

GLOBE



Intelligente Mobilität

Mit neuen Technologien die
Mobilität der Zukunft gestalten

SEITE 12

Internet in
Lichtgeschwindigkeit
SEITE 8

Autonomer Roboter
im Untergrund
SEITE 36

Herbert Bay vernetzt
reale und virtuelle Welt
SEITE 46

+GF+

Opportunities for you

www.georgfischer.com

Do you want to make things happen? Do you want to use your knowledge and skills to master challenging projects? As a globally active and innovative industrial corporation, GF provides many opportunities for you. Now it's your turn.

Find out more
about GF:



NACHHALTIG MOBIL

Unser Wohlstand hängt stark von funktionierenden Transportsystemen ab. Dabei nehmen die Mobilitätsbedürfnisse weiter zu. Leider wachsen damit auch die Belastungen für Umwelt, Klima und Infrastruktur. Intelligente und umweltverträgliche Mobilitätsformen für die Zukunft zu finden, ist eine grosse Herausforderung.

Mehr als 30 Professorinnen und Professoren der ETH Zürich helfen mit ihrer Forschung, unsere Mobilität klimaschonend, kostengünstig und sicher zu gestalten. Diese Arbeiten finden auf vielen Ebenen statt: im nationalen Verbund im SCCER Mobility, mit Partnern aus der Wirtschaft in der ETH-Mobilitätsinitiative und nicht zuletzt in Projekten der ETH-eigenen Mobilitätsplattform zur nachhaltigen Gestaltung der Campusmobilität. Die Themenpalette reicht von neuen Antriebstechniken über bessere Methoden des Infrastrukturmanagements bis hin zu Möglichkeiten der Verhaltensänderung.

Im Mittelpunkt dieses Magazins stehen **neue Mobilitätskonzepte** und -technologien, angetrieben durch die **Digitalisierung**. Was können autonome Fahrzeuge, Sharingmodelle und App-basierte Nutzungen von Mobilitätsdaten bewirken? *Globe* diskutiert diese Fragen mit Forschenden und zeigt ihre Lösungsansätze.

Apropos Mobilität: Ende Dezember wird meine Amtszeit als ETH-Präsident enden und ich werde neue Aufgaben übernehmen. Aus diesem Anlass möchte ich mich herzlich für Ihr Interesse an der ETH Zürich und am ETH-Magazin *Globe* bedanken und wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Lino Guzzella, ETH-Präsident



Lino Guzzella,
Präsident der ETH Zürich

Lesen Sie ab Seite 12,
wie ETH-Forschende
die Mobilität der Zukunft
mitgestalten.

NEW AND NOTED

- 5 News aus der ETH Zürich
- 6 Energie neu denken
- 8 Internet in Lichtgeschwindigkeit

FOKUS

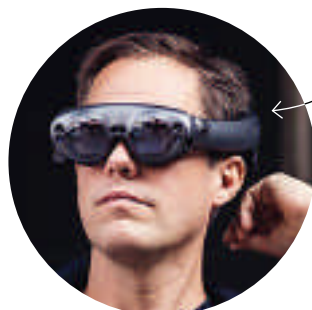
- 12 **Intelligente Mobilität**
Lösungsansätze für ein nachhaltigeres Verkehrssystem
- 18 **Der Algorithmus, mein Chauffeur**
Wie Carsharing mit selbst-fahrenden Autos unsere Städte entlasten könnte.
- 21 **Noch nicht zuverlässig**
Warum Drohnen das Verkehrs-system nicht revolutionieren.
- 22 **Zukunftsmusik für den ÖV**
Intelligente Systeme für einen effizienten öffentlichen Verkehr
- 24 **Fein verteilt und emissionsfrei**
Auf der Suche nach einem Güter-verkehr mit weniger Emissionen
- 27 **Bewusst fliegen**
Die ETH will ihre Flugreisen reduzieren.
- 28 **Smart unterwegs**
IT-Lösungen zur Optimierung des Mobilitätsverhaltens



Anymal erkundet seine Umwelt mit allen Sinnen. – Seite 36



Digital vernetzte Lastwagenkolonne in Deutschland – Seite 24



COMMUNITY

- 31 **Verbunden mit der ETH**
- 32 **Lino Guzzella:**
Vier Jahre für die ETH Zürich
- 35 **Kolumne**

REPORTAGE

- 36 **Hightech im Schacht**
Der autonome Roboter Anymal erkundet Zürichs Untergrund.

CONNECTED

- 42 **Begegnungen an der ETH**
- 44 **Agenda**

PROFIL

- 46 **Der disziplinierte Weltenbummler**
Herbert Bay reiste im Segelboot mit seiner Familie um den halben Globus. Heute entwickelt er Virtual-Reality-Brillen.

5 FRAGEN

- 50 **Sereina Riniker**
Die Professorin für Informatik-gestützte Chemie wurde mit dem Latsis-Preis der ETH Zürich ausgezeichnet.

Virtual Reality

VIRTUELL DINGE «BERÜHREN»

Forscher der ETH Zürich und der EPFL haben einen ultraleichten Handschuh entwickelt, der es seinen Nutzern erlaubt, virtuelle Objekte zu «berühren» und zu manipulieren. Der Handschuh mit dem Namen «DextrES» wiegt weniger als acht Gramm und ist zwei Millimeter dünn. Er gibt seinen Trägern ein äusserst realistisches, haptisches Feedback. Anwendungsgebiete erkennen die Forschenden im Gaming, im Gesundheitswesen – beispielsweise für die Schulung von Chirurgen – sowie für Augmented-Reality-Anwendungen.



Der haptische Handschuh wird zurzeit noch über ein sehr dünnes elektrisches Kabel mit Strom versorgt.

Informatik

SICHERHEITSLÜCKEN IM 5G-MOBILFUNK

Immer wieder gelingt es Kriminellen, illegal auf die Kommunikation zwischen Smartphones und Netzwerken zuzugreifen und Gespräche abzufangen oder Daten zu entwenden. Die fünfte und neuste Mobilfunkgeneration 5G verspricht Nutzern deutlich mehr Sicherheit als bisher. Die Gruppe von David Basin, Professor für Informationssicherheit, hat mit Hilfe des Sicherheitsprotokoll-Verifikations-tools Tamarin das 5G-AKA-Protokoll unter Berücksichtigung der vorgegebenen Sicherheitsziele systematisch untersucht.

Tamarin wurde im Laufe der letzten acht Jahre in Basins Forschungsgruppe entwickelt und ist eines der effektivsten Werkzeuge für die Analyse von Sicherheitsprotokollen. Wie Ba-

Migrationsforschung

KONTRAPRODUKTIVE ARBEITSVERBOTE



Eine Studie des Immigration Policy Lab der ETH Zürich und der Stanford University für Deutschland zeigt: Geflüchtete, die weniger lang vom Arbeitsmarkt ausgeschlossen sind, finden nach Ablauf des Arbeitsverbots schneller eine Stelle als jene, die länger nicht arbeiten dürfen. Fünf Jahre nach dem Ablauf der Wartefrist liegt die Beschäftigungsrate der Geflüchteten mit der kürzeren Wartezeit um 20 Prozentpunkte höher.



IMPRESSUM — **Herausgeber:** ETH Alumni / ETH Zürich, ISSN 2235-7289 **Redaktion:** Martina Märki (Leitung), Fabio Bergamin, Isabelle Herold, Corinne Johannssen, Michael Keller, Nicol Klenk, Karin Köchle, Samuel Schlaefli, Michael Walther
Mitarbeit: Andres Eberhard, Claudia Hoffmann **Inseratverwaltung:** ETH Alumni Communications, globe@alumni.ethz.ch, +41 44 632 51 24 **Inseratmanagement:** Fachmedien, Zürichsee Werbe AG, Stäfa, info@fachmedien.ch, +41 44 928 56 53
Gestaltung: Crafft Kommunikation AG, Zürich **Druck, Korrekturen:** Neidhart + Schön AG, Zürich **Übersetzung:** Burton, Van Iersel & Whitney GmbH, München; Clare Bourne, Nicol Klenk, ETH Zürich **Auflage:** 35 600 deutsch, 31 500 englisch, viermal jährlich
Abonnement: CHF 20.– im Jahr (vier Ausgaben); in der Vollmitgliedschaft bei ETH Alumni enthalten **Bestellungen und Adressänderungen:** globe@hk.ethz.ch bzw. für Alumni www.alumni.ethz.ch/myalumni **Kontakt:** www.ethz.ch/globe, globe@hk.ethz.ch, +41 44 632 42 52 **Kostenlose Tablet-Version.**

ETH Woche 2018

ENERGIE NEU DENKEN

«Energy matters» – so lautete das Thema der diesjährigen ETH Woche. Während sechs Tagen beschäftigten sich 164 Studierende mit unterschiedlichsten Aspekten rund um die Produktion, Verteilung und Speicherung von Energie. In interdisziplinären Teams galt es, eine gesellschaftlich relevante Fragestellung zu definieren und eine vorausschauende Lösung zu entwickeln. Zum Innovationsprozess trugen dabei wissenschaftliche Methoden genauso wie Ansätze des Design Thinking bei.

Auf dem Programm standen auch Besuche bei Praxispartnern wie dem ETH-Spin-off Climeworks, der sich zum Ziel gesetzt hat, den CO₂-Gehalt der Atmosphäre zu reduzieren. Dessen weltweit erste kommerzielle, zehn Meter hohe CO₂-Filteranlage in Hinwil (im Bild) saugt im Jahr rund 900 Tonnen CO₂ aus der Umgebungsluft. Dieses wird dann beispielsweise zur Wachstumsförderung in Gewächshäusern eingesetzt.

ETH Woche:

→ www.ethz.ch/ethwoche

Climeworks:

→ www.climeworks.com

18 Ventilationsmodule leiten die Umgebungsluft durch einen speziellen Filter, der wie ein Schwamm die in der Luft enthaltenen CO₂-Moleküle aufnimmt.



Informatik

Internet in Lichtgeschwindigkeit

Ankit Singla will das Internet mit Funkantennen und Satelliten ergänzen. Dadurch könnte dieses um ein Vielfaches schneller werden und Daten beinahe in Lichtgeschwindigkeit übertragen.

Die Vision:
Datenübertragung bei
299 792,458 m/s

Das Internet wird immer schneller. Weltweit werden neue Glasfaserkabel verlegt, und die Bandbreite für Datenübertragung wird ausgebaut. Doch für Ankit Singla, seit 2016 Assistenzprofessor am Departement Informatik der ETH Zürich, ist das Internet trotzdem noch nicht schnell genug. «Könnten wir ohne jegliche Verzögerung miteinander kommunizieren, dann würde echte Telepräsenz möglich.» Was Singla damit meint: Wir könnten von unserem Wohnzimmer aus Freunde, die am Strand von Teneriffa Ferien machen, mithilfe einer Virtual-Reality-Brille und einiger Sensoren besuchen und mit ihnen virtuell interagieren. Realität und Fiktion würden verschmelzen. Doch damit ein solches Erlebnis authentisch wirkt und immersiv ist, muss die Zeit, die ein Signal benötigt, um im Internet von Punkt A nach Punkt B zu gelangen (Latenzzeit), unter 20 Millisekunden liegen. Heute

beträgt sie je nach Distanz und Verbindung oft noch ein Vielfaches davon. Das verunmöglicht es zum Beispiel professionellen Musikern aus unterschiedlichen Erdteilen, auch über Internet miteinander zu proben.

Inspiration Hochfrequenzhändler
Singla stammt aus Chandigarh in Nordindien. Nach einem Ingenieurstudium in Bombay doktorierte der heute 32-Jährige an der University of Illinois in Computerwissenschaften. Dort verfasste er 2014 gemeinsam mit Kollegen ein Manifest für ein schnelleres Internet. Die Vision: Datenübertragung bei Lichtgeschwindigkeit (299 792,458 m/s), dem physikalischen Maximum. «Das Internet ist heute durchschnittlich 37 Mal langsamer als theoretisch möglich, oft sogar bis zu 100 Mal», erklärt Singla. «Und das liegt nicht etwa an der verfügbaren Bandbreite.» Die hohen Latenzzeiten

hätten drei Ursachen: die geografische Distanz zwischen Servern und Computern; die Protokolle, welche die Datenübertragung organisieren, und die physische Infrastruktur des Internets, also Kabel, Server und Router. «Der erste Faktor ist fix. Die beiden anderen können wir optimieren», erklärt er. «Ich konzentriere mich in meiner Forschung auf die Infrastruktur mit dem Ziel, darüber die Latenzzeiten zu reduzieren.»

Inspiration für seine Forschung findet Singla unter anderem bei Hochfrequenzhändlern an den Börsen von New York, Chicago, London und Frankfurt. Dort entscheiden Mikroskunden über Gewinn oder Verlust von Millionen. Deshalb bauen sich die Trader ihr eigenes, optimiertes «Internet»: Auf hohen Gebäuden, wie Wolkenkratzern oder Fernsehtürmen, installieren sie in 70 bis 100 Kilometer Distanz voneinander Funkantennen,

über welche Daten in Form von Mikrowellen von Punkt zu Punkt gesendet werden. Das Ergebnis: Die Daten werden in der Luft beinahe (innerhalb von fünf Prozent Abweichung) mit Lichtgeschwindigkeit in Vakuum übertragen.

«Wir möchten ein solches System allen zugänglich machen», sagt Singla. Dafür arbeitet er nicht nur mit Computerwissenschaftlern zusammen, sondern auch mit zwei Physikern der Universitäten Yale und Kalifornien, die einst selbst an der Börse im Hochfrequenzgeschäft gearbeitet haben. Gemeinsam simulierten die Forschenden für eine aktuelle Publikation, welche Infrastruktur für die Abdeckung von 85 Prozent der US-Bevölkerung mit einem Quasi-Lichtgeschwindigkeits-Internet notwendig wäre. Das Ergebnis: Ein Netz aus Funkantennen auf 2526 bestehenden Türmen, von de-

nen jeder nicht weiter als 70 Kilometer vom nächsten entfernt liegt, würde ausreichen. Die geschätzten Kosten dafür: 253 Millionen Dollar für die Installation und 96 Millionen Dollar jährlich für den Betrieb. «Das ist relativ günstig, wenn man bedenkt, dass der Bau des neuen Unterwasser-Internetkabels am nördlichen Polarkreis, das einst London mit Tokio verbinden soll, 850 Millionen Dollar kostet.» Doch wie will Singla die Kontinente über die Ozeane hinweg miteinander verbinden, wenn für die Datenübertragung hohe Türme notwendig sind? Seine Idee: Ein Netz aus Satelliten könnte das Lichtgeschwindigkeits-Internet übers Wasser hinweg fortführen. «Space X wird bis 2024 rund 2000 zusätzliche Satelliten in Betrieb nehmen. Wir könnten diese für die Signalübertragung nutzen, da ein Grossteil der Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen fliegen wird.»

«Das Internet ist heute bis zu hundert Mal langsamer als theoretisch möglich.»

Für interaktive Anwendungen
In Singlas Vision wird das Lichtgeschwindigkeits-Internet das bestehende Glasfasernetz nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen. Dies auch, weil die Bandbreite für die Datenübertragung per Mikrowellen bis zu tausend Mal geringer ist als per Glasfaserkabel. «Deshalb wäre es nicht sinnvoll, wenn wir für Videostreaming und Filesharing Funk nutzen würden, was in den USA zu Spitzenzeiten über 70 Prozent der Datenübertragung ausmacht.» Den grössten Nutzen erkennt er in interaktiven Anwendungen wie Telepräsenz, Multiplayer-Games oder dem gemeinsamen Musizieren. Doch auch die Industrie ist stark an einem solchen Hochgeschwindigkeits-Internet interessiert: Amazon hat berechnet, dass 100 Millisekunden zusätzliche Latenzzeit zu einem Prozent weniger Verkäufe im Onlineshop führt. Und bei Google reduziert eine zusätz-

liche Latenzzeit von 400 Millisekunden die Suchanfragen um 0,74 Prozent. Insofern geht Singla davon aus, dass private Konzerne als erstes Mikrowellennetze im Kleinen aufbauen werden. Singla kooperiert deshalb auch mit einem Forscher von «Akamai», einem amerikanischen Cloudservice-Anbieter, der den Nutzen solcher Netzwerke für die eigenen Dienstleistungen testen will.

Bislang war Singlas Arbeit zum Lichtgeschwindigkeits-Internet reine Theorie. In den kommenden Monaten will er jedoch mit seinen Partnern in den USA erste Experimente auf einem bestehenden Mikrowellennetz von Hochfrequenz-Händlern durchführen. Zum Beispiel auf demjenigen, das die 1200 Kilometer zwischen New York und Chicago überbrückt. «Wir wollen herausfinden, für welche Anwendungen ein solches Netz gut funk-

tioniert und welche Modifikationen nötig sind, um es mit dem bestehenden Internet zu koppeln.» Für eine reibungslose Integration braucht es nämlich auch neue Protokolle, die zum Beispiel damit zurechtkommen, dass Pfade zur Datenübertragung durch die Erweiterung des Systems schneller und öfter wechseln. Mit einem Mix aus Experimenten, Analytik und Simulationen will Singla die Grundlagen dafür schaffen. — Samuel Schlaefli

Ankit Singlas neuste Publikation zum Lichtgeschwindigkeits-Internet:
→ arxiv.org/pdf/1809.10897.pdf



Um den Seeboden zu vermessen, werden Unterwasser-Seismometer eingesetzt.

Naturgefahren

SEE-TSUNAMIS VERSTEHEN

Mit einer grossangelegten, universitätsübergreifenden Naturgefahrenstudie für die Schweiz wollen Forschende herausfinden, welche Risiken von See-Tsunamis ausgehen, wie häufig solche in der Vergangenheit aufgetreten sind und welche Ursachen diesen zugrunde liegen. Kernstück des Projekts sind seismische Messungen im Vierwaldstättersee.

Elektrotechnik

TRANSFORMATOR FÜR ENERGIEWENDE



Der Mittelspannungskonverter ist ein Teil des neuen smarten Transformators.

ETH-Elektrotechniker entwickelten einen «smarten» elektronischen Transformator, der Mittelspannung äusserst effizient in Niederspannung wandelt. Er ist deutlich kleiner als herkömmliche Transformatoren und dort im Vorteil, wo der Raum begrenzt ist oder das Gewicht relevant ist, wie beispielsweise in Eisenbahnantriebsfahrzeugen.

Die beiden federführenden Doktoranden des «Power Electronic Systems Laboratory» mussten für ihren Transformator viele Komponenten selbst entwickeln, da es für die verwendete Mittelspannung von 10 000 Volt nur wenige Bauteile zu kaufen gibt. Wichtig waren vor allem Siliziumkarbid-Bauelemente, die extrem schnelles Schalten ermöglichen. So gelang es, Mittelspannung auf eine sehr hohe Frequenz von bis zu 75 000 Hertz zu konvertieren und ein äusserst energieeffizientes Transformatorsystem zu bauen, das bei vergleichbarer Leistung nur ein Drittel so gross ist wie bisherige «smarte Transformatoren».

Da smarte Transformatoren im Gegensatz zu herkömmlichen steuerbar sind, könnte man sie in zukünftigen Energienetzen verwenden, um die übertragene Leistung aktiv zu steuern und die Schwankungen in Stromproduktion und -verbrauch anzupassen. Auch in grossen Schnellladestationen für Elektrofahrzeuge könnten sie einst eingesetzt werden.

Molekularbiologie

GENKORREKTUR GEGEN ERBKRAKHEIT

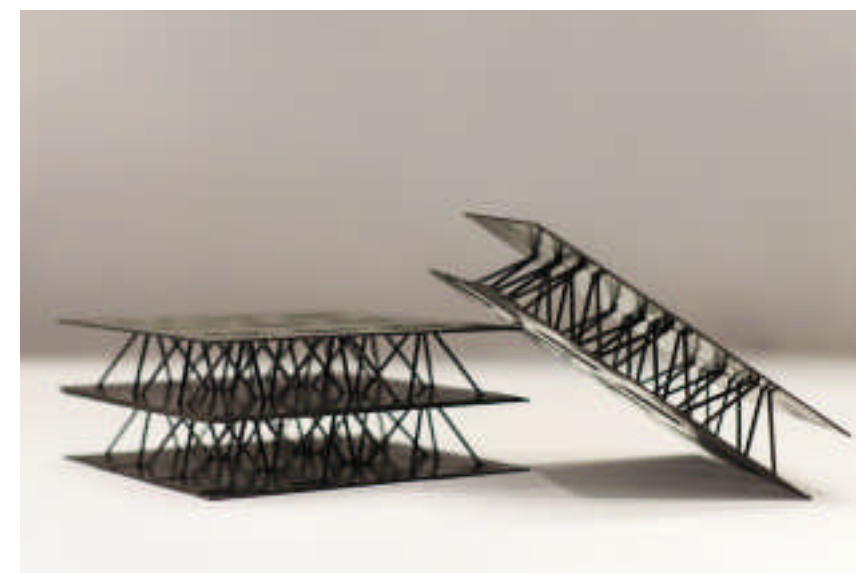
In der Schweiz wird jedes Neugeborene auf die Stoffwechselkrankheit Phenylketonurie getestet, weil ein Übermass an Phenylalanin die geistige und motorische Entwicklung verzögert. Die Ursache für die Stoffwechselstörung ist eine Genmutation. Einem Forschungsteam um ETH-Professor Gerald Schwank gelang es erstmals, die beiden mutierten Gene in Leberzellen zu korrigieren und damit die Krankheit bei Mäusen zu heilen. Mit Hilfe eines Crispr/Cas9-Systems, das um ein Enzym erweitert wurde, änderten die Forschenden in erwachsenen Mäusen gezielt die Abfolge der DNA-Bausteine des entsprechenden Gens. Dadurch stellten die Leberzellen wieder funktionierende PAH-Enzyme her.

Materialwissenschaften

CARBON FÜR SANDWICHBAUWEISE

Im Labor von Paolo Ermanni, ETH-Professor für Verbundwerkstoffe und adaptive Strukturen, werden die Verbundmaterialien der Zukunft entwickelt. Ziel seiner Forschung: weniger Rohstoffverbrauch bei gleicher Leistung oder mehr Funktionalität mit demselben Materialeinsatz. Aufgrund hoher Steifigkeit und Festigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht, wird für Leichtbaustrukturen häufig die Sandwichbauweise eingesetzt. Sandwichstrukturen bestehen typischerweise aus zwei dünnen Deckschichten mit hoher Steifigkeit und einem Kernmaterial mit geringer Dichte. Ermannins Gruppe entwickelt hochleistungsfähige Sandwichverbunde aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen, auch als CFK oder Carbon bekannt. Der Kern besteht dabei aus einem Fach-

werk aus Carbonstäben. Solche Kernstrukturen haben am Ende eine höhere Steifigkeit und Festigkeit als herkömmliche Honigwaben- und Schaumkerne und sind gleichzeitig wesentlich leichter (30 Kilogramm pro Kubikmeter) als herkömmliche Sandwichmaterialien. Deshalb bieten sich die Materialien besonders für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt an, wo strukturelle Effizienz von Bedeutung ist. Der Einsatz wird konkret im Rahmen des EU-Projekts ALTAIR untersucht, das vom französischen Luft- und Raumfahrt-Forschungszentrum ONERA geleitet wird. Ermannins Forschungsgruppe beteiligt sich dort an der Entwicklung der lasttragenden Strukturen neuer Trägersysteme für kleine Satelliten. Ein Doktorand hat zudem ein Spin-off mitgegründet, das 3D-Druckverfahren entwickelt, um qualitativ hochwertige Carbonteile, wie etwa die Kernstäbe von Sandwichstrukturen, robust und flexibel herzustellen.



Die Kerne der Verbundmaterialien enthalten ein Fachwerk aus Carbonstäben. Dieses kann in Bezug auf bestimmte Anwendungen massgeschneidert werden.



Die Recyclinganlage für leicht verschmutztes Brauchwasser beim Feldversuch in Zürich

Umwelttechnologie

LEBENSRETTENDES HÄNDEWASCHEN

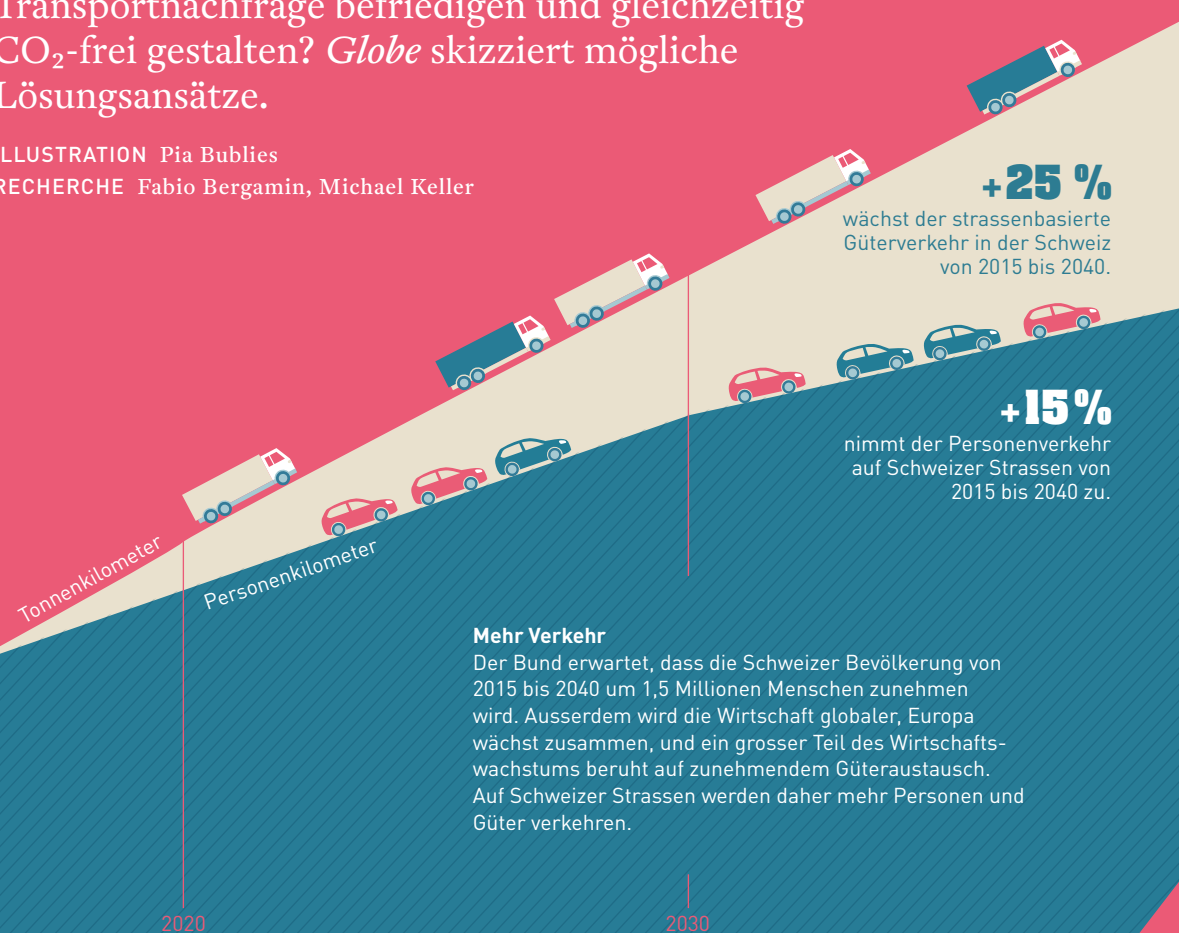
Jährlich sterben vier Millionen Menschen an Durchfallerkrankungen oder Atemwegsinfektionen, meist wegen fehlender Hygiene und weil kein sauberes Wasser verfügbar ist. Ein Team um ETH-Professor Eberhard Morgenroth will das Problem mit einer Handwasch-Wasserrecyclinganlage entschärfen. Herzstück ist eine feinporeige Membran aus Kunststoff, die Krankheitserreger zurückhält und mit darauflebenden Bakterien Exkrement- und Urinrückstände abbaut. Ein Aktivkohlefilter bindet die restlichen organischen Stoffe aus dem Wasser. Als letzter Schritt wird aus den gelösten Salzen mit Hilfe einer Elektrolysezelle Chlor produziert, welches das Wasser langfristig desinfiziert. Das Grauwasser ist nach mehreren Reinigungsschritten geruchsfrei und farblos. Ab Januar wird die Wasseranlage in einem Township im südafrikanischen Durban getestet.

Mehr Informationen zu diesen und weiteren Forschungsnachrichten aus der ETH Zürich finden Sie unter: → www.ethz.ch/news

Intelligente Mobilität der Zukunft

Der moderne Mensch will mobil sein. Die enorme Herausforderung dabei: Wie lässt sich die steigende Transportnachfrage befriedigen und gleichzeitig CO₂-frei gestalten? *Globe* skizziert mögliche Lösungsansätze.

ILLUSTRATION Pia Bublies
RECHERCHE Fabio Bergamin, Michael Keller



Mehr Verkehr

Der Bund erwartet, dass die Schweizer Bevölkerung von 2015 bis 2040 um 1,5 Millionen Menschen zunehmen wird. Ausserdem wird die Wirtschaft globaler, Europa wächst zusammen, und ein grosser Teil des Wirtschaftswachstums beruht auf zunehmendem Güteraustausch. Auf Schweizer Strassen werden daher mehr Personen und Güter verkehren.

Ansatz 1

Automatisieren

Autonom navigierende und miteinander kommunizierende Fahrzeuge können schneller bremsen. Sie können daher bei gleichbleibender oder gar höherer Sicherheit näher aufeinander und schneller fahren. Die Kapazität der vorhandenen Strassen und Eisenbahnstrecken erhöht sich, und man kommt schneller von A nach B. Allerdings werden sich diese Effizienzgewinne erst längerfristig realisieren lassen.

Ansatz 2

Mobilitätsverhalten optimieren

Das Auto mieten, Fahrten teilen oder ideale Routen, Transportmittel und Verbindungen finden – Digitaltechnologie und Mobilitätslösungen per App versprechen, die Nachfrage intelligent zu lenken und das mobile Verhalten nachhaltiger zu gestalten. Analysen von Mobilitätsdaten bergen das Potenzial, Verkehrsströme in Echtzeit zu messen und zu steuern.

Ansatz 3

Kapazität ausbauen

In den letzten 250 Jahren hat die Menschheit die steigende Nachfrage nach Mobilität stets befriedigt, indem sie neue Technologien entwickelt und die nötigen Fahrwege gebaut hat. Dieser Weg kann weiterhin beschritten werden. Je höher ein Verkehrsnetz jedoch entwickelt ist, desto aufwändiger und teurer ist sein weiterer Ausbau. Es wird zunehmend attraktiv, den Untergrund zu erschliessen, durch Tunnel, oder den Luftraum, etwa durch Drohnen.

Ansatz 4

Zugang beschränken

Nimmt die Nachfrage nach Mobilität stärker zu als die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur, kommen alle Verkehrsteilnehmer langsamer ans Ziel und es drohen Überlastung und Stau. Um akzeptable Geschwindigkeiten zu garantieren, könnte der Zugang zu Mobilität mit Lenkungsabgaben wie zum Beispiel Road-Pricing stärker reguliert werden. Grossstädte wie London und Singapur gehen bereits heute diesen Weg.

«Wollen wir weiterhin neue Strassen, Schienen und Tunnel bauen?»



Kay Axhausen, Professor für Verkehrsplanung

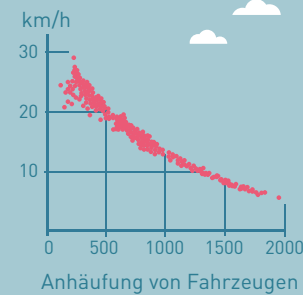
Mobilität ist der Treibstoff für unseren Wohlstand. Die Schweizer Bevölkerung wird künftig weiterwachsen. Wenn wir nichts unternehmen, wird das Verkehrssystem langsamer: Die Erreichbarkeiten schrumpfen, die Geschwindigkeiten sinken. Als Gesellschaft stehen wir vor weitreichenden Entscheidungen: Wollen wir weiterhin neue Strassen, Schienen und Tunnel bauen, oder investieren wir in neue Technologien? Wie gehen wir mit den Externalitäten um, die der Verkehr produziert – Umweltverschmutzung, Sicherheit und Staukosten? Und sollen wir die Nutzung der bestehenden Infrastruktur regulieren, wenn die Kapazität nicht reicht?

Fakt ist: Je grösser und komplexer ein Verkehrsnetz, desto teurer ist dessen Ausbau. Kapazitätssteigerungen durch selbstfahrende Autos erscheinen als attraktive Alternative. Doch wie stark entlastet autonomes Fahren? Schätzungen gehen davon aus, dass die zusätzliche Erreichbarkeit, welche die Schweiz durch eine vollautomatisierte Fahrzeugflotte erhielte, etwa dem Ausbau des Strassennetzes der letzten 15 Jahre entspricht.

Bis auf unseren Strassen nur noch vollständig automatisierte Autos unterwegs sind und dieses Potenzial voll ausgeschöpft ist, wird es noch 40 bis 50 Jahre dauern. Es gibt also eine lange Übergangszeit. Für diese wird erwartet, dass autonome Fahrzeuge verhalten unterwegs sein werden – sprich: Wir müssen damit rechnen, dass während der Markteinführung die vorhandenen Kapazitäten eher reduziert werden.

Vor diesem Hintergrund ist es denkbar, auch in der Schweiz den Zugang zur Mobilität durch Besteuerung stärker zu beschränken, um die Nachfrage an die vorhandenen Kapazitäten anzupassen und um bestimmte Mindestgeschwindigkeiten zu garantieren. Die Einnahmen könnte der Staat wiederum nutzen, um die Kapazitäten zu erhöhen: Man könnte dort, wo es tatsächlich notwendig ist, neue Strassen bauen, andernorts den ÖV subventionieren. Oder es liesse sich die Anschaffung automatisierter Fahrzeuge subventionieren, was vor allem bei automatisierten Taxifloten, die das bestehende ÖV-System ergänzen, sinnvoll wäre.

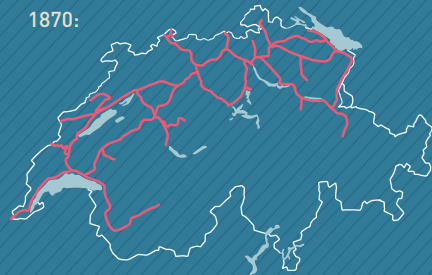
Geschwindigkeit sinkt
Je mehr Fahrzeuge durch die Strassen fahren – hier Daten des Zürcher Quartiers Wiedikon –, desto langsamer rollt der Verkehr.



Kontinuierlich ausgebaut

Die Schweiz hat ihre Verkehrsinfrastruktur in der Vergangenheit sukzessive weiterentwickelt. Man baute Strassen, später Eisenbahnen und schliesslich Autobahnen. Damit erhöhte sich die Erreichbarkeit, und die Reisezeiten nahmen ab.

1870:



1920:



1970:



2018:



— Eisenbahn
— Autobahn

«Für die CO₂-Bilanz wird der Langstreckenverkehr entscheidend sein.»



Konstantinos Boulouchos, Professor für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme

Will sich die Schweiz dem Klimaproblem ernsthaft stellen, darf auch der Mobilitätssektor bis in 40 Jahren praktisch kein CO₂ mehr ausstossen.

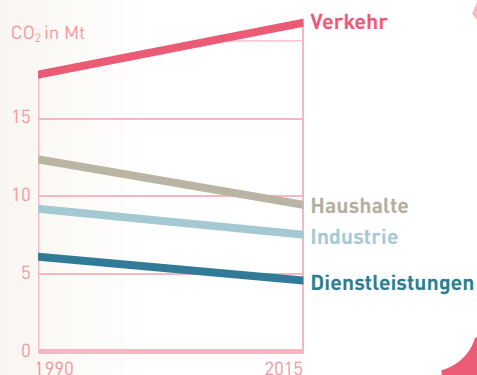
Zunächst sollten wir die Mobilität auf allen Ebenen effizienter machen. Wir sollten in den Bau von leichteren Fahrzeugen mit effizienteren Antriebssystemen investieren und die Benutzung der Fahrzeuge generell überdenken. Das schliesst auch Verhaltensänderungen mit ein – mehr Nutzung von ÖV und Velo – sowie mögliche Effizienzsteigerungen durch Shared Mobility und automatisiertes Fahren. Alle diese Massnahmen sollten wir ergreifen, doch sie werden nicht reichen. Dazu kommt: Die Mobilität mit selbstfahrenden Autos und Lastwagen wird sehr kostengünstig sein, weil die Kosten für den Taxi-, Bus- oder Lastwagenchauffeur entfallen. Dies könnte die Mobilitätsnachfrage gar zusätzlich ankurbeln.

Es braucht daher den Wechsel hin zu erneuerbaren Energieträgern. Am besten geht das über die Elektrifizierung des Verkehrssystems. Wir müssen uns aber im Klaren sein: Wir brauchen dafür neue Kraftwerke für erneuerbaren Strom, zusätzlich zu jenen, die es für den Ausstieg aus der Nuklearenergie und der Kohlekraft ohnehin schon braucht. Grossflächig sollten wir erst dann elektrifizieren, wenn gesichert ist, dass die Stromerzeugung für die Mobilität nur minimale CO₂-Emissionen verursacht.

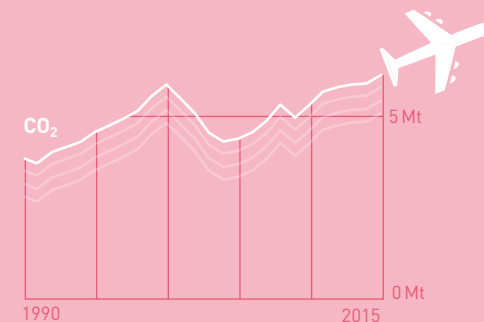
Erneuerbarer Strom und daraus erzeugte Energieträger – Wasserstoff oder synthetische Kohlenwasserstoffe – werden langfristig die Mobilität definieren. Aber selbst wenn es uns mittelfristig gelingt, die städtische Mobilität und den Strassenverkehr mittlerer Distanzen durch Elektromobilität CO₂-frei zu gestalten – die Emissionen der schnell wachsenden internationalen Luft- und Schifffahrt werden weitersteigen. Es wird auf lange Sicht nicht möglich sein, Flugzeuge und Containerschiffe zu elektrifizieren. Sie mit erneuerbarem synthetischem Treibstoff zu betanken, ist ebenfalls bloss eine langfristige Option. Weil die Herstellung von synthetischem Treibstoff sehr energieintensiv ist, werden dafür sehr grosse Mengen erneuerbarer Elektrizität nötig sein.

Für die CO₂-Bilanz unserer Mobilität wird daher letztlich der Langstreckenverkehr entscheidend sein: die Schifffahrt auf den Weltmeeren und die internationale Luftfahrt.

Was die Schweiz emittiert
In der Schweiz ist der Verkehr der einzige Sektor, dessen CO₂-Ausstoss in den vergangenen Jahren insgesamt zugenommen hat. Haupttreiber: Wir fliegen häufiger.



46% aller Treibhausgasemissionen in der Schweiz stammen aus dem Verkehr (inkl. Flugverkehr)



Intensive Fliegerei
Der CO₂-Fussabdruck für den Schweizer Flugverkehr wächst, trotz Einbrüchen 2001 durch 9/11 und der Wirtschaftskrise 2008, und er wird künftig weiterwachsen.

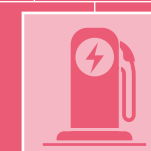
FOKUS



Substituieren

Um die globalen Klimaziele zu erreichen, müssen die fossilen Treibstoffe durch erneuerbare Energiequellen ersetzt werden. Elektromobilität mit Strom aus erneuerbaren Quellen ist eine Möglichkeit. Mit erneuerbarer Energie hergestellter Wasserstoff oder synthetische Flüssigtreibstoffe sind weitere Optionen. Die Herstellung von Wasserstoff und insbesondere von synthetischen Treibstoffen ist jedoch energieintensiv.

Was treibt dereinst unsere Transportmittel an?
Kleinere Fahrzeuge für kurze Distanzen werden batteriebetrieben sein. Je grösser und schwerer die Fahrzeuge, desto schwieriger ist jedoch die Elektrifizierung. Bei Lastwagen, Bussen, SUV und Baumaschinen kommt daher Wasserstoff in Frage. Flugzeuge und Schiffe könnten in ferner Zukunft erneuerbare synthetische Treibstoffe nutzen.



elektrischer Betrieb



Wasserstoff

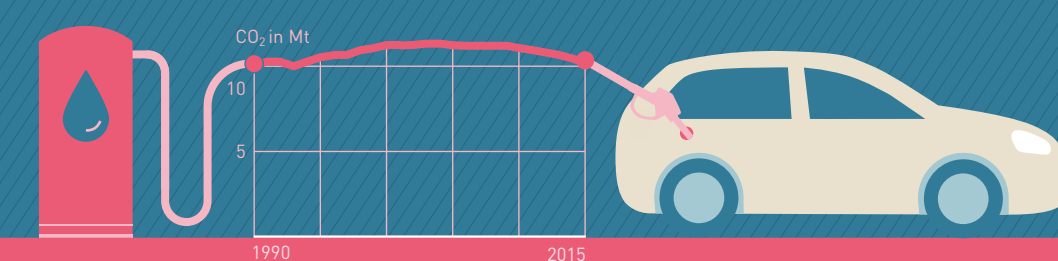


synthetische Flüssigtreibstoffe



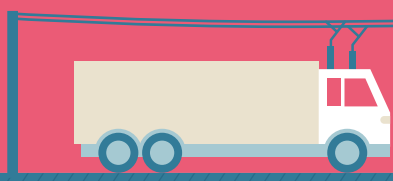
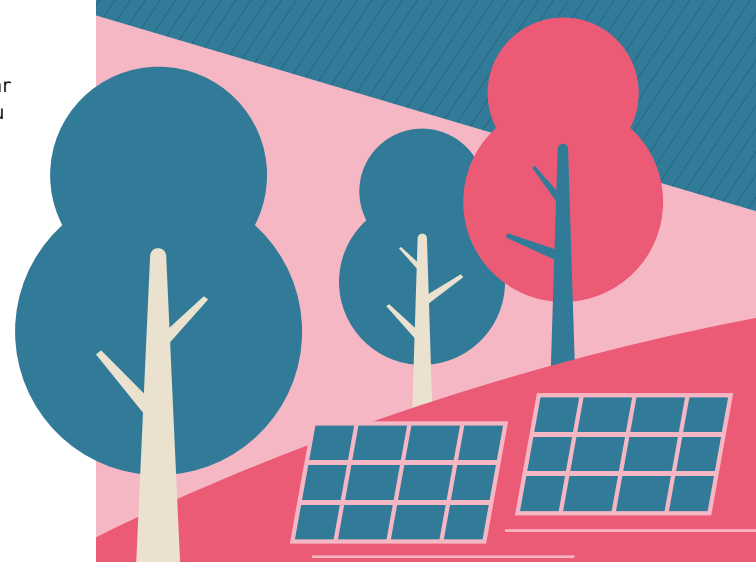
Energieeffizienz steigern

Dank effizienteren Verbrennungsmotoren, Hybridtechnologie sowie leichteren Fahrzeugen sinkt der Energieverbrauch. Das Potenzial für Effizienzsteigerungen ist weiterhin gross.



Trendwende bei Personnenwagen

Regulierungsmassnahmen greifen bereits: Obschon die Autos in den vergangenen 25 Jahren zahlreicher, grösser und stärker motorisiert wurden, führten Effizienzsteigerungen in den letzten Jahren zu einer leichten Abnahme des CO₂-Ausstosses beim Autoverkehr in der Schweiz.



Bei Lastwagen ist auch der elektrische Betrieb denkbar – mit Fahrleitungen wie bei Trolleybussen.



Der Algorithmus, mein Chauffeur

Carsharing mit selbstfahrenden Autos könnte Städte in vielerlei Hinsicht entlasten. Singapur ist Vorreiter und lotet mithilfe von ETH-Forschenden aus, welche Potenziale in einem individualisierten, elektrifizierten und automatisierten ÖV liegen.

TEXT Samuel Schlaefli

Die Zukunft der Mobilität kündigt sich in Meilensteinen an: Die Google-Tochter «Waymo» verlautebarte diesen Februar, dass ihre Flotte an selbstfahrenden Autos über acht Millionen Kilometer auf öffentlichen Strassen zurückgelegt hat. Kurz zuvor hatte der Fahrdienst Uber drei Millionen Kilometer verkündet. Geht es nach der Industrie, werden wir uns die Strassen bald flächendeckend mit Fahrzeugen teilen, die nicht mehr von Lenkern, sondern von Algorithmen

gesteuert werden. Übertriebener Techoptimismus oder realistisches Szenario? Wir fragen einen renommierten Experten auf dem Gebiet, den Italiener Emilio Frazzoli, seit Oktober 2016 Professor für Dynamische Systeme und Regelungstechnik an der ETH Zürich. «Es kommt drauf an, von welcher autonomen Mobilität Sie sprechen», lautet seine Antwort. «Bis Sie Ihr selbstfahrendes Auto beim Händler kaufen können, werden mindestens noch 15 Jahre vergehen. Sprechen wir hingegen von Carsharing in beschränktem Umfang, ist sie heute schon Realität.» Letzteres hat auch mit Frazzolis Forschung zu tun. Seit Mitte Jahr kann auf dem Las Vegas Strip jedermann über die App des Ridesharing Service «Lyft» 30 BMWs buchen. Gesteuert werden sie durch Algorithmen des US-Autotechnologie-Konzerns «Aptiv», welcher den von Frazzoli gegründeten Start-up «NuTonomy» im Oktober 2017 übernommen hatte.

Stadtmobilität neu denken

Vor seinem Wechsel an die ETH war Frazzoli zehn Jahre Professor am renommierten MIT in Boston. Von Beginn an arbeitete er an autonomen Systemen, anfänglich vor allem für Flugzeuge und Drohnen. «Das war zwar technisch meist ziemlich cool, doch trug es nicht wirklich zur Lösung von gesellschaftlichen Herausforderungen bei.» 2009 stellte er sich die Sinnfrage: «Das Hauptargument für die Forschung an selbstfahrenden Autos lautete damals immer: «weil sie den Verkehr sicherer machen.» Das stimme zumindest längerfristig, doch den viel grösseren, mittelfristigen Nutzen erkannte Frazzoli im Potenzial, die individuelle Mobilität von Stadtbewohnern komplett neu zu denken. «Das Ziel meiner Forschungsgruppe ist eine Mobilität mit

den Annehmlichkeiten eines Privatautos, die so nachhaltig ist wie der öffentliche Verkehr.» Eine Art «Uber» also, nur ohne Fahrer und deshalb viel günstiger und breiter verfügbar. Dank Elektrifizierung und besserer Auslastung zudem bei deutlich geringerem Energieverbrauch und tieferen CO₂-Emissionen. Private Autos sind nämlich durchschnittlich 5 Prozent der Zeit im Gebrauch. Die restlichen 95 Prozent stehen sie rum, in Parkhäusern, Garagen oder auf öffentlichem Grund. Das ist weder nachhaltig noch städtebaulich oder ressourcenökonomisch sinnvoll.

Frazzolis Start-up NuTonomy, der Steuerungssoftware für autonome Fahrzeuge entwickelt, begann 2014 Tests mit selbstfahrenden Fahrzeugen in Singapur zu planen. Gleichzeitig publizierte der Professor einen Artikel, indem er für den 719 km² grossen Stadtstaat berechnete, was der vollständige Ersatz von privaten mit geteilten, selbstfahrenden Fahrzeugen für das Verkehrsaufkommen bedeuten würde. Das Ergebnis: Mit rund 40 Prozent (350 000 anstatt 800 000 Fahrzeuge) könnten die Mobilitätsbedürfnisse der gesamten Bevölkerung des Stadtstaates befriedigt werden.

Ein Jahr später kündigte Premierminister Lee Hsien Loong die Vision einer «Car Lite Future» an, basierend auf selbstfahrenden Fahrzeugen, dem Ausbau des ÖV und des Langsamverkehrs. Mit einer Dichte von 7697 Menschen pro km² (in der Schweiz: 203) ist der 5,5-Millionen-Stadtstaat wie keine andere Metropole auf einen effizienten Verkehr angewiesen. Die Nachfrage nach privaten Autos wird deshalb seit Jahren durch hohe Zölle und Kosten für Fahrbewilligungen von bis zu 70 000 Dollar stark reguliert. Auf einer zwei Hektaren grossen Teststrecke der

Nanyang Technological University im Westen der Insel testen heute mehr als zehn Unternehmen ihre Systeme. Ab 2022 sollen drei Randgebiete der Stadt ausserhalb der Stosszeiten mit ersten selbstfahrenden Bussen bedient werden.

Transformation simulieren

Pieter Fouries «Labor» liegt im Südwesten von Singapur. Dort, in einem hellen Büro im 6. Stock des bewachten CREATE-Towers der Universität Singapur (NUS), forscht er für das «Future Cities Laboratory» der ETH Zürich an den Städten der Zukunft. Fourie leitet das Projekt «Engaging Mobility», in dessen Rahmen im Juli 2017 ein erster Workshop mit Regierungsbehörden und Hochschulen stattfand. Ziel war es, die Rahmenbedingungen für eine stadtweite «Mobility on Demand» mit selbstfahrenden Autos und Bussen zu definieren. Davon ausgehend wurden

die wichtigsten Forschungsfragen formuliert. Zum Beispiel: Was geschieht mit der heute vorhandenen Parkfläche, wenn ein Grossteil der Fahrzeuge konstant unterwegs ist? Müssen Strassenführungen neu geplant werden? Und welche Auswirkungen wird ein automatisierter und elektrifizierter Verkehr auf den bestehenden ÖV, die Energienachfrage und die Sicherheit haben?

Solchen Fragen geht Fourie mit der Simulationsplattform MATSim nach, die in der Gruppe von Professor Kay Axhausen am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich entwickelt wurde. MATSim ist Agenten-basiert. Das heisst, die Simulation wird durch das Verhalten der einzelnen Agenten angetrieben und nicht durch übergeordnete Regeln. «Basierend auf den aktuellsten demografischen Daten zur Bevölkerung Singapurs modellieren wir eine synthetische Population, >



Emilio Frazzolis Start-up NuTonomy entwickelt Algorithmen für selbstfahrende Autos. Hier im Test in Singapur.

die der echten so nahe kommt wie möglich», erklärt Fourie. In dieser Population hat jeder einzelne Agent ein bestimmtes Mobilitätsverhalten und Transportziel, basierend auf realen Verkehrsdaten. Fourie spielt nun mit den Rahmenbedingungen, darunter der Anzahl von eingeführten Fahrzeugen, deren Grösse, den maximal zulässigen Wartezeiten für Passagiere, der Verfügbarkeit von Parkplätzen und unterschiedlichen Verkehrsführungen. Dann lässt er die synthetische Population während 24 Stunden ihren Dingen nachgehen. Dabei bewertet das System automatisch für jeden einzelnen Agenten, wie effizient dieser bei verschiedenen Szenarien seine Ziele erreichen konnte.

Derzeit programmiert Fouries Team solche Simulationen für die Tanjong Pagar Waterfront, ein Gelände von rund zwei Quadratkilometer Fläche im Westen Singapurs. Dieses wird aktuell von einem Containerterminal zu einem Wohn- und Geschäftsviertel umgestaltet. Mit 60 000 Akteuren hat Fourie bereits mehr als 200 000 Trips simuliert. Unter anderem hat er für drei unterschiedliche Strassentypologien berechnet, wie gross die Flotte an autonomen Fahrzeugen sein müsste und wie viele Strassenkilometer zurück-

wenn die geteilten Fahrzeuge auf der Strasse parkieren dürfen, sobald keine Anfragen für weitere Fahrten mehr eintreffen. Auch wenn dadurch die Strassenkapazität zeitweise um eine Fahrbahn reduziert wird. Zudem fördern weniger, dafür grössere Pick-up- und Drop-off-Stationen den Verkehrsfluss, da die Autos zum Sammeln der Passagiere weniger Umwege fahren. Auch sollten die Stationen genügend gross sein, damit sie verschiedene Fahrzeuggrössen bedienen können. Bereits nächstes Jahr will Fourie solche Simulationen für die gesamte Insel laufen lassen.

Entscheidungsdilemmas

Trotz hohem Tempo in Singapur und ersten Services in Las Vegas sieht Emilio Frazzoli nach wie vor grosse Herausforderungen – besonders für die Bewältigung von chaotischen Umgebungen. «Wir wissen bis heute noch nicht genau, wie sich selbstfahrende Autos im Verkehr verhalten sollen.» Das liege an Dutzenden von Entscheidungsdilemmas, welche der Alltagsverkehr mit sich bringt. Zum Beispiel: Darf ein selbstfahrendes Auto eine doppelte Linie überqueren, wenn es dadurch einen potenziellen Unfall verhindern kann? Was, wenn ein Verkehrsteilnehmer ohne Ver-

scheidungskriterien in den Steuer- algorithmen zu priorisieren. Zuoberst in der Hierarchie stehen Regeln, welche die Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden garantieren, zuunterst die Regeln für mehr Fahrkomfort.

In einem aktuellen Artikel schätzten Frazzoli und sein Team, dass 200 Regeln in zwölf Hierarchiegruppen nötig sind, damit Fahrzeuge auf alle möglichen Situationen vorbereitet sind – inklusive Regeln mit niedriger Priorität, wie zum Beispiel, dass strassennahe Tiere nicht erschreckt werden. Für Frazzoli wäre die Zeit reif für eine breite öffentliche Debatte zum autonomen Verkehr: «Wir sollten die in den Codes implementierten Regeln zu Sicherheit und Haftung nicht einfach den Ingenieuren von privaten Unternehmen überlassen.» Schliesslich sei es im Interesse von uns allen, dass sich unsere neuen, virtuellen Lenker möglichst gut in den Stadtverkehr einfügen. So wie herkömmliche Neulenker; nur eben berechenbarer, sicherer und effizienter. ○

Forschung der Gruppe Frazzoli:
→ www.idsc.ethz.ch/research-frazzoli

Pieter Fouries Projekt Engaging Mobility:
→ www.ethz.ch/engaging-mobility

«Das Ziel meiner Forschung ist eine Mobilität mit den Annehmlichkeiten eines privaten Autos, die so nachhaltig ist wie der öffentliche Verkehr.»

Emilio Frazzoli

gelegt würden, um jeweils denselben Grad an Service zu gewährleisten. Weiter haben die Forschenden für eine Flotte, bestehend aus Fahrzeugen mit 4, 10 und 20 Sitzplätzen, vier verschiedene Parkstrategien simuliert. Das vorläufige Ergebnis: Das Verkehrssystem ist am effizientesten,

schulden verletzt wird, damit ein verschuldeter Fahrer nicht tödlich verunglückt? Solche Entscheide müssen in der Programmierung von Steuerungs- algorithmen angelegt sein. Frazzoli forscht deshalb unter anderem an sogenannten «Rulebooks», die dazu dienen, unterschiedliche Ent-

«Die Zuverlässigkeit ist noch zu niedrig»

Roland Siegwart forscht seit über zehn Jahren an Drohnen. Dass sie bald unser Verkehrssystem revolutionieren werden, glaubt er nicht.

INTERVIEW Samuel Schlaefli



Herr Siegwart, autonome Fahrzeuge haben in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht. Wie viel schwieriger ist die autonome Mobilität in der Luft?

Roland Siegwart: Im ersten Moment ist die Fortbewegung im noch relativ freien Luftraum einfacher, weil es weniger Hindernisse gibt. Schwierig sind eigentlich nur der Start und die Landung. Allerdings: Wenn in der Luft etwas schief läuft, dann wird es für Passagiere sofort lebensgefährlich. Es braucht deshalb viel mehr Sicherheitsmassnahmen als auf der Strasse. Deshalb werden wir den Transport von Gütern mit Drohnen sehr viel schneller erleben als denjenigen von Personen.

Können Forschende das Wissen, das sie in den vergangenen Jahren mit Drohnen gesammelt haben, direkt auf bemannte Drohnen anwenden?

Grundsätzlich schon. Sie haben gegenüber herkömmlichen Drohnen sogar einen Vorteil: Weil sie grösser

sind, können sie auch mehr Rechenleistung und bessere Sensoren tragen. Heute gibt es aber noch keine Systeme, die in jeder Situation selbstständig einen sicheren Landeplatz finden oder grosse Flugobjekte auf weite Distanzen hinweg erkennen. Daran forschen wir.

Trotzdem investieren eine Reihe von Unternehmen in Drohnen als zukünftiges Verkehrsmittel: Airbus entwickelt Prototypen. Toyota und Volvo haben Start-ups akquiriert, die an fliegenden Autos tüfteln. Uber kooperiert mit der Nasa und will sein Sharingmodell in den Luftraum ausweiten. Wandelt sich das fliegende Auto gerade von einer Science Fiction-Idee zur Realität?

Momentan gibt es einen Hype. Leute mit viel Geld investieren in solche Firmen. Doch bis heute habe ich noch keinen Flug einer vollkommen autonomen, bemannten Drohne gesehen. Die Zuverlässigkeit ist noch zu niedrig, insbesondere bei der Landung. Ich habe das Gefühl, die Investoren sind fünf bis zehn Jahre zu früh für einen echten Return on Investment.

Und in zehn Jahren?

Zukünftige Drohnen sind sehr viel einfacher zu fliegen als heutige Helikopter. Deshalb und weil sie durch serielle Produktion immer erschwinglicher werden, könnten teilautonome Systeme in ausgewählten Städten für bestimmte Funktionen durchaus Sinn ergeben. Zum Beispiel bei medizinischen Notfällen. Ich bezweifle jedoch, dass eine grossflächige Ausbreitung bemannter Drohnen überhaupt wünschenswert ist.

Weshalb?

Bei der Diskussion um alternative Verkehrssysteme sollte die Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle spielen. Es ist wenig nachhaltig, wenn nun plötzlich jeder mit einem Quadrocopter rumfliegt.

Selbst wenn diese elektrisch angetrieben werden, wie bei Drohnen üblich, und der Strom dafür aus erneuerbaren Quellen stammt?

Helikopter sind ineffizient und benötigen sehr viel mehr Leistung als Autos oder Flächenflugzeuge. Deshalb sind sie so laut. Solange die Batterien schwer bleiben – und hier stösst man an physikalische Grenzen – können bemannte Drohnen nicht sehr nachhaltig sein. Ausser vielleicht, wenn man die Qualitäten eines Leichtbauflächenflugzeugs mit denjenigen eines Helikopters verbindet, was aerodynamisch und energetisch viel effizienter ist. Der ETH-Spin-off Wingtra vermarktet ein solches System bereits für professionelle Luftaufnahmen.

Wie steht es generell mit der Akzeptanz von Drohnen im öffentlichen Raum?

Ob bemannte Drohnen unser Verkehrssystem ergänzen werden, ist tatsächlich in erster Linie ein gesellschaftlicher Entscheid. Helikopter-ähnliche Drohnen haben einen hohen Geräuschpegel. Wollen wir das? Und nicht alle Leute mögen es, wenn man ihnen plötzlich auf die Terrasse schauen kann. Wie gesagt, ich habe meine Bedenken. ○



ROLAND SIEGWART
Leiter des Instituts für Robotik und Intelligente Systeme

ÖV der Zukunft – jederzeit und überall

In einer idealen ÖV-Welt der Zukunft machen intelligente Systeme das Reisen so nahtlos und komfortabel, dass wir uns um die Reise selbst nicht mehr kümmern müssen.

TEXT Michael Walther

Zürich, im Jahr 2050, morgens um sieben Uhr: Eine Frau verlässt ihre Wohnung, sie muss nach Basel an eine Sitzung. Ihr virtueller Assistent kennt die Agenda, weiss, dass sie arbeiten muss – und lotst sie zu einem heranahenden Kleinbus. Unterwegs arbeitet sie – und merkt gar nicht, dass der speziell für arbeitende Pendler eingerichtete Bus wegen eines Wasserleitungsbruchs eine andere Route gewählt hat. Die kurze Strecke zum Hauptbahnhof, wo sie den Hochgeschwindigkeitszug nach Basel nehmen will, ist blockiert. Der Bus setzt die Frau am Escher-Wyss-Platz ab, wo ein selbstfahrendes Taxi wartet, das die Frau nach Aarau bringt, wo sie einen anderen Zug nach Basel erwischt.

Diese Zukunftsvision zum öffentlichen Verkehr ist erfunden. Aber sie orientiert sich an den Fragen von Verkehrsforschern der ETH Zürich.

Professor Francesco Corman etwa forscht dazu, wie Verkehrssysteme

analysiert und optimiert werden können. Die grossen zukünftigen Innovationen im öffentlichen Verkehr sieht er nicht primär in futuristischen Fahrzeugen, sondern im Zusammenspiel von Transportmitteln: «Im Internet ist es uns auch egal, welchen Weg die Daten gehen. Hauptsache, sie werden angezeigt. Im öffentlichen Verkehr wird das ähnlich sein: Die einzelnen Verkehrsmittel werden sekundär, weil sie nahtlos zusammenspielen.» Der ÖV der Zukunft zeichne sich dadurch aus, dass sich sein Service den Bedürfnissen der Passagiere anpasse, ähnlich wie dies etwa die Logistik im E-Commerce hinsichtlich der Bedürfnisse der Kunden tut.

Digitalisierung macht pünktlich

Konkret könnte das heissen: Busse und Trams fahren dann, wenn Menschen sie brauchen. Sie halten dort, wo Menschen warten, und sie stellen situativ jene Verkehrsmittel zur Verfügung, die für den schnellsten, kom-

fortabelsten Transport von A nach B sinnvoll sind. Das ist noch Zukunftsmusik. Heute arbeiten Corman und sein Team an Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit. Sie gehören zu den grössten Bedürfnissen im öffentlichen Verkehr. Beide Faktoren können mit automatisierten Systemen verbessert werden. Corman hat gezeigt, dass sich Folgeverspätungen nach Pannen mit einer automatisierten Verkehrsplanung um bis zu ein Drittel verkleinern lassen.

Konkret automatisieren die Systeme anhand mathematischer Modelle vor allem die Entscheidungsfindung. Sie schlagen zum Beispiel vor, welche Verbindungen garantiert werden müssen und welche aufgegeben werden können. Oder sie helfen, Züge koordiniert zu beschleunigen oder zu bremsen. Etwa bei Verzweigungen der SBB-Linien in Zürich und Killwangen-Spreitenbach. Was dort bereits funktioniert, will die SBB unter anderem mit Cormans Team auf die ganze Schweiz ausdehnen.

Corman untersucht aber auch, wie sich Reisende bei Störungen verhalten, etwa wenn Züge ausfallen oder sich verspäten. Mit Simulationen und dem Tracking von Testpersonen rekonstruiert seine Forschungsgruppe, welche Wege die Passagiere gehen. Dabei entsteht Wissen, das später dazu dienen kann, Passagiere mit den



Schon heute sind lokale Busfahrpläne mit den Fahrplänen der Bahn koordiniert. In Zukunft könnte die Vernetzung noch enger werden.

ETH-Mobilitäts-Initiative

Gemeinsam mit der SBB hat die ETH Zürich im Januar 2018 die ETH-Mobilitäts-Initiative lanciert. Die ETH will mit der Wirtschaft und öffentlichen Verkehrsanbietern die Mobilitätsforschung entscheidend ausbauen. Dazu sucht die ETH Zürich Foundation weitere Partner. Im September wurden die ersten im Rahmen der ETH-Mobilitäts-Initiative finanzierten Forschungsprojekte bewilligt. Sie widmen sich dem Potenzial von On-Board-Überwachungssystemen für den Zustand der Züge (Eleni Chatzi und Francesco Corman), neuen, sicheren und genaueren Zuglokalisierungssystemen (Roland Siegwart und Margarita Chli), Prognosemodellen für den Verschleiss von Eisenbahnradern (Olga Fink) und der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit des Güterverkehrs auf der Schiene (Konstantinos Boulouchos).

→ www.ethz-foundation.ch

richtigen Informationen zu versorgen oder die Verkehrsmittel so umzuleiten, dass möglichst viele ihre Reise fortsetzen können.

Keine Pannen mehr?

In einer idealen ÖV-Welt wäre nicht nur der Transport effizienter, es gäbe auch praktisch keine Pannen mehr. Die Verkehrsbetriebe könnten nämlich dank Sensoren und präzisen Modellen vorhersagen, wann Pannen eintreten. Trams führen dann selbstständig in die Werkstatt, bevor sie stillstünden, Fahrleitungen würden automatisch ersetzt, bevor sie heruntergerissen werden könnten. Und auch Grossbaustellen wären so gut koordiniert, dass Reisen kaum länger würden.

Letzteres ist das Forschungsgebiet von Bryan Adey, Professor für Infrastrukturmanagement an der ETH Zürich. Er arbeitet darauf hin, das Infrastrukturmanagement im Verkehr zu automatisieren. Für das

Eisenbahnnetz der Zukunft hiesse das: Ein digitales System steuert und koordiniert Gleisarbeiten, den Unterhalt an Trassen, Tunnelanierungen, die Verstärkung von Brücken und die Wartung von Signalen und Weichen. Es kennt dank Sensoren und Simulationen den Zustand der Infrastruktur. Es kennt Zielgrössen wie Kapazität, Geschwindigkeit oder Pünktlichkeit und plant abhängig von den Investitionen die Unterhaltsarbeiten. Auf diese Weise würde das Netz effizienter, die hoch ausgelasteten Schienennetze erlitten weniger Störungen.

Adey denkt noch einen Schritt weiter. Ein automatisiertes Infrastrukturmanagement böte eine Vogelperspektive, alle relevanten Daten wären darin modelliert. Er sagt: «Neben Unterhaltskosten, Reisezeiten und -kosten könnte ein solches System auch Zielgrössen wie Energieverbrauch, CO₂-Ausstoss oder Lärmemissionen in Wohnquartieren berücksichtigen.» Mit automatisiertem Management könnte nicht nur der Unterhalt, sondern auch der Ausbau von Netzen besser geplant werden.

Aktuell forschen Adey und sein Team an Teilstücken einer solchen Vision. Sie erstellen etwa automatisierte Unterhaltsstrategien für einzelne Infrastrukturteile wie Gleise, Brücken, Tunnel, Weichen oder Signale. Sie entwickeln Methoden, um anhand von Algorithmen die Unterhaltsarbeiten an Strasse und Schiene zu koordinieren. Und im Rahmen eines von der EU finanzierten Forschungsprojekts arbeiten sie daran, Risiken für europäische Bahninfrastrukturen zu identifizieren und einheitlich zu klassifizieren, um die europäischen Bahnnetze systematischer instand zu halten.

Besser auf Unwetter vorbereitet

Wenn es nach Adey geht, sollen selbst Unwetter den Verkehr künftig we-

niger beeinträchtigen. Mit Simulationen hat sein Team zum Beispiel berechnet, wie sich Starkniederschläge auf den Verkehr auswirken, bis hin zur zusätzlichen Zeit, die die Reisenden wegen Überschwemmungen und Erdbeben in Kauf nehmen müssen.

Die Managerin aus unserer Zukunftsvision reist künftig also vielleicht auch komfortabler in die Ferien. Smarte Systeme lotsen sie vorbei an Bergstürzen über ideal bemessene, gewartete und geschützte Strassen und Schienen möglichst ohne Staus in den Süden.

Die Vision ist schön. In der Realität birgt die Entwicklung Gräben und Klippen. Ein umfassendes System muss politische und organisatorische Grenzen überwinden, um geplant und verwirklicht zu werden. Alte Organisationen werden ihre Bedeutung verlieren, während neue erst geschaffen werden müssen. Neue Spezialisten – zugleich Ingenieur, Informatiker und Manager – werden gebraucht. Denn auch wenn Systeme die Vogelperspektive haben, muss sie jemand durchschauen und einen Plan B für einen Ausfall bereit haben. Nicht zuletzt verschlingt die Verwirklichung grosser Systeme Zeit und Geld. Ein solches Projekt ist ein Wagnis ohne Aussicht auf schnellen Gewinn.

Und trotzdem ist die Vision für Corman und Adey kein Luftschloss. Weil sich – so die Annahme – die Reisenden der Zukunft eben nicht ums Reisen kümmern wollen. Sie werden Mobilität so selbstverständlich verlangen wie wir heute fließend Wasser, Elektrizität und WLAN. Egal ob Intercity oder Interregio, ob Tram oder Taxi, ob automatisch oder manuell, unsere Managerin will vor allem eines: pünktlich ankommen. ○

Professur für Transportsysteme:
→ www.ivt.ethz.ch/institut/vs.html

Professur für Infrastrukturmanagement:
→ www.im.ibi.ethz.ch



Platooning wird real: weltweit erster Praxiseinsatz vernetzter LKW-Kolonnen auf der A9 in Deutschland.

Mittags in einem Wohnquartier in der Schweiz: Das Postauto hat bereits seine übliche Runde gedreht und auf den Briefkastenanlagen wartet das eine oder andere Paket eines bekannten Online-Kleiderhändlers auf seine Empfängerin. Wenig später fährt der Lieferwagen eines Grosshändlers mit einer Hauslieferung vor, dicht gefolgt vom Wagen eines internationalen Express-Services, der ein paar Häuser weiter noch ein kleines Päckchen ausliefert.

Szenenwechsel auf die Autobahn A9 in Deutschland: Seit Juli dieses Jahres sind hier autonom fahrende Lastwagen der DB-Tochter Schenker zwischen München und Nürnberg unterwegs. Im sogenannten Platooning-System wird nur der vordere Wagen von einem Fahrer gesteuert. Den nachfolgenden Wagen lenkt ein Computer. Das Projekt von DB Schenker und dem Fahrzeughersteller MAN, das bis Ende 2019 laufen wird, soll gemäss Pressemitteilung Transporte sicherer, effizienter und umweltfreundlicher machen.

Digitalisierung als Treiber
Zwei Szenen, beide getrieben von der gleichen Entwicklung: den neuen Möglichkeiten der Digitalisierung. «Diese bringen die Logistikbranche gewaltig in Bewegung», sagt Stephan Wagner, Professor für Logistikmanagement an der ETH Zürich. Eine Folge: noch mehr Güterverkehr. Ein wichtiger Treiber ist E-Commerce. Der Handel über Internet ist in den letzten Jahren stark gewachsen. «Voraussichtlich», so Wagner «wird sich dieses Wachstum im Zeitrahmen 2017 bis 2021 nochmals verdoppeln.»

Bereits heute hat die Branche Probleme, genügend Lkw-Fahrer zu finden. Deshalb sei das Interesse der

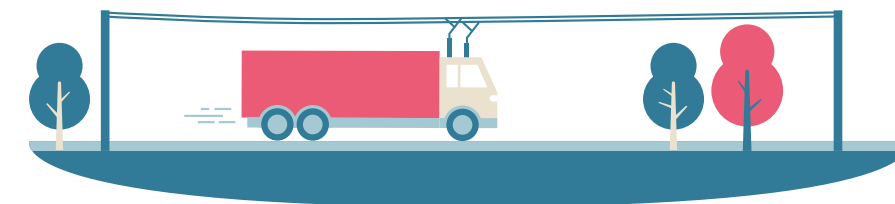
Logistikbranche an Lösungen wie Platooning stark vom Versuch getrieben, Manpower zu sparen. Platooning bietet aber auch weitere Vorteile: Autonome Fahrzeuge verringern Unfälle, und sie können enger hintereinanderfahren. Das hilft auch, Energie zu sparen. Weil die Lastwagen auf Autobahnen im Abstand von nur 15 Metern fahren können statt der gewöhnlich vorgeschriebenen 50 Meter, rechnet man bei Schenker aufgrund des Windschattens mit Spriteinsparungen von zehn Prozent. Platooning sei aber voraussichtlich noch auf Jahre hinaus nur auf ausgewählten, langen Strecken machbar, gibt Logistikprofessor Wagner zu bedenken. Das grosse Problem in der Logistik seien jedoch die stetig steigenden Ansprüche an die Feinverteilung. «Die Kunden bestellen immer öfter immer kleinere Mengen und erwarten eine immer zeitgenauere Zulieferung.»

Beide Entwicklungen betrachtet Gil Georges, Senior Scientist am Institut für Energietechnik der ETH Zürich und Leiter der LAV Energy Systems Group, mit Sorge: «Die Bemühungen der letzten Jahre, möglichst grosse Anteile des Güterverkehrs auf die Schiene zu bringen, werden dadurch enorm erschwert.» Denn der Transport auf der Schiene punktet zwar in Sachen Umweltfreundlichkeit und Zuverlässigkeit, hat aber klare Defizite bei der Feinverteilung. Gravierender ist aber, dass die Bahn mit den niedrigen Transportpreisen auf der Strasse nicht mehr konkurrieren können wird, wenn vermehrt autonome

Fahrzeuge auf der Strasse unterwegs sind. «Wenn wir nur den Markt spielen lassen, dann werden in Zukunft klar mehr Güter auf der Strasse transportiert und die CO₂-Emissionen werden stark zunehmen», sagt Georges.

Heute sind schwere und leichte Güterfahrzeuge auf der Strasse gemäss Berechnungen des Bundesamts für Umwelt BAFU zwar nur für gut fünf Prozent aller Treibhausgasemissionen verantwortlich, der Personenverkehr dagegen für fast 25 Prozent. Doch das wird sich ändern. Am Institut für Energietechnik geht man auf der Basis der Verkehrsperspektiven für die Schweiz des Bundesamts für Raumentwicklung ARE davon aus, dass der Güterverkehr auf der Strasse zwischen 2015 und 2040 um etwa 25 Prozent zunehmen wird, der motorisierte Personenverkehr dagegen nur um 15 Prozent (vgl. auch S. 12). «Damit wird der Güterverkehr auf der Strasse zu einem immer wichtigeren Faktor der CO₂-Bilanz», sagt Georges. Das gelte insbesondere, wenn sich die Elektrifizierung bei Personenwagen durchsetze und wenn man eine globale Perspektive einnehme: «In Ländern wie China und Indien rechnet man bis 2050 mit Wachstumsraten von 600 Prozent im Güterverkehr auf den Strassen.»

E-Mobilität für Lastwagen?
Handlungsbedarf ist also gegeben. Doch wo ansetzen? Welche technischen Möglichkeiten gibt es, den Lastwagenverkehr emissionsarm >



Fein verteilt und emissionsfrei – die grossen Herausforderungen im Güterverkehr

Globalisierung, Onlinehandel und die Vernetzung aller Dinge verursachen mehr Gütertransport. Dringend gesucht sind Lösungen für einen intelligenten Güterverkehr mit weniger CO₂-Emissionen.

TEXT Martina Märki

oder gar CO₂-frei zu betreiben? Das untersucht Georges mit seinem Team in einer Studie im Rahmen des SCCER Mobility. Aufgrund von Daten, die von der eidgenössischen Zollverwaltung im Zusammenhang mit der Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe LSWA erhoben werden, wissen die Forscher sehr genau, wie sich die Lastwagen in der Schweiz bewegen. Auf dieser Basis haben die Forschenden nun die Einsatzpotenziale verschiedener Antriebs- und Technologievarianten durchgerechnet. Wäre es möglich, die erforderliche Kilometerleistung mit batteriebetriebenen E-Lastwagen zu erbringen? Oder sind Lkws mit Wasserstoffantrieb die bessere Lösung? Wie sähe es mit Biotreibstoffen aus?

Rein technisch gesehen, sagt Georges, wäre vieles irgendwie machbar und werde auch bereits getestet. Aber nicht alles sei im Alltag praktikabel, aus energetischer und ökologischer Sicht gleich sinnvoll oder finanzierbar. Biotreibstoffe beispielsweise bieten im Betrieb ähnliche Vorteile wie fossile Treibstoffe, sind aber ökologisch umstritten und aus Sicht des Energietechnikers nicht unbedingt die effizienteste Methode, das wertvolle Energiepotenzial der Biomasse zu nutzen. Bei Coop erprobt man derzeit Wasserstoff als Antrieb. Die grosse Herausforderung ist dabei aber, langfristig eine CO₂-neutrale Wasserstoffproduktion und -verteilung sicherzustellen. In Bezug auf den Energieverbrauch wären E-Lastwagen die beste Lösung, im Betriebsalltag gibt es aber erhebliche Einschränkungen. Kurze Reichweiten, lange Ladezeiten, erhöhtes Gewicht der Fahrzeuge – all das macht den Batteriebetrieb zumