

Anton Gunzinger

Kraftwerk Schweiz

So gelingt
die Energiewende

Zytglogge

Anton Gunzinger

Kraftwerk Schweiz

Für die nachfolgenden Generationen

Anton Gunzinger

Kraftwerk Schweiz

So gelingt die Energiewende

Zytglogge

Der Zytglogge Verlag wird vom Bundesamt für Kultur mit einem Strukturbeitrag für die Jahre 2016–2020 unterstützt.

3., neu bearbeitete und ergänzte Auflage 2017

Alle Rechte vorbehalten

Copyright: Zytglogge Verlag 2015

Ghostwriter: René Staubli

Lektorat: Barbara Lukesch

Intermezzi: Seraina Morell Gunzinger (Texte) und Gianni Vasari (Bilder)

Fotografie der Kunst: Heinz Windler

Infografiken: Klaudia Meisterhans

Diagramme: Supercomputing Systems AG, Zürich

Umschlagsfoto: Thomas Gierl

ISBN 978-3-7296-0975-4

eISBN (ePUB) 978-3-7296-2214-2

eISBN (mobi) 978-3-7296-2215-9

E-Book: Schwabe AG, www.schwabe.ch

www.zytglogge.ch

Inhalt

Zu diesem Buch

1. Im Paradies
2. Weshalb es so nicht weitergehen kann
3. Ein Leben fürs «Elektrische»
4. Ziele einer Energiestrategie
5. Werkzeugkoffer für gutes Systemdesign
6. Werte bestimmen den Umgang mit Ressourcen
7. Staats-, Privat- oder Allmendenwirtschaft?
8. Von der Taschenlampe zur Energieversorgung
9. Wie Strom erzeugt wird
10. Spielregeln für das «Kraftwerk Schweiz»
11. Risiken und verdeckte Kosten der Kernenergie
12. Szenario «Weiter wie bisher – mit Kernenergie»
13. Chancen und Grenzen der Solarenergie
14. Szenario «Nur Solar»
15. Strom aus 100 Prozent erneuerbarer Energie
16. Szenario «Solar und Wind»
17. Szenario «Solar, Wind und Biomasse»
18. Intelligent: dezentrale Batterien und Lastverschiebung
19. Stromautarkie – oder Abhängigkeit vom Ausland?
20. Die Schweiz und der europäische Strommarkt
21. Unser Stromnetz ist für die Energiewende gut gerüstet

22. Ein SmartMeter für jeden Haushalt
23. Unternehmertum statt Planwirtschaft
24. 90 Prozent sparen beim Heizen
25. Unser Treibstoffverbrauch – ein energetischer Unsinn
26. Warum 1 Liter Benzin mehr als 10 Franken kosten sollte
27. Land unter Strom
28. Vergleich mit EU und USA: Musterland Schweiz
29. Wenn ich Politiker wäre...
30. Rosen statt Dornen
31. Brief einer Studentin an ihren Urgrossvater

Anhang

Über das Buch

Über den Autor

Team

Zu diesem Buch

Seit «Kraftwerk Schweiz» in der ersten Auflage erschienen ist, sind fast drei Jahre vergangen. Ich wollte mit dem Buch einen Beitrag leisten zu einer echten Energiewende unter Verzicht auf Atomstrom. Weil erbittert gestritten wurde, ob die Schweiz ihren Strombedarf mittel- und langfristig ausschliesslich mit erneuerbaren Energien (Wasser, Sonne, Photovoltaik, Biomasse) decken könnte, entwickelte ich zusammen mit Mitarbeitenden meiner Firma Supercomputing Systems AG (SCS) ein digitales Modell, das die Abbildung unterschiedlicher Versorgungsszenarien inklusive Kostenfolge ermöglicht. Zu meiner Überraschung zeigte sich, dass die Schweiz unter bestimmten Voraussetzungen tatsächlich zu 100 Prozent mit erneuerbarem Strom auskommen könnte.

Ermutigt durch dieses Ergebnis simulierten wir im folgenden Schritt das gesamte Schweizer Energiesystem unter Einbezug der mächtigen fossilen Energiefresser Wärme (Heizung) und Mobilität (Verkehr). Zu meinem abermaligen Erstaunen stellte sich heraus, dass wir in allen drei Bereichen mit der heute benötigten Strommenge auskommen könnten - unter der Voraussetzung, dass wir unsere Hausaufgaben machen: 1. Gute Gebäudeisolation, 2. Einsatz von Wärmepumpen, 3. Elektromobilität, 4. Verzicht auf unnötige Fahrten und 5. Strom sparen, wo es auf einfache Weise möglich ist. Was sich ebenfalls zeigte: Mit der Umstellung auf erneuerbare Energien lassen sich Hunderte von Milliarden Franken einsparen.

Nachdem mehr als 6000 Exemplare verkauft worden sind, erscheint «Kraftwerk Schweiz» nun in der dritten Auflage.

