerade noch als Lieblinge der Börse mit Wachstumskapital vollgepumpt, sind plötzlich ihre Wachstumspläne

infrage gestellt. Weil sie im klassischen amerikanischen Stil mit hohen Verlusten gewirtschaftet haben, um möglichst hohe Marktanteile in dem neuen Infrastrukturmarkt zu «erobern», wird das gesamte Geschäftsmodell wackelig; es kommt zu einem heftigen Crash der Branche, der auf die Finanzmärkte übergreift.

5. Es folgt eine mehrjährige Depression auf dem EU-Energiemarkt: Die Preise werden unvorhersehbar volatil, es gibt viele Konkurse und eine steigende Rate von Ausfällen und Unfällen. Die Open-Source-Technologie, die die DAOs und KI-Systeme antreibt, verschärft die Lage zusätzlich, da sich technische Fehler häufen, die niemand mehr behebt. Die Leistung der sich selbst gehörenden Unternehmen lässt nach, es gibt eine Reihe prominenter Misserfolge.

6. Infolgedessen gibt es eine heftige Gegenreaktion; einige EU-Regionen greifen auf die altmodische «nicht intelligente» Netzinfrastruktur zurück, manche verbieten sogar intelligente Kreuzungstechnologien und all das hippe Last-Mile-Marktzeugs.

7. Der Kobaltschock übt einen extremen Druck zur Entwicklung besserer Ersatzstoffe aus, insbesondere in den USA. Dort wird eine neue Generation von Batterien entwickelt, die weniger abhängig von kritischen Mineralien ist, da sie auf der Technologie der Wasserstoff-Brennstoffzelle basiert.

8. Gleichzeitig gibt es einen Durchbruch bei den Blockchain- und KI-Technologien. Die Energienachfrage kann nun auch bei unvorhersehbaren Wetter- und Verbrauchsmustern wesentlich flexibler und mit deutlich weniger Speicherbedarf gedeckt werden. Die Effizienz des Systems steigt, die Rohstoffnachfrage sinkt.

9. Die Technologie eines neuen Start-up-Unternehmens ermöglicht «batterielose intelligente Kreuzungen». Die intelligenten Kreuzungen können Energie zwischen Fahrzeugen und Gebäuden ohne Zwischenlagerung handeln, indem sie die Streckenführung der Fahrzeuge optimieren. Die Menschen sind bereit, etwas längere Wege zu gehen, um Energie «aufzunehmen» und «abzugeben».

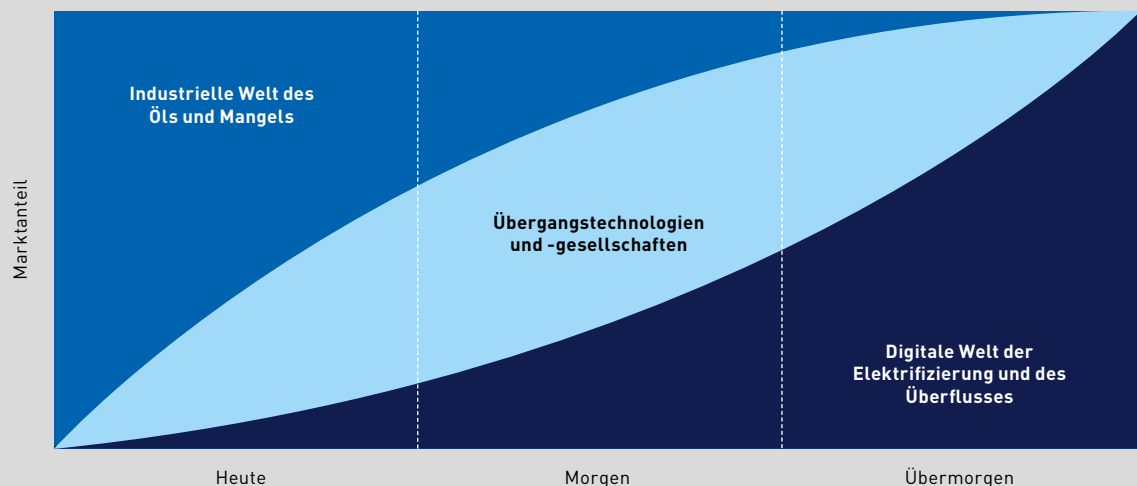
10. Durch die Kombination von neuer Batterietechnik, allgemein reduziertem Speicherbedarf und speziell «batterielosen» Last-Mile-Märkten erholt sich der Energiemarkt vom Kobaltschock-Effekt.

