

E&

ENERGIE & MOBILITÄT
EINE PUBLIKATION DER NATIONALEN FORSCHUNGSPROGRAMME 70 UND 71

6

INTERVIEW

«UNSER PRODUKT
SIND MUTIGE
DESIGNER.»



10

AUF DEM BODEN
VERZICHTEN
WIR KÜNFTIG
AUF DAS
EIGENE AUTO?

15

UNTER DER ERDE
ANSCHLÜSSE
AUS DER TIEFE

18

ÜBER DEN WOLKEN
DAS WACHSTUM
HÄNGT DEN
FORTSCHRITT AB

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

In uns allen steckt nicht nur ein Homo sapiens, sondern auch ein Homo mobilis. Waren dem Menschen zunächst Beine und ein aufrechter Gang genug, brauchte er bald mehr, um seinen Lebensraum zu behaupten und auszudehnen. Neue Fähigkeiten und Techniken – das Feuermachen, die Schrift, der Buchdruck und vieles mehr – haben die Entwicklung der Menschheit massgeblich verändert. Das Rad, so selbstverständlich es uns heute auch erscheinen mag, war ohne Zweifel eine dieser «Disruptionen», die den Menschen zur dominierenden Spezies und zum verbreitetsten Säugetier der Erde machten.

Die grenzenlose Mobilität hat eine solche Bedeutung für uns erlangt, dass wir bereit sind, Jahre unseres Lebens im Auto zu verbringen. Auch nehmen wir dafür in Kauf, mit den dafür erforderlichen Infrastrukturen – Strassen, Schienen, Kanälen, Start- und Landebahnen – unseren Lebensraum zu belasten. Vor allem aber ist uns der Verkehr mit Abstand am meisten Energie und einen Grossteil der Luftschadstoff- und Lärmemissionen wert.

Doch Mobilität ist mehr als Autofahren und Ferienfliegen. Die Gründe und die Mittel, warum und wie sich Menschen von A nach B und von dort nach C bewegen, sind unterschiedlich – und längst nicht immer Luxus: 68 Millionen Menschen weltweit sind mit oftmals nicht viel mehr als ihrem Leben auf der Flucht vor Krieg, Not und Vertreibung; Chinas Wanderarbeiter suchen Tausende Kilometer von ihren Familien entfernt Arbeit; in den USA wohnen Menschen in ihren Autos, um für den harten Arbeitsmarkt mobil genug zu sein; Abermillionen Pendler in Europa und der Schweiz sind täglich mehrere Stunden zwischen ihrem Zuhause und ihrem Arbeitsplatz unterwegs.

Mobilität findet aber auch woanders statt: im Kopf!

Wer sich tagtäglich durch verstopfte Strassen kämpft – laut dem Bundesamt für Strassen ASTRA stand der Verkehr auf den Schweizer Nationalstrassen vergangenes Jahr für über 25 000 Stunden still –, weiss, dass wir mit immer mehr Autos und Strassen nicht mehr weiterkommen. Stattdessen brauchen wir ein neues Verständnis und Verhalten, um uns wieder flüssig und entspannt fortzubewegen.

Das gilt selbstverständlich auch für den Transport von Gütern, die in gewaltigen Mengen von einem Ende der Erde zum anderen unterwegs sind. Auch hier brauchen wir neue Lösungen und Verhaltensweisen.

In dieser Ausgabe von E& zeigen wir deshalb unterschiedlichste Ansätze der Energieforschung, wie wir mit einer anderen Mobilität viel bewegen können. So können uralte Menschheitsträume von selbstfahrenden und sogar «fliegenden» Autos schon in naher Zukunft wahr werden. Zugleich haben wir es etwa mit dem Smartphone wortwörtlich in der Hand, viele Wege gemeinsam mit anderen und damit energie-, emissions- und platzsparender zurückzulegen.

Gründe genug also, das Thema Mobilität in seiner Vielfalt zu beleuchten, ohne Mahnfinger, wissenschaftlich nüchtern, aber durchaus auch mit der Faszination, die die Fortbewegung seit jeher auf uns Menschen ausübt. Wir hoffen, damit auch Ihrer Mobilität neue Impulse zu geben.

Claudia R. Binder

Prof. Dr. Claudia R. Binder
Lehrstuhl für Mensch-Umwelt-Beziehungen in urbanen Systemen,
EPFL, und Delegierte des Nationalen Forschungsrats für das NFP 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, Stefan Husi, Paul Knüsel,
Andrea Leu, Daniel Meierhans, Geneviève Ruiz,
Hans-Rudolf Schalcher, Oliver Wimmer

Gestaltung:
CRK – Kommunikation, Kreation & Kino

Bilder:
Walkingframes, www.walkingframes.tv | S. 1
Hochschule Pforzheim | S. 6–9
CRK | S. 4, S. 10–12, S. 14, S. 17, S. 18–20

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.

«Energie &» wurde 2018 mit einem Red Dot Award
in der Kategorie Communication Design ausgezeichnet.

© November 2018, Schweizerischer Nationalfonds, Bern

 SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS
ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG

 **Energiewende**
Nationales Forschungsprogramm

 **Steuerung des Energieverbrauchs**
Nationales Forschungsprogramm


reddot award 2018
winner

 myclimate
neutral Drucksache | 01-14-213652
myclimate.org

INHALT

5



REFLEXIONEN
DAS FREISPIEL

6

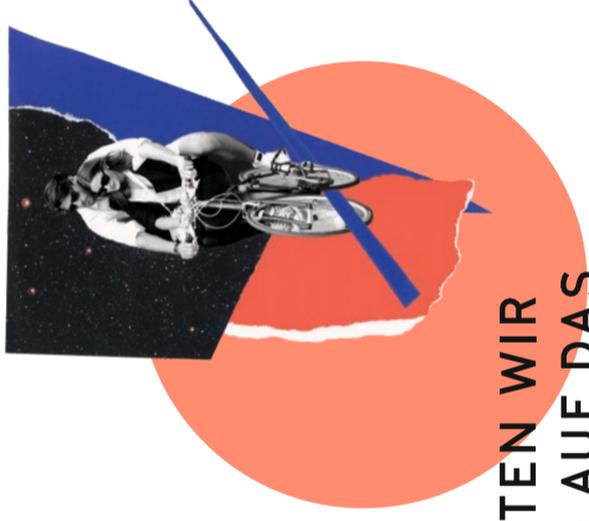
INTERVIEW

«UNSER PRODUKT
SIND MUTIGE DESIGNER.»

10

AUF DEM BODEN

VERZICHTEN WIR
KÜNFTIG AUF DAS
EIGENE AUTO?



15

UNTER DER ERDE

ANSCHLÜSSE
AUS DER TIEFE

«RAUMPLANUNG
IM UNTERGRUND»

18

ÜBER DEN WOLKEN

DAS WACHSTUM HÄNGT
DEN FORTSCHRITT AB



AN SEILEN ÜBER
DEN LANDVERKEHR
SCHWEBEN

«DAS OPTIMUM IST
NICHT REALISIERBAR.»

TOUR DE SUISSE



Mobilität ist mehr als Verkehr. Bewegung ist die Grundlage aller Freiheit und eine menschliche Konstante. Um sie besser zu nutzen, müssen wir wieder laufen lernen.

Alles ist in Bewegung! Und alles rasend schnell!

Die Klage tönt in den westlichen Wohlstandsgesellschaften. Das ganze vertraute System bewegt sich in Höchstgeschwindigkeit, so schnell, dass man nichts mehr erkennen kann.

Das Bild ähnelt dem aus dem Fenster eines dahinrasenden Zuges, in dem die Konturen der Landschaft bis zur Unkenntlichkeit verschwimmen. Orientierung und Überblick verschwinden. Dagegen hilft nur eins: mehr Bewegung, aber diesmal die richtige.

Gehen wir nach hinten zum letzten Waggon. Dort gleitet die Vergangenheit vorbei, recht übersichtlich. Und ganz vorn, aus der Perspektive des Lokführers, sieht es ebenfalls halbwegs übersichtlich aus. Nur die Gegenwart ist schwer zu erkennen. Und je mehr man sich an sie klammert, desto unschärfer wird das Bild.

Das ist das Bewegungsparadox. Man kann Bewegung nur aus der Bewegung heraus verstehen. Im Stillstand wirkt sie bedrohlich. Die satten Wohlstandsgesellschaften aber bleiben lieber sitzen und starren zunehmend ängstlich aus dem Fenster, statt sich in Bewegung zu setzen. Es herrscht, wie Paul Virilio es sagte, «rasender Stillstand».

Wir sind nicht in Bewegung, wir landen im Verkehr, und der ist die Hölle. Zürcher stehen nach der Inrix-Studie 2016 mehr als 50 Stunden im Jahr im Stau. Der Durchschnittsschweizer erleidet 27 Stunden Stau jährlich. Das ist vor allem so, weil Auto, Bahn und Bus nach den Regeln der alten Industriegesellschaft getaktet sind, weil unsere Arbeitswelt sich nicht vom alten Schichtbetrieb lösen will. Wissensgesellschaft hin, Digitalisierung her – wir fahren morgens, mittags und abends hin und zurück, zu Schule, Arbeit, Kindergarten, Firma und Behörde.

Die Anwesenheitspflicht schadet Umwelt, Mensch und natürlich auch der Effektivität menschlicher Arbeit. Unsere Bewegungskultur ist von gestern, weil unsere Organisationsformen von gestern sind. Und was man an Arbeitsverkehr spart, holt sich die Freizeitmobilität wieder. Auf zum Flughafen, los zum Shopping. Verbote führen zu nichts. Die Digitalisierung wird uns eher zur Vernunft bringen und bessere Zugangssysteme schaffen, bei denen alle Verkehrsmittel verbunden werden. Dabei wird es mehr um nüchterne Logistik und bequeme Zugänge gehen als um Moral und Vorurteil. Mobilität lässt sich nicht stoppen. Sie ist das Leben.



