

## Energiewende in Europa – ein Milliardengeschäft

Die digitale Simulation meiner Firma Supercomputing Systems AG haben gezeigt, dass die Schweiz ihren Bedarf für Strom, Mobilität und Heizung in der angestrebten besseren Welt des Jahres 2035 zu mehr als 80 Prozent mit erneuerbaren Energien decken könnte. Mit 60% Wasserstrom und unseren Stauseen haben wir dafür idealste Bedingungen. Würde die Schweiz und ganz Europa diesen Weg weiter konsequent gehen, resultierte daraus ein Milliardengeschäft.

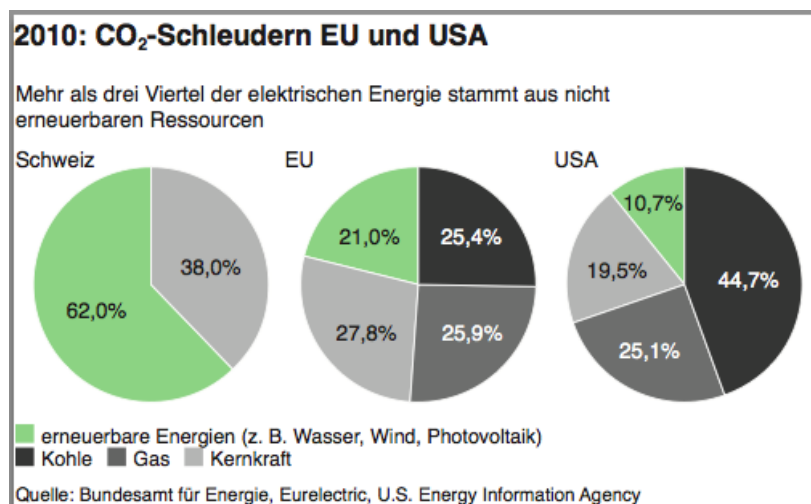
Wir könnten mit erneuerbaren Energien sowohl den Bedarf an Strom, Wärme wie Treibstoff decken– unter der Voraussetzung, dass wir unsere Hausaufgaben machen: 1. Gute Gebäudeisolation, 2. Einsatz von Wärmepumpen, 3. Elektromobilität, 4. Verzicht auf unnötige Fahrten und 5. Strom sparen, wo es auf einfache Weise möglich ist. Was sich ebenfalls zeigte: Mit der Umstellung auf erneuerbare Energien liessen sich Milliarden Franken einsparen.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen habe ich 2015 im Buch «Kraftwerk Schweiz» veröffentlicht, das inzwischen in der 3. Auflage erscheint und im Energiesektor als Standardwerk gilt.

Die vom Schweizer Volk 2017 angenommene Energiestrategie des Bundes ist aus meiner Sicht ein Schritt in die richtige Richtung, aber eben nur Marksteine 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.

### EU und USA haben Nachholbedarf

Was die Stromversorgung angeht, ist die Schweiz dank ihrer vielen Stauseen in den Bergen schon heute vergleichsweise «grün»: Sie produziert ihre Elektrizität zu rund 60 Prozent mittels Wasserkraft und Kehrlichtverbrennung. Die restlichen knapp 40 Prozent liefern die nur noch beschränkte Zeit am Netz hängenden Kernkraftwerke, die nicht erneuerbares Uran verheizen. Die Schweiz betreibt jedoch weder Kohle- noch Gaskraftwerke. Die Europäer dagegen setzen nach wie vor auf eine Kombination von «schmutziger» Kohle, Gas und Kernenergie, um ihren Strombedarf zu decken. In der EU stammt die Elektrizität zu beinahe 80 Prozent aus nicht erneuerbaren Quellen, in den USA zu annähernd 90 Prozent (siehe Grafik unten). Es liegt deshalb auf der Hand, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoss in Europa und den USA viel höher ist als jener der Schweiz. Man kann von eigentlichen «CO<sub>2</sub>-Schleudern» sprechen.



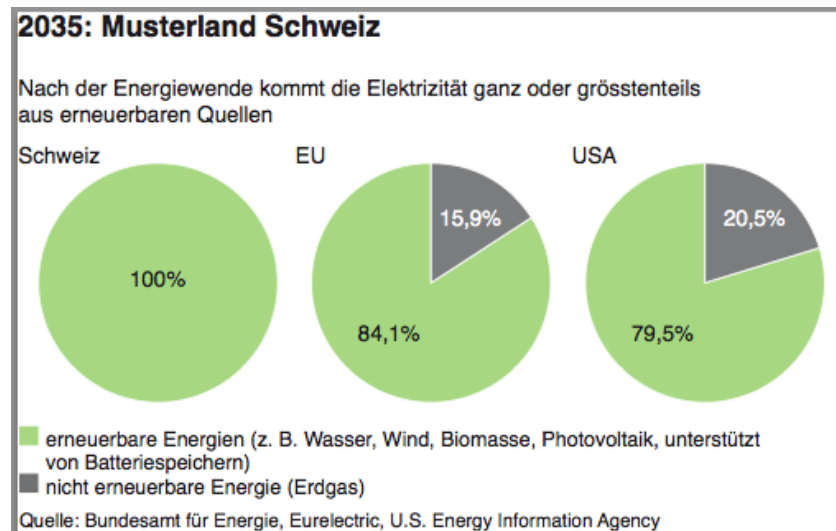
Was würde sich ändern, wenn man die Stromproduktion in der EU und den USA analog zur Schweizer Energiewende umbauen würde? Dazu müsste folgendes geschehen: Alle Kernkraftwerke würden bis 2035 abgeschaltet. Aus Kosten- und Sicherheitsgründen würden keine neuen KKW mehr gebaut. Die Kohlekraftwerke würden stillgelegt, weil sie zu viel CO<sub>2</sub> produzieren und der Umwelt schaden. Erneuerbare Quellen würden ausgebaut, hauptsächlich Solar- und Windkraftanlagen. Wie die Schweiz müssten auch Europa und die USA zusätzliche Photovoltaik-Anlagen sowohl in Städten und Industriegebieten (auf Dächern) als auch freistehend (als Solar-Parks) installieren. Konkret müsste die EU die Stromproduktion aus Photovoltaik um das 60fache erhöhen, die USA hätten noch grösseren Nachholbedarf (siehe Tabelle). Beide könnten mit guten Erträgen rechnen: Die südlichsten Gebiete der USA liegen auf der Höhe von Nordafrika und haben eine entsprechend hohe Sonneneinstrahlung. Auch EU-Länder wie Spanien, Italien oder Griechenland eignen sich für die industrielle Produktion von Solarstrom. Bei den Windkraftanlagen, die selbstredend in möglichst windreichen Gegenden platziert würden, müssten die EU und besonders die USA ihren Output ebenfalls massiv erhöhen:

Elektrizität aus...	Schweiz		EU		USA	
	2010	2035	2010	2035	2010	2035
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh
Kohlekraftwerken	0.0	0.0	822.0	0.0	1 847.3	0.0
Gaskraftwerken	0.0	0.0	839.0	596.6	1 036.1	956.3
Kernkraftwerken	25.2	0.0	899.4	0.0	807.0	0.0
Biomasse-Kraftwerken	0.0	4.3	68.2	125.3	71.3	106.5
Kehrichtverbrennung	3.6	3.7	75.3	139.6	0.0	0.0
Laufwasserkraftwerken	16.1	16.7	72.1	119.6	0.0	0.0
Windkraftanlagen	0.0	5.4	153.1	1 005.6	94.7	1 507.1
Photovoltaik	0.0	19.2	21.2	1 213.2	1.2	1 555.7
Pumpspeicherwerken	2.5	1.8	56.7	60.3	16.5	16.4
Stauseekraftwerken	19.0	15.3	233.1	302.0	260.2	265.7
Batterien	0.0	2.9	0.0	186.6	0.0	260.8
<b>Total</b>	<b>66.4</b>	<b>69.4</b>	<b>3 240.1</b>	<b>3 748.8</b>	<b>4 134.2</b>	<b>4 668.5</b>
<b>Nicht erneuerbar in TWh</b>	<b>25.2</b>	<b>0.0</b>	<b>2 560.4</b>	<b>596.6</b>	<b>3 690.3</b>	<b>956.3</b>
<b>Erneuerbar in TWh</b>	<b>41.2</b>	<b>69.4</b>	<b>679.7</b>	<b>3 152.3</b>	<b>443.9</b>	<b>3 712.2</b>