Das Buch gilt im Energiesektor inzwischen als Standardwerk. Während mich Befürworter der Kernenergie vor der Abstimmung über die Energiestrategie 2050 des Bundes als «Volksverführer» bezeichneten und im Wallis Nein-Plakate mit meinem Konterfei aufgehängt wurden, liessen sich viele Politikerinnen und Politiker, Branchenvertreter und breite Bevölkerungskreise auf die Diskussion meines Energiemodells ein. Ich erhielt 2016 und 2017 so viele Einladungen zu Vorträgen wie nie zuvor. Bei einer Veranstaltung mit Bundesrätin Doris Leuthard im Casino Winterthur rund drei Wochen vor der Abstimmung war der Andrang so gross, dass 250 Personen keinen Platz mehr fanden. Viele Menschen schrieben mir, sie hätten dank des Buches die Zusammenhänge begriffen und ihr persönliches Verhalten geändert, ein Elektroauto oder -velo gekauft oder das Haus isoliert und die alte Ölheizung durch eine Wärmepumpe ersetzt. Am 21. Mai 2017 hat das Schweizer Volk die Energiestrategie 2050 mit 58,2 Prozent deutlich angenommen. Dies trotz einer massiven Kampagne der Gegner.

Ich staune manchmal selber, wie schnell die Entwicklung im Energiebereich vorangeht. Als ich das Buch schrieb, kostete die Batterie des Elektro-Sportwagens Tesla Roadster 1000 Franken pro Kilowattstunde (kWh). Die eingebauten 56 kWh schlugen also mit stolzen 56 000 Franken zu Buche, der Hälfte des Fahrzeugpreises. Ich prognostizierte für das Jahr 2022 einen Batteriepreis von 300 Franken/kWh, worauf mir meine Mitarbeitenden sagten, ich sei ein unverbesserlicher Optimist, ein so niedriger Preis sei technologisch gar nicht möglich. Seit Anfang 2017 ist Renaults Elektrofahrzeug ZOE mit einem Batteriepreis von 200 Franken/kWh zu haben. Ein chinesischer Besucher

meiner Firma sagte mir kürzlich, dass in seiner Heimat jetzt schon Batterien für 100 Franken/kWh erhältlich seien.

Die Realität übertrifft also meine kühnsten Erwartungen. China hat 2016 rund 850 000 Elektrofahrzeuge in Verkehr gesetzt, was einem Prozent der weltweiten Produktion entspricht. Mittlerweile sind dort 200 Millionen Elektroscooter unterwegs, eine unfassbare Zahl. Norwegen setzt voll auf erneuerbare Energie, obwohl es im Gegensatz zur Schweiz über eigenes Öl verfügt. Bereits sind dort 30 Prozent der Neuwagen Elektrofahrzeuge; in der Schweiz ist es nur gerade 1 Prozent. Das Ziel von Norwegen ist es, ab 2025 nur noch Elektrofahrzeuge zuzulassen. Meiner Meinung nach steht die Automobilindustrie am Anfang einer ähnlichen Entwicklung, wie sie die Telecomindustrie vor zehn Jahren beim Smartphone erlebt hat.

Es gibt aber auch besorgniserregende Entwicklungen: Die Klimaerwärmung schreitet beschleunigt voran, in der Schweiz erhöht sich die Temperatur doppelt so schnell wie im Weltdurchschnitt, unsere Gletscher schmelzen drastisch, und es kommt zu verheerenden Murgängen wie jenem im bündnerischen Bondo im August 2017. Der neue US-Präsident Donald Trump setzt erneut auf dreckige Kohle und lässt eine Pipeline bauen, die Öl aus den Teersandvorkommen in der kanadischen Provinz Alberta zu Raffinerien in Texas befördern soll. Öl aus Sand hat einen katastrophalen CO₂-Rucksack und trägt massiv zur Erderwärmung bei. Klimaforscher sagen, dass 1 Grad Celsius Erwärmung weltweit zu 20 Prozent mehr Regen führt – Houston in eben jenem Texas hat das im August 2017 bei der Sturmflut auf katastrophale Weise erlebt.

In der dritten Auflage von «Kraftwerk Schweiz» habe ich in den Kapiteln 25 und 26 über die Mobilität einige