Das Bewegungsparadox beginnt mit der Sesshaftwerdung der Menschen. Jäger und Sammler mussten sich bewegen, um die wenigen Ressourcen, die sie hatten, auszuschöpfen. Die Sesshaftigkeit verbessert die Versorgungslage, weckt aber auch Neugier und Begehrlichkeiten, die zu den Schutzengeln der Menschheitsgeschichte gehören. Wer nicht ständig ums nackte Überleben kämpft, kann sich geistig bewegen, denkt nach, wünscht, hofft. Das ist Entwicklung, die Beweglichkeit des Geistes. Und gleichzeitig die Erfindung der Freiheit, die es ohne Neugier nicht gäbe. Eine Folge waren feste Routen und Wege. Man konnte seinen Clan hinter sich lassen. Verkehr ist Mittel zum Zweck, die Überwindung des Raumes, um zu bekommen, was man will. Die Fähigkeit, die besten Strassen zu bauen, machte Rom zum Imperium. Und Bewegungsfreiheit war dort gleichsam Bürgerrecht.

Noch bis ins 20. Jahrhundert stand das Wort «Verkehr» nicht nur für Stau und Lärm, sondern für die Pflege sozialer Beziehungen, «die selbst gewählten Verhältnisse der Menschen zueinander», wie Kant sagte. Mobilität ist freiwillig. Bewegung ist Beziehung, auch und ganz besonders in einer Netzwerkgesellschaft. Je virtueller die Beziehung, je abstrakter die Arbeit, desto mehr wächst die Sehnsucht nach Realem, Handfestem. Die Wahrheit übers Internet hat der Techniksoziologe Bruno Latour auf den Punkt gebracht: «Auch ein grosses Netz bleibt in allen Punkten lokal.» Niemand kann aus seiner Haut, auch wenn er immer online ist.

Die Parallelwelt von «Second Life», vor mehr als einem Jahrzehnt der grosse Renner, wirkt heute lächerlich. Auch hier gilt: Wir haben nur eine Welt. In der müssen wir uns bewegen und lernen, miteinander auszukommen. Sich bewegen, ohne die anderen über den Haufen zu rennen, ist Zivilisation.

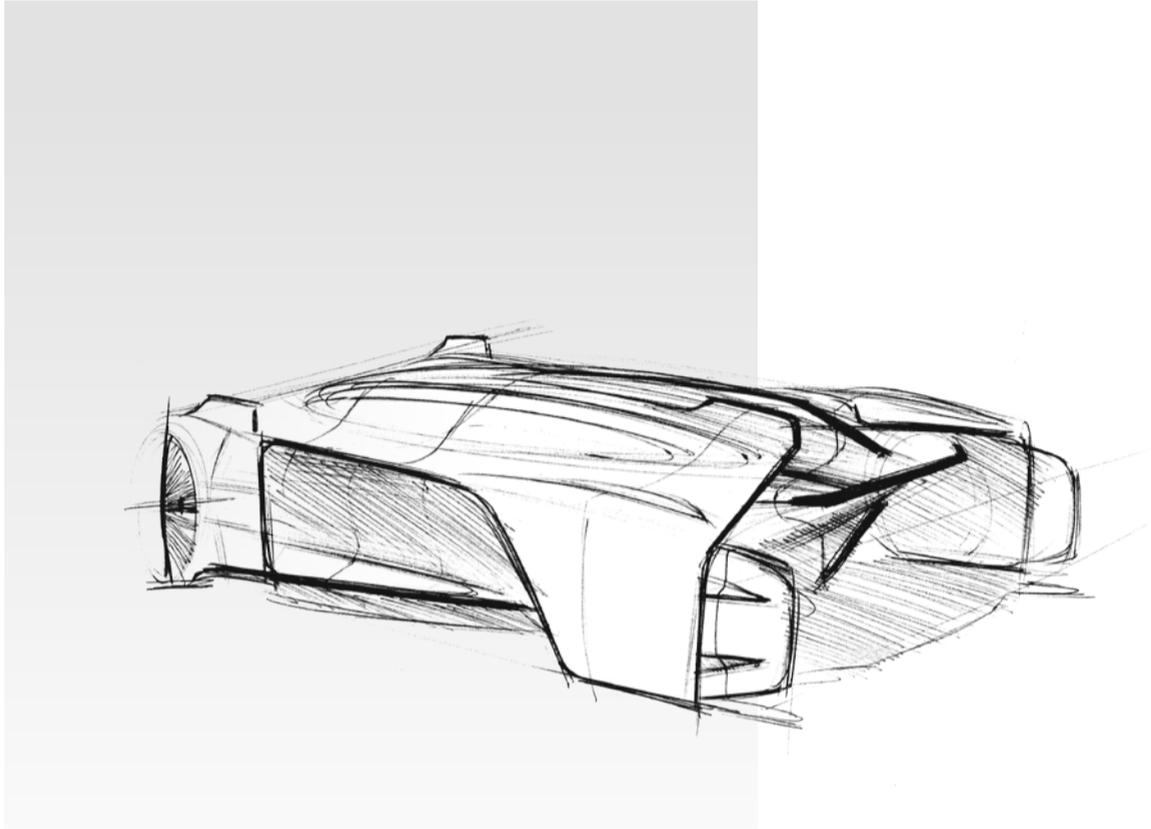
Nach Besserem suchen ist menschlich; wenn wir aufhören, das zu tun, hat die Gesellschaft ihren Geschäftszweck aufgegeben. Der besteht in Selbstbestimmung – erst Freiheit und Bewegung ergeben die Bewegungsfreiheit. Das ist das grundlegendste Menschenrecht von allen. Die freie Entscheidung, zu leben, wo man will. Das gilt für Mobilisten ebenso wie für sogenannte Wirtschaftsflüchtlinge – und alle anderen Formen des Verkehrs. Über Details – die Verkehrsregeln – muss man verhandeln. Aber Bewegung lebt nicht von Begrenzung, sondern von barrierefreien Zugängen im Denken wie im Handeln.

Die Bewegung sind wir selbst. Stehen wir vom bequemen Platz auf und laufen los. Dann sieht die Welt schon mal anders aus. Sie bewegt sich – und uns gleich dazu.

Wolf Lotter – Autor und Redaktor des Magazins «brand eins»

«UNSER PRODUKT SIND MUTIGE DESIGNER.»

INTERVIEW
6



**Herr Professor Kelly,
wie oft am Tag
denken Sie an Autos?**

(lacht) Das ist schwer zu beantworten. Bestimmt einen grossen Teil des Tages. Dabei geht es aber vor allem um Design und Ästhetik.

Sie sagen «Design» und «Ästhetik». Man hat mich gewarnt, nicht das Wort «Styling» zu gebrauchen. Warum?

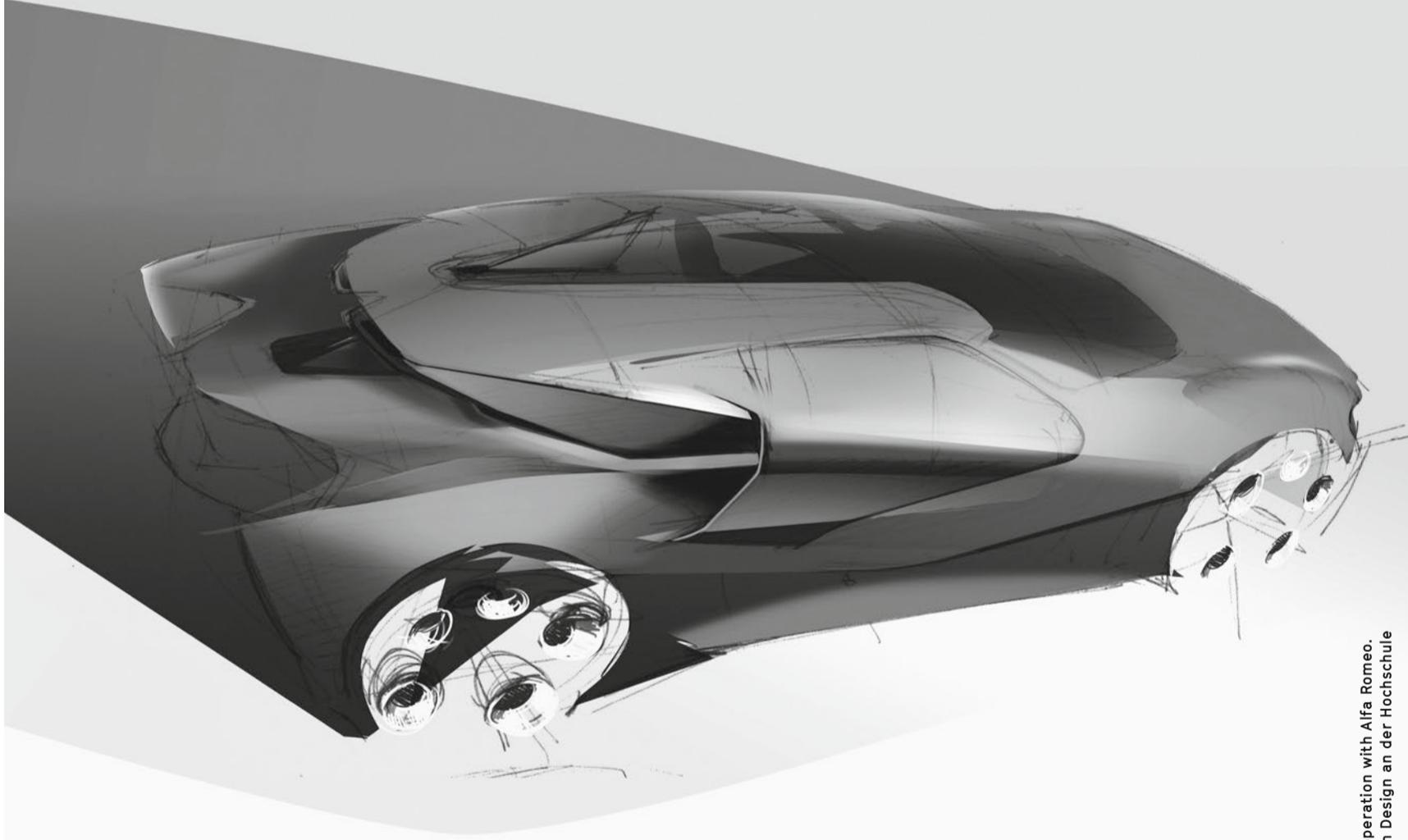
Das war ein guter Rat, denn Styling ist für Frisuren oder solche Dinge. Das hat nichts mit Design zu tun.