### Energiewende «à la Suisse»

Die Zusammenstellung zeigt, dass es den USA und der EU bei entsprechenden Investitionen gelingen würde, im Jahr 2035 ihren Strombedarf ohne Kern- und Kohlekraftwerke zu decken. Die vorhandenen Gaskraftwerke würden für den Ausgleich der volatilen Produktion von Wind und Sonne ausreichen (Anmerkung: Null-Werte in der Tabelle bedeuten nicht unbedingt, dass es keine entsprechenden Kraftwerke gibt; sie fallen aber statistisch [noch] nicht ins Gewicht). Dass die EU und die USA auch bei stark erhöhter Wind- und Solarproduktion von nicht erneuerbarer Energie abhängig bleiben würden, liegt daran, dass sie über weniger

Speicherseen verfügen, um ihre Systeme auszutarieren. Mit einer Energiewende «à la Suisse» liessen sich dennoch enorme Fortschritte erzielen, wie die Grafik zeigt: Die Europäer könnten den Anteil an Elektrizität aus erneuerbaren Quellen auf mehr als 84 Prozent steigern, die USA auf beachtliche 79,5 Prozent.



### Das Benzin muss teurer werden

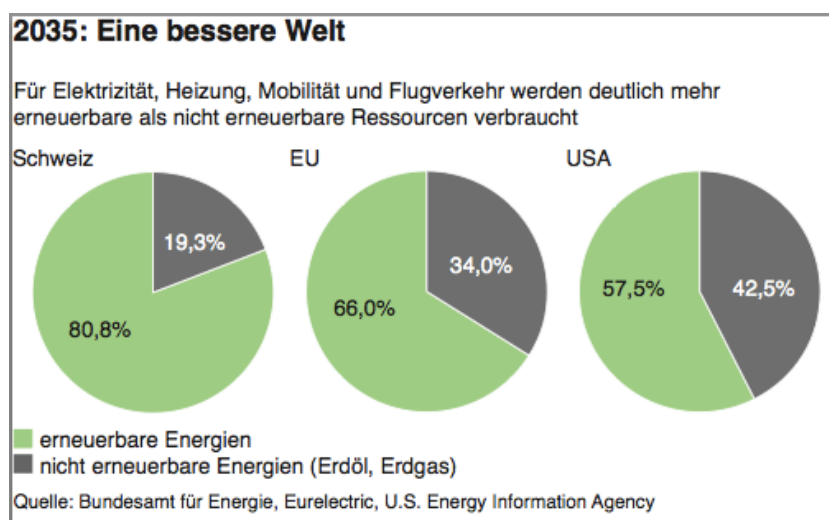
Wir wollten in unserer Simulation aber auch beim europäisch-amerikanischen Szenario nicht bei der Elektrizität stehenbleiben, sondern die Bereiche Heizung und Mobilität mit einbeziehen. Wie in der Schweiz müssten in der EU und den Vereinigten Staaten alle technisch möglichen und ökologisch sinnvollen Effizienz- und Sparmassnahmen durchgeführt werden, basierend auf der heute vorhandenen Technologie: Jedes Jahr 4 von 100 sanierungsbedürftigen Häusern isolieren und mit Wärmepumpen ausstatten. Reduktion des Stromverbrauchs um ein Viertel dank sparsameren Industriemotoren, Bewegungsmeldern in Gebäuden, energieeffizienten Steuerungen von elektrischen Geräten und ähnlichen Verbesserungen. Erneuerung der Fahrzeugflotte in 10 bis 15 Jahren dank hohen Benzin- und sinkenden Batteriepreisen.

Schon eine freiwillige Veränderung des Mobilitätsverhaltens würde zu einem deutlich sinkenden Energieverbrauch führen. Der Verzicht auf unnötige Fahrten brächte ein Einsparpotenzial von etwa 15 Prozent. Eine Reduktion um weitere 25 Prozent käme zustande, wenn die Menschen für kurze Strecken das (Elektro-)Velo nehmen oder zu Fuss gehen würden; man weiss, dass rund ein Drittel aller Fahrten weniger als 1 Kilometer lang sind. Weitere 13 Prozent der Energie liessen sich mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Fahrzeugbelegung von 1,3 auf 1,5 Personen einsparen. Apps für Smartphones könnten dazu beitragen, die Bildung von Fahrgemeinschaften zu erleichtern. Allein diese drei Verhaltensänderungen würden den Verkehr und damit den Treibstoffverbrauch etwa um die Hälfte reduzieren.