11. Als Ergebnis all dieser Innovationen ist Energie im Durchschnitt fast kostenlos nutzbar und oft in einem solchen Überschuss vorhanden, dass Autos und Gebäude dafür bezahlt werden, sie zu nutzen oder zu lagern.

12. Bis 2050 ist die EU auf dem besten Weg zu einer tiefen Dekarbonisierung, wobei die Schweiz eine Schlüsselrolle spielt. Obwohl noch weit von einem utopischen «New Normal» entfernt, sind alle zwischenzeitlich aufgetauchten Probleme überwunden und die Transformation ist auf Kurs. Europa ist gut positioniert, um auch für den Rest des Jahrhunderts als Innovationsführer im Energiebereich zu agieren.

Die Folge: Lockruf der Fülle

Der Übergang im Energiesystem



Quelle: GDI, 2018

Die Energiezukunft lockt mit einem verheißungsvollen Bild: Eine digitale Welt der Elektrifizierung und des Überflusses löst die industrielle Welt des Öls und des Mangels ab. Ein hochproduktives und effizientes Energiesystem ermöglicht es, dass Energie jederzeit überall zur Verfügung steht, zu 100 Prozent erneuerbar produziert. So sehr diese Vision der Energiezukunft mit den langen Linien der technologischen Entwicklung übereinstimmt, so radikal verstößt sie gegen viele Denkgewohnheiten. Der Energiesektor war und ist das Paradebeispiel für die ökologischen Grenzen des Wachstums, das Energiesparen gilt als Kerntugend des aufgeklärten,

engagierten Menschen. Es wird lange dauern, diese Denk- und Verhaltensmuster aufzuweichen und abzuändern – aber in einer Energieüberflussgesellschaft werden sie schlicht nicht mehr gebraucht.

Was stattdessen in einer solchen Gesellschaft von übermorgen gebraucht wird, kann heute noch nicht beantwortet werden. Wie verändern sich die kulturellen und gesellschaftlichen Werte in einer Energieüberflussgesellschaft? Werden die Menschen Hunger, Durst und Wüsten verschwinden lassen, weil mittels Entsalzungsanlagen beliebig viel Meerwasser nutzbar gemacht werden kann?

Wird in einem Leben im Energieüberfluss immer mehr und mehr Energie verbraucht – weil man es kann? Werden neue Knappheiten und Ungleichheiten geschaffen, um althergebrachte gesellschaftliche Strukturen weiter aufrechterhalten zu können? Oder sorgt der Überfluss dafür, dass es nur mehr um die Qualität des Lebens geht, nicht mehr um die Quantität von Gütern?

Die Antworten auf diese Fragen lassen sich nicht aus einer Glaskugel ablesen. Sie werden in jener Übergangsgesellschaft gegeben (und wohl auch erstritten), die zwischen dem Mangel von heute und dem Überfluss von übermorgen liegt. Denn genauso wie das Energiesystem sich durch Übergangstechnologien auszeichnet, wird sich auch eine Übergangsgesellschaft etablieren. Sie wird den Wandel miterleben und mittragen – und letztlich ermöglichen. Denn das Ausruhen in der Hängematte ist keine Option, der technologische Fortschritt allein bringt das Energiesystem nicht in die Zukunft. Die menschlichen Systeme Politik, Wirtschaft und Gesellschaft spielen dabei eine genauso wichtige Rolle.

Eine zentrale Rolle in diesem Übergang werden staatliche Institutionen spielen. Das hat erstens eine ganz materielle Ursache: In einer elektrifizierten Welt nimmt die Wichtigkeit der Staaten zu, weil die Stromnetze fast überall in der Welt faktisch in staatlicher Hand sind. Das hat zweitens eine ökonomische Ursache: Wer investiert in ein Energiesystem, mit dem sich letztlich kein Profit machen lässt? Jemand, dem der volkswirtschaftliche Nutzen wichtiger ist als der betriebswirtschaftliche Gewinn – also der Staat. Und das hat drittens eine politische Ursache: Denn die Weiterentwicklung hin zur Überflusgesellschaft wird vor allem über Krisen- oder Umbruchsituationen geschehen; und in solchen Situationen wird auch in den liberalsten Gesellschaften fast automatisch

nach dem Staat als Helfer gerufen. Jeder Shift der Branche, ob vom Menschen oder der Natur verursacht, ob technische Disruption, soziale Revolution oder ökologische Katastrophe, eröffnet einen Gestaltungsraum für zentrale Akteure – und eine Chance, das Energiesystem insgesamt resilienter und nachhaltiger zu machen.