Ergänzungen vorgenommen. Neu ist in der Berechnung der CO₂-Emissionen jetzt auch die «graue» Energie in Fahrzeug und Batterie enthalten - also jene Energie, die zur Produktion und Entsorgung aufgewendet werden muss. Ebenso habe ich das Kapitel 29 über den politischen Handlungsbedarf angepasst, weil sich die Situation seit der Abstimmung anders präsentiert. Das Ja zur Energiestrategie 2050 ist aus meiner Sicht ein Schritt in die richtige Richtung, aber eben nur ein erster Schritt auf dem Weg zu einer Schweiz, die - gemessen an ihrer Grösse - zur Erhaltung ihres Wohlstands nicht mehr die Ressourcen von drei bis vier Erden verbraucht, sondern ihren Fussabdruck deutlich reduziert. Den Rest des Buches habe ich beibehalten, weil sich auf technischer Ebene nichts Grundsätzliches verändert hat. Einzig die Preise einiger Technologien (z.B. Photovoltaik) sinken noch schneller als damals angenommen - ein weiteres Argument für den Einsatz erneuerbarer Energien. Dass dieses Buch zu einem solchen Erfolg werden konnte, verdanke ich auch unzähligen engagierten Helfern und Mitdenkenden. So konnte ich beispielsweise auf Arbeiten und Resultate von Vorprojekten zurückgreifen, die die SCS mit dem Bundesamt für Energie (BFE), der BKW Energie AG und dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) durchgeführt hat. Für die Beisteuerung solch unverzichtbarer Informationen danke ich den Verantwortlichen dieser Organisationen herzlich. Ebenso danke ich Roland Troxler (Energie 360°) für das Modell zur Berechnung der Heizenergie in Häusern. Ein grosser Dank gebührt auch allen Studenten und Mitarbeitenden der SCS, die mit Ausdauer und Präzision relevante Daten in den richtigen Kontext gestellt haben. Ohne ihre ausgezeichnete

Arbeit wäre die Realisierung des Simulationsprogrammes und dieses Buches nicht möglich geworden.

Hugo Ramseyer, ehemals Inhaber des Zytglogge Verlages, gebührt ein ganz besonderer Dank dafür, dass er mich dazu bewogen und inspiriert hat, dieses Buch zu schreiben. Inzwischen ist der Basler Schwabe Verlag massgeblich an Zytglogge beteiligt. Thomas Gierl, Mitglied der Geschäftsleitung der Schwabe AG und Zytglogge-Verlagsleiter, danke ich ebenfalls herzlich für seine Offenheit und Unterstützung dieses Buchprojektes.

Ich bin als Ingenieur übermässig zahlenorientiert, was die Kommunikation zuweilen etwas kompliziert macht. Der erfahrene Journalist René Staubli hat das Unmögliche möglich gemacht: Er hat aus allem, was ich ihm erzählt und erklärt habe, das Wesentliche herausdestilliert und es in eine klare, griffige, gut verständliche Sprache gefasst. Formeln und Zahlen erlaubte er mir nur dort, wo sie fürs Verständnis unverzichtbar waren. René Staubli ermöglichte mit seiner engagierten Arbeit den Transfer vom Wissen zum Buch. Für seine Geduld, Genauigkeit und Ausdauer danke ich ihm ganz herzlich. Mein Dank gilt auch der Infografikerin Klaudia Meisterhans, die alle technischen Zeichnungen in eine übersichtliche, verständliche Form gebracht hat, sowie der Journalistin Barbara Lukesch für ihr sorgfältiges Lektorat. Ebenfalls danke ich meiner Frau Seraina und meinem Freund Gianni Vasari für die Intermezzi zwischen den Kapiteln, die wie kleine Ruheinseln im komplexen Meer der Energiematerie zum Innehalten und Verlüften des Kopfes einladen.

Wenn dieses Buch einen Beitrag zum besseren Verständnis unseres Energiesystems leisten kann und Sie, liebe Leserin, lieber Leser, dazu animiert, persönlich zum Gelingen der

Energiewende beizutragen, dann hat sich unsere Arbeit mehr als gelohnt.

Ich möchte an dieser Stelle auch den vielen Menschen danken, die mir ein schriftliches Feedback auf das Buch gegeben haben. Und ich möchte mich bei denjenigen entschuldigen, die immer noch keine Antwort von mir erhalten haben; ich bin einfach überwältigt von der schieren Menge der Zuschriften.

Und nun wünsche ich viel Spass und Erkenntnisgewinn beim Lesen.

Zürich, im September 2017, Anton Gunzinger

Viele Menschen haben mir in den letzten Monaten und Jahren mit ihren differenzierten und kritischen Kommentaren wertvolle Anregungen für dieses Buch gegeben. Ihnen allen gebührt mein grosser Dank:

Adrian Altenburger, Vizepräsident, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA); Prof. Dr. Göran Andersson, Institut für Energieübertragung, ETH Zürich; Dr. Felix Andrist, Leiter Sektion Statistik und Perspektiven, BFE; Stephan Attiger, Regierungsrat, Vorsteher Departement Bau, Verkehr und Umwelt, EnDK; Franziska Barmettler, Co-Geschäftsführerin, Leiterin Politik swisscleantech; Dr. Rainer Bacher, Managing Director, Bacher Energie AG; Nick Beglinger, Präsident swisscleantech; Dr. Mohamed Benahmed, Leiter Sektion Netze, BFE; Peter C. Beyeler, ehem. Regierungsrat Kanton Aargau; Urban Biffiger, Leiter Sektion Energiewirtschaft, Kanton Aargau; Jon Bisaz, Leiter Energie, Telecom und Elektroanlagen, SBB Infrastruktur; Prof. Dr. Gianluca Bona, CEO, Empa; Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos, Institut für Energie, ETH Zürich; Christian Brunner, Kommissionsmitglied, Elcom; Lukas Bühlmann, Direktor, Vlp-aspan; Jürg Buri, Geschäftsleiter Energiepolitik, Energiestiftung; Dr. Maurus Büsser, Generalsekretär, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau; Andri J. Casura, Leiter Qualitätsmanagement, ewz Verteilnetze; Dr. Philipp Dietrich, Leiter Technologiemanagement, Axpo Holding AG; Prof. Dr. Ralph Eichler, ehem. Präsident, ETH Zürich; Michael Frank, Direktor, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE); Dr. Daniele Ganser, Leiter, SIPER; Dr. Pascal Gentinetta, ehem. Geschäftsführer economiesuisse; Pierre-Alain Graf, CEO, swissgrid AG; Elmar Grosse Ruse, WWF Schweiz; Dr. Andreas Grossen, Leiter Politik, GL-Mitglied des Verbands der schweizerischen Gasindustrie (VSG); Jürg Grossen, Nationalrat; Peter Grütter, Präsident, asut; Bernard Gutknecht, Projektleitung ideja, Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (A EE); Prof. Dr. Lino Guzzella, Rektor und zukünftiger Präsident ETH Zürich; Hans Hess, Präsident, swissmem; Dr. Stefan Hirsberg, Energie System Analyse, PSI; Patrick Hofstetter, Leiter Klima und Energie, WWF Schweiz; Pius Hüsser, CEO Nova Energie GmbH, Aarau, Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (A EE); Dr. Hansheiri Inderkum, Ständerat, Mitglied Beirat Energienetze; Dr. Tony Kaiser, Geschäftsführer, Trialog; Dr. Almut Kirchner, Leiterin Energie- & Klimaschutzpolitik, Prognos; Georg Klingler Heiligtal, Leiter Kampagnen für erneuerbare Energien, Greenpeace Schweiz; Prof. Dr. Reto Knutti, Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zürich; Dr. Jean-Philippe Kohl, Vizedirektor, Bereichsleiter Wirtschaftspolitik, swissmem; Dr. Oliver Krone, Leiter Marketing, BKW Energie AG; Dr. Lukas Küng, Senior KAM, BG Ingenieure und Berater AG; Daniel Laager, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE); Dr. Kurt Lanz, Leiter Infrastruktur, Energie & Umwelt, economiesuisse; Peter Lehmann, Vorsitzender der Geschäftsleitung, IB Wohlen AG; Dr. Hajo Leutenegger, ehem. Präsident Erdgas-Wirtschaft, Verband der schweizerischen Gasindustrie (VSG); Dr. Werner Leuthard, Leiter Abteilung

Energie, Kanton Aargau; Benedikt Löpfe, Leiter Verteilnetze ewz Verteilnetze; Hansruedi Lutenuer, Leiter Netzdesign, ewz Verteilnetze; Dr. Urs Meister, Projektleiter, Avenir Suisse; Martin Michel, Sektion Netze, BFE; Dr. Johannes Milde, CEO, Siemens Building Technologies; Walter Müller, CEO Energieberatung, Gruppe Grosser Stromkunden; Andreas Münch, Mitglied der Generaldirektion, Migros-Genossenschafts-Bund; Marc-Philippe Mürner, Leiter Smart Grid Components, BKW Energie AG; Stefan Muster, Leiter für Wirtschaft und Regulierung, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE); Prof. Dr. Horst-Michael Prasser, Institut für Energietechnik, ETH Zürich; Roland Ramseier, Marketing Manager bei SIG, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE); Dr. Dietrich Reichelt, Leiter Division Netze, Axpo Power AG; Sabine Reichen, wissenschaftliche Mitarbeiterin Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau; Dr. Markus Roos, Numerical Modelling GmbH; Prof. Dr. Nicole Rosenberger, IAM Institut für Angewandte Medienwissenschaft, ZHAW; Christoph Rutschmann, CEO Rüegg Cheminée AG, Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (A EE); Prof. Dr. Christoph Schär, Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich, Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (A EE); Prof. Dr. Bernd Schips, ehem. Leiter KOF, ETH Zürich; Kaspar Schuler, ehem. Geschäftsleiter, Greenpeace Schweiz; Michael Schultz, Ministerialrat, BMWi; Dr. Gerhard Schwarz, Direktor Avenir Suisse; Dr. Walter Steinmann, Direktor BFE; Sonja Studer, Ressortleiterin Energie, swissmem; Dr. Marcel Sturzenegger, stellvertretender Abteilungsleiter, Kanton St. Gallen, Abteilung Energie und Wasserkraft, EnDK; Renato Tami, Geschäftsführer, ElCom; Dr. Suzanne Thoma, CEO BKW Energie AG; Walter Thurnherr, Generalsekretär, UVEK; Martin Tschirren, stellvertretender Direktor, Stadtverband Bern; Thomas Vellacott, CEO, WWF Schweiz; Emanuel Wassermann, Unternehmer, topikpro; Prof. Dr. Alexander Wokaun, Leiter Energie Departement PSI; Prof. Dr. Rolf Wüstenhagen, Institut für Wirtschaft und Ökologie, HSG; Niklaus Zepf, Leiter Corporate Development, Axpo Holding AG; Dr. Christian Zeyer, Co-Geschäftsführer, Leiter Klima und Energie, swisscleantech; Dr. Marianne Zünd, Medienverantwortliche, BFE

Da ich davon ausgehen muss, dass diese Liste trotz redlicher Bemühungen meinerseits nicht vollständig ist, seien an dieser Stelle ausdrücklich auch all jene Beitragenden verdankt, die hier nicht namentlich genannt sind.

Der Verlag dankt für die Publikationsbeiträge:
Bundesamt für Energie BFE
Dr. Franz Käppeli Stiftung
ewz



1. Im Paradies

Vor einigen Jahren machte ich zusammen mit meiner Frau eine Indienreise. Eines Abends schauten wir Hindi-TV, gezeigt wurde ein Film aus Bollywood. Natürlich verstanden wir kein Wort. Es ging wie in den meisten Filmen um eine Liebesgeschichte, und irgendwann wollte sich das Paar küssen. Nun ist es in Indien aber so, dass man sich in der Öffentlichkeit nicht küsst und solche Szenen in aller Regel auch nicht in Filmen zeigt. Bevor sich die Lippen der Liebenden berührten, gab es einen Schnitt; in der nächsten Einstellung sah man die beiden in einer Gruppe von Frauen und Männern auf einer Wiese tanzen. Das kommt mir so bekannt vor, dachte ich. Es hatte Kühe auf der Wiese, dann kam eine Alphütte ins Bild und kurz darauf ein Berg mit vertrauten Umrissen. «Das ist doch der Titlis!», sagte ich zu meiner Frau – und erkannte Engelberg, als die Kamera weiter schwenkte.

Ein paar Tage später sassen wir wieder vor dem Fernseher und schauten uns einen andern Bollywood-Film an. Wieder ein Liebesfilm, wieder eine Beinahekussszene, wieder ein Schnitt. Diesmal tanzten die Inder vor dem Hotel Victoria Jungfrau in Interlaken, leuchtende Berggipfel im Hintergrund. Die Botschaft war klar: Wenn man in Indien total glücklich ist, befindet man sich im Paradies, und wenn man das Paradies abbilden will, zeigt man die Schweiz.

Tatsächlich habe auch ich das Gefühl, in einem Paradies zu leben. Das beginnt bei ganz alltäglichen Dingen: Wenn ich nach Hause komme und den Lichtschalter betätige, ist der Strom immer da. Die Wohnung ist im Winter geheizt, und unsere Telefone funktionieren zuverlässig. Selbst bei Nacht

kann ich durch jedes Quartier spazieren, ohne mich bedroht zu fühlen. Kulturell gesehen ist Zürich für mich eine der interessantesten Städte der Welt. Das vielfältige Angebot hält sie lebendig und macht sie spannend. Und dann die landschaftlichen Reize: Ich hatte einmal einen Mitarbeiter, der in Manhattan aufgewachsen war. Wir gingen zusammen ans Limmatschwimmen, das im Sommer jeweils mehr als 4000 Menschen anzieht. Ich erinnere mich gut, wie mein Begleiter fast ausflippte. Er sagte, es wäre undenkbar, ja geradezu selbstmörderisch, im Hudson River zu schwimmen. Der Fluss sei so dreckig, dass man sich mit Sicherheit eine üble Krankheit holen würde. Bevor man Kläranlagen baute, waren unsere Gewässer teilweise auch in einem bedenklichen Zustand. Doch heute können wir in jedem Fluss und in jedem See bedenkenlos baden, das Wasser ist sauber. Mein Mitarbeiter schwamm neben mir her und sagte ein ums andere Mal: «Das ist doch fast nicht möglich, dass es so etwas gibt!» In solchen Momenten wird einem bewusst, wie privilegiert wir leben.

Das verdanken wir nicht zuletzt unseren Vorfahren. Ich erinnere mich an meine erste Fahrt aufs Jungfrauoch, von dem ich stets dachte, es sei nur etwas für Touristen. Allein die Tatsache, dass man auf der Kleinen Scheidegg in eine Bahn steigen kann, die einen durch die Eigernordwand 1400 Meter höher transportiert, ist bemerkenswert. Was da vor mehr als 100 Jahren mit hoher technologischer Kunst gebaut worden ist, verdient den grössten Respekt. Als ich auf den Aletschgletscher hinausblickte, war ich fasziniert von der Schönheit dieser einzigartigen Bergwelt, einfach atemberaubend. Letztes Jahr sind meine Frau und ich zu Fuss von Leukerbad zum Gemmipass hochgestiegen. Das war sehr anstrengend, aber wenn man oben ankommt und

all die 4000er der Walliser und Berner Alpen sieht, könnten einem die Tränen kommen, das sind schon grossartige Geschenke der Natur.

Wir leben wirklich in einem Paradies und vergessen leicht, dass die Schweiz noch vor 150 Jahren das Armenhaus Europas war. Damit wir nicht verhungerten, erhielten wir Nahrung aus dem Osten, der damaligen Kornkammer Europas. Zwischen 1850 und 1914 haben rund 400 000 Schweizer Bürgerinnen und Bürger ihre Heimat verlassen, viele flohen vor der Armut.

Märchen sind wahr geworden

Inzwischen sind viele Märchen, die sich unsere Vorfahren erzählt haben, Wirklichkeit geworden: Die Heinzelmännchen aus den damaligen Bilderbüchern sind unsere Geschirrspülmaschinen, Waschmaschinen und Staubsauger. Das Pferd, das «schneller als der Wind» galoppieren kann, steht uns als Auto oder Bahn täglich zur Verfügung. Der «fliegende Teppich» ist in Gestalt des Flugzeugs ebenso Realität geworden wie das «Tischlein deck dich» (Supermarkt, Essen im Überfluss). Wir sind, wie Jules Verne es vorausgesagt hat, mit Raketen zum Mond geflogen und haben mit Unterseebooten die Tiefen der Ozeane erkundet. Selbst die Kristallkugel, die uns verrät, was irgendwo auf der Welt geschieht, steht uns zur Verfügung – als Smartphone.

Wir sind Teil einer höchst komfortablen Welt. Das Fernsehen vermittelt uns Bilder von exklusiven Veranstaltungen, für die wir kaum Eintrittskarten bekämen. Die Medien versorgen uns rund um die Uhr mit den neusten Nachrichten. Im Alltag stehen uns die modernsten Technologien zur Verfügung, der öffentliche Verkehr ist vom Feinsten, und für die Erfüllung materieller Wünsche genügt oftmals ein Klick.

Dieser Erfolg kommt nicht von ungefähr. Die Schweiz verfügt über ein hervorragendes Bildungssystem. Kürzlich habe ich an der ETH, wo ich als Professor am Institut für Elektronik lehre, Prüfungen von Studenten abgenommen. Etliche von ihnen haben im Ausland an verschiedenen Hochschulen studiert, auch an solchen mit absolutem Topranking. Sie sagten mir, die Ausbildung an der ETH sei sensationell gut, um Klassen besser als alles, was sie bisher kennengelernt hätten.

Die Vorteile unseres Landes weiss ich aber auch als Unternehmer zu schätzen. Ich habe meine Firma Supercomputing Systems AG 1993 gegründet. Heute beschäftigen wir im Zürcher Technopark rund 100 hoch qualifizierte Mitarbeitende. Wir verstehen uns als Entwicklungsdienstleister für Elektronik, Software und Systemdesign. Unsere nationalen und internationalen Kunden kommen aus der Automobil- und Computerindustrie, dem Transportwesen, der Kommunikations-, Lifescience- und Energiebranche. In den letzten 20 Jahren habe ich durchwegs die Erfahrung gemacht, dass Leistung belohnt wird, und dass man niemandem Schmiergelder zahlen muss, um Aufträge zu erhalten. Der harte Konkurrenzkampf ist zwar nicht immer paradiesisch, motiviert einen aber, einen guten Job zu machen.

«Stell dir vor, du lebst im Paradies, und niemand merkt es» – dieser Satz geht mir in letzter Zeit oft durch den Kopf. Sind wir Schweizer dafür dankbar, dass wir in einem materiellen Paradies leben? Meistens nicht. Hat uns der Wohlstand glücklicher gemacht? Vielleicht. Ich jedenfalls wünsche mir, dass auch die nächsten Generationen – nicht nur unsere Enkel und Urenkel – so leben können wie wir. Das wäre mein Traum von einer zukunftsfähigen Schweiz.

Am Anfang war da Öl
Am Ende war es weg

Dazwischen war da Fortschritt
– für die einen

Und dann?

2. Weshalb es so nicht weitergehen kann

Viele von uns erinnern sich an den Film «Apollo 13» und den Funkspruch des Kommandanten: «Houston, we have a problem.» Nach einer Explosion im Serviceteil war die Energieversorgung der Raumkapsel zusammengebrochen und eine dramatische, letztlich erfolgreiche Rettungsaktion nahm ihren Anfang. Auch wir haben ein gravierendes Problem: Wir hinterlassen auf der Erde einen viel zu grossen ökologischen Fussabdruck. In der Schweiz verbrauchen wir pro Kopf jeden Tag mehr als 4 Liter Erdöl in Form von Treib- und Brennstoffen, obwohl uns nur ungefähr 1,4 Liter zustehen würden. Wir tun es, obwohl dieser fossile Rohstoff absehbar zur Neige geht.