Hinzu kommen die technischen Fortschritte: Mit dem seriellen Hybrid könnte man zwei Drittel aller Fahrten rein mit Strom ab Batterie zurücklegen, für das restliche Drittel würde nur wenig fossile Energie verbraucht, weil der kleine Benzinmotor im Hybridauto zwei bis viermal effizienter arbeitet als ein Verbrennungsmotor in einem herkömmlichen Wagen. Allein in der Schweiz würden in dieser neuen, saubereren und effizienteren automobilen Welt statt 7 Milliarden Liter nur noch 300 Millionen Liter Benzin und Diesel pro Jahr verbraucht – dreiundzwanzigmal weniger, was auch für Europa gelten würde.

Um diese Ziele zu erreichen, plädiere ich für eine markante Erhöhung des Benzinpreises über die nächsten zehn bis 15 Jahre. Die kontinuierliche, frühzeitig angekündigte Erhöhung würde dazu führen, dass man sich vor der nächsten Neuanschaffung gut überlegt, welche Kosten ein Benziner, ein Diesel, ein Hybrid oder ein reines Elektroauto verursacht. Heute sind die Energiekosten für Elektro- und Hybridfahrzeuge bereits deutlich tiefer als für herkömmliche Autos. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoss von Elektrofahrzeugen ist geringer, ebenso die Lärmentwicklung. Ihr Fahrverhalten ist besser, der Unterhalt wesentlich kostengünstiger. Ein hoher Benzinpreis würde diese Vorteile noch akzentuieren.

Unter dem Strich zeigt sich, dass die Schweiz ihren Bedarf für Strom, Mobilität und Heizung in der angestrebten besseren Welt des Jahres 2035 zu mehr als 80 Prozent mit erneuerbaren Energien decken könnte (siehe Grafik). Die EU würde einen respektablen Deckungsgrad von 66 Prozent erreichen, die USA stünden immerhin bei knapp 58 Prozent. Dies wäre ein bedeutender Fortschritt gegenüber heute, fast schon ein Quantensprung, denn derzeit steht die Schweiz bei 18,8 Prozent und die EU bei 10,2 Prozent, die USA folgen mit 3,8 Prozent weit abgeschlagen.



### Finanzielle Konsequenzen in Milliardenhöhe

Was oft vergessen wird, sind die gravierenden finanziellen Konsequenzen für jene Länder, welche die Energiewende *nicht* umsetzen. Wer die Hände in den Schoss legt und untätig bleibt, muss wegen der mittel- und längerfristig steigenden Preise für das immer knapper werdende Öl Jahr für Jahr deutlich höhere Energie-Gesamtkosten in Kauf nehmen. In der Schweiz ist der Ölpreis über die letzten 50 Jahre durchschnittlich um jährlich 2 Prozent gestiegen – ziemlich moderat dank dem starken Franken. In Europa und den USA mit ihren schwächeren Währungen waren es 6 Prozent. Statt 1267 Milliarden Dollar wie heute müssten die USA im Jahr 2035 hochgerechnet nicht weniger als 2027 Milliarden für ihren Energiehaushalt aufwenden. Auch die Europäer und wir Schweizer müssten tiefer in die Taschen

greifen, wie die Tabelle zeigt. Setzen die USA die Energiewende um, könnten sie im Vergleich zur Untätigkeit 1476 Milliarden Dollar sparen – pro Jahr! Das Sparpotenzial der EU läge bei 933 Milliarden Euro pro Jahr, jenes der Schweiz bei jährlich 22,7 Milliarden Franken. Volkswirtschaftlich gesehen wäre es also sinnvoll, die Energiesysteme überall umzustellen.

<b>Gesamte Energiekosten pro Jahr</b>	<b>Schweiz</b>	<b>EU</b>	<b>USA</b>
	Mia. CHF	Mia. €	Mia. \$
Heute (2010)	25,14	845,58	1 266,68
Bei Untätigkeit (2035)	37,73	1 396,23	2 027,07
Nach vollzogener Energiewende (2035)	15,04	463,14	550,75
<b>Sparpotenzial</b>	<b>22,69</b>	<b>933,09</b>	<b>1 476,32</b>

Auch auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoss hätte die Energiewende massive Auswirkungen. Wer mitmacht, kann die Umweltbelastung durch Kohlendioxid um 84 Prozent reduzieren. Die Amerikaner belasten die Atmosphäre heute mit jährlich 15,13 Tonnen pro Kopf, drei Mal stärker als die Schweizer, mehr als doppelt so stark wie die Europäer. Mit der Energiewende könnten sie ihren Schadstoffausstoss auf 2,29 Tonnen pro Kopf und Jahr senken. In der Schweiz würden pro Kopf statt 5,64 Tonnen nur noch knapp 0,88 Tonnen freigesetzt, in der EU statt 6,79 nur noch 1,14 Tonnen.

<b>CO<sub>2</sub>-Ausstoss pro Jahr</b>	<b>Schweiz</b>	<b>EU</b>	<b>USA</b>
	Tonnen pro Kopf	Tonnen pro Kopf	Tonnen pro Kopf
Heute (2010)	5,64	6,79	15,13
Bei Untätigkeit (2035)	5,64	6,79	15,13
Nach vollzogener Energiewende (2035)	0,88	1,14	2,29
<b>Reduktionspotential</b>	<b>4,76</b>	<b>5,65</b>	<b>12,84</b>

Mitte 2014 war ich Mitglied einer Schweizer Delegation, die unter der Leitung von Energieministerin Doris Leuthard in die USA reiste. Es ging um die Zusammenarbeit der beiden Länder im Energiesektor. In Boston präsentierte ich amerikanischen Experten unsere Simulationen und legte ihnen dar, welche Chancen mit einer Energiewende in den USA verbunden wären. Von der Reaktion war ich gelinde gesagt enttäuscht. Die Amerikaner denken nur an das Hier und Heute. Drängende Probleme lösen sie zwar sofort, auf weitere Sicht zu planen, liegt ihnen aber nicht. Sie liessen mich spüren: So lange noch genug Erdöl vorhanden ist, sehen wir wenig Handlungsbedarf. Als bremsende Kraft tritt nebst anderen Interessengruppierungen die Automobilindustrie auf, die an ihrem alten Geschäftsmodell festhält, so lange es geht.

Die EU steht dem unumgänglichen Wandel positiver gegenüber. Anders als die Amerikaner verfügt sie über keine nennenswerten eigenen Gasvorkommen. Sie ist auf Importe aus Staaten wie Russland, Saudi-Arabien oder Nigeria angewiesen und möchte sich aus dieser Abhängigkeit befreien. Aber auch in der europäischen Autoindustrie setzt sich die Einsicht nur langsam durch, dass das Erdölzeitalter zu Ende geht und neue Geschäftsmodelle gefragt sind.

## Rasante technologische Entwicklung

Ich staune manchmal selber, wie schnell die Entwicklung im Energiebereich vorangeht. Als ich «Kraftwerk Schweiz» 2015 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 China bereits Batterien für 100 Franken/kWh erhältlich seien.

Auch in der Wirtschaft kommen die Elektrofahrzeuge immer besser voran. Selbst schwere Kraftfahrzeuge lassen sich mit Hybridmotoren deutlich kostengünstiger betreiben als mit reinen Verbrennungsmotoren; sie sind auch komfortabler zu steuern. Mittlerweile gibt es Traktoren mit separatem Elektroantrieb an allen vier Rädern, mit elektronischem ABS und elektronischem Differenzial. Eine Schweizer Baufirma betreibt seit einiger Zeit den weltweit ersten 16-Tonnen-Solarbagger mit Elektroantrieb. Die Batteriekapazität von 190 kWh ermöglicht einen 9-Stunden-Tageseinsatz. Im Vergleich zu einem Dieselmotor stösst der Solarbagger jährlich 40 Tonnen CO<sub>2</sub> weniger aus und spart erst noch 21 000 Franken Treibstoffkosten. Inzwischen strebt die Firma die komplette Umrüstung ihres Fuhr- und Maschinenparks auf Elektroantrieb an.

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 sind 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.

Generell muss man sagen, dass die Energie auf der ganzen Welt viel zu billig ist. Dass es sich lohnt, in Deutschland Kartoffeln anzupflanzen, sie in Italien zu Pommes frites zu verarbeiten und in Holland auf den Markt zu bringen, ist nur möglich, weil Mobilität und Energie praktisch umsonst zu haben sind. Das Öl, das wir dabei verbrauchen, stehlen wir den Ärmsten sowie unseren Kindern und Enkeln.

Derweil schreitet die Klimaerwärmung voran, was US-Präsident Donald Trump jedoch nicht daran hindert, auf dreckige Kohle zu setzen und eine Pipeline zu bauen, die Öl aus den Teersandvorkommen in der kanadischen Provinz Alberta zu Raffinerien in Texas befördern soll. Öl aus Sand hat einen katastrophalen «CO<sub>2</sub>-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.

