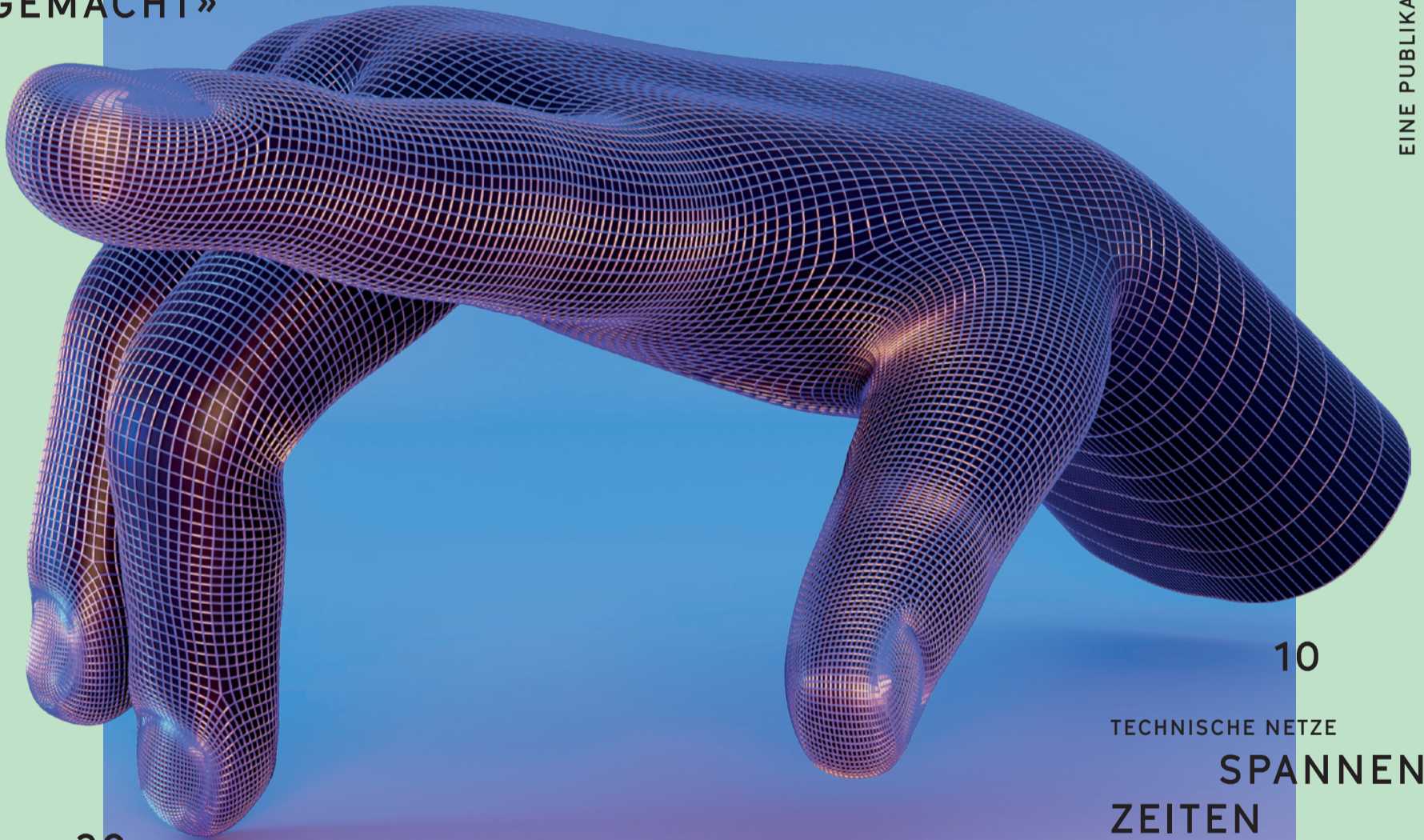


E &

6

ZUKUNFT VERNETZEN
«UND ES HAT
‹ZSCHSCH›
GEMACHT»



20

SOZIALE NETZE
WIE ENERGIE-
EFFIZIENT IST
DIE VERNETZTE
GESELLSCHAFT?

10

TECHNISCHE NETZE
SPANNENDE
ZEITEN

24

ORGANISATORISCHE NETZE
DIE ZUKUNFT
GEHÖRT DER
GEMEINSCHAFT

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

Wer an Netze denkt, denkt an ganz unterschiedliche Dinge: vielleicht an ein Spinnennetz, ein Einkaufsnetz, Fischernetz oder Sicherheitsnetz. Bestimmt aber auch an die technischen Netze, die uns nahezu überall umgeben und lückenlos versorgen: Strassen-, Schienen-, Strom-, Gas-, Wärme-, Telefon- und Datennetze – allen voran das grösste davon, das Internet.

Doch wir Menschen sind auch in unzählige soziale Netze eingebunden: in der Familie, im Freundeskreis, in der Schule, Lehre oder Arbeit, im Sport- oder Musikverein, in unserer Gemeinde, im Heimatkanton, im Staat und sogar auf unserem ganzen Planeten.

Dies passiert ganz automatisch, einfach weil wir Teil eines grossen Ganzen – eines globalen Ökosystems – sind, oder mit einer Absicht und einem Plan: weil sich Menschen seit jeher organisieren, um zu überleben, um sich gegen Feinde zu behaupten, um sich zu vergnügen, um mehr zu leisten – und weil sie nicht gerne alleine sind.

Dafür machen sie sich seit Urzeiten neue Technologien zunutze. Sie versammelten sich am Feuer, errichteten Häuser, bauten Strassen und Schienen, verlegten Strom- und Telefonkabel – und erfanden das Internet. Wie rasant und grundlegend diese Entwicklung ist, erleben wir in immer kürzeren Abständen. Hatte das Internet noch vor Jahren den Zweck, Menschen miteinander zu verbinden, überwiegen schon heute die Anwendungen, die Maschinen miteinander kommunizieren lassen – vom Internet der Menschen zum Internet der Dinge hat es nur kurze Zeit gedauert.

Mit dieser Ausgabe von «Energie &» wollen wir zeigen, wie diese technischen, sozialen und organisatorischen Netze geknüpft sind. Und was diese Netzwelt für unser Zusammenleben und unseren Umgang mit Energie bedeutet. Denn: Netze brauchen Energie – und sie können uns helfen, Energie zu erzeugen und zu sparen.

Auch für diese Ausgabe haben wir verschiedene Fachleute gebeten, uns ihre Sicht auf diese Netzwelt zu beschreiben – und sie sind auf Überraschendes gestossen. Ihre Neugierde wird belohnt werden!



Dr. Stefan Husi
Programm-Manager NFP 70 und 71

IMPRESSUM

Herausgeber:
Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung
der wissenschaftlichen Forschung SNF
Wildhainweg 3, Postfach 8232, CH-3001 Bern
T +41 (0)31 308 22 22
www.snf.ch

Produktion:
Nationale Forschungsprogramme NFP 70 und NFP 71
nfp70@snf.ch/www.nfp70.ch
nfp71@snf.ch/www.nfp71.ch

Redaktion:
Andreas Balthasar, Jost Dubacher, Stefan Husi,
Andrea Leu, Geneviève Ruiz, Hans-Rudolf Schalcher,
Brigitte Ulmer, Oliver Wimmer

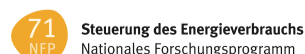
Gestaltung:
cR Kommunikation AG und Mémo Kommunikation AG

Bilder:
Studio Wøt | S. 1
Brigitte Fässler | S. 4, S. 17
Mémo Kommunikation AG | S. 12, S. 22, S. 23
Fabian Unternährer | S. 7, S. 8
Joshua Schaub | S. 10, S. 11
Kornel Stadler | S. 26

Druck:
Ilg Druck und Medien, 3752 Wimmis
Das Magazin wurde klimaneutral gedruckt.

Bestellmöglichkeit:
Das Magazin «Energie &» kann unter
www.energie-und.ch kostenfrei bestellt werden
und steht dort zum Download bereit.

© November 2017, Schweizerischer Nationalfonds, Bern



INHALT



5

REFLEXIONEN

NETZGEDANKEN

6

ZUKUNFT VERNETZEN

«UND ES HAT

«ZSCHSCH» GEMACHT»

10

TECHNISCHE NETZE

SPANNENDE ZEITEN

EINE FRAGE
DER AKZEPTANZ

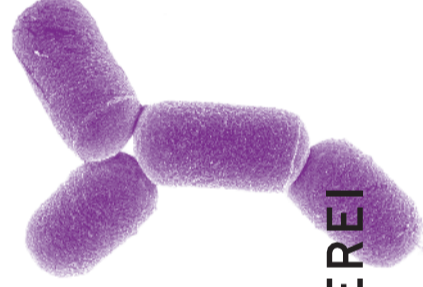
14

NEXT GENERATION

16

TECHNISCHE NETZE

«ICH HEIZE MIT EIS»



KEINE ZAUBEREI

20

SOZIALE NETZE

WIE ENERGIEEFFIZIENT
IST DIE VERNETZTE
GESELLSCHAFT?

24

ORGANISATORISCHE NETZE

DIE ZUKUNFT GEHÖRT
DER GEMEINSCHAFT



«DEZENTRALISIERUNG
WIRD ENERGIE-
KOSTEN SENKEN»

TOUR DE SUISSE



Nephila komaci ist 4 Zentimeter lang und hat 12 Zentimeter lange Beine, sie wohnt in einem südlichen Gebiet Afrikas – wohl den Wissenschaftlern, die einen über den genauen Ort in Unkenntnis lassen und damit Urlaubsträume wachhalten! – und sie baut ein Netz, das über 1 Meter Ausdehnung haben kann. Nephila komaci ist eine Radnetzspinne. Sie wurde 2009 entdeckt.

Armillaria ostoyae ist an sich 9 Quadratkilometer gross, wächst seit 2400 Jahren verborgen in der Erde des Malheur National Forest in Oregon in den USA und taucht nur vereinzelt auf und wird sichtbar; dann als gelber Hallimasch- oder auch Ständerpilz an Baumstümpfen. Im Jahr 2000 wurde er entdeckt.

Nora Gomringer ist 1,75 Meter gross und lebt in Bamberg. Ihre Tätigkeit als Autorin hat sie ein breites Netz von Lesern, Interessierten, Followern und Produzenten aufbauen lassen. Sie bewegt sich an der oberen Aufnahmegrenze von Facebook-Freunden, hat zahlreiche Follower auf Instagram, ersieht, dass ihre Website im Netz besonders mittwochabends und samstags frequentiert wird und dies vor allem von Frauen zwischen 25 und 45, obwohl die Käufer ihrer Bücher eher 55 plus sind, aber auch meist weiblich. Die meisten veröffentlichten Kritikerstimmen zu ihren Büchern jedoch sind männlich. Wie der Riesenpilz wurde Nora Gomringer im Jahr 2000 entdeckt.

Dreimal Netz. Dreimal Produzenten. Was noch fehlt sind Fischernetz, Einkaufsnetz, U-Bahn-Netz, Netzstrumpf und beim Netz neben aller Struktur und allen Möglichkeiten: die Maschen, die Löcher, das Nichts zwischen dem Etwas.

Mit dem vielbeschworenen Netz hat es so seine Tücken, ist es doch eigentlich kaum sichtbar und damit dem unterirdischen Myzel des Pilzes ähnlich, das sich nur hier und da sichtbar manifestiert. Sichtbarkeit in Sachen Virtualität hat mit Endprodukten zu tun. Mit Content Providern, Geräten, Smartphones, Rechnern, Festplatten, Speichern, Servern, Rechenzentren, grossen Gebäuden, in die dicke Kabel geleitet werden und in deren Kellern es brummt und blinkt und ständige gute Belüftung herrschen muss.

Masse, vor allem sich bewegende, rührende, denkende Masse, bestehend aus Einzelteilen, steckt voller Energie. Energie, die in sie hineingeleitet wird, bleibt ihr entropistisch eingeschrieben, und Energie, die sie abgibt, verteilt sich oft nur mit geringem Verlust. Die Philosophie des Netzes ist die Philosophie der Netzmacher, der unzähligen Sporenkörper, Spinnenleiber, Ver-Dichterinnen und Dichter: Sie ist wie Michael Endes Wesen Igramul, die Viele, deren Stimme ein mächtiger, verführerischer Chor ist.

Die Masse, deren Daten lieb und teuer sind, besteht aus Bewegern, die zuvor bewegt wurden. Und wo Bewegung ist, da ist zwangsläufig Energie und Austausch von energetischen Zuständen. Aber ich wiederhole mich ...

Ich glaube, das erste Gut, das virtuell und in ein weltweites Netz eingespeist wurde, doch in seiner Eisbergmasse unsichtbar blieb bis heute, ist Geld. Das Online-Banking ist nur die folgerichtige Entscheidung, die virtuellen Geldmengen in entsprechenden, nämlich physisch unsichtbaren, Bergwerken immenser Ausmasse liegen, verwalten und wachsen zu lassen.

Was unsichtbar ist, kann durch die Welt gereicht werden, ohne Hände zu beschmutzen. Dieses pecunia non olet. Hat es nie. Geld ist Spur und hilft bei der Spurensuche. In allen Kriminalfilmen ist klar, dass gefasst wird, wer mit Kreditkarte zahlt. Nur Bares ist Wahres, wenn man unsichtbar bleiben möchte auf der Erdoberfläche. Ist doch interessant. Seit Luhmanns Theorien um die Vereinzelung der Strukturen, der Systeme, ist die Not der Verknüpfungen dieser Einzelverkommnisse besonders deutlich geworden. Gedanklich muss es immer wieder gelingen, die Daten, darin die Fakten, Fiktionen, die Gegenstände des Geistes in Strukturen zu verbinden, die sowohl Festigkeit schenken als auch Expansion zu lassen. Die Löcher im Netz werden zunehmend interessanter, auch wandelt sich die Sprache um sie herum. Die Fliegen, die der Spinne entgehen, sich nicht im Klebfaden verheddern, werden schlauer, geschickter, sind in ihrer Konsequenzlosigkeit zunehmend wichtiger, weil sie die Maschen zeigen, die die Struktur ebenso vervollständigen wie das Gewebe, wie die Stille den Lärm, die Farben das Spektrum zwischen den

Nichtfarben auffüllen. Mein eigenes Schreiben ist mittlerweile eine Netzangelegenheit. Wie andere Autorinnen und Autoren meiner Generation habe ich das Netz und einzelne Social-Media-Plattformen als Orte der Publikation, Selbstmitteilung, Beobachtung und des Abgleichs, des Sendens und Empfangens vollkommen akzeptiert. Wenn ich

einen Monat lang kein Gedicht schreibe, aber über 60 Posts platziere, habe ich – so vermeine ich es – einen Beitrag zur Kultur der Lettern geleistet. Ob es Literatur ist, müssen andere beurteilen. Paratext ist es allemal. Ich fungiere als Vernetzer, Facebook nennt mich einen Influencer. Ich mag das Wort «fungieren»: Es steckt dem Laien fungus, der Pilz, darin. Und damit ist das Myzel auch in diese Idee hineingesetzt. Die Spinne webt ihr Netz, der Pilz lässt es wachsen, die Gomringer pflegt es.



Kathrin, wie sind Sie auf die Ausbildung zur Netzelektrikerin gekommen?

Auf Umwegen ... Netzelektrikerin wird einem ja nicht als Erstes von der Berufsberatung empfohlen. Da kommt oft erst das KV, dann vielleicht ein Pflegeberuf – und Netzelektriker erst sehr weit hinten. Viele wissen wahrscheinlich gar nicht, dass es diesen Beruf überhaupt gibt. Ich habe erst als Geomatikerin gearbeitet und schon da Leitungen vermessen. Das hat mir viel Spass gemacht. Nachdem ich auch in Deutschland und Holland gearbeitet hatte, hat mir ein Kollege, der Chefmonteur bei einem Elektrizitätswerk ist, gesagt, Netzelektrikerin könnte etwas für mich sein. Ich durfte bei ihm in der Abteilung ein bisschen schnuppern.

Wenn man so wenig über Ihren Beruf weiss, wie sieht es mit dem Nachwuchs an Lernenden aus?

Seit Kurzem hat es angezogen. Mein Jahrgang ist der grösste, den das Schulungszentrum in Kallnach, wo alle überbetrieblichen Kurse stattfinden, je hatte. Vorher waren es etwa 20 Auszubildende pro Jahrgang. Jetzt hat man an verschiedenen Berufsmessen Werbung für die Ausbildung gemacht. So haben viele gemerkt, dass das ein spannender Beruf ist.

Auch für Frauen?

Das hat sich noch nicht so rumgesprochen. In meiner Klasse sind wir drei Frauen von knapp 40 Lernenden. Das ist viel. Im Jahrgang über mir war nur eine Frau, davor in mehreren Jahren keine einzige. Im Schulungszentrum sind sie mit uns drei Frauen auch an den Anschlag gekommen. Sie mussten ganz schnell ein Behinderten-WC in eine Dusche für uns umbauen. Aber ich gehe trotzdem bei den Männern (*lacht*), weil es abschliessbare Kabinen hat. Damit hat eigentlich niemand ein Problem.

Sie sagen, dass vor allem wegen der Werbung mehr junge Leute Netzelektriker werden möchten. Gibt es noch andere Gründe?

Natürlich hat es auch einen Einfluss, dass man in letzter Zeit im Zusammenhang mit der Energiewende viel über Strom, Netze, Elektroautos diskutiert hat. Deshalb ist es den Leuten wahrscheinlich etwas präsenter, was wir machen. Aber die meisten glauben immer noch, dass der Strom einfach aus der Steckdose kommt. Dass man diesen irgendwo in grossen Mengen produzieren und transportieren muss, ist vielen gar nicht bewusst.

Wie sieht ein typischer Arbeitstag aus?

Wir treffen uns morgens hier am Stützpunkt zur Teambesprechung und Arbeitsverteilung. Das ist eigentlich der wichtigste Teil, denn alle Aufträge müssen klar sein. Dann wird das Material zurechtgemacht und wir rücken auf die Baustelle aus. Dort machen wir entweder Kabelarbeiten und Unterhalt oder beheben Störungen. In der Regel kennt man das grobe Wochenprogramm, ausser natürlich Störungen, die kommen kurzfristig.

Was macht Ihnen an Ihrer Arbeit am meisten Spass?

Vor allem die Abwechslung – mal wird ein Kabel im Boden verlegt oder wir bauen eine Trafostation um oder wir sind draussen auf der Freileitung oder planen ein Projekt und bereiten es vor. Mal ist man eine Woche auf derselben Baustelle, dann wieder jeden Tag an einem anderen Ort.

Was ist das für ein Gefühl, auf Strommasten zu steigen und mit Hochspannung umzugehen?

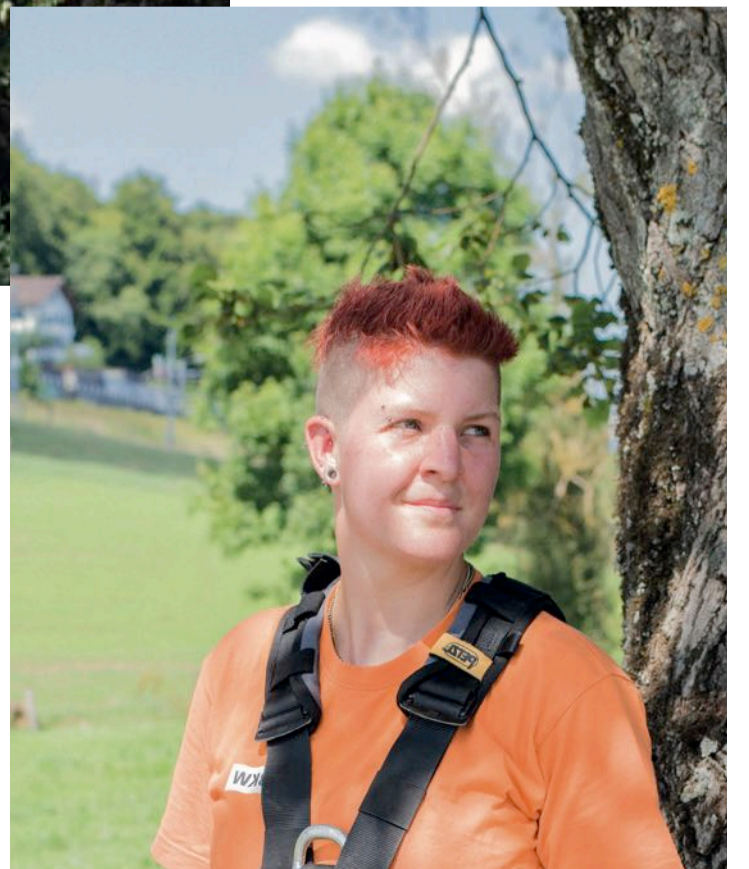
Am Anfang war es schon ein komisches Gefühl – weniger der Strom, sondern die Höhe. Ab 10 Metern musste ich erst einmal durchschnaufen. Mittlerweile habe ich mich daran gewöhnt. Manchmal stellt jemand in der Schnupperlehre fest, dass das nichts für ihn ist. Wenn man Angst vor der Höhe hat, ist das nicht der richtige Beruf.

Und was geht einem durch den Kopf, wenn man mit so viel Strom hantiert?

Wir kümmern uns um Niederspannung, also 400 Volt, für die Gebäude, Mittelspannung mit 16 000 Volt für die regionale Versorgung und in Störungsfällen auch um Hochspannung mit 50 000 Volt. Man denkt nicht daran, dass das sehr viel Strom ist. In der Regel dürfen wir Lernenden sowieso nicht unter Spannung arbeiten. Wir führen nur einfache Arbeiten wie Messungen oder Sicherungen wechseln unter Spannung aus. Gelegentlich wird mir bewusst, dass ich nur einen halben Meter von 16 000 Volt entfernt bin. Ich denke mir dann, man muss Respekt haben, aber keine Angst, sonst ist man blockiert.



Kathrin Meyer ist im dritten Lehrjahr ihrer Ausbildung zur Netzelektrikerin EFZ und arbeitet am BKW Stützpunkt in Schwarzenburg.



Ist das eine Art Karriere: je mehr Spannung, desto toller?

Nein, das nicht. Nicht jeder, der Netzelektriker lernt, möchte später mit Höchstspannung arbeiten. Nur eine meiner Kolleginnen möchte unbedingt in den Grossleitungsbau. Sie ist aber eine Ausnahme.

Haben Sie auch schon kritische Situationen erlebt?

Nicht mit Strom. Aber bei der Demontage einer Freileitung ist ein Mast zwischen die Leute gestürzt. Zum Glück wurde niemand verletzt. Aber so etwas kann auf jeder anderen Baustelle auch passieren. Dort können kleine Fehler eine grosse Wirkung haben.

In welcher Höhe arbeiten Sie, wenn Sie Freileitungen reparieren?

Die kleinen Masten sind 10 Meter hoch – das sind die herzigen, die hohen 16 Meter. Aber die Höhe nimmt man beim Arbeiten nicht wahr. Nur beim Hochsteigen merkt man es, weil man in kurzer Zeit viel Höhe gewinnt.