Insgesamt ist der ökologische Fussabdruck der Schweiz heute ungefähr drei Erden gross. Das bedeutet: Wenn die ganze Menschheit so leben würde wie wir, benötigte sie die Ressourcen von drei Erden. Wir haben aber nur eine. Für dieses Problem gibt es drei Lösungsansätze:

1. Wir machen weiter wie bisher. Das bedeutet allerdings, dass sich nur eine kleine Elite diesen verschwenderischen Lebensstil leisten kann, in erster Linie wir Menschen in den westlichen Industrienationen. Um diesen Lifestyle zu erhalten, müssen wir primär dafür sorgen, dass ihn die andern nie erreichen. Wir müssen unser Territorium mit allen Mitteln verteidigen, notfalls mit Waffengewalt.

2. Wir reduzieren die Weltbevölkerung. Eine Erde würde genügen, wenn sie statt von mehr als 7 Milliarden Menschen nur noch von 2 Milliarden bevölkert würde. Allerdings weiss ich nicht, wie man diese Reduktion um mehr als 70 Prozent zustande bringen könnte.

3. Wir reduzieren unseren Fussabdruck. Die Rechnung ist einfach: Der ökologische Fussabdruck der Schweiz darf in Zukunft höchstens noch eine Erde gross sein. Wäre es so, würden wir an nicht erneuerbaren Ressourcen nur noch so viel beanspruchen, wie uns tatsächlich zusteht. Wenn wir das schaffen, leben wir in einer gerechteren Welt.

Intelligente Norweger

An diesem Punkt fühle ich mich als Ingenieur und Unternehmer herausgefordert, denn die Technik kann mithelfen, dieses Problem zu lösen. Es geht um die Frage, wie wir den Anteil der nicht erneuerbaren Energien, die rund zwei Drittel unseres ökologischen Fussabdrucks ausmachen, massiv senken können. Hier müssen wir ansetzen. Allerdings können wir diese Aufgabe nur kollektiv als Volk lösen.

Dazu kommt mir folgende Geschichte in den Sinn: Zu Beginn der 1960er-Jahre hatte man in der Nordsee riesige Erdölvorkommen entdeckt. Die Förderung begann 1971 und wurde nach der Ölkrise von 1973 massiv ausgebaut. Davon haben vor allem drei Länder profitiert: Holland, Grossbritannien und Norwegen.

Was haben die Holländer getan? Sie sagten: «Das ist eine Supersache, eine tolle Einnahmequelle! Wir finanzieren damit unseren Staatshaushalt und können so die Steuern senken.» Interessanterweise wurde Hollands Wirtschaft,

obwohl sie weniger Steuern abliefern musste, nicht wettbewerbsfähiger. Im Gegenteil: Sie verlor gegenüber der internationalen Konkurrenz sukzessive an Boden. Als 1999 in der Nordsee der Peak Oil überschritten wurde, die Fördermengen also zurückgingen und damit auch die Einnahmen des Staates, musste die geschwächte Wirtschaft wieder mehr Steuern abliefern, was ihre Konkurrenzfähigkeit zusätzlich minderte. Die Zukunftsaussichten der Holländer sind trüb: Die Ölförderung in der Nordsee geht Jahr für Jahr um 6 Prozent zurück. 2050 wird man nur noch rund 10 Prozent der heutigen Einnahmen erzielen können.

Was haben die Briten gemacht? Sie sagten: «Das ist eine Supersache, eine grossartige Einnahmequelle! Wir holen möglichst schnell möglichst viel Öl aus dem Boden heraus.» Das taten sie und verkauften es für 15 Dollar pro Fass. Auch die Briten wurden vom Peak Oil erwischt - mit der Folge, dass sie inzwischen von einem Erdölexportland zu Importeuren geworden sind. Für ein Fass mussten sie in den letzten Jahren bis zu 120 Dollar zahlen, siebenmal mehr, als sie eingenommen haben. Ihre Zukunftsaussichten sind ebenfalls nicht gerade rosig.

Und die Norweger? Sie sagten: «Das ist eine Supersache, eine wahnsinnig gute Einnahmequelle! Aber eigentlich sollten auch die nächsten Generationen von diesem Reichtum profitieren können; wir legen deshalb das Geld am besten auf die Seite.» Sie steckten die ganzen Einnahmen aus dem Ölgeschäft in einen staatlichen Pensionsfonds (Oljefondet), der mittlerweile mehr als eine Billion Dollar schwer ist und schöne Zinsen abwirft. Parallel dazu investierten die Norweger in neue Technologien. Heute stehen sie mit einem Anteil von 64,5 Prozent erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch an der Spitze

Europas. Überdies sind sie weltweit führend in der Konstruktion und im Betrieb von Ölplattformen. Norwegen ist gut auf die Zukunft vorbereitet.

Aus meiner Sicht haben die Norweger ganz klar am intelligentesten gehandelt. Trotz schnellem Reichtum haben sie sich entschieden, haushälterisch mit dem Geld und vor allem mit dem nicht erneuerbaren Rohstoff Öl umzugehen. Gleichzeitig haben sie Tausende von hoch qualifizierten Arbeitsplätzen geschaffen.

Wie stellt man die Weichen richtig?

Man fragt sich natürlich, warum die Norweger einen andern Weg gegangen sind als die Briten und die Holländer. Die drei Staaten hatten eine vergleichbare Ausgangslage, alle sind konstitutionelle Monarchien, in denen die Entscheidungen vom Parlament getroffen wurden. Das ist der Punkt, der mich brennend interessiert: Wie kann ein Land die Weichen so stellen, dass es für die Zukunft gut gerüstet ist? Ich hoffe, dass dieses Buch dazu beiträgt, dass die Schweiz einen ebenso klugen und zukunftstauglichen Weg wie Norwegen einschlägt, wenn es um die Energiewende geht.

Solche Weichenstellungen hängen auch immer von den Informationen ab, die den Politikern zur Verfügung stehen. Viele stützen sich auf die Einschätzungen der Internationalen Energieagentur IEA in Paris ab, die unmittelbar nach der Ölkrise gegründet wurde. Allerdings ist die IEA dafür bekannt, dass sie sich bezüglich der Ölreserven immer sehr zuversichtlich äussert. Das tut sie vor allem aus Rücksicht auf die Amerikaner. Von den 88 Millionen Fass der täglichen, weltweiten Produktion verbrauchen die USA mehr als ein Fünftel. Bei einem Preis von 100 Dollar pro Fass entspricht das einem Wert von

1,8 Milliarden Dollar – *pro Tag!* In einem Jahr sind das mehr als 650 Milliarden Dollar. Jeder Preisanstieg ist eine enorme wirtschaftliche Belastung für die Vereinigten Staaten. Die USA sind folglich sehr daran interessiert, dass die Gesamtsituation positiv dargestellt wird.

Diesem Bedürfnis trägt die IEA seit vielen Jahren Rechnung. So prognostizierte sie um die Jahrtausendwende, dass der Ölpreis pro Fass im Jahr 2020 ungefähr bei 20 Dollar liegen werde. Sechs Jahre später erhöhte sie die Schätzung auf 50 Dollar pro Fass. Doch auch dieser Wert dürfte meilenweit daneben liegen, stieg doch der Ölpreis auf 120 Dollar ([Anhang A 1](#)). Dass er in jüngster Zeit wieder auf weniger als 60 Dollar gesunken ist, hängt laut Polit- und Wirtschaftsbeobachtern damit zusammen, dass Saudi-Arabien, um seine Konkurrenten auf dem Ölmarkt zu schwächen und die eigene Position zu behaupten, bewusst mehr Öl fördert, als nachgefragt wird. Bei derart tiefen Preisen können die USA und Russland mit ihren kostspieligen neuen Fördermethoden nicht mehr gewinnbringend produzieren. Derweil betont die IEA, es gebe genügend Ölreserven, da müsse man keine Bedenken haben. Sie verweist auf alternative Fördermethoden, mit denen man den Rückgang des konventionellen Erdöls kompensieren könne. Konventionelles Erdöl ist leicht förderbar: Man bohrt ein Loch in den Boden, und es spritzt heraus, wie wir das aus den Lucky-Luke-Comics kennen. Die alternativen Fördermethoden sind viel aufwendiger und mit schweren Nachteilen behaftet: Beim Fracking werden grosse Mengen Gift in den Boden gespritzt. Die Offshore-Förderung gefährdet die Meere, wie die Deepwater-Horizon-Katastrophe im Golf von Mexiko gezeigt hat. Und mit dem Abbau von Ölsand werden ganze Ökosysteme vernichtet.

All diese Verfahren haben überdies eine schlechte Energiebilanz. Beim konventionellen Erdöl verhält sich der Energieverbrauch für die Förderung zum Energieertrag wie 1:100, beim Fracking und der Offshore-Förderung wie 10:100 (Tendenz steigend). Bei der Gewinnung von Ölsand verschlechtert sich das Verhältnis gar auf 30:100! Der grössere Aufwand verteuert das Öl auf Dauer massiv, und es wird viel mehr CO₂ pro Liter Öl produziert.

Weil die Menschen in der Dritten Welt auch Auto fahren wollen und die globale Nachfrage nach Erdöl deshalb stetig steigt, tut sich nach 2020 eine globale Versorgungslücke auf. Die IEA gibt dieser Lücke auf einer Grafik den Titel «Noch zu entdeckende Felder» (*Anhang A 2*). Persönlich zweifle ich daran, dass noch Ölvorkommen in dieser Grössenordnung gefunden werden; die Einschätzung der IEA scheint mir auch hier zu optimistisch. Die Wahrscheinlichkeit, dass man mit den heutigen Technologien grosse Vorkommen übersehen hat, erachte ich als gering.