Gleichwohl habe ich den Eindruck, dass sich die positiven Zeichen mehren. Nirgends wird so intensiv an der Entwicklung von Batterien gearbeitet wie in China. Unter der zunehmenden Plage des Smogs in den grossen Städten werden es vermutlich die Chinesen sein, welche in den nächsten fünf Jahren den E-Volkswagen entwickeln. In Peking und Shanghai werden schon bald Elektrofahrzeuge das Strassenbild prägen; diese Entwicklung wird auf uns überschwappen. Ich gehe davon aus, dass in zehn bis fünfzehn Jahren auch bei uns die Benzinautos weitgehend durch Elektrofahrzeuge oder zumindest Hybride ersetzt sein werden – nicht zuletzt unter dem Druck der verschärften EU-Normen zum CO<sub>2</sub>-Ausstoss.



Zugegeben: In andern Bereichen harzt es noch. Es ist eine leidige Tatsache, dass weltweit nach wie vor enorm viele neue Kohlekraftwerke ans Netz gehen und in den nächsten Jahrzehnten Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> freisetzen werden. Die Gründe dafür liegen auf der Hand. Die Kohle wird weltweit stark subventioniert. An den schmutzigen Kraftwerken hängen viele Arbeitsplätze. Wer in Deutschland als Politiker ein Kohlekraftwerk abstellen will, stösst auf erbitterten Widerstand und muss um seine Wiederwahl fürchten.

Glücklicherweise können aber auch Private ihren Teil zum Wandel beitragen, zum Beispiel Hausbesitzer, wie dieses Beispiel zeigt: Der Energiebedarf für die Heizung eines Einfamilienhauses mit 160 Quadratmetern Wohnfläche beträgt ungefähr 1600 Liter Öl pro Jahr, was etwa 16'000 Kilowattstunden Strom entspricht. Bei einer modernen Wärmepumpe mit angeschlossener Bodenheizung muss man lediglich 3'500 kWh elektrische Energie für den Kompressor aufwenden, um der Erde die noch benötigten 12'500 kWh zu entziehen. So spart man jedes Jahr 1250 Liter Öl, was ins Geld geht. Hier stichwortartig meine Empfehlungen:

- Die eigene Heizungsanlage optimal einstellen lassen. Die Wohnung nicht über 20 Grad Celsius heizen. Fenster und Türen isolieren. Das neue Haus mit einer Wärmepumpe ausstatten und sie mit Solarstrom betreiben. Das Dach statt mit Ziegeln gleich mit Solarpanels decken.
- LED-Leuchten statt Glühlampen verwenden. Geräte reparieren statt wegwerfen. Wertvolle Rohstoffe wie Aluminium, Kupfer oder seltene Metalle recyceln.
- Kurze Strecken zu Fuss oder mit dem E-Bike zurücklegen. Zumindest den Zweitwagen durch ein Elektrofahrzeug ersetzen. Wenn es ein Auto mit Verbrennungsmotor sein muss, dann ein möglichst leichtes mit geringem Energieverbrauch. Als Stadtbewohner auf ein eigenes Auto verzichten. Bei langem Arbeitsweg den ÖV benutzen oder zusammen mit andern Autopendlern Fahrgemeinschaften bilden. Für Städtereisen möglichst den Zug benutzen. Nur noch alle 3 bis 5 Jahre mit dem Flugzeug in den Urlaub verreisen.
- Einen fleischfreien Tag pro Woche einschalten, denn die Fleischproduktion benötigt rund 10 Mal mehr Flächen-, Wasser- und Energieressourcen als die Gemüseproduktion.

Wenn sich alle an diese Regeln hielten, wäre die Energiewende bereits zu einem schönen Teil geschafft.

Text: Prof. Dr. Anton Gunzinger\*, Gründer und Inhaber Supercomputing Systems AG, Vorstandsmitglied der ASPO Schweiz

\* Anton Gunzinger studierte als gelernter Radioelektriker auf dem zweiten Bildungsweg Elektroingenieur an der Zürcher ETH, wo er auch doktorierte. 1993 gründete er in Zürich die Firma Supercomputing Systems AG. Heute beschäftigt das Unternehmen rund 120 Mitarbeitende und gehört bei der Computertechnologie für Investitionsgüter zur Weltspitze. Daneben hat Gunzinger an der ETH Zürich einen Lehrauftrag im Bereich Computersystem-Architektur. Sein Bestseller «Kraftwerk Schweiz» ist im Zytglogge-Verlag erschienen ([www.zytglogge.ch](http://www.zytglogge.ch)). Anton Gunzinger ist im ASPO – Vorstand.