Gibt es einen Wettbewerb, wer am schnellsten auf einen Mast steigen kann?

In den Kursen ist ein bisschen Rivalität zwischen den Firmen. Aber im Job unter Kollegen machen wir das nicht. Ausser bei einer Ausschaltung, wenn wegen einer Reparatur der Strom unterbrochen werden muss. Dann schaut man natürlich, dass man so schnell wie möglich fertig wird, und nimmt nicht den, der am langsamsten ist. Da merkt man schon eine andere Gruppendynamik: Alles wird schneller und jeder Handgriff muss sitzen.

Woran denken Sie beim Wort «Vernetzung»?

Natürlich vor allem an Strom und Stromleitungen. Eben an alles, was es braucht, damit das Netz funktioniert und die Leute mit Strom versorgt werden. Es ist einfach ein tolles Gefühl, wenn man eine Anlage installiert mit Trafo, Schaltanlage und Niederspannungsverteiler, den Schalter umlegt – und es macht «zuschsch».

Hat sich Ihre Einstellung zu Ihrem Beruf durch die Energie- wende geändert?

Ganz sicher. Für uns intern war die Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg natürlich ein Riesenthema. Aber ich mache mir keine Sorgen, dass es meinen Beruf in Zukunft nicht mehr braucht. Im Gegenteil: Die Anforderungen an die Netze steigen und es wird immer anspruchsvoller zu verstehen, wie das Netz aufgebaut ist und funktioniert. Im Moment wird sogar diskutiert, ob die Lehrzeit auf vier Jahre verlängert werden soll, weil man immer mehr wissen und können muss.

Sie kümmern sich vor allem um Elektrizitätsnetze. Kommen Sie auch mit Telekommuni- kationsnetzen in Berührung?

Das Zusammenspiel von Strom- und Datenetzen ist ein grosses Thema, vor allem für Lichtwellenleiter, weil die Lichtdaten in elektrische Signale umgewandelt werden müssen. Diese elektrischen Signale brauchen Strom. Je mehr Glasfaser verbaut wird, desto mehr müssen wir deren Stromversorgung sicherstellen.

Befassen Sie sich auch mit Smart Grids, also intelligenten Netzen?

Wir verbauen bereits neue intelligente Steuerungselemente, aber da sind wir noch am Anfang.

Wie wird Ihr Beruf in Zukunft aussehen?

Schon heute arbeiten wir mehr mit mobilen Geräten und Apps. Und in Mühleberg ist eine Zentrale, von wo aus vieles am Netz überwacht und gesteuert werden kann. Zum Beispiel kann man Freileitungsschalter mit Motoren steuern, sodass wir nicht extra ausrücken und vor Ort schalten müssen. Auch werden Drohnen getestet, die künftig die Freileitungen abfliegen und deren Zustand überwachen sollen.

Und eine letzte Frage: Würden Sie diesen Beruf wieder wählen?

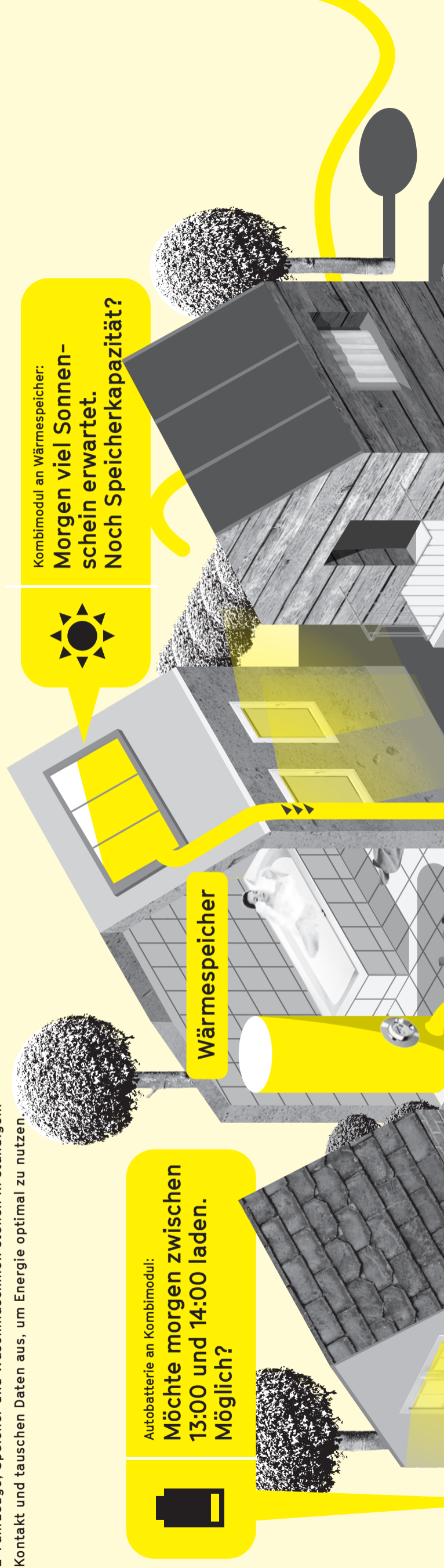
Ja, unbedingt. Nach dem ersten Lehrjahr habe ich gezweifelt, ob ich da etwas Schlaues gemacht habe. Mein Partner ist selbst Stromer, also Elektroinstallateur, und er hat mir vor Kurzem gesagt, er hätte am Anfang meiner Lehre geglaubt, dass ich nur ein Jahr durchhalte. Er hatte mir das aber damals nicht gesagt, weil ich dann sicher wütend geworden wäre. Aber jetzt ist er sehr stolz, dass ich es durchziehe und dass es mir Freude macht.

Lastträger im Hintergrund: Warum das Schweizer Stromnetz vor einem grundlegenden Umbau steht.

Im Moment decken die neuen erneuerbaren Energien wie Wind, Sonne oder Biomasse gut fünf Prozent unseres Strombedarfs. Knapp 40 Prozent des Stroms stammen aus Kernkraftwerken. Sie sollen abgeschaltet und unter anderem durch photovoltaische Anlagen und Windkraftwerke ersetzt werden.	Aber wir werden nicht nur den Atomstrom substituieren müssen, sondern auch noch Millionen Tonnen Brenn- und Treibstoffe. Doch die Wärmepumpen, die künftig unsere Wohnungen warm halten, brauchen genau so Strom wie unsere elektrisch betriebenen Fahrzeuge.	Zu tragen hat all diese Lasten ein über Jahrzehnte gewachsenes Stromnetz. Es ist zurzeit rund 250 000 Kilometer lang und umfasst sieben sogenannte Netzebenen: vom Höchstspannungsnetz, das mit bis zu 380 000 Volt betrieben wird, bis zu den lokalen Ortsverteilnetzen, an denen die 230-Volt-Buchsen hängen.	Die Schleusenwärter des Stromnetzes sind die Transformatoren. Sie verändern das Spannungsniveau des elektrischen Stroms, bilden die technische Schnittstelle zu den Kraftwerken, vermitteln zwischen den verschiedenen Netzebenen und nehmen bei der Umsetzung der Energiewende eine Schlüsselstellung ein.
---	---	---	---

AUF EINEN CHAT

In einem Microgrid, das Energieerzeuger und -verbraucher lokal vernetzt, geht es zu wie in einer guten Nachbarschaft: Man nimmt Rücksicht aufeinander und stimmt sich ab. Solaranlagen, Wärmepumpen, Heizungen, E-Fahrzeuge, Speicher und Waschmaschinen stehen in ständigem Kontakt und tauschen Daten aus, um Energie optimal zu nutzen.





Forschungsprojekte:
 Verbundprojekt «Swiss» Halbleiterbasierter SIC-Trafo» (NFP 70)
 Verbundprojekt «Software-basierte Netzsteuerung in Echtzeit» (NFP 70)

Wenn Strom «aufwärts» fliesst

Bisher ist der Strom von den Grosskraftwerken wasserfallartig in die Verteilnetze geflossen. Mit der Inbetriebnahme von Tausenden dezentralen Solar-, Wind- oder Biomassekraftwerken wird es immer häufiger vorkommen, dass der Strom aus den Verteilnetzen auf die höheren Spannungsebenen klettert muss.

«Wenn wir diesen <Gegenverkehr> steuern wollen, brauchen wir neue, intelligente Transformatoren», erklärt Nicola Schulz, Experte für elektrische Energietechnik an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch. Zusammen mit seinem Team entwickelt er deshalb einen Trafo mit Schaltelementen aus Siliziumkarbid, der in der Lage ist, elektrische Ströme zu «zerhacken» und in nahezu beliebiger Form wieder zusammenzusetzen.

Mit diesem neuen Swiss Transformer wäre es ausserdem möglich, lokal erzeugten Strom schon auf der untersten Netzebene in Gleichstrom zu wandeln. Und weil Gleichstrom die Ladezeiten von Batterien verkürzt, würden die Stromtankstellen nicht nur kundenfreundlicher, sondern könnten auch mit vor Ort produzierter Sonnen- und Windenergie geladen werden.

Aus der Region – für die Region

Solche Formen der lokalen Selbstversorgung entlasten die Hoch- und Höchstspannungsleitungen von unnötigem Mehrverkehr. Sie sind hoch willkommen und weisen den Weg zu dem, was in der Fachsprache Microgrid heisst. Die Rede ist von Produktions- und Verbrauchsgemeinschaften auf Quartierebene. Experten sind überzeugt: Microgrids sind die zentralen Bausteine der Stromversorgung von morgen.

Auf dem Weg dahin gilt es jedoch noch eine Reihe von technischen Problemen zu lösen. Kopferbrechen bereitet vor allem die Netzstabilität. Denn je weniger Parteien in einem Netz interagieren, desto leichter gerät es durch die Aktivitäten Einzelner aus dem Gleichgewicht. In einem Stromnetz führt dies zu Schwankungen der Stromfrequenz, die ohne Gegenmassnahmen Blackouts zur Folge haben.

Microgrids müssen deshalb über zentrale Steuerungen verfügen. Sie sammeln die Betriebsdaten von Haushaltsgeräten, Maschinen, PV-Anlagen und Speichermodulen und errechnen daraus in Echtzeit Sollwerte für die Auf- oder Abnahme von elektrischer Energie.

Der Faktor Mensch

Wie das in der Praxis funktionieren könnte, wird unter anderem an der ETH Lausanne erforscht. Dort befassen sich unter der Leitung von Jean-Yves Le Boudec gleich mehrere Teams mit der Steuerung von Microgrids. Eines von ihnen bezieht auch den Faktor Mensch mit ein. Es geht um die Frage, was der Konsument zur Stabilität lokaler Selbstversorgungsnetze beitragen kann; denkbar wären zum Beispiel Anreizsysteme für die private Stromproduktion.

Solche Visionen machen es deutlich: Microgrids würden sich auch auf unseren Alltag auswirken. Frank Kalvelage vom Energie-Cluster Schweiz, einem Verein zur Förderung der Energiewende, der von Hochschulen, Unternehmen und Gemeinden getragen wird, geht sogar noch einen Schritt weiter: «Aus Sicht des Verbrauchers würde sich alles ändern.»

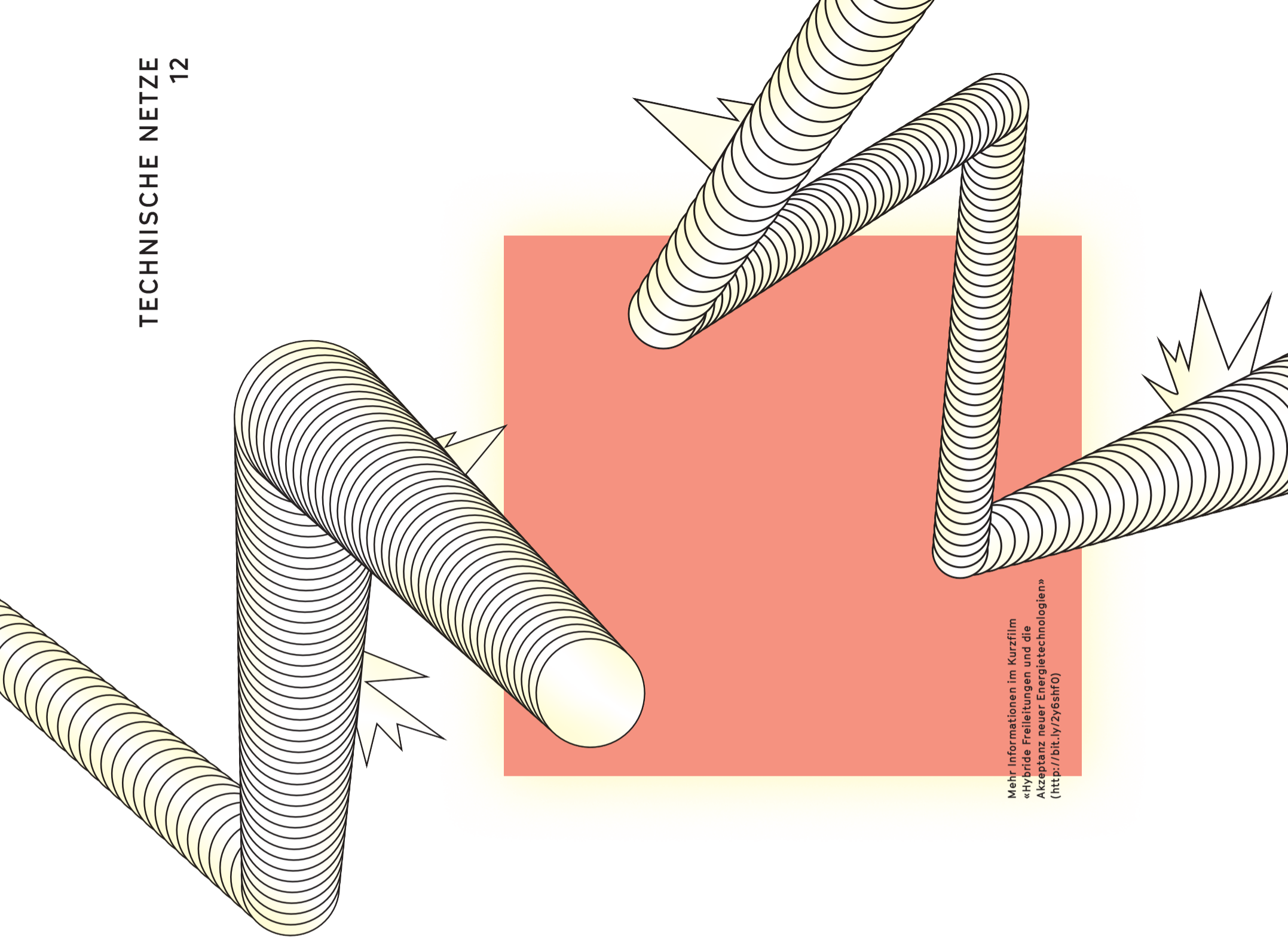
Als Mieter würden wir künftig mit unseren Nachbarn Kollektive bilden und auf dem Dach des gemeinsam genutzten Hauses photovoltaische Anlagen für den Eigengebrauch installieren. Wir würden elektrische Energie herstellen, speichern, verkaufen und einkaufen.

Noch funktioniert es, unser gutes altes Stromnetz. Doch der Umbau wird kommen. Wir haben es beschlossen. Das neue Energiesgesetz – die erste Etappe der Energiestrategie 2050 – wurde im Frühling 2017 von einer deutlichen Mehrheit der Bürger angenommen.

Jost Dubacher – Wirtschaftsjournalist

EINE FRAGE DER AKZEPTANZ

TECHNISCHE NETZE
12



Mehr Informationen im Kurzfilm
«Hybride Freileitungen und die
Akzeptanz neuer Energietechnologien»
(<http://bit.ly/2y6shf0>)

Höchstspannungsleitungen transportieren den Strom von den Grosskraftwerken in die Agglomerationen und bilden das Rückgrat des internationalen Stromhandels. In der Schweiz erstreckt sich das Höchstspannungsnetz über eine Länge von 6700 Kilometern. Das klingt nach viel, ist aber zu wenig für den zusätzlichen Strom, den die Energiewende bringen wird. Und weil der Neubau von Freileitungen mit Mastenhöhen bis zu 60 Metern in der dicht besiedelten Schweiz mit Sicherheit auf Widerstände stossen würde, läuft die Forschung auf Hochtouren.

Zum Beispiel am Institut für elektrische Energieübertragung der ETH Zürich. Dort arbeitet das Team von Christian Franck an einem System, mit dem sich die Übertragungskapazität der bestehenden Höchstspannungsleitungen um bis zu 50 Prozent steigern liesse. Möglich macht dies die Tatsache, dass die Übertragung von Gleichstrom vergleichsweise verlustarm ist. «Wir könnten einen Teil der bestehenden Wechselstromleitungen durch Gleichstromleitungen ersetzen», sagt Franck.

Die Lösung hat nur einen Nachteil: Aufgrund der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen der bestehenden Wechselstrom- und der zusätzlichen Gleichstrom-Übertragung am selben Mast verstärkt sich das auch vom Boden aus gut hörbare Flimmern und Knistern der Leitungen.

Franck zog deshalb schon bei Projektstart die Politikwissenschaftlerin Isabelle Stadelmann-Steffen von der Universität Bern hinzu. Sie sollte abklären, welche Haltung die Bevölkerung zu Höchstspannungsleitungen im Allgemeinen hat und wie sie auf die neue Hybridtechnologie reagieren würde.

Im Frühling 2016 startete die Forschungsgruppe von Stadelmann-Steffen eine Umfrage bei 1300 Personen aus der ganzen Schweiz. Seit diesem Sommer liegen die Ergebnisse vor. Erwartungsgemäss lassen Freileitungen niemanden kalt. «Überraschend war jedoch, dass die Anwohnerinnen und Anwohner von Höchstspannungsleitungen generell gelassener waren als jene, die das Thema nur aus der Ferne kennen», stellt die Forscherin fest.

In Hinblick auf die Umrüstung des Stromnetzes ist das eine gute Nachricht. Denn es zeigt, dass die Widerstände in der Bevölkerung mit Praxiserfahrungen eher sinken. Die Politikwissenschaftlerin Stadelmann-Steffen ist überzeugt: «Mit einer gezielten Aufklärung liesse sich die Akzeptanz von baulichen Massnahmen sicher steigern.»

Forschungsprojekte:
Hybride Freileitungen in der Schweiz (NFP 70)
Akzeptanz erneuerbarer Energie (NFP 71)



Für die Energiezukunft der Schweiz

Wir sind stolz, Praxispartner im Projekt «Hybride Freileitungen in der Schweiz» der ETH Zürich zu sein. Dieses wird im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes «Energiewende» (NFP 70) durchgeführt. Nebst der Entwicklung modernster Technologie ist für uns insbesondere die Frage entscheidend, wie diese Technologie sinnvoll angewendet werden kann. Zum Wohle der Menschen, der Gesellschaft und der Umwelt.

swissgrid

EcoTweet

@EcoTweet

Jeder Tweet generiert 0,02 g CO₂. Mit rund 500 Millionen Tweets pro Tag produziert Twitter täglich insgesamt 10 Tonnen CO₂.

133 RETWEETS 1,170 LIKES



erde@mail.com

umweltverschmutzung

Achtung, dieses E-Mai

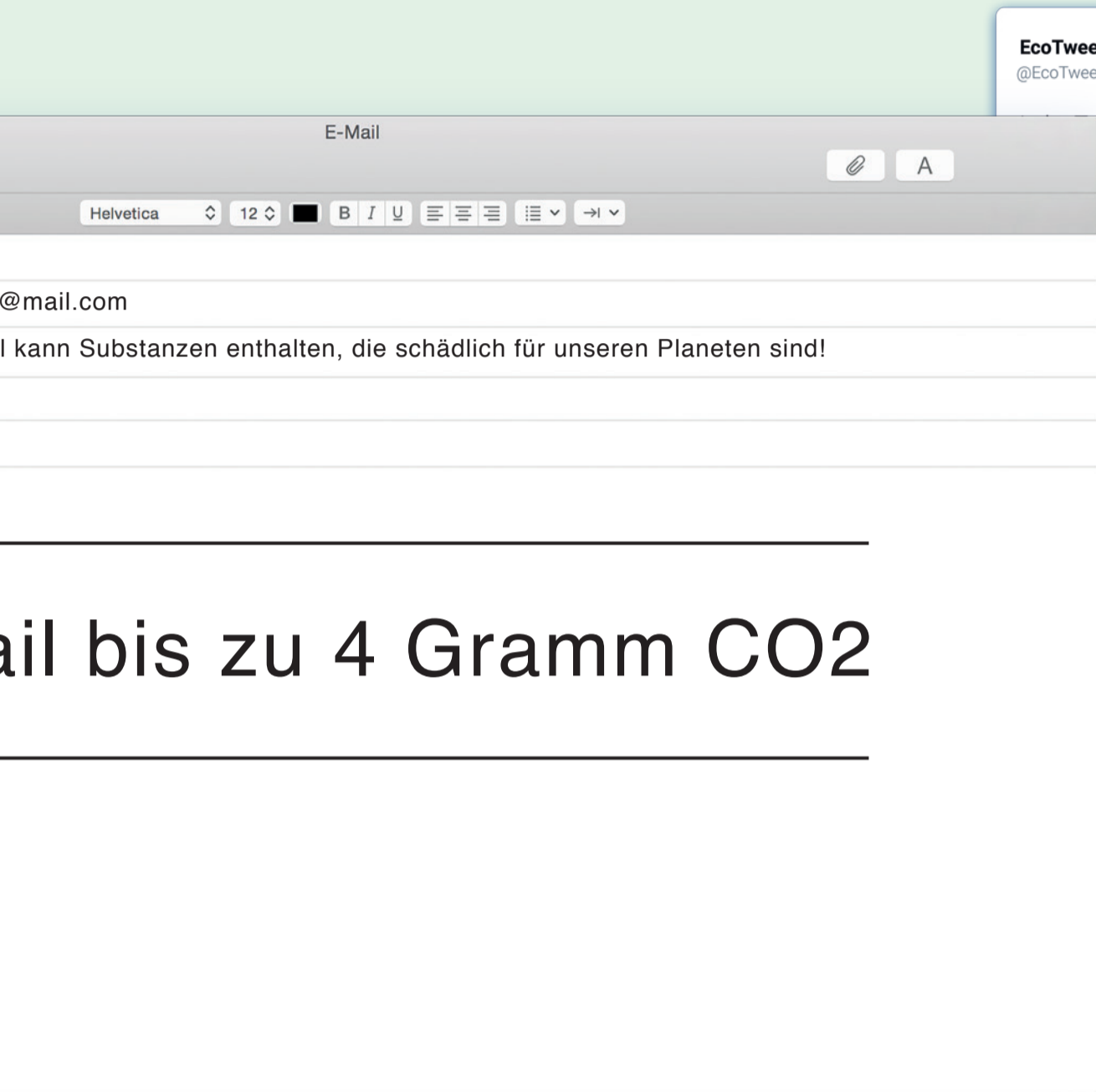
gyb@mail.com

1 E-Ma

Welche Gedanken machen sich junge Menschen zu unserem Umgang mit Energie? Wo sehen sie die Herausforderungen? Wo die Lösungen? Die Schülerinnen und Schüler des Ergänzungsfaches Geografie 2017–2018 am Gymnase Intercantonal de la Broye (GYB) in Payerne teilen ihre Gedanken mit «Energie &».

Wenn wir heute eine E-Mail versenden, eine Suchmaschine verwenden, online einen Film schauen oder unser Telefon aufladen, sind das für uns ganz alltägliche Dinge. Wir sind mit dem Internet aufgewachsen und können uns ein Leben ohne gar nicht vorstellen. Doch ist uns nicht unbedingt bewusst, wie viel Energie dieses riesige Netz verschlingt. Wer weiss zum

Beispiel, dass das Internet jährlich so viel Strom verbraucht, wie 30 Kernkraftwerke produzieren? Oder dass durch Internetrecherchen alleine bei Google pro Tag 7 Tonnen CO₂ produziert werden? Oder dass ein Laptop jedes Jahr gleich viel CO₂ verursacht wie ein Flugzeug, das von Paris nach London fliegt?



E-Mail bis zu 4 Gramm CO2



Wie kann ich die Umweltbelastung meines Computers verringern?

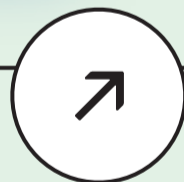
Wenn du einem Mitschüler eine Mail mit Anhang senden willst, verwende stattdessen lieber einen USB-Stick.

Setze Lesezeichen, um oft besuchte Websites schnell wiederzufinden, statt sie über eine Suchmaschine abzurufen.

Tippe die URL der gewünschten Website direkt in die Adressleiste ohne den Umweg über eine Suchmaschine.

Verwende einen Spamfilter in deiner Inbox.

Lass deine elektrischen Geräte nicht unnötig aufladen.



Wie kann ich die Umweltverträglichkeit meiner E-Mails erhöhen?

Behalte nur wichtige E-Mails und leere den Papierkorb regelmässig.

Um die Grösse von Anhängen zu reduzieren, komprimiere deine Dokumente und wähle bei Bildern oder PDF-Dateien eine geringere Auflösung.

Wenn du auf eine E-Mail antwortest, lösche frühere Anhänge.

Drucke E-Mails nur dann aus, wenn es wirklich notwendig ist.

Ab 2029 soll es in der Schweiz keine neuen Ölheizungen mehr geben. Doch der blosse Ersatz fossiler Brennstoffe durch Strom ist keine Option. Was es braucht, sind netzunabhängige Systeme, welche die Sommerwärme für den Winter verfügbar machen. Zum Beispiel die Eisspeicher von Remo Ritzmann. E& hat mit dem jungen Ingenieur gesprochen.

Was sagt Ihnen die Zahl 12,9 Milliarden, Herr Ritzmann?

In Franken ist es in etwa der Betrag, für den die Schweiz Jahr für Jahr fossile Energieträger wie Öl und Gas importiert. Ein Fünftel dieses Geldes verbrennen wir buchstäblich in unseren Heizungen. Das sind rund 300 Franken für jeden von uns, und diese Ausgabe könnten wir uns ersparen.

Zum Beispiel mit einem Eisspeicher?

Sie sagen es.

Die Vorstellung, man könne mit Eis heizen, scheint einigermassen absurd. Können Sie uns erklären, wie das funktioniert?

Das zugrundeliegende physikalische Phänomen nennt sich Kristallisationseffekt. Beim Gefrieren von Wasser wird schlagartig Energie frei; und zwar genauso viel wie beim Abkühlen von 80-gradigem Wasser auf null Grad. Diese Energie kann mit einem Wärmetauscher abgeschöpft und zum Heizen genutzt werden.

Wie lädt sich ein Eisspeicher wieder auf?

Das macht er ganz ohne unser Zutun. Im Frühling taut das Eis und im Herbst beginnt der Zyklus von Neuem.

Der Wärmetauscher braucht aber Strom?

Das ist richtig: Um dem Wasser 1 Kilowattstunde Heizleistung zu entziehen, braucht der Tauscher knapp 0,2 Kilowattstunden Strom. In unserer Pilotanlage auf dem Bauernhof meiner Eltern im schaffhausischen Guntmadingen produzieren wir diese Energie mit einer photovoltaischen Anlage.

Und was tun Sie im Winter?

Auf das Stromnetz sind wir nur im Januar angewiesen; und selbst in dieser kurzen Periode verbrauchen wir nur noch einen Fünftel der Energie, die früher für Heizen mit fossilen Brennstoffen nötig war. Aber es kommt noch besser: Dank der Kälte aus dem Eisspeicher verfügen meine Eltern im Sommer über eine vollkommen autark betriebene Klimaanlage.

Wo sehen Sie das grösste Potenzial für Ihre Heiztechnik?

Bei unseren ersten Projekten enthält der Wasserspeicher rund 150 000 Liter Wasser. Das Volumen von 150 Kubikmetern entspricht einer mittleren Zweizimmerwohnung. Deshalb konzentrieren wir uns zurzeit auf die Nutzung von nicht mehr gebrauchten Güllenlöchern auf Bauernhöfen. Ich habe einen Wärmetauscher entwickelt, der sich frei formen lässt und deshalb in jede Jauchegrube passt.

Wie viele Eisspeicher werden Sie in diesem Jahr bauen?

Erst eine Handvoll. Wir sind noch ein kleines Team. Aber wir wollen wachsen. In der Schweiz gibt es rund 34 000 aufgelassene Güllenlöcher. Die Arbeit geht uns nicht aus.



Steckbrief Remo Ritzmann

Während seines Ingenieurstudiums an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) entwickelte Remo Ritzmann eine LED-Taschenlampe, die sich bis heute 28 000 Mal verkauft hat. Seit 2014 widmet er sich dem Eisspeicher. Seine RINO Electronics AG beschäftigt bereits elf Mitarbeitende. Daneben findet der 36-Jährige noch Zeit, an der Winterthurer Berufsschule für Mechatronik angehende Elektronikerinnen und Elektroniker zu unterrichten.

In der Nähe von Solothurn wird Wasser in Erdgas verwandelt: Warum das Hybridwerk Aarmatt auch chinesische Regierungsvertreter interessiert.

Ein Hybrid ist eine Kreuzung; zum Beispiel zwischen einem Elektromobil und einem Auto mit Verbrennungsmotor. Eine Kreuzung ist auch die Aarmatt, ein Gelände auf dem Gebiet der Solothurner Vorortsgemeinde Zuchwil. Dort sind vier Netze verbunden, die normalerweise streng getrennt sind: das Strom-, das Gas-, das Wasser- sowie das Fernwärmenetz der lokalen Kehrichtverbrennung.

verantwortlich für das Hybridwerk. Der gelernte Chemieingenieur hat seit der Inbetriebnahme vor zwei Jahren schon mehr als 3000 Besucher empfangen, einige von ihnen persönlich; darunter die 30-köpfige Delegation einer chinesischen Provinzregierung.

Sie alle interessieren sich für eine grosse Frage: Wie schaffen wir es, eine zuverlässige Stromversorgung ohne

von Batterien oder Druckluftspeichern investiert. «Für die langfristige, die Jahreszeiten übergreifende Speicherung jedoch», so Thomas Schellenberg, «bietet sich unser bestehendes 20 000 Kilometer langes Gasnetz an.»

Deshalb geht man in der Aarmatt jetzt auf dem langen Weg zur sogenannten Konvergenz der Netze noch einen Schritt weiter. Zurzeit wird

Die Herausforderung wird bei näherer Betrachtung immer grösser!

Verknotet sind die Netze mit drei Anlagen, die in der Lage sind, einen Energieträger – zum Beispiel Gas – in einen anderen – beispielsweise Strom – umzuwandeln.

Der Gasheizkessel:
Er wandelt Gas in Wärme und dient als Backup für das Fernwärmenetz, das mehrere Tausend Solothurner mit Heizenergie und warmem Wasser versorgt.

Das Blockheizkraftwerk:
Es gewinnt aus Gas neben Wärme auch elektrische Energie; Strom, der in Zeiten erhöhten Verbrauchs – etwa an dunklen und kalten Winterabenden – die Bedarfsspitzen abdecken kann.

Der Elektrolyseur:
Er spaltet mittels elektrischer Energie Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff auf. Der Wasserstoff wird zwischengespeichert und kann dosiert ins Erdgasnetz geleitet werden.

Thomas Schellenberg ist Leiter Energie bei Regio Energie Solothurn und

Kernkraftwerke und ohne Verstromung von Kohle, Gas oder Erdöl zu bauen? Die Herausforderung ist gross und wird bei näherer Betrachtung immer grösser.

Der Grund dafür liegt in der Funktionsweise des Stromnetzes: Wenn es stabil funktionieren soll, müssen sich Einspeisung und Verbrauch im Gleichgewicht befinden. Die neuen erneuerbaren Energien jedoch lassen sich nicht regeln wie ein konventionelles Kraftwerk.

Doch damit nicht genug: Ein Normaljahr dauert 8760 Stunden. Ein Kernkraftwerk läuft im Idealfall rund 8000 Stunden. Solarstrom – um dieses Beispiel zu nennen – fällt hingegen vor allem sommers und nur tagsüber an. Das heisst: In dieser Zeit müssen enorme Mengen Energie gesammelt und gespeichert werden.

Für die kurzfristige, stunden- und tageweise Zwischenspeicherung von überschüssigem Strom werden in der Schweiz Pumpspeicherwerke gebaut und Millionen von Franken in die Entwicklung

eine neue Anlage für die biologische Methanisierung des im Hybridwerk gewonnenen Wasserstoffs gebaut. In diesem «Power-to-Gas»-Reaktor wandeln einzellige Organismen – sogenannte Archaeen – Wasserstoff (H_2) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) in Methan (CH_4) um.

In Zukunft soll das Hybridwerk Methan in Erdgasqualität produzieren, das bei Bedarf wieder verstromt werden kann. Anfang des kommenden Jahres werden die Bauarbeiten abgeschlossen sein; im Frühling beginnt der Pilotbetrieb.

Finanziell mitgetragen wird das Projekt vom Bund. Ebenfalls an den Kosten beteiligt ist die EU; dies im Rahmen des Programms Horizon 2020. Das Solothurner Hybridwerk ist Teil eines europaweiten Forschungsprojektes zur Zukunft der Power-to-Gas-Technologien.



**«Falsch genutzt,
führt Airbnb zu höherem
Energieverbrauch.»**



**«Schweizer sind Pioniere
der Sharing Economy.»**

**«Grüne Standard-
einstellungen machen uns
zu Energieschonern.»**



Digitale Netze können helfen, Energie zu sparen. Aber nur, wenn man sie richtig nutzt. Ein kurzer Blick zurück und Bits & Bytes aus der neuesten Forschung.

Sharing-Economy: Energiefresser oder Energiesparer?

Wer einige Tage in die Haut eines Londoners oder einer Neapolitanerin schlüpfen will, braucht nur ein «Airbnb» zu buchen. Vor Ort empfängt einen ein Gastgeber oder ein Schlüssel wird hinterlegt, zusammen mit den besten Ausgehtipps.

Knapp zehn Jahre alt ist der digitale Marktplatz, dessen Name sich aus «Airbed and breakfast» – Luftmatratze und Frühstück – ableitet. Airbnb hat dazu beigetragen, dass die Sharing-Economy zum Zauberwort der Dekade geworden ist: Wir teilen Dinge, von denen wir nie gedacht hätten, dass wir sie jemals Fremden anvertrauen würden. Doch welche Effekte hat Sharing für die Gesamtenergiebilanz?

Die Sharing-Economy basiert auf dem Prinzip, Überkapazitäten zum gegenseitigen Nutzen und gegen Bezahlung zur Verfügung zu stellen oder zu nutzen. Dazu braucht es nur ein Netz, einen Bildschirm und eine benutzerfreundliche User-Plattform. Die soziale Akzeptanz ist so durchschlagend, dass Airbnb in weniger als vier Jahren zur grössten Hotelkette der Welt gewachsen ist, und Fahrgemeinschaften gewinnen als Alternative zum öffentlichen Verkehr an Akzeptanz. Aber helfen Sharing-Plattformen tatsächlich, effizienter mit Energie umzugehen? Die Energiebilanz von Airbnb nahm ein Projektteam des Psychologischen Instituts und der Sozialforschungsstelle der Universität Zürich

mittels einer Befragung von einigen hundert Gästen und Gastgebern in der Schweiz unter die Lupe. Auf den ersten Blick erscheinen die Ergebnisse positiv: Ein Grossteil der Gäste würde ohne Airbnb Hotels, also energieintensivere Übernachtungsformen, nutzen, und rund 40 Prozent der Gastgeber gaben an, sie würden während der Vermietung in derselben Wohnung übernachten. Das würde den Pro-Kopf-Energieverbrauch eigentlich massgeblich verringern – aber nur, wenn der Kontext unterschlagen würde. Denn wegen der günstigen Preise reisen die Airbnb-Nutzer weiter und öfter, was den Energieverbrauch pro Kopf stark erhöht. Zu berücksichtigen sind auch die weiteren sogenannten «Rebound-Effekte», wie der Co-Autor der Studie, Jürg Artho von der Sozialforschungsstelle der Universität Zürich, meint. «Durch die Nutzung von Airbnb wird Geld frei, welches die Personen nicht nur in längere oder weitere Reisen und in längere Aufenthalte, sondern auch in zusätzliche energieintensive Freizeitbetätigungen umsetzen. All das überkompensiert die Ressourceneinsparungen durch die energieschonende Übernachtungsmöglichkeit.» Die ernüchternde Gesamtbilanz dieser Untersuchung: «Das Airbnb-Angebot führt insgesamt zu einem Mehrverbrauch an Energie.»

Das Forscherteam schlug auch Massnahmen vor, die auf positive Verhaltensänderungen der Gastgeber

und der Gäste zum schonenderen Umgang mit Energie abzielen. Sie reichen von der Einschränkung des Wohnraumangebots zu reinen Gewerbezwecken etwa über Steuern, behördliche Kontrollen, die Limitierung des Vermietungszeitraums oder die Einschränkung der Objektart (nur Einzelzimmer statt Wohnungen) bis zur Registrierungspflicht. Auch eine Einführung von Umweltzertifikaten für Gastgeber hätte einen positiven Effekt auf die Energiebilanz.

Beim Carpooling wurden hingegen positive Effekte eruiert. Die Untersuchung hat ergeben, dass die grosse Mehrheit der Anbietenden ihre Fahrt auch mit einem weniger besetzten Auto unternommen hätte – womit die Energieeinsparung pro Kopf erwiesen ist. Vor allem zwei Motivations-«Boosters» wurden vom Projektteam identifiziert: Eine Mitfahrgelegenheit wird zum einen eher genutzt, wenn der Einstiegs- oder der Zielort für den potenziellen Mitfahrer günstig liegt. Zum anderen spielt die soziale Akzeptanz eine wichtige Rolle. «Wenn eine Person den Eindruck hat – ob berechtigt oder nicht –, dass alle Personen um sie herum Carpooling eine tolle Sache finden und es auch oft nutzen, dann steigt die Wahrscheinlichkeit, dass diese Person Carpooling nutzt, stark», sagt Jürg Artho.

Brigitte Ulmer – Journalistin und Autorin

SCHONT DAS SMARTHOME RESSOURCEN?

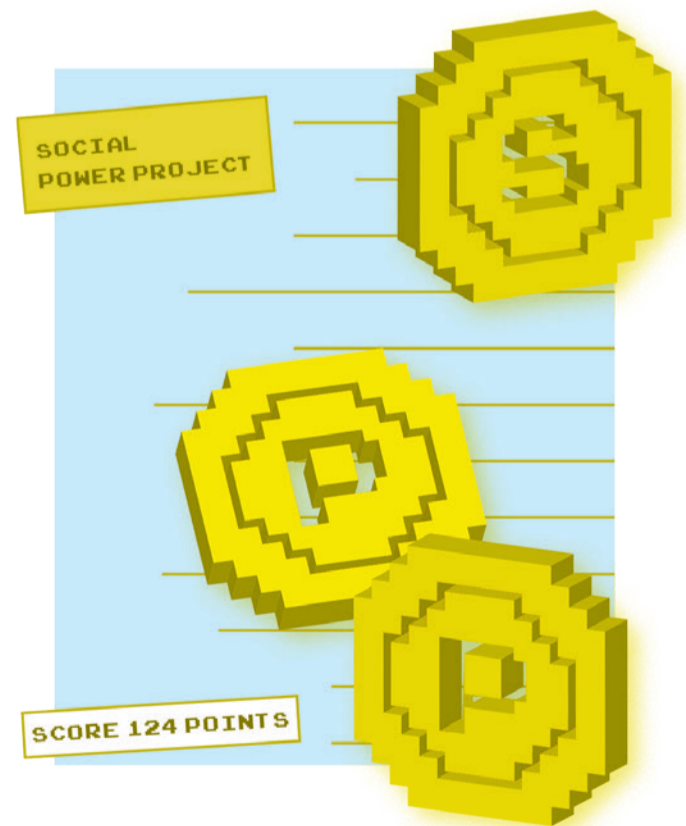
Stellen Sie sich vor: In Ihrem Garten steht ein «smarter» Rasensprinkler. Er weiss, dass für das Wochenende Regen angesagt ist, und schaltet sich deshalb nicht ein. Ihr digitaler Stromzähler stimuliert Sie zu einem sorgfältigeren Umgang mit Strom, weil Ihr Smartphone zu jeder Tageszeit anzeigt, wieviel Sie verbraucht haben. Ihre intelligente Heizung bringt Sie dazu, einen Pullover überzuziehen, weil sie zu bestimmten Zeiten den Energieverbrauch automatisch reduziert. Kurz: Smarte Geräte geben Ihnen den sanften Anreiz, sich energiebewusster zu verhalten.

Schöne neue Welt? «Ambient Intelligence» macht all das theoretisch möglich. Das Internet der Dinge – also mit Kommunikationstechnologie ausgestattete Elektrogeräte, ganze Wohnungen, Büros und Unternehmen – könnte so zu einem schonenderen Umgang mit unseren Ressourcen beitragen, ohne mühsame Umgewöhnung oder Informationsbeschaffung. Smart Meters, bei denen das Smartphone mit dem intelligenten Haushaltenergiezähler vernetzt wird, wären künftig das Herzstück des «intelligenten Haushalts» – vorausgesetzt, sie werden von den Nutzern auch wirklich zum bewussten Umgang mit Energie genutzt und verleiten nicht umgekehrt zu grösserem Energieverbrauch. «Ein per App fernsteuerbarer Thermostat, der automatisch erkennt, ob jemand zuhause ist oder nicht, kann auch dazu genutzt werden, das Haus vorzuwärmen, bevor man nach Hause kommt. Damit würde die Technik, die eigentlich zum Energiesparen gemeint war, den Komfort erhöhen und tatsächlich insgesamt mehr Energie verbrauchen», so Friedemann Mattern, Vorsteher des Instituts für Pervasive Computing an der ETH Zürich.

Smart Meters liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der traditionelle Stromzähler veraltet ist und den Benutzern wenig Einblick in den Energieverbrauch einzelner Geräte gibt, was zu übermässigem oder unnötigem Energiekonsum führt. Um Energieverschwendung identifizieren und das Verhalten anpassen zu können, braucht es aber detaillierte Informationen, die weit über die summarischen vierteljährlichen oder jährlichen Energierechnungen hinausgehen. Eine Forschungsgruppe am Institut für Pervasive Computing an der ETH Zürich hat deshalb einen Smart Meter entwickelt, der Messungen auch der einzelnen Geräte erlaubt. Das mit dem Smart Meter vernetzte Mobiltelefon könnte somit beim Energiesparen helfen. Nicht zu vergessen ist allerdings, dass intelligente Technik selbst auch Energie benötigt. Positiv zu vermerken ist, dass kleine, drahtlos mit dem Internet verbundene Sensoren und Computer immer energieeügsamer werden.

MIT GAMEN ZU MEHR ENERGIEEFFIZIENZ

Der Mensch ist ein soziales Wesen, er interagiert mit anderen, vergleicht sich mit seinesgleichen, und er misst sich gern mit anderen im Spiel. Diese Einsicht machte sich das «Social Power Project» zunutze. In ihrem Feldexperiment untersuchten die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) und die Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) die Auswirkungen von Gruppendynamik, Spielanreizen und des Austauschs über soziale Medien auf den effizienten Umgang mit Energie. Sie entwickelten eine Spiel-App für Smartphones und Tablets, bei der Haushalte in Massagno (TI) und Winterthur in einem interaktiven Spiel ihren Stromverbrauch aneinander messen konnten. Verschiedene Multiple-Choice-Fragen rund um die Themen Kochen, Ofen, Spülmaschine, Waschmaschine, Kühlschrank etc. gab es zu beantworten, bei denen man Punkte sammeln und Preise gewinnen konnte. Ausserdem galt es, 50 praktische energiebezogene Aufgaben zu erfüllen und zusammen mit Nachbarn gemeinsam definierte Energieverbrauchsziele zu erreichen.



Schliesslich trat die eine Gemeinde gegen die andere in den Wettbewerb, wer den tieferen Energieverbrauch erzielt. Persönliche Energietagebücher erfassten in wöchentlichen Berichten den stündlichen Energiekonsum und dessen Entwicklung. Die Endergebnisse zeigten, dass das energiebewusste Verhalten klar verbessert wurde. Der Gemeinschaftsinn aber wurde nur minimal verstärkt.

ERNEUERBARE ENERGIE ALS STANDARD

Es gibt eine äusserst simple Lösung, nachhaltigere Lebensweisen zu fördern: indem energieverbrauchende Geräte automatisch über eine grüne Standardeinstellung operieren, die man sonst extra abwählen müsste. Die Kopiermaschine im Büro spuckt die Fotokopien automatisch doppelseitig aus. Die Heizung zu Hause nutzt automatisch erneuerbare Energien.

Der Mensch ist ein Gewohnheitstier: Wenn die sparsame, grüne Variante nicht speziell gewählt werden muss, sondern zur Standardeinstellung wird, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass sie auch beibehalten wird. Den Beweis für den massiven Nutzen grüner Standardeinstellungen hat eine Studie erbracht. Sie wertete den Energieverbrauch mehrerer Tausend Haushalte und Unternehmen einer Wohngemeinde aus, in denen Strompakete mit einer grünen Standardeinstellung eingeführt wurden. Die grüne Standardoption umfasst erneuerbare Energien vor allem aus der in der Schweiz produzierten Wasserkraft, einen kleinen Anteil an Solar- und Windenergie sowie Biomasse. Es stellte sich heraus, dass die grosse Mehrheit der Haushalte – 83 Prozent – und der Unternehmen – 75 Prozent – die etwas teurere grüne Standardeinstellung beibehielten. Dazu war keine Veränderung der ökologischen Einstellung notwendig; Haushalte und Firmen benutzen erneuerbare Energien, ohne dass sie dazu ihre ökologische Einstellung hätten ändern müssen. Interessanterweise blieb diese Nutzung über längere Zeit stabil: Auch im sechsten Jahr hatten noch 80 Prozent der Haushalte die grüne Standardeinstellung, bei den Firmen waren es 71 Prozent.

«Grüne Standardeinstellungen können als ein leistungsfähiges Werkzeug für die Politikgestaltung angesehen werden, das auf den zunehmenden Verbrauch von erneuerbaren Energien gerichtet ist», so lautet das Résumé der Projektverantwortlichen Ulf Liebe, Universität Bern, und Andreas Diekmann, ETH Zürich.

Es geht also auch ohne aufwändige Informationsbereitstellung, Preisanreize und langwierige Änderungen von Werten und Lebensweisen. Der Einsatz von «Entscheidungsarchitekturen», die auf den Erkenntnissen der Verhaltensforschung basieren, hat rasche und massive Effekte. Fazit: Die grüne Standardeinstellung gehört zu einem der effizientesten Mittel, um das Energiekonsumverhalten positiv zu beeinflussen.

Die Resultate werden von der Verhaltensforschung gestützt: Der Mensch ist nicht nur ein Gewohnheits-, sondern auch ein Herdentier. Oft benötigt er nur sanfte Anreize, sogenannte «Nudges», um sein Verhalten zu ändern. Mit «Nudges» sind geringfügige Massnahmen gemeint, die zu einem vernünftigeren Verhalten motivieren.* Auch soziale Netze entfalten eine Motivationswirkung, indem man einander gegenseitig beeinflusst – zum Beispiel mit automatisch energieeffizientem Verhalten.

Forschungsprojekt:
Sanfte Anreize und Energieverbrauch (NFP 71)

*Nudge. Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness.
Richard Thaler, Cass Sunstein. Yale University Press, New Haven [u.a.] 2008.

DIE SCHWEIZER GEMEINSCHAFTS- WASCHMASCHINE

Lange bevor das World Wide Web fremde Menschen auf Sharing-Plattformen miteinander verband, wurden Güter des täglichen Gebrauchs geteilt. Ungewöhnlich für ein wohl-



habendes Land, stiftet in der Schweiz die Gemeinschaftswaschküche in Mietshäusern die Bewohner schon lange zum «Sharing» an. Der Prozentsatz der Haushalte, die auf Gemeinschaftswaschmaschinen zurückgreifen, war zeitweise in der Schweiz doppelt so hoch wie in Deutschland, obwohl in der Schweiz genügend Kaufkraft vorhanden gewesen wäre. Eine Gewohnheit, die von anderen mitteleuropäischen Ländern deutlich abweicht. In Spanien, Belgien oder den Niederlanden etwa besteht kaum Bereitschaft, in Gemeinschaftswaschmaschinen zu waschen. Dem Waschküchenschlüssel setzte Hugo Loetscher im gleichnamigen Essay ein Denkmal. Vielerorts wird auch heute noch mit der Waschmaschine ein zentrales Gebrauchsgut gemeinschaftlich verwendet – neudeutsch: geshart. Ein Ritual, das Nichtschweizer amüsant bis konsterniert beobachten. Wir wären also für das «Sharen» bestens vorbereitet, wenn es «Sinn macht», wobei Letzteres je nach Einstellung und Geldbeutel Definitionssache ist.

Gemeinschaftshandeln wurde früher aber nicht nur aus ökonomischen und praktischen Gründen praktiziert, sondern auch aus weltanschaulichen. In den Wohngemeinschaften und Kommunen der 60-er und 70-er Jahre war Besitz als bourgeois verpönt. In der digitalen Moderne werden mittels Sharing-Plattformen nebst Wohnungen auch Gebrauchsgüter, etwa Autos, Kinderwagen oder Staubsauger, geteilt.

Die steigende Produktion erneuerbarer Energien bringt neue Organisationsmodelle mit sich, etwa Energiegenossenschaften. Ein stark regulierter Strommarkt und politische Unsicherheiten bremsen diese Entwicklung aktuell noch.

Sonnengereifte Tomaten aus dem eigenen Garten zu geniessen, ist doch viel besser, als sie im Supermarkt zu kaufen. Warum sollte das bei Energie anders sein? Energie mag zwar nicht so köstlich schmecken wie Tomaten, für unseren Alltag ist sie jedoch von enormer Bedeutung. Viele Schweizer pflanzen inzwischen ihre eigenen Tomaten an, greifen beim Heizen aber noch immer auf nicht erneuerbare Energiequellen, fossile Brennstoffe oder Kernenergie, zurück.

Ende 2016 entfielen in der Schweiz 2,2 Prozent der gesamten Stromerzeugung auf die Stromproduktion mit Sonnenenergie. Das ist deutlich weniger als in Deutschland, wo diese bei 6,9 Prozent liegt. Woher kommt diese Differenz? In erster Linie lässt sie sich durch die lange Warteliste für kostendeckende Einspeisevergütungen erklären. «Um die Produktion von Solarstrom zu steigern, müssen auch neue lokale Organisationsmodelle gefunden werden», erklärt Christian Schaffner, Direktor des Energy Science Center der ETH Zürich. «Die Zukunft gehört den Bürgerinnen und Bürgern, die sich zusammenschliessen und Energiegenossenschaften bilden. Der Schweizer Strommarkt ist stark reguliert, daher ist es nicht möglich, all die Innovationen einzuführen, die andernorts funktionieren.»

Die Vorteile von Energiegenossenschaften

Trotz der beschriebenen Schwierigkeiten kommen die Dinge in Bewegung: Seit 2000 wurden 96 Energiegenossenschaften gegründet. Es handelt sich dabei um juristische Personen, die eine dezentralisierte und unabhängige Energieerzeugung fördern. «Im Vergleich verfügen wir über dieselbe Anzahl an Genossenschaften pro Person wie Deutschland», erläutert Benjamin Schmid, Doktorand an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Er beschäftigt sich in seinen Studien in erster Linie mit dem Thema Energiegenossenschaften in der Schweiz. «Diese sind im Durchschnitt jedoch kleiner als in Deutschland.» Diese Genossenschaften erzeugen rund 14 GWh pro Jahr. Gemäss einer Studie, die 2015 von der WLS durchgeführt wurde, entspricht dies 1,3 Prozent der landesweiten Stromerzeugung durch Solarenergie.

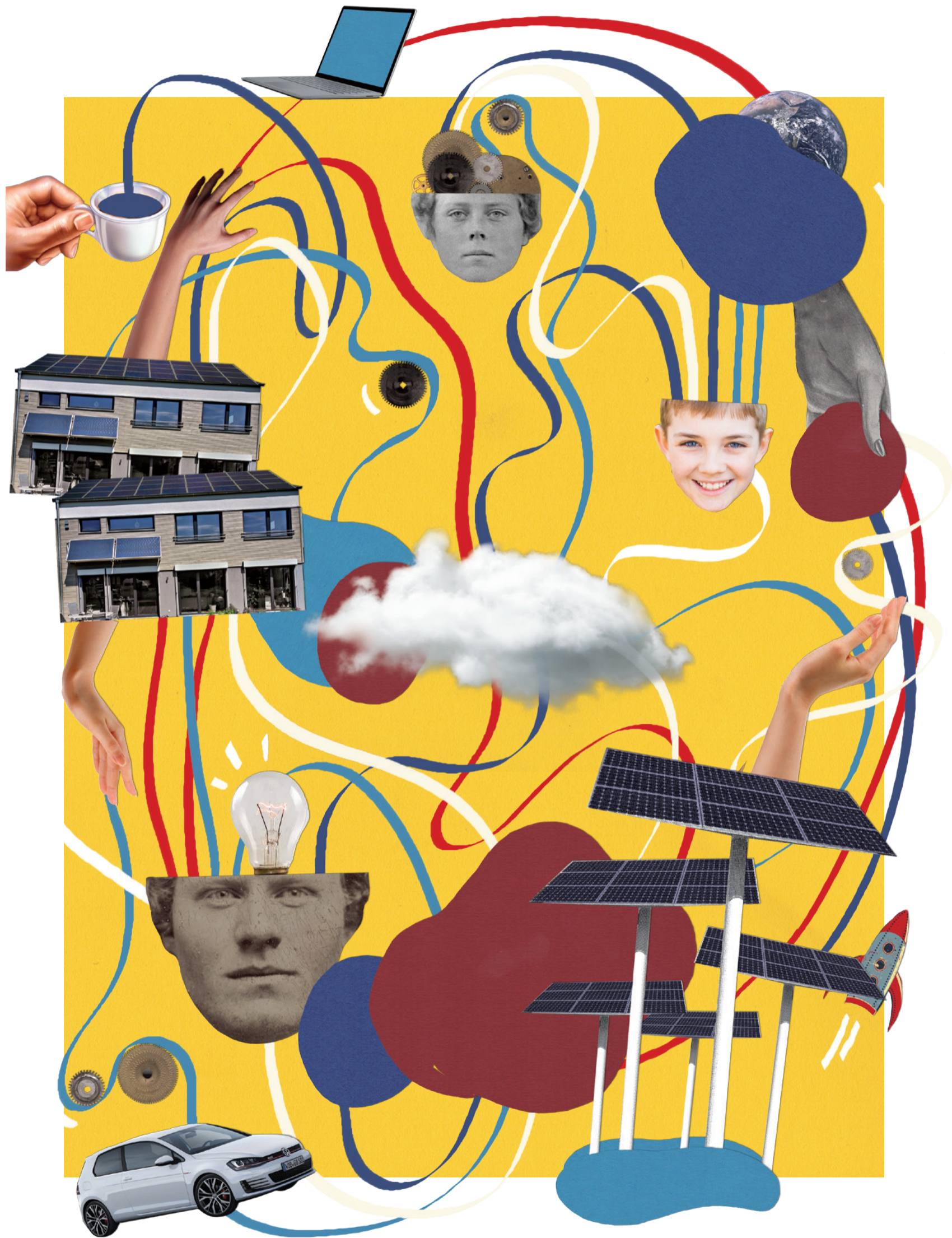
Für die Erzeugung erneuerbarer Energien im Rahmen gemeinschaftlicher Projekte gibt es zahlreiche juristische Modelle. Diese reichen von einer einfachen Vereinbarung bis zur Gründung einer Aktiengesellschaft. Die Genossenschaft scheint aufgrund einiger wesentlicher Vorteile jedoch die meistverbreitete Form zu sein: Zum einen arbeitet die Genossenschaft demokratisch, d. h. jedes Mitglied verfügt über ein Stimmrecht in der Generalversammlung, und zwar unabhängig von der Höhe seiner Beteiligung. Zudem steht bei einer Genossenschaft vielmehr der Dienstleistungsgedanke im Vordergrund als die Rentabilität.

Wie organisieren sich diese Genossenschaften? Einige verfügen über eigene Photovoltaik-Anlagen und speisen den erzeugten Strom in das öffentliche Netz ein. Andere wiederum pachten Dachflächen, auf denen sie Photovoltaik-Anlagen installieren, um die Bewohnerinnen und Bewohner mit Solarstrom zu versorgen. «In der Schweiz gibt es sozusagen genauso viele Organisationsmodelle wie Genossenschaften», schätzt Benjamin Schmid. «In der Regel richtet sich die Form des Zusammenschlusses dabei nach den örtlichen Begebenheiten.» Die Untersuchungen haben gezeigt, dass in 50 Prozent der Fälle die kommunalen Behörden beteiligt waren, wenn eine solche Genossenschaft gegründet wurde. In einigen Fällen verhandeln diese dann mit den örtlichen Energieversorgern über die technischen Modalitäten für die Wiedereinspeisung sowie über die entsprechende Einspeisevergütung.

Top-down-Logik und politische Unsicherheiten

«In der Schweiz gibt es rund 800 Energieversorger», stellt Christian Schaffner fest. «Das Problem ist, dass die Genossenschaften von diesen abhängen, um aktiv werden zu können. Und einige spielen das Spiel mit, andere nicht. Aktuell haben wir ein System, das nach einer Top-down-Logik funktioniert.» Für den Wissenschaftler ist dies eines der zahlreichen Themen, die es auf politischer Ebene in den nächsten Jahren zu diskutieren gilt. Hierzu gehört seiner Ansicht nach auch das Internet der Dinge: «Die Zukunft liegt in der Vernetzung all dieser unterschiedlichen Systeme, um ein intelligentes Management des Netzes und der Beziehung zwischen den betreffenden Partnern zu ermöglichen. In der Schweiz gibt es in diesem Bereich jedoch noch viele offene Fragen und daher bisher noch wenig Projekte. Wer kontrolliert die Daten? Wer soll mit welchen Befugnissen ausgestattet werden?»

Auch wenn noch nicht sicher ist, welche Antworten die Politik auf diese Fragen finden wird, belegen zahlreiche Studien bereits jetzt, dass das Gemeinschaftsmodell sich gut eignet, um die Ziele der Energiewende zu erreichen: Die Bürgerinnen und Bürger, die sich an der Energieerzeugung beteiligen, senken ihren Verbrauch und stellen sich lokalen Projekten im Bereich erneuerbarer Energien seltener entgegen. In vielen Fällen bezahlen sie weniger für ihren Strom, auch wenn dies von Modell zu Modell variiert. «Wir haben zwei Formen der Motivation unter den Genossenschaftsmitgliedern beobachtet», berichtet Benjamin Schmid. «Da gibt es jene, die sich am Kampf gegen den Klimawandel beteiligen wollen und Kernenergie ablehnen. Und dann gibt es solche, für die die Integration in die lokale Gemeinschaft im Vordergrund steht.» Nach einer aktuellen Studie der Universität St. Gallen sprechen sich 92 Prozent der Schweizer dafür aus, lokal verfügbare Energieressourcen zu nutzen. Das bedeutet, dass die Mehrheit der Bevölkerung bereit ist, ihre Tomaten neben einem Solar-Panel anzubauen.



Forschungsprojekte:
Verbundprojekt «Nachhaltige dezentrale Stromerzeugung» (NFP 70)
Kollektive Finanzierung erneuerbarer Energien (NFP 71)

Nach Ansicht von Oliver Gassmann, Professor für Innovations- und Technologiemanagement an der Universität St. Gallen, ist die Dezentralisierung der Energieerzeugung mit zahlreichen Herausforderungen verbunden. Mit neuen Technologien und Geschäftsmodellen werden sich diese jedoch meistern lassen.

Worin bestehen die grössten Herausforderungen im Hinblick auf die Dezentralisierung der Energieerzeugung?



Für die meisten Energieversorger stellt die Dezentralisierung der Energieversorgung eine grosse Herausforderung dar. Prosumer neigen dazu, sich zunehmend autark zu versorgen. Dies schränkt die Vorhersehbarkeit des Marktes ein. Die grösste Schwierigkeit besteht darin, alle Seiten zufriedenzustellen. Denn in der Tat haben die beteiligten Akteure voneinander abweichende Interessen und zeitliche Vorstellungen. Dies macht jede gemeinschaftliche Entscheidung schwierig. Ich persönlich betrachte aber jedes Problem wie ein Unternehmen, das noch nicht gegründet wurde. Es werden sich also auch hier neue Geschäftsmodelle entwickeln, insbesondere in den Bereichen Netzmanagement und virtuelle Kraftwerke.

Werden diese Modelle rentabel sein?

Es gibt viele Möglichkeiten, Finanzierungs- und Leistungsmodelle zu konzipieren. Ich denke, dass sich hier vor allem regionale Plattformen und Nachbarschaftsgemeinschaften durchsetzen werden. Die Zukunft gehört vielmehr gemeinschaftlichen Unternehmen als Einzelunternehmen. Langfristig glaube ich an die Kraft der Märkte, insbesondere dann, wenn die neuen Technologien noch effizienter und kostengünstiger werden.

Welche Rolle werden Technologien wie Blockchain und das Internet der Dinge spielen?

Mit der Blockchain-Technologie wird es künftig möglich sein, Netze aufzubauen, in denen Haushalte und Unternehmen dezentral Energie erzeugen und konsumieren. Die wichtigste Technologie der Zukunft ist jedoch das Internet der Dinge. Über diese Technologie werden alle Objekte miteinander verbunden, von der Klimaanlage über die Waschmaschine bis hin zur Strassenbeleuchtung. Intelligente Sensoren werden die Umgebung kontinuierlich überwachen, und dank Algorithmen des maschinellen Lernens werden die entsprechenden Produkte immer weiter optimiert. All dies wird die Effizienz des Netzes weiter erhöhen: Die Prozesse werden sich selbst regulieren, ohne jeglichen menschlichen Eingriff.

Wie kann die Schweiz ihren Rückstand in puncto Dezentralisierung im Vergleich zu Ländern wie Dänemark oder Deutschland aufholen?

Das grösste Hindernis hierbei besteht in der mangelnden politischen Flexibilität. Die Schweiz verfügt jedoch über zahlreiche neue Technologien und innovative Unternehmen. Meiner Ansicht nach wird die Schweiz diesen Rückstand in dem Mass aufholen, in dem diese Technologien an Attraktivität gewinnen. Langfristig erlaubt die Dezentralisierung einen niedrigeren Verbrauch, niedrigere Kosten und eine erhöhte Flexibilität. Die wichtigste Kraft hinter dieser Entwicklung bleibt dabei Innovation – und zwar nicht nur im Hinblick auf Technologien, sondern auch in Bezug auf Geschäfts- und Gesellschaftsmodelle.

EFFIZIENT BEGLEITEN

Martin Wörter, Wissenschaftler an der ETH Zürich, KOF Konjunkturforschungsstelle, und sein Team haben sechstausend Fragebogen an in der Schweiz ansässige Unternehmen versandt. Kolleginnen und Kollegen in Deutschland und Österreich haben in ihren Ländern dasselbe getan. Es galt herauszufinden, mit welchen begleitenden Massnahmen die Energiebilanz der Unternehmen verbessert werden könnte, und zwar sowohl im Hinblick auf deren Produkte als auf bestehende Infrastrukturen und Gebäude. «Unser Projekt hat gezeigt, dass Steueranreize, freiwillige Vereinbarungen und Subventionen die Investitionsbereitschaft in Energietechnologien erhöhen», erklärt Martin Wörter. «Regulierungsmassnahmen zeigen dagegen keinerlei positive Wirkung.» Bei einem Vergleich zwischen den einzelnen Ländern haben sich folgende Unterschiede gezeigt: In der Schweiz sind freiwillige Vereinbarungen besonders effizient, in Österreich funktionieren Subventionen besser, und für deutsche Unternehmen sind steuerliche Vorteile der wichtigste Grund dafür, in energieeffiziente Infrastrukturen zu investieren. «Dies stellt selbstverständlich nur ein vereinfachtes Bild dar», führt Martin Wörter aus.

Forschungsprojekt:
Energiebezogene Innovationen (NFP 71)

UNTER- NEHMEN MOTIVIEREN

«In Schweizer Unternehmen besteht ein immenses wirtschaftliches Potential für Energiesparen», so Rolf Iten, Manager bei Infrac in Zürich. «Doch die Dinge bewegen sich nur sehr langsam.» Warum investieren Unternehmen nicht verstärkt in erneuerbare Energien? Um Antworten auf diese Frage zu finden, haben sich Rolf Iten und wissenschaftliche Teams aus Zürich und Neuenburg mit den internen Entscheidungsprozessen von Unternehmen auseinandergesetzt. Ihre Hypothese bestand darin, dass die Unternehmen sich oft deswegen gegen eine Investition in Energieeffizienz entscheiden, weil sie dies nicht als strategischen Bereich betrachten. «Unser Ziel bestand darin, die Sicht der Unternehmen zu verstehen», erklärt der Wissenschaftler. «In einer schriftlichen Umfrage haben wir die Antworten von mehr als 300 Unternehmen aus den Bereichen Industrie, Dienstleistung und Handwerk ausgewertet. Darüber hinaus haben wir auch Einzelgespräche mit grossen Energieverbrauchern geführt.» Die ersten Ergebnisse zeigen, dass ein Grossteil der Schweizer Unternehmen ein Energiemanagement eingeführt hat, das darin besteht, den eigenen Energieverbrauch zu analysieren und die Kosten und Vorteile einer Investition in Energieeffizienz auszuwerten. Es mangelt diesen Unternehmen aber an Informationen, um die strategische Bedeutung dieser Art Investition zu verstehen.

Forschungsprojekt: Determinanten
von Investitionen in Energieeffizienz (NFP 71)

ANREIZE SCHAFFEN

Christian Schaffner, Direktor des Energy Science Center der ETH in Zürich, versucht, mittels verschiedener politischer Szenarien ein Bild des zukünftigen Strommarktes zu zeichnen. «Viele Fragen bleiben unbeantwortet und wurden im Rahmen des Referendums zur Energiestrategie 2050 nicht geklärt», stellt er fest. «Allen voran die Frage, wie das Netz mit der Volatilität der erneuerbaren Energien umgeht. Aktuell funktioniert das System auf Basis von Pumpspeicherkraftwerken, die elektrische Energie speichern können, wenn dies erforderlich ist. Doch es ist noch nicht klar, wie die Speicherung in Zukunft funktionieren wird.» Um sowohl Unternehmen als auch die Bürgerinnen und Bürger des Landes davon zu überzeugen, in Energieeffizienz zu investieren, schlägt Christian Schaffner vor, mit neuen Elementen im Energiemarkt vom aktuellen Motivationsmodell zu einem noch stärker auf Anreize ausgelegten System zu wechseln. Eines ist seiner Ansicht nach allerdings sicher: Der Schweizer Strommarkt wird sich öffnen und sich an die neue, dezentralere Umgebung anpassen.

Forschungsprojekt: Verbundprojekt «Analyse
zukünftiger Strommärkte» (NFP 70)

Die Unternehmen, die in der Schweiz ein Drittel des CO₂-Ausstosses verursachen, sind von der Dezentralisierung der Energieerzeugung ebenfalls betroffen. Aus welchem Grund investieren diese nicht vermehrt in erneuerbare Energien und was könnte sie dazu motivieren? Wissenschaftler aus Zürich und Neuenburg sind diesen Fragen auf den Grund gegangen.



Die Nationalen Forschungsprogramme «Energiewende» (NFP 70) und «Steuerung des Energieverbrauchs» (NFP 71) des Schweizerischen Nationalfonds erforschen die naturwissenschaftlich-technologischen und gesellschaftlich-ökonomischen Aspekte für die erfolgreiche Realisierung der Energiewende.

Über 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werden bis Ende 2018 in mehr als 100 Forschungsprojekten Erkenntnisse zur substantziellen Verringerung des Energieverbrauchs, zu

neuen Technologien sowie zu gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für deren Implementierung in den kommenden 10 bis 30 Jahren erarbeiten.

Aufgrund zahlreicher Wechselbeziehungen arbeiten die parallel laufenden NFP 70 und NFP 71 zusammen. Weitere Informationen zu den einzelnen Forschungsprojekten und zu den Nationalen Forschungsprogrammen sind auf www.nfp70.ch und www.nfp71.ch zu finden.