Allerdings sehen auch diese Gestaltungsräume anders aus, als bislang gewohnt. Die effizientesten Instrumente, die staatlichen Institutionen in der Energievergangenheit zur Verfügung standen, waren Kontrollen der grossen Player. Big Business und Big Government standen sich dementsprechend als «Frenemies» gegenüber. Das wird in der Übergangsgesellschaft radikal anders aussehen: Hunderttausende neue Produzenten strömen auf den Markt, Preise und Mengen schwanken im Achterbahntakt, Normen können sich gar nicht so schnell ändern, wie Technologien sich entwickeln; und auch die Manipulationsmöglichkeiten nehmen an Vielfalt und Raffinesse zu. Regulierung wird dementsprechend schneller und flexibler werden müssen – ohne dabei das Grundbedürfnis nach Energiesicherheit zu vernachlässigen.

Wenn die effizientesten Gestaltungsinstrumente der Energiezukunft Aktionen und Reaktionen im Ernstfall sein werden: Wie bewegt man sich in diesem Gestaltungsraum? Wir sehen hier prinzipiell zwei Ansätze:

Wenn im Prinzip klar und vermittelbar ist, in welche Richtung der Lösungsweg gehen muss: die Monnet-Methode

Selbst klare Lösungen können oft nicht durchgesetzt werden, wenn der ökonomische Anreiz und/oder der politische Wille dafür fehlen. Hier kann entsprechend der Methode der europäischen Integration³² die dynamisierende Kraft der Krise helfen: Erst wenn alle Beteiligten in den Abgrund geschaut haben, der ihnen droht, wenn sie alles beim Alten lassen, sind sie bereit, sich auf etwas Neues einzulassen. Entscheidend für den Erfolg dieser Methode ist nicht so sehr, ob man die Krisensituation bewusst herbeiführt oder sie schlicht geschehen lässt – entscheidend ist, eine klare Vorstellung des Neuen zu haben, das durch die Krise erreicht werden soll.

Wenn unklar oder umstritten ist, welcher Weg aus der aktuellen Krise herausführen kann: die Bakterienmethode³³

Anders als Menschen entwickeln Bakterien in Stresssituationen eine geradezu überbordende Kreativität. «Bakterien unter Stress erweitern ihren Horizont, um den Stress zu bewältigen», sagt die Mikrobiologin Regine Hengge von der Humboldt-Universität zu Berlin, die seit Jahrzehnten Stressforschung bei E. coli-Bakterien betreibt. Ein spezielles Protein aktiviert in Krisensituationen grosse, im Normalfall stillgelegte Abschnitte der DNA, wodurch diese dann dutzendfach mehr unterschiedliche Proteine synthetisiert. Da das Bakterium gar nicht weiss, ja, nicht wissen kann, welches spezielle Problem es gerade hat, kann es auch keine speziell dafür passende Lösung suchen. Stattdessen produziert es eine Vielfalt von möglichen Lösungen – und die Hoffnung, dass irgendetwas davon helfen könnte, die Gefahr zu beseitigen beziehungsweise sich an die neue Situation anzupassen. «Es macht sich bereit für das Unerwartete», beschreibt Mikrobiologin Hengge das Vorgehen des Bakteriums.

Komplexe Systeme, wie Unternehmen oder Gesellschaften, können die Bakterienmethode mit besonders guten Erfolgsaussichten dann anwenden, wenn in einer Krisensituation keine einfache Lösung beziehungsweise gar keine Lösung verfügbar ist. Denn jedes System hat eine Vielzahl von bislang nicht oder nur unzureichend genutzten Potenzialen und Kapazitäten. Mit einer Experimentaloffensive könnte man sie aktivieren, damit das gesamte System aus einer Verkrampfung herausführen und vielleicht sogar aus kleinen Ideen eine grosse Lösung produzieren, auf die vorher niemand gekommen wäre. Das wiederum würde allerdings zumindest punktuell eine weit stärkere Flexibilität der Regulierungsinstitutionen als derzeit erfordern.

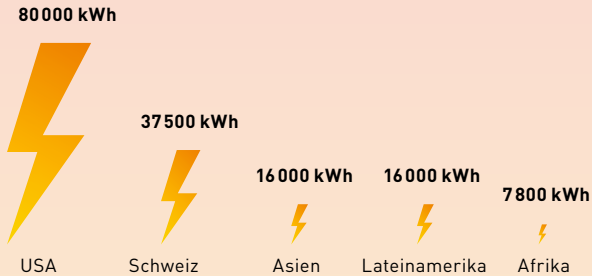
Die Schweiz allein kann die Energiezukunft nicht gestalten. Zu global verflochten sind die Entwicklungen, die das zukünftige Energiesystem betreffen. Aber die Schweiz kann ein Vorreiter dieser Gestaltung sein. Die Schweiz ist besonders regenerativ und besonders innovativ. Sie verfügt über international führende Unternehmen im Energiesektor und über eine sowohl in der Breite als auch in der Spitze gut aufgestellte Forschungslandschaft. Sie ist in die europäischen Energienetze integriert, aber nicht an die oft beschwerlichen Regularien der EU gebunden. Sie hat eine hervorragende Ausgangslage, um sich auf den Weg in die Energieüberflussgesellschaft zu machen.

³² Vgl. Kapitel «Übergang in die Energieüberflussgesellschaft».

³³ Vgl. die Beschreibung der «E. coli-Methode» in: Friebe, Holm & Gürtler, Detlef (2018): Clusterfuck. Hanser-Verlag, S. 246ff.

Anhang

Zum Zustand der Energiewelt



INDIVIDUELLER ENERGIEVERBRAUCH³⁴

Laut Prognosen der internationalen Energieagentur gleicht sich der Energieverbrauch pro Kopf zukünftig an - während die Werte in Europa und in Nordamerika abnehmen, nehmen sie in den restlichen Erdteilen zu.³⁵



PREISZERFALL

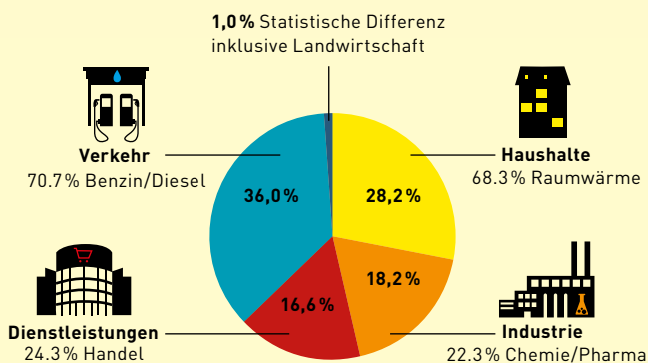
Im Jahr 2016 wies das Weltwirtschaftsforum darauf hin, dass nicht subventionierte erneuerbare Energie in über 30 Ländern billiger ist als die aus fossilen Brennstoffen - und bis 2025 wird dies in den meisten Ländern der Welt der Fall sein.³⁶



30%

BRAUCHT ES IMMER WENIGER ENERGIE?

Geräte werden immer effizienter. Vom gesamten heutigen Stromverbrauch können bis 2035 rund 30% durch effizientere Nutzung und sparsamere Geräte eingespart werden. Im Gebäudebereich ist das Einsparpotential besonders gross: Der Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in bestehenden Gebäuden kann durch energetische Sanierungen um mindestens 50% reduziert werden.³⁷

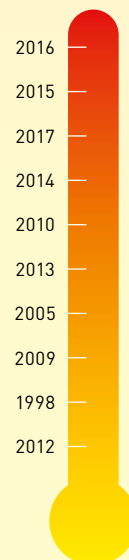


FÜR WAS VERBRAUCHT DIE SCHWEIZ ENERGIE?³⁹

Die grösste Zunahme verzeichnet der Verkehrssektor: + 1185 % seit 1950.

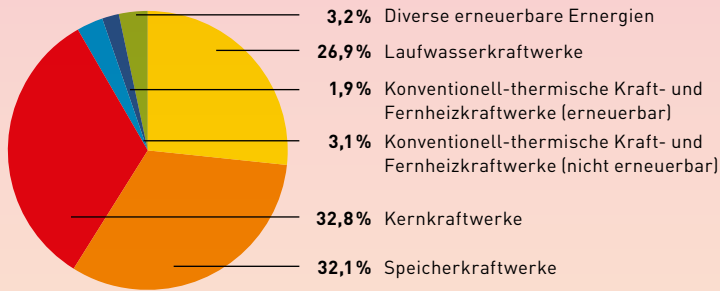
+ 1.06 MILLIARDEN MENSCHEN

Über eine Milliarde Menschen hat keinen Zugang zu Elektrizität. Die Vereinten Nationen haben sich in ihren «Sustainable Development Goals» dazu verpflichtet, bis 2030 allen Menschen einen sicheren Zugang zu Energie zu verschaffen und den Anteil erneuerbarer Energie zu erhöhen.³⁸



DIE WELTWEIT WÄRMSTEN JAHRE DER GESCHICHTE (VON 1880 - 2017)⁴⁰

Die globale Durchschnittstemperatur steigt. Die letzten Jahre gehören zu den wärmsten Jahren überhaupt.



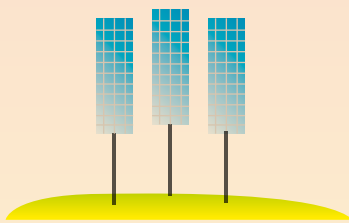
STROMQUELLEN³⁹

Stromproduktion der Schweiz im Jahre 2016 nach Kraftwerkkategorien.



FLUGVERKEHR

Der Flugverkehr durch SchweizerInnen wird im Jahre 2020 für über 22% des Klimaeffektes der Schweiz verantwortlich sein, was einer Zunahme von 4% gegenüber 2016 darstellt.⁴¹ Global betrachtet sieht es sogar noch extremer aus. Prognosen der Europäischen Union gehen davon aus, dass der internationale Flugverkehr bis ins Jahr 2050 ums Siebenfache zunehmen wird.⁴²



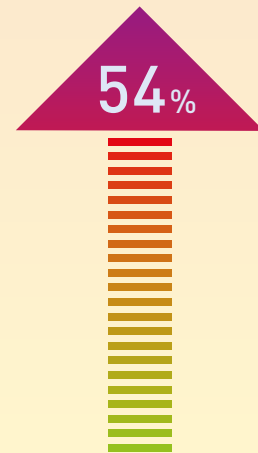
ÜBERGANG ZUM ENERGIEÜBERFLUSS

Wann würde rein rechnerisch bei gleichbleibender Wachstumsrate (2016 = 50,7%)³⁵ der Solarenergie der gesamte (heutige) Energiebedarf der Menschheit durch die Sonne gedeckt? 2030. Und wann, wenn der globale Energiebedarf jährlich weiterhin um 10% wächst? 2034.



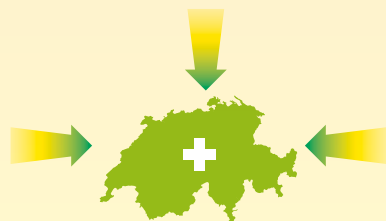
STARKE SONNE

Die Sonne liefert 5000-mal mehr Energie auf die Erde, als in der gleichen Zeit weltweit verbraucht wird. Dies bedeutet: In zwei Stunden strahlt die Sonne mehr Energie auf die Erdoberfläche, als die gesamte Erdbevölkerung in einem Jahr verbraucht.⁴³



SORGENBAROMETER

Laut einer Umfrage des Pew Research Centers aus dem Jahre 2015 in 40 verschiedenen Ländern sind im globalen Mittel 54% davon überzeugt, dass der Klimawandel ein sehr ernsthaftes Problem darstellt. Doch die Sorge ist nicht gleich verteilt: Länder mit den höchsten Pro-Kopf-Emissionen sind am wenigsten besorgt über den Klimawandel und seine potenziellen Auswirkungen.⁴⁵



INTERNATIONALE ENERGIE

Während in der Tendenz Länder mit hohem Einkommen Energie importieren, sind Länder mit geringem Einkommen Energieexportländer⁴⁴ – die Schweiz beispielsweise importiert rund drei Viertel ihrer Energie.³⁹

³⁴ EnergieSchweiz (2015): Faktenblatt Nr. 4: Energieverbrauch in der Schweiz und weltweit. Bundesamt für Energie BFE.

³⁵ Internationale Energieagentur (2017): World Energy Outlook 2017. Online: <https://www.iea.org/weo2017/>

³⁶ World Economic Forum (2016): Renewable Infrastructure Investment Handbook: A Guide for Institutional Investors. Online: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Renewable_Infrastructure_Investment_Handbook.pdf

³⁷ Schweizerische Energiestiftung (2018): Das Einsparpotential ist immens. Online: <https://www.energiestiftung.ch/energieeffizienz-einsparpotenziale.html>

³⁸ Vereinte Nationen (2017): Sustainable Development Goal 7. Online: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg7>

³⁹ Bundesamt für Energie BFE (2017): Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2016.

⁴⁰ National Centers for Environmental Information NOAA (2018): State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2017. Online: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>

⁴¹ WWF Schweiz (2017): Flugverkehr. Online: <https://www.wwf.ch/de/unsereziele/flugverkehr>

⁴² European Union (2010): Aeronautics and Air Transport. Beyond Vision 2020 (Towards 2050). European Commission.

⁴³ Swissolar (2014): Solarstrom, unerschöpfliche Energie. Online: http://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Shop/10401d_Solarstrom_Broschue-re.pdf

⁴⁴ Ritchie, Hannah & Roser, Max (2018): Energy Production and Changing Energy Sources. Online: <https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources>

⁴⁵ Wike, Richard (2016): What the World Thinks about Climate Change in Seven Charts. Pew Research center. Online: <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2016/04/18/what-the-world-thinks-about-climate-change-in-7-charts/>

Expertinnen und Experten

Folgende ExpertInnen haben an der Studie mitgewirkt. Wir hielten uns die Freiheit vor, die guten Ideen und produktiven Kommentare weiterzudenken und in dieser Studie zu vertiefen. Deshalb widerspiegelt das Geschriebene in dieser Studie nicht zwingendermassen die Meinung der aufgelisteten Personen. Herzlichen Dank für die wertvolle Mitarbeit!

Bébié Bruno, Energiebeauftragter, Stadt Zürich*

Bosshart David, CEO, GDI*

Breit Stefan, Researcher, GDI*

Büchel Daniel, Vizedirektor, Bundesamt für Energie*

D’Elia Alessandro, Director Strategic Development, Senior Executive Advisor, GDI*

Dugstad Jon, Direktor Wind & Solar, Norwegian Energy Partners*

Dümmler Patrick, Leiter Energie, Avenir Suisse*

Frick Karin, Head Think Tank, GDI*

Galus Matthias, Leiter Digitalisierung, Bundesamt für Energie**

Graichen Patrick, Geschäftsführer, Agora Energiewende Berlin*

Gürtler Detlef, Senior Researcher, GDI*

Gysler Matthias, Chefökonom und Leiter Marktregulierung, Bundesamt für Energie*

Haag Sarah, Trainee Research, GDI*

Haug Werner, Konsulent für Bevölkerung und Entwicklung, Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA**

Hofer Daniel, CEO, Migrol und Präsident, Erdöl-Vereinigung*

Kutschera Patrick, Leiter EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie*

Luebke Chris, Direktor, ARUP Foresight**

Michel Bruno, Manager Advanced Micro Integration, IBM Forschung*

Munuera Luis, Spezialist Energietechnik und -politik, Internationale Energieagentur**

Qiuping Li, Direktor für Asien, R20 Regions of Climate Action*

Rao Venkatesh, Berater und Buchautor, Ribbonfarm Consulting*

Revaz Benoît, Direktor, Bundesamt für Energie*

Schmid Thomas, Geschäftsführer, Fontavis AG*

Schmitz Rolf, Leiter Energieforschung, Bundesamt für Energie*

Smil Vaclav, Professor für Umweltwissenschaften und Buchautor, Universität Manitoba**

Staudenmann Jürg, Berater, Alliance Sud*

Trüb Jürg, Leiter Wetter, Agro & MAG, Swiss Re*

Zünd Marianne, Leiterin der Abteilung Medien und Politik, Bundesamt für Energie*

*WorkshopteilnehmerInnen

**InterviewpartnerInnen

© GDI 2018

Herausgeber:
GDI Gottlieb Duttweiler Institute
Langhaldenstrasse 21
CH-8803 Rüschlikon / Zürich
Telefon +41 44 724 61 11
info@gdi.ch
www.gdi.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