Welches Design-Verständnis vermitteln Sie Ihren Studierenden stattdessen?

Die Studierenden kommen von überall auf der Welt zu uns nach Pforzheim, weil wir hier eine etwas andere Design-Philosophie vertreten. Dazu muss man verstehen, dass wir zwar für nahezu alle Automobilhersteller arbeiten, dass unser Produkt aber nicht die Entwürfe sind, die dabei entstehen. Unser «Produkt» sind die Designer. Wir versuchen, unseren Studierenden den Mut zu geben, sich auch Dinge zu trauen, die vielleicht heute noch nicht verstanden werden.

Schauen wir in die Zukunft. Welche neuen Entwicklungen werden das Design künftig prägen?

Bisher gab es eine Art Rhythmus für Innovationen in der Autoindustrie. Den gibt es heute nicht mehr. Vor allem selbst-



Entwurf des Projektes: SUV meets tradition – project in cooperation with Alfa Romeo.
Andrea Caffieri, Student des Masterkurses in Transportation Design an der Hochschule
Pforzheim, Fakultät für Gestaltung



steuernde Fahrzeuge und Elektrofahrzeuge eröffnen ganz neue Möglichkeiten. Das macht unseren Job spannender. Zugleich sind das aber Funktionen, von denen die Menschen bis vor Kurzem gar nicht wussten, dass sie möglich sind, und erst recht nicht, dass sie diese brauchen.

Das wichtigste Design-Prinzip lautet «form follows function». Gilt das auch für die Autoindustrie?

Dieses Prinzip gilt natürlich auch dort. Design muss viele Funktionen ermöglichen. Aber beim Auto handelt es sich um ein sehr emotionales Produkt. Wenn jemand viel Geld dafür ausgibt, dann muss das ein sehr ansprechendes Produkt sein.

Aber ist Auto-Design nicht in erster Linie Physik?

Sicher spielt die Physik eine Rolle. Aber wir verstehen das mehr als Kunst. Heute haben wir die grosse Chance, dass wir dank vielen neuen Entwicklungen weniger Rücksicht auf die technische Geschichte nehmen müssen, sondern alles neu denken können.

Wie verändert zum Beispiel autonomes Fahren das Design?

Das betrifft insbesondere das Interior-Design. Keiner hat Erfahrungen, wie der Innenraum eines autonomen Autos gestaltet sein soll. Vor etwa zwei Jahren kam die Idee auf, die Vordersitze umzudrehen. Das ist doch eher Bus fahren! Oder man setzt eine Virtual-Reality-Brille auf. Stellen Sie sich vor, ganze Familien sitzen im Auto und haben solche Brillen auf. Unsere Studierenden sind schon in einer anderen Phase: Sie wollen die Realität erlebbar machen und geniessen. Übrigens gibt es schon autonomes Fahren – man nennt das Taxi. Dort sitzt auch niemand rückwärts mit einer VR-Brille, sondern die Menschen lesen oder sehen aus dem Fenster.

Welchen Stellenwert haben für Ihre Designer Ökologie und Energieeffizienz eines Autos?

Keiner unserer Studierenden würde jetzt noch ein Auto mit V12-Motor und Doppelturbo vorschlagen. Die heutigen Studentinnen und Studenten interessieren sich für moderne, intelligente Technologie.

Werden Autos immer komfortabler, damit wir es länger im Stau aushalten?

In der Werbung sehen Sie fast nie mehrere Autos auf einmal. Meist fährt nur ein Auto durch eine schöne Landschaft oder eine Stadt. Als ich hier angefangen habe, hat tatsächlich jemand ein Auto entworfen, mit dem man es besonders gut im Stau aushalten kann. Das ist aber der falsche Weg. Richtig ist, Staus zu verhindern – mit Navigationssystemen, intelligenter Verkehrssteuerung und autonomem Fahren.

Werden die Autos unter die Erde verschwinden?

Wir Menschen leben über der Erde. Auch im Zug freuen Sie sich, wieder aus dem Tunnel herauszukommen. Lange Strecken mit dem Auto unter der Erde zurückzulegen, ist kein Szenario für uns.

Wie wichtig ist Geschwindigkeit?

Als Teenager war ich fasziniert von Geschwindigkeit. Aber heute im Strassenverkehr spielt sie eigentlich keine grosse Rolle. Natürlich möchte jeder so schnell wie möglich von A nach B kommen. Aber mit einem Auto über 300 km/h fahren zu wollen, das gehört ins Reich der Fantasie. Meiner Meinung nach gibt es keine Notwendigkeit, mit einem Auto über 150 km/h zu fahren. Bei einem E-Auto zum Beispiel hat man das Fahrerlebnis beim Beschleunigen, aber bei hohen Geschwindigkeiten werden die Materialbelastungen und der Energieverbrauch zu hoch. Wer den Nervenkitzel sucht, muss auf die Rennstrecke gehen.

Stellt sich die Autoindustrie die Zukunft nicht seit fünfzig Jahren gleich vor? Mindestens könnte man das denken, wenn man die Concept Cars ansieht.

Es gab eine Zeit, in der ich mich auf die Automessen in Genf oder Frankfurt und die Design-Konzepte, die dort präsentiert wurden, gefreut habe. Wenn ich das aber vergleiche mit dem, was wir hier machen, finde ich das nicht spannend. Wir haben aber auch kein Publikum, dem wir etwas verkaufen müssen. Wir können uns diesen Luxus erlauben. Kein einziges unserer Autos wird genau so gebaut werden.

Befassen Sie sich in Ihrem Studiengang auch mit fliegenden Autos?

Wir führen immer wieder Diskussionen über Drohnen und fliegende Autos, bei denen es aber um ganz andere Dinge geht. Was passiert, wenn nicht zwei oder drei, sondern Hunderte Flugtaxis unterwegs sind? Gibt es dann Staus in der Luft? Wie wirkt sich schlechtes Wetter aus? Soll man losfliegen, wenn die Batterie nur halb voll ist? Fliegende Autos sind eine interessante Idee, aber wir bleiben lieber auf dem Boden.

Gehören Autos zum Stadtbild der Zukunft?

Ich würde in Zukunft gerne sehen, dass sich die Autos an die jeweilige Stadt anpassen. Auch hier sind autonome Fahrzeuge eine grosse Chance. Fahrzeuge, die Sie in die Stadt bringen und die sich dann selbst ausserhalb der Stadt parkieren, machen Parkflächen in Innenstädten überflüssig.

Ist es nicht paradox, dass alle Hersteller über Grossraum-Shuttles nachdenken, aber die Menschen ihr Auto für sich alleine haben möchten?

Heute sind wir tatsächlich noch nicht so weit. Ich glaube aber, auch das wird sich ändern. Wesentlichen Einfluss wird dabei die Gestaltung des Interieurs haben. Der Grossraum ist und war schon immer eine Herausforderung für Interior-Designer. Aber auch andere Faktoren werden die Akzeptanz beeinflussen, zum Beispiel der Preis. Es wird unterschiedliche Fahrzeuge und Services geben: schnelle und langsamere, komfortable und weniger komfortable. Heute sehen wir immer nur ein einziges Konzept, in das jeder hineinpassen soll.



Prof. James Kelly, Studiengangleitung «Transportation Design» an der Hochschule Pforzheim.

Erhalten Sie manchmal von Ihren Studierenden Entwürfe, die auch Ihnen «zu verrückt» sind?

Selten. Eher muss man die jungen Leute provozieren, etwas zu sehen, was sie bisher nicht erkannt haben. Dazu muss man viele Fragen stellen: Was ist noch möglich? Was fehlt noch? Wie kann das noch besser funktionieren? Nur dann wird es ihre Idee und sie sind stolz darauf. Das ist der schönste Teil meiner Arbeit. Bis jetzt hat das funktioniert. Man weiss am Anfang nie, was am Ende herauskommt. Deshalb freue ich mich immer auf das nächste Semester und schaue niemals zurück.

VERZICHTEN WIR KÜNFTIG AUF DAS EIGENE AUTO?

AUF DEM BODEN
10

Jüngste Statistiken zeigen, dass die Schweiz ein immer noch hoch motorisiertes Land ist. Sowohl im kollektiven Bewusstsein als auch im Verhalten der Bürger zeichnen sich jedoch erste Veränderungen ab.



Punkto Abfallrecycling ist die Schweiz weltweit vorbildlich. Wie es aussieht, gilt das aber nicht für den Autoverkehr. Der Motorisierungsgrad unseres Landes liegt über dem europäischen Durchschnitt; vor allem die hierzulande so beliebten PS-starken Oberklasseautos erweisen sich als besonders umweltbelastend.

Jenseits der Statistiken und des ersten Anscheins hat sich das Verhältnis zum Privatauto in den letzten Jahren allerdings deutlich verändert. «Mehr als die Hälfte der Haushalte in Grossstädten wie Zürich, Basel oder Bern besitzt kein Auto», sagt Patrick Rérat, Mobilitätsexperte und Professor am Institut für Geographie und Nachhaltigkeit (IGD) der Universität Lausanne. «Dass die Gesamtzahl der Fahrzeuge in den letzten Jahren gestiegen ist, liegt vor allem am Bevölkerungswachstum. In den grossen urbanen Zentren hat dagegen der Motorisierungsgrad in den letzten fünfzehn Jahren spürbar abgenommen.»

Weltmeister im Bahnfahren

Gleichzeitig hat die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel zugenommen. Hinsichtlich der pro Einwohner zurückgelegten Bahnkilometer ist die Schweiz sogar weltweit führend. «Im Bereich der sanften Mobilität, also bei den zu Fuss oder per Velo zurückgelegten Kilometern, schneidet die Schweiz nicht ganz so gut ab», stellt Patrick Rérat fest. «Aber auch hier sind vor allem in den Städten grosse Fortschritte zu beobachten. In Zürich haben sich die Velofahrten zwischen 2010 und 2015 von sechs auf zwölf Prozent verdoppelt!» Der Anteil der Carsharing-Systeme wächst seit rund zwanzig Jahren kontinuierlich. «Man kann sagen, dass die Schweiz in dieser Hinsicht zu den fortschrittlichsten Ländern der Welt zählt», sagt Francesco Ciari, einer der Forschenden, die im Rahmen des NFP 71 am Projekt «Teilen ist Sparen» arbeiteten. «Mobility Carsharing bietet mit schweizweit 1500 Standorten ein sehr engmaschiges Netz. Ansonsten entstehen Mobilitäts-Sharing-Systeme aber im Wesentlichen in den Städten.»

Die Genossenschaft Mobility Carsharing besitzt aktuell eine Flotte von 3000 Autos und hat mehr als 130 000 Kunden. Nach Auskunft des Betreibers können damit 31 000 Privatautos und 46 500 Parkplätze eingespart werden. «Unsere Studien haben ergeben, dass sich alle Formen des Carsharings, ob in Mitfahrergemeinschaften oder in Selbstbedienung, positiv auf den Energieverbrauch auswirken», betont Friedel Bachmann, der im Rahmen des NFP 71 zum Thema «Kollaborativer Konsum: Hype oder Versprechen?» forscht. In der Schweiz haben Carsharing-Modelle weiterhin ein grosses Wachstumspotenzial. Warum entscheiden sich also nicht noch mehr Menschen für diese Angebote? «Gemäss unserer Beobachtung spielt der Faktor Kostenersparnis keine grosse Rolle. Der Nachahmungseffekt unter Gleichgesinnten sowie die Sichtbarkeit dieser Dienstleistungen dürften deren Verbreitung dagegen beflügeln.»

Francesco Ciari hält fest, dass die Schweiz ein Land mit hoher Wirtschaftskraft und einem sehr engmaschigen öffentlichen Verkehrsnetz ist. «Ein Problem besteht darin, dass es so einfach ist, sich ein Auto anzuschaffen – vor allem,

wenn man es least. Haben die Leute erst einmal ihr eigenes Auto, geben sie es nicht so schnell wieder her ...» Ein grosses Potenzial für Carsharing-Modelle bestünde aber vor allem im Ersatz des Zweitwagens. «Allein damit liesse sich die Gesamtzahl der Fahrzeuge schon beträchtlich reduzieren», sagt Friedel Bachmann. «Alle diese Entwicklungen brauchen jedoch Zeit. Das ist eine Frage der Verhaltensänderung und des Generationenwechsels.»

Eine autozentrierte Gesellschaft

Eine Studie des Swiss Competence Center for Energy Research – Efficient Technologies and Systems for Mobility (SCCER Mobility) kommt zum gleichen Schluss, wonach alte Gewohnheiten den Wandel auch dann noch bremsen werden, wenn bereits neue Technologien verfügbar sind.* Dass sich das Privatauto nicht so leicht durch andere Formen der Mobilität ersetzen lässt, hat auch mit den Vorteilen zu tun, die es bietet: «Das Auto macht die Menschen flexibel und autonom», räumt Patrick Rérat ein. «Obwohl es mitunter 95 Prozent des Tages nur steht, gibt es uns die Sicherheit, jederzeit mobil zu sein. Das Auto ist mehr



Forschungsprojekte:
Kollaborativer Konsum: Hype oder Versprechen? (NFP 71)
Teilen ist Sparen (NFP 71)
Steueranreize für eine Senkung des Energieverbrauchs (NFP 71)

* Towards an Energy Efficient and Climate Compatible Future Swiss Transportation System. SCCER – Mobility 2017



als ein Fortbewegungsmittel: Seit einem Jahrhundert steht es im Zentrum der gesellschaftlichen Entwicklung. Unsere gebaute Umwelt, unsere Wirtschaft und unser Leben sind auf das Auto ausgerichtet. Das System «Auto» ist allgegenwärtig und erscheint uns daher als ganz natürlich. Das ist uns gar nicht mehr bewusst. Aber in den Städten sind bestimmte Flächen zugunsten des Autoverkehrs verschwunden. Ich denke da vor allem an die Strasse, die sich von einem Ort der Kommunikation, des Spiels und der Begegnung zu einer reinen Verkehrsfläche entwickelt hat.»

Im Rahmen des Projekts PostCarWorld wurden Bürgerinnen und Bürger zu ihrem Verhältnis zum Auto befragt. Dabei hat sich gezeigt, dass sich die Mehrheit der Befragten durchaus der Probleme, vor allem des zunehmenden Verkehrs und der Emissionen, bewusst waren – «auch die «Autobefürworter»», sagt Monique Ruzicka-Rossier, die Koordinatorin des Projekts. «Besonders auffällig sind aber die Unterschiede zwischen den Generationen. Für die meisten Unter-35-Jährigen ist das Auto kein Statussymbol mehr, sondern nur ein Mobilitätsservice unter vielen. Es weckt nicht mehr die gleichen Emotionen wie früher. Diese Generation nutzt eine ganze Palette von Fortbewegungsmitteln, um von A nach B zu kommen, und nimmt darüber hinaus Hauslieferdienste in Anspruch. Auch markiert der Erwerb des Führerscheins nicht mehr den Eintritt ins Erwachsenenalter – er ist einfach nur eine Formalität.» Für die Über-45-Jährigen hat das Auto dagegen weiterhin eine zentrale Bedeutung: «Viele wissen

gar nicht, wie sie ihren Alltag ohne Auto organisieren sollen. Sie kennen sich mit den anderen Mobilitätsangeboten nicht wirklich aus.»

Lebensqualität hat höchste Priorität

Wie mehrere Studien gezeigt haben, können sich inzwischen aber alle Generationen vorstellen, den Besitz eines Privatautos zu überdenken. «Den Menschen kommt es vor allem darauf an, ihre Lebensqualität zu behalten», erklärt Monique Ruzicka-Rossier. Alles – Natur, städtische Dienstleistungen, Freizeitmöglichkeiten und der Arbeitsplatz – soll schnell erreichbar sein. Wird den Menschen auch ohne Auto die gleiche Lebensqualität geboten, sind viele bereit, auf ihr Privatfahrzeug zu verzichten.»

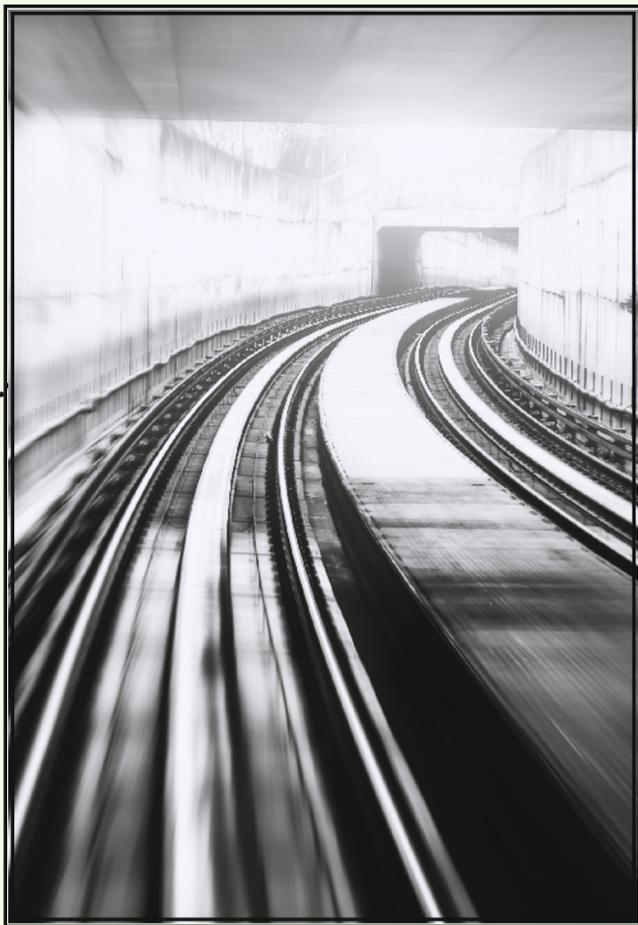
Aber wie erreicht man eine ähnlich hohe Lebensqualität ohne Auto? «Ich glaube nicht, dass die Gesellschaft in Zukunft ganz ohne das Auto auskommt», präzisiert Patrick Rérat. «Um den Einfluss der Privatautos zu verringern, braucht es eine Kombination leistungsfähiger Mobilitätsangebote sowie eine intelligente Raumordnungspolitik.» Dies setzt jedoch ein neues politisches Bewusstsein voraus: den Wandel von einer auf das Auto zentrierten zu einer dienstleistungsorientierten Gesellschaft.

Weniger Privatautos

Ganz allgemein könnte der Staat eine wichtige Rolle spielen, indem er insbe-

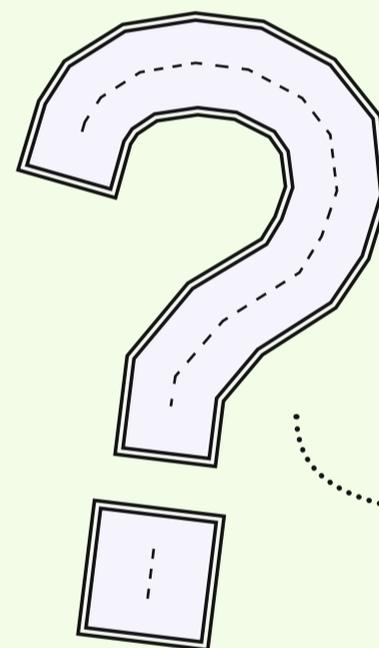
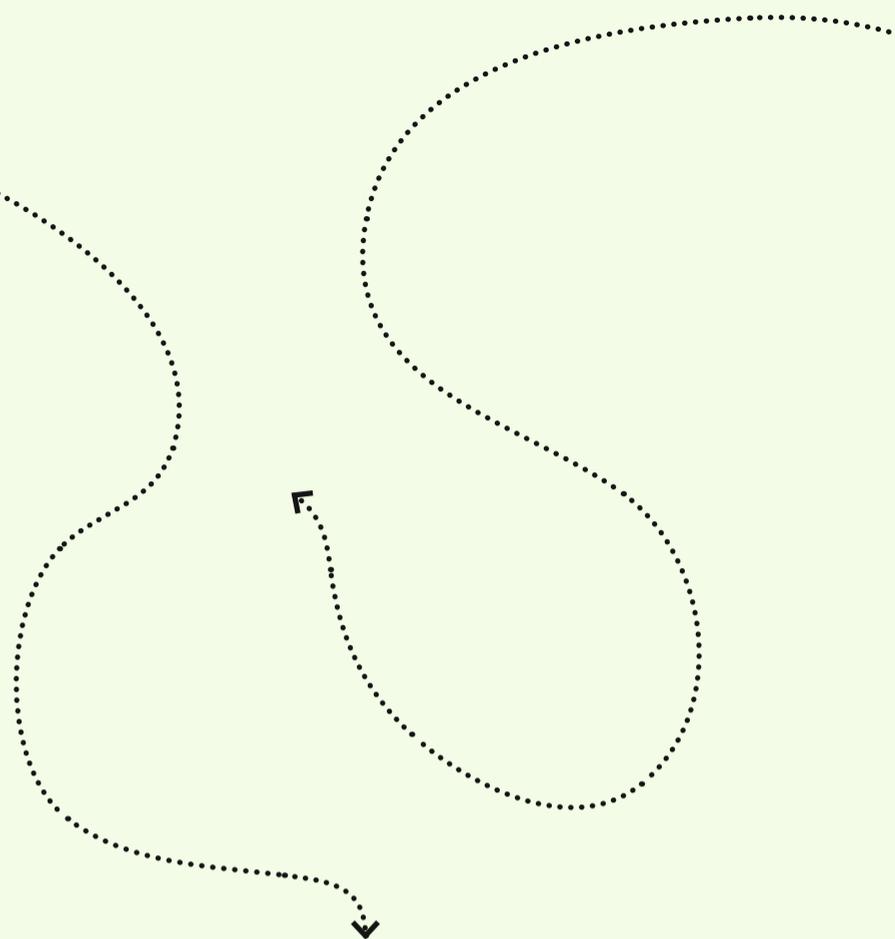
sondere durch verschiedene Steueranreize dafür sorgt, dass die Zahl der Fahrzeuge sinkt. Das denkt auch Simon Lüchinger. Der Professor für Wirtschaftswissenschaften an der Universität Luzern leitete das Projekt «Steueranreize für eine Senkung des Energieverbrauchs» im Rahmen des NFP 71: «Die externen Kosten der individuellen Mobilität – etwa die des Klimawandels oder der Verkehrsüberlastung – werden aktuell nicht von den Autofahrern bezahlt, sondern von allen Bürgern. Wenn das Steuersystem dafür sorgen würde, dass die Autofahrer diese Kosten tragen, würde die Zahl der Privatautos sicherlich sinken.»

Könnte das selbstfahrende Auto die Lösung sein? Friedel Bachmann hält es für möglich, dass diese Technologie dem Carsharing deutliche Zuwächse beschert: «Aber dazu müsste man wissen, wann diese Technologie tatsächlich verfügbar ist, und vor allem müssten noch einige juristische und ethische Probleme geklärt werden.» Für Patrick Rérat könnte das selbstfahrende Auto theoretisch dafür sorgen, dass die Gesamtzahl der Fahrzeuge in der Schweiz abnimmt, «sofern es sich nicht um Privatautos handelt. Denn in diesem Fall würde sich die Situation sogar verschlechtern, da der Auslastungsgrad der Fahrzeuge unter die Marke von eins fiel! Hinter dem Konzept stehen noch viele Fragen. Man verkauft uns ein «Mobilitätsideal», das aber die wichtigen anderen Wahlmöglichkeiten der Gesellschaft nicht in den Hintergrund drängen sollte».



DIGITALISIERUNG UND FLEXIBILITÄT BESTIMMEN DEN ZUGVERKEHR DER ZUKUNFT

Projekte wie Hyperloop oder Eurotube sorgen regelmässig für Aufsehen in den Medien. Aber die Züge der Zukunft werden aus naheliegenden wirtschaftlichen Gründen wohl eher auf dem schon vorhandenen Schienennetz fahren. Was nicht heisst, dass es hier keine technischen Neuerungen geben wird. Wie schon 2017 von den SBB angekündigt, soll die Kapazität des vorhandenen Schienennetzes dank Digitalisierung um 30 Prozent steigen. Die SBB nennen vor allem den Einsatz ferngesteuerter Züge, digital gesteuerter Weichen oder auch das Erhaltungsmanagement der Gleisanlagen. Ausserdem sollen die Fahrpläne mithilfe künstlicher Intelligenz optimiert werden. Langfristig denken die Experten an autonome Waggon, die flexibel zirkulieren und bei Bedarf anhalten. Damit könnte das Schienennetz effizienter genutzt werden, als dies mit den heute üblichen langen Zügen und starren Fahrplänen möglich ist.



EINE AUTOFREIE SCHWEIZ?

«Wie würden Sie sich in einer Welt ohne Auto fortbewegen?» Diese Frage stellten die Forschenden im Rahmen des Projekts PostCarWorld rund tausend Schweizer Bürgerinnen und Bürgern – «normalen» Menschen ebenso wie Expertinnen und Experten für Städtebau. Wie das von der EPFL durchgeführte und vom Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Sinergia-Programms geförderte interdisziplinäre Projekt zeigte, hat sich die Liebe der Schweizer zum Auto in den letzten Jahren zwar gewandelt, aber es gibt nach wie vor viele Widersprüche. Heute halten die Forschenden eine Welt ohne Auto für sehr viel wahrscheinlicher als noch vor zwanzig Jahren. Unter anderem hat das Projekt PostCarWorld auch die ökonomische Zukunftsfähigkeit einer autofreien Schweiz untersucht. Die Antwort fällt erstaunlich positiv aus, allerdings unter einer Voraussetzung: Ein Teil des für den Strassenbau vorgesehenen Budgets müsste für die Entwicklung neuer Infrastrukturen verwendet werden.



Was als Ingenieurleistung begann, weckt Hoffnungen auf eine nachhaltige Mobilitätsvision. Die Eroberung des Untergrunds wird zum Baustein eines vernetzten und klimafreundlichen Verkehrs- und Transportsystems.

Der erste Strassentunnel der Schweiz ist 64 Meter lang und wurde Anfang des 18. Jahrhunderts am St. Gotthard durchbohrt. Dieser Ingenieureffort hatte die Passage durch die wilde Schöllenschlucht sicherer gemacht. Inzwischen verbinden noch bequemere Wege den Norden mit dem Süden; einige führen sogar ganz durch den Untergrund. Sowohl der Strassenverkehr als auch die Eisenbahn profitieren von einer leistungsfähigen unterirdischen Transitinfrastruktur. Das jüngste Bauwerk auf der Nord-Süd-Achse, der 57 Kilometer lange Gotthard-Basistunnel, verbessert aber auch die Umweltbilanz: Gemäss Ecotransit-Rechner braucht es nur halb so viel Energie, um Güter statt im Camion mit dem Zug von Basel nach Chiasso zu transportieren. Und weil der inländische Bahnverkehr mehrheitlich Wasserstrom bezieht, fällt die Treibhausgasbilanz mit 1:10 noch deutlicher zugunsten der Schiene aus.

Raumgewinn an der Oberfläche

Auch die übrigen Regionen der Schweiz sind mittlerweile durch viele Tunnels und Röhren miteinander verbunden. Die Weglängen im nationalen Eisenbahn- und Autostrassennetz haben sich trotz natürlicher Hindernisse, einer dichten Landnutzung und geschützter Landschaften dadurch bedeutend verkürzt. Wie eine Studie des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich veranschaulicht, sind die Fahrzeiten zwischen den meisten Orten in der Schweiz wesentlich geschrumpft. Das Potenzial für weitere Verbesserungen scheint allerdings beschränkt. «Ohne Digitalisierung der Verkehrsströme lässt sich die Effizienz bestehender Systeme kaum steigern», ist Martin Bütikofer, Direktor im Verkehrshaus Schweiz, überzeugt. Ansonsten bietet nur der Untergrund zusätzliche Kapazitäten für ein Transportwachstum.

Ist eine verstärkte Verlagerung des Verkehrs in die Tiefe also ein nächstes Puzzleteil für die nachhaltige Mobilität? Wer sich derzeit Gedanken über eine haushälterische Raumentwicklung macht, bejaht diese Frage: Städte und Agglomerationen müssen mehr Platz innerhalb der bebauten Fläche gewinnen. Die Verkehrszukunft liegt unter der Erde; ein systematisches Abtauchen in geologische Sphären wird unvermeidbar.

CO₂-freie Mobilitätssysteme

Aber wie soll man sich künftig durch den Untergrund bewegen? Aktuelle Technologiekonzepte sehen primär automatisierte, CO₂-freie Transportmittel vor. Das private Konsortium Cargo Sous Terrain möchte Güter unter Tage auf unbemannten Fahrzeugen durch die Schweiz verkehren lassen. Derweil erhält das ETH-Forscherteam Swissloop internationale Beachtung für ein Vehikel, das den Personen- und Warentransport durch unterirdische Vakuumröhren ermöglichen soll. Ob der Mensch seine Reisezeit vornehmlich im Dunkeln verbringen will, ist eine offene Frage. Wirtschaftlich und ökologisch spricht aber vieles dafür, das wachsende Verkehrsaufkommen verstärkt unter der Erde abzuwickeln. Gemäss Antonia Cornaro, Mitglied von Thinking Deep, einem internationalen Netzwerk aus Städteplanern und Ingenieuren, verbessern sich so die Zuverlässigkeit der Verkehrssysteme sowie die Entwicklungsperspektiven von Ballungszentren. Die Landschaft dazwischen würde ausserdem entlastet.

Miteinander verknüpfen

Sinn machen zusätzliche Wege durch den Untergrund aber nur, wenn sie an die Verkehrsinfrastruktur an der Oberfläche angeschlossen sind. Die Anforderungen und das Funktionsprinzip eines derart vernetzten Transport- und Logistiksystems untersucht das Forschungsprojekt «Intelligente urbane Logistik». Denn damit die Städte klima- und menschenfreundlicher als heute versorgt werden können, sind bestehende und künftige Mobilitätslösungen unter, auf und über dem Boden nahtlos miteinander zu verknüpfen.

Was vor drei Jahrhunderten mit dem Tunnelbau begann, hat kaum absehbare Wege genommen. Und auch das, was unter dem Gotthardmassiv seither entstand, ist von überraschendem Nutzen: Ein Stollen, der für den Bau des Basistunnels erforderlich war, dient nun als Labor für unterirdische Druckluftspeicher. Im Verbundprojekt «Stromspeicherung über adiabatische Luftkompression» wird erforscht, wie der Wirkungsgrad dieses Verfahrens erhöht werden kann.

Paul Knüsel – Wissenschaftsjournalist BR SKWJ

Forschungsprojekte:
Intelligente urbane Logistik (NFP 71)
Stromspeicherung über adiabatische Luftkompression (NFP 70)

Eine stärkere Beanspruchung des Untergrunds provoziert keinen grundsätzlichen Widerstand. Christoph Beer, Präsident der Eidgenössischen Geologie-Kommission (EGK), warnt aber vor voreiligen Entscheiden. Ohne neue Regeln und ein vertieftes Standortwissen seien Konflikte vorprogrammiert.

Das Siedlungswachstum und der Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen stossen an der Oberfläche an Grenzen. Soll man nun vermehrt in den Untergrund abtauchen?

Notgedrungen führt die Verstädterung der Schweiz dazu, dass man auf den Untergrund ausweichen muss. Das ist durchaus mit gesellschaftlichen Vorteilen verbunden. So können wichtige Infrastrukturanlagen vor Naturgefahren geschützt werden wie auch die Bevölkerung vor Lärmimmissionen. Zudem bleibt wertvolles Kulturland erhalten. Ein Ausweichen in den Untergrund macht also Sinn, wenn dies für Einrichtungen genutzt wird, die nicht auf Tageslicht angewiesen sind. Und es sind gewisse Rahmenbedingungen einzuhalten.

Welche meinen Sie?

Man kann nicht alle Nutzungsabsichten zulassen; es braucht eine Priorisierung. Denn die Charakteristik beim Bauen im Untergrund ist: Eine einmal festgelegte Nutzung besetzt den Raum unter dem Boden praktisch für die Ewigkeit. Rohstoffe, die abgebaut werden, sind weg. Ein belasteter Grundwasserleiter lässt sich kaum regenerieren. Und ein Tunnelkorridor kann später nicht einfach wieder entfernt werden.

Wie umgeht man solche Nutzungskonflikte?

Was räumlich und zeitlich im Untergrund geschehen soll, ist vorsichtig und umsichtig zu planen. Dazu sind der mögliche Nutzen und der absehbare Mehraufwand gegeneinander abzuwägen. Bauen im Untergrund ist viel teurer und manchmal risikobehafteter als an der Oberfläche. Meistens sind die geologischen Standortverhältnisse zu wenig bekannt. Anzuerkennen ist dennoch, wie riesig das Potenzial für die Entwicklung nachhaltiger Verkehrs- und Energiesysteme ist. Der Untergrund birgt noch nicht ausgeschöpfte Wärmequellen und bietet Raum für neue Transportverbindungen.

Wie gut ist der Untergrund als natürliche Ressource vor den Ausbauwünschen geschützt?

Konflikte sind vorprogrammiert, wenn man ohne nationale Regeln in den quasi unberührten Untergrund und den wertvollen Grundwasserleiter vorstossen will. So werden die bekannten Fehler aus der Nutzung der Oberfläche wiederholt, weil man sich unkoordiniert die Raumreserven für morgen verbaut. Für eine solche Koordinationsaufgabe fehlt es aber noch an vielem: So wären die angemeldeten Nutzungsvarianten zu priorisieren oder die Bewilligungsgrundlagen der Kantone zu verbessern. Und rechtlich ist zu konkretisieren, wo die unterirdische Grenze zwischen Privatbesitz und öffentlichem Eigentum verläuft.

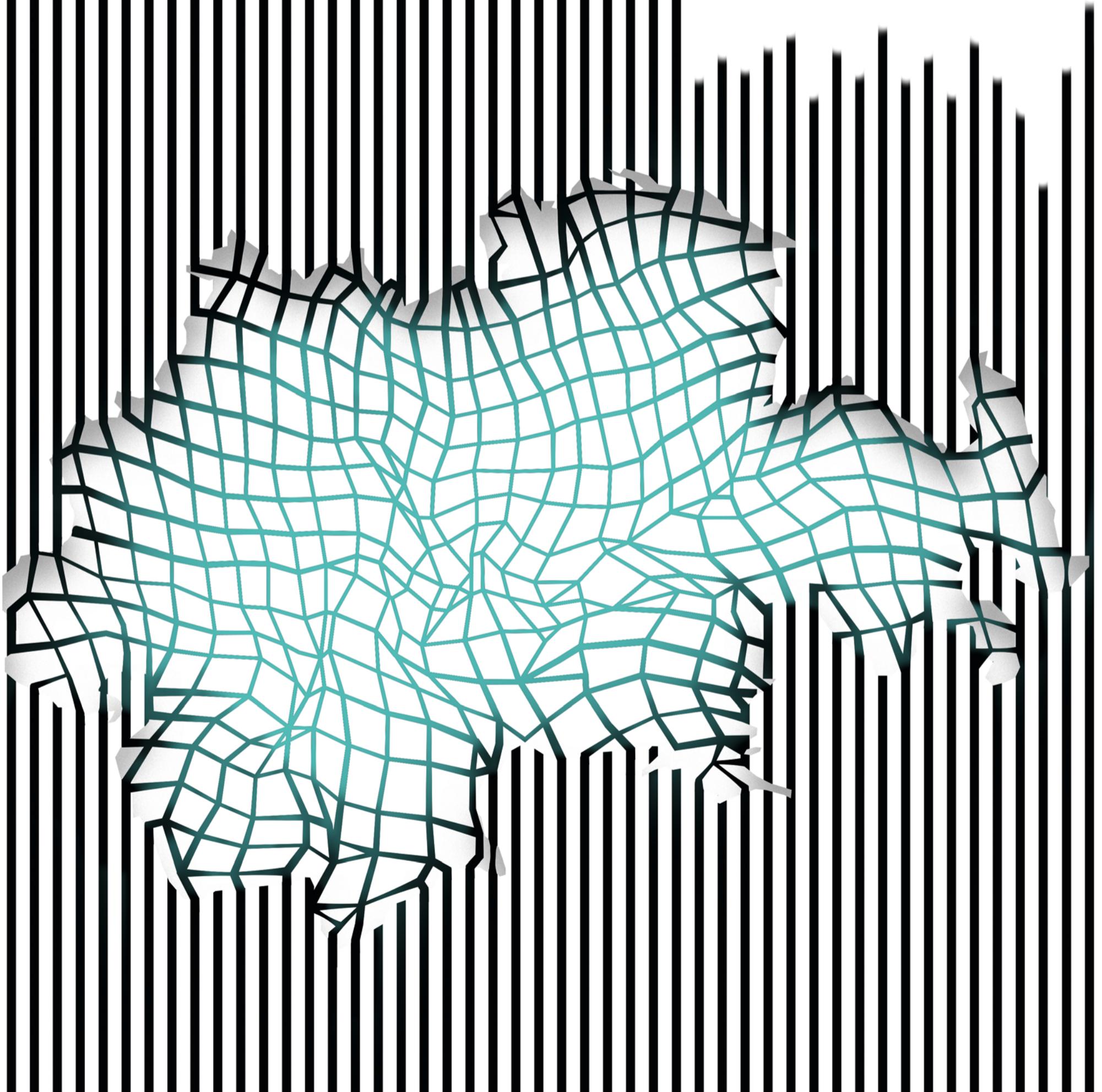
Wie kann eine geordnete, effiziente und nachhaltige Nutzung des Untergrunds gelingen?

Das Milieu ist weitgehend unerforscht, weil bei uns keine Rohstoffe ausgebeutet wurden. Daher ist der Untergrund geologisch und hydrogeologisch umfassend zu vermessen. Für die Geologie in der Schweiz ist das ein Generationenprojekt; doch eine Erkundung der vierten Raumdimension erhöht die Investitionssicherheit für absehbare Nutzungsinteressen.

Die geschrumpfte Schweiz

In den letzten Jahrzehnten sind die Fahrzeiten auf Schiene und Strasse für eine Reise in der Schweiz deutlich geschrumpft. Allerdings hat der Strassenverkehr vergleichsweise stärker vom Ausbau der Infrastrukturnetze profitiert, obwohl sich Menschen und Güter mit der Eisenbahn wesentlich energieeffizienter befördern lassen. Im Vergleich zu 1950 lässt sich die Schweiz per Auto heute mit dem halben Zeitaufwand bereisen. Die Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehrssystem sind in derselben Zeitspanne hingegen nur um einen Fünftel kürzer geworden.

(vgl. Grafik «Road travel time-scaled maps for Switzerland» aus Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung, 342, 2006, IVT ETHZ)



Fliegen ist heute ein Massenphänomen. Mit den steigenden Passagierzahlen wurde nicht nur die Romantik durch industrialisierte Prozesse verdrängt. Auch beim Energieverbrauch kann der technische Fortschritt nicht mehr mit dem Volumenwachstum mithalten.



Bis 2038 wird mit einer Verdoppelung der Passagierzahlen gerechnet.

Für Leonardo Manfriani war es ein prägendes Kindheitserlebnis: Als sein Vater in den 1960er-Jahren von einer Geschäftsreise zurückkehrte, konnte er ihm auf dem Flugfeld in Turin um den Hals fallen. Seither hat sich viel verändert. Nicht nur ist Manfriani inzwischen Professor für Aerodynamik und Luftfahrtsysteme an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). Auch die Fliegerei hat sich grundlegend gewandelt. Auf dem offenen Flugfeld werden heute nur noch hohe Staatsgäste oder zurückkehrende Sporthelden begrüßt.

Industrialisierte Prozesse statt grenzenloser Freiheit

Die Otto Normalverbraucher kommen durch Röhren aus einer Röhre, wie Benedikt Meyer die Realität der modernen Massenfliegerei bildhaft beschreibt. Er hat als Historiker den Wandel der ehemaligen nationalen Fluggesellschaft Swissair und ihrer Passagiere aufgearbeitet. Aus der romantisch verklärten grenzenlosen Freiheit, wie sie der deutsche Liedermacher Reinhard Mey besungen hatte, ist ein industrialisierter Abfertigungsprozess geworden. Festmachen lässt sich diese Veränderung unter anderem auch an den Emotionen, mit denen die Fluggesellschaften für ihre Dienstleistungen werben.

Standen in den 1960er-Jahren noch die Jets und ihre Technik im Vordergrund, zeigten die Plakate in den 1970ern Bilder der exotischen Landschaften, die per Flugzeug erreicht werden konnten, wie Meyer ausführt. Aus einem Objekt

der Faszination wurde ein Mittel zum Zweck. Zwanzig Jahre später, mit Aufkommen der Billigflieger, drehte sich die Werbung nur noch um den Preis, und heute verkaufen die Gesellschaften City-Hopping-Lifestyle.

Rauchfahnen als einziges Umweltthema

Die Ökologie war in der Kommunikation nur einmal ein Thema, wie Meyer festhält. Anfang der 1970er-Jahre sah die Swissair die Umstellung ihrer Flotte auf Triebwerke, die keine schwarzen Rauchfahnen mehr hinter sich herzogen, als aktiven Beitrag zum Umweltschutz.

Für Manfriani ist es wenig verwunderlich, dass die Nachhaltigkeit seither kaum mehr thematisiert wird. Zwar konnte der Energieverbrauch der Jets seit den 1950er-Jahren um rund den Faktor vier auf etwa 25 g Kerosin pro Passagiersitz und Kilometer gesenkt werden. Zuvor war der Verbrauch aber durch die Umstellung von Kolbenmotoren auf Düsentriebwerke um fast das gleiche Verhältnis in die Höhe geschossen. Der Hauptgrund lag in der fast doppelt so hohen Reisegeschwindigkeit, die den Luftwiderstand ansteigen liess.

Geschwindigkeit drosseln und Tankstopps

Weil für die Geschwindigkeit ein hoher Energiepreis bezahlt werden muss, wäre für Manfriani heute wieder eine Reduzierung angezeigt. Auf Kurz- und Mittelstrecken würde eine Drosselung von 800 auf 600 km/h viel bringen.

Im Langstreckenbereich könnte der Verbrauch zudem durch kleinere Flugzeuge, die Zwischenstopps zum Auftanken einlegen, gesenkt werden. Heute werden nämlich rund 30 Prozent des Kerosins dafür gebraucht, das Gewicht des Treibstoffs durch die Luft zu fliegen. Ein anderes Szenario hat Manfriani im Rahmen eines Forschungsprojekts durchgerechnet. Luftbetankungen könnten demnach den Spritverbrauch auf Langstrecken um rund 20 Prozent vermindern.

Wenig Potenzial und alte Forderung

Auf der technischen Seite rechnet Manfriani in den nächsten 30 Jahren mit Effizienzsteigerungen von etwa 30 Prozent. So lässt sich durch hybride Gas-Elektro-Turbinen die Grundmotorisierung verringern, indem beim Start ein Elektromotor für den nötigen Zusatzschub sorgt.

Mit der erwarteten Verdoppelung der Passagierzahlen innerhalb der nächsten 20 Jahre werden die Effizienzsteigerungen allerdings sowieso nicht mithalten können. Für den Historiker Meyer deutet nichts darauf hin, dass dieses Wachstum ohne Eingriffe von aussen abnimmt. Interessanterweise ist die Forderung, das Fliegen auf diejenigen zu beschränken, die es wirklich nötig hätten, auch schon fast so alt wie die Massenfliegerei selbst. Der ehemalige Swissair-Direktor Walter Berchtold hat bereits 1981 entsprechende Beschränkungen zur Diskussion gestellt.

25
g

Im Durchschnitt rechnet man heute mit 25 g Kerosinverbrauch pro Passagiersitz und Kilometer.

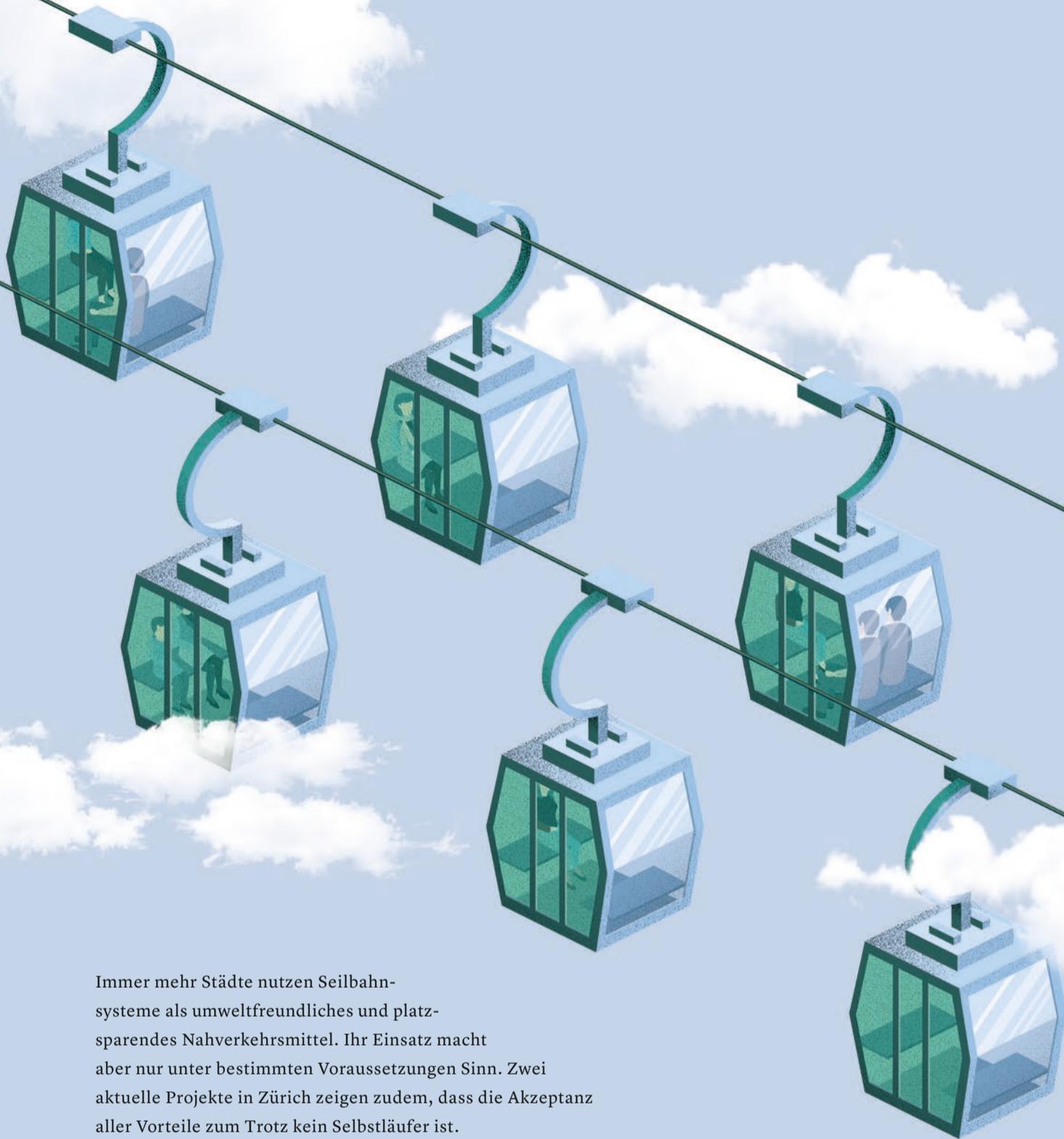
Eine Geschwindigkeitsdrosselung von 800 auf 600 km/h würde grosse Einsparungen im Energieverbrauch bringen.

600
km/h
800



AN SEILEN ÜBER DEN LANDVERKEHR SCHWEBEN

ÜBER DEN WOLKEN
20



Immer mehr Städte nutzen Seilbahnsysteme als umweltfreundliches und platzsparendes Nahverkehrsmittel. Ihr Einsatz macht aber nur unter bestimmten Voraussetzungen Sinn. Zwei aktuelle Projekte in Zürich zeigen zudem, dass die Akzeptanz aller Vorteile zum Trotz kein Selbstläufer ist.

Flugzeuge sind nur eine Möglichkeit, um den Raum über der Erde für unsere Mobilität zu nutzen. Wesentlich umweltfreundlicher sind Bahnen, die auf Stelzen oder an Seilen die engen Platzverhältnisse auf dem Boden unter sich lassen. Bei ihnen entfällt der Energieaufwand, der notwendig ist, um das Transportmittel in die Luft zu heben.

In den letzten Jahren wurden unter anderem in dicht bebauten Metropolen wie Medellín, Ankara, Hongkong oder London Luftseilbahnen in Betrieb genommen, wie wir sie aus den Alpen kennen. Die grossen Vorteile der für den Wintersport auf Effizienz getrimmten Transportmittel: Sie brauchen nur wenig Platz für die Stützen und Stationen, die Investitionen sind vergleichsweise gering und die Umweltbelastung im Betrieb ist minimal.

Ein Allerheilmittel für den städtischen Nahverkehr sind Gondelbahnen deswegen aber nicht, wie Analysen des ETH-Verkehrsforschers Ulrich Weidmann festhalten. Ihre maximale Geschwindigkeit ist auf unter 50 km/h beschränkt, was die

Streckenlängen limitiert. Auch in Sachen Kapazität kommen die Systeme deswegen nicht an die Werte von Tram, Bus oder S-Bahn heran. Ihre Vorteile voll und ganz ausspielen können die Seilbahnen vor allem bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über Gebiete, die für Strassen weniger geeignet sind, wie Gewässer, oder zur Überwindung von grossen Höhenunterschieden.

Aber auch wenn alle Anforderungen erfüllt werden, sind Seilbahnprojekte in der Schweiz keine Selbstläufer. Anwohner bremsen die Umsetzungen nicht nur, weil sie keine Gondeln wollen, die über ihre Häuser und Gärten schweben, wie im Fall der Zürcher Zoobahn. Auch der erwartete Erfolg kann zum Hemmschuh werden. Wenn beispielsweise als Folge einer von der Zürcher Kantonalbank projektierten Seilbahn über das Zürcher Seebecken mit einem Viertel mehr Menschen in den sowieso schon von einer intensiven Freizeitnutzung betroffenen Quartieren gerechnet wird, ist Widerstand unvermeidlich.

Unterwegs in eine saubere Energiezukunft



 **sgsw**
St. Galler Stadtwerke

- > Für einen weitgehend CO₂-freien Verkehr müssen alternative Antriebstechnologien die herkömmliche Technik ersetzen. Aus diesem Grund fördern wir bereits heute den Ausbau von Elektro- und Gasmobilität.
- > Es ist uns ein wichtiges Anliegen, in diesem Bereich die nötigen Impulse für innovative Lösungen zu geben. Deshalb sind wir im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Energie-wende» stolzer Praxispartner des Projekts «Methan für Transport und Mobilität» der Hochschule für Technik Rapperswil.

Das Luftverkehrsmanagement kann die Umweltbelastung des Flugverkehrs senken. Dem sind aber Grenzen gesetzt, erklärt Jürg Hänni, Leiter für operationelle Beziehungen und Sonderaufgaben bei der Schweizer Flugsicherungsgesellschaft Skyguide. Dank Drohnenanwendungen werden jedoch Systeme möglich, die alle Flugbewegungen in Echtzeit optimieren.

Herr Hänni, liesse sich mit einer Optimierung des Verkehrsmanagements die Umweltbelastung des Luftverkehrs verringern?

Im Prinzip ja. Wenn jedes Flugzeug auf dem optimalen Flugprofil zum Ziel gelangen würde, liesse sich sehr viel Treibstoff einsparen. In der Praxis ist dies allerdings nicht realisierbar. Das hängt unter anderem mit den immer noch national ausgestalteten Zuständigkeiten und Regeln zusammen. Sie verunmöglichen bisher eine weltweit optimierte Koordination aller Flüge vom Start bis zur Landung. Allerdings würde auch ein einheitliches und zentral gesteuertes System an seine prinzipiellen Grenzen stossen.

Welche grundsätzlichen Grenzen sind der Optimierung gesetzt?

Das Optimum eines Fluges ist immer individuell. Es hängt von vielen variablen Einzelfaktoren wie der Beladung, dem Wind, den Treibstoffreserven, der Geschwindigkeit oder der Höhe ab. Zudem hängen auch alle Flugprofile in einem Luftraum voneinander ab, besonders wenn sie sich kreuzen oder auf eine Piste zulaufen. Wenn sich nun für einen Flug ein Faktor verändert, so sind dominoartig viele abhängige Flüge davon betroffen. Während den Hauptverkehrszeiten muss darum praktisch jeder Flug von seinem idealen Verlauf zugunsten der grösstmöglichen Kapazität des Verkehrsflusses abweichen.

Was können Technologien wie künstliche Intelligenz in diesem Umfeld leisten?

Ein zentrales System, das sämtliche relevanten Daten erfasst und mithilfe von künstlicher Intelligenz in Echtzeit immer die aktuell bestmögliche Lösung für sämtliche Flugzeuge findet und gleichzeitig permanent die grösstmögliche Kapazität sicherstellt, ist in der globalen Verkehrsfliegerei noch Zukunftsmusik. Ein konkretes Potenzial für derartige Systeme sehen wir aber im Bereich des sogenannten «unmanned traffic». Autonome Drohnen müssen zum einen von einer zentralen Bodenstation gesteuert werden und zum anderen auch in der Lage sein, Routenkonflikte mit anderen Drohnen bis zu einem gewissen Grad selbstständig zu lösen. Damit verfügen sie über die Datenerfassungs- und Steuerungssysteme, die für ein umfassendes Optimierungsmanagement nötig sind.

Hilft es, dass die Drohnenszenarien in der Regel lokal sind und darum die internationale Koordination wegfällt?

Das täuscht. Viele grenznahe Regionen wie etwa die Wirtschaftsräume Basel und Genf sind nicht auf ein Land beschränkt. Deshalb werden auch die Drohnenmanagement-Systeme international koordiniert werden müssen. Es stellt sich allerdings die Frage, wie staatliche Stellen unter dem Aspekt der staatshoheitlichen Zuständigkeiten der extremen Dynamik dieser neuen Technologien überhaupt gerecht werden können.

ZOLLIKOFEN

Der weltweite Luftverkehr wächst ungebremst. Wenn die klimaschädigenden Auswirkungen begrenzt werden sollen, führt darum kein Weg an nachhaltigen Flugtreibstoffen vorbei.

Dieses Ziel verfolgt der Verfahrenstechniker Michael Studer von der Berner Fachhochschule (BFH) gemeinsam mit der Forschungsgruppe von Jeremy Luterbach an der ETH Lausanne und dem Team seines BFH-Kollegen Jan Grenz. Sie entwickeln ein Verfahren, um aus Zellulose, die beispielsweise als ein Hauptbestandteil von Holzabfall anfällt, Flugzeugtreibstoff herzustellen.

Dafür wird die Zellulose zunächst in einem biochemischen Prozess, in dem mehrere Mikroorganismen simultan arbeiten, in Glucose aufgespalten und danach in organische Säuren umgewandelt. Die Säuren dienen als Ausgangsstoffe für die katalytische Herstellung von sogenannten Aromaten, einem zentralen Bestandteil des Flugbenzins. Wie Studer betont, liegt der grosse Vorteil der Zellulose gegenüber anderen Ausgangsstoffen für die Biotreibstoffherstellung darin, dass sie nicht in Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion steht.

Die beiden Einzelschritte haben die Wissenschaftler inzwischen gut unter Kontrolle. In künftigen Projekten liegt das Hauptaugenmerk auf deren Kombination und auf einer Skalierung der Prozesse auf industrielle Grössenordnungen.

Forschungsprojekt:
Verbundprojekt «Biochemisch-katalytisch hergestellte Biotreibstoffe» (NFP 70)

ZÜRICH

«Was mich am Umweltverhalten speziell fasziniert, sind die Widersprüche zwischen den individuellen Ansprüchen und den Interessen des Kollektivs.» Für den Leiter der Forschungsgruppe Umwelt am Departement für Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften der ETH Zürich, Andreas Diekmann, gehört der Umgang mit Gemeingütern wie unseren natürlichen Ressourcen zu den zentralen Herausforderungen der heutigen Zeit.

Gemeinsam mit der Gruppe von Ulf Liebe von der Universität Bern erhebt Diekmann unter anderem den «Schweizer Umweltsurvey». Das Besondere an dieser Studie ist, dass seit nunmehr elf Jahren regelmässig dieselben Personen zu ihren Einstellungen und ihrem konkreten Verhalten befragt werden. Damit können erstmals auch die Veränderungen der persönlichen Situation in die Analysen miteinbezogen werden.

Eine der zentralen Erkenntnisse des Surveys ist, dass zwar eine klare Mehrheit die Förderung von nachhaltigem Mobilitätsverhalten unterstützt. Geht es aber um konkrete Sanktionen gegenüber wenig umweltverträglichen Handlungen, etwa in Form von höheren Parkplatzgebühren, kippt die Mehrheit.

Einen Ausweg zeigen umwelt-schonende Default-Angebote. Im Bereich der Elektrizität hat beispielsweise die Umstellung des vorgegebenen Standardangebots von herkömmlich produziertem zu Ökostrom eine Steigerung von 1,2 auf rund 88 Prozent bewirkt.

Forschungsprojekt:
Sanfte Anreize und Energieverbrauch (NFP 71)

WINTERTHUR

Ob wir selber ein Auto, ein E-Bike oder ein GA besitzen und wie gut der öffentliche Verkehr für uns erreichbar ist, bestimmt einerseits zu einem grossen Teil, wie viel Energie für unsere Berufs- und Freizeitmobilität aufgewendet werden muss. Die individuelle Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln prägt nämlich unsere Mobilitätsgewohnheiten stark und es ist sehr schwierig, derartige Gewohnheiten zu verändern.

Mit ihrer Forschung setzt Corinne Moser vom Institut für Nachhaltige Entwicklung der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Winterthur genau an diesem Punkt an. «Mich interessiert, wie wir die Menschen dazu bringen können, ihre Routinen zu durchbrechen und ein nachhaltigeres Verhalten anzunehmen. Ich selber bin auch ein Gewohnheitstier. Es braucht oft mehr als nur Information, damit ich meinen Lebensstil ändere», gibt die Sozialwissenschaftlerin zu bedenken.

Konkret haben die Forschenden der ZHAW und der ETH Zürich unter anderem anhand der Kampagne Bike4Car untersucht, wie sich praktische Erfahrungen mit einer neuen Mobilitätsform auf die Alltagsgewohnheiten auswirken. Autofahrende haben in diesem Projekt für zwei Wochen ihre Fahrzeugschlüssel abgegeben und dafür ein E-Bike ausprobiert. Ein Jahr später berichteten die Teilnehmenden – unabhängig davon, ob sie sich nach dem Ausprobieren ein E-Bike gekauft haben oder nicht –, dass sie deutlich weniger Auto fuhren.

Forschungsprojekt:
Förderung von energiesparendem Verhalten in Städten (NFP 71)

Ökologische Standardangebote, Flugtreibstoff aus Holzabfall und Verhaltensänderungen durch Ausprobieren: Mit innovativen Ansätzen arbeiten Sozial- und Naturwissenschaftler gleichermassen an einer umweltverträglichen Mobilität.



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 substanziellen 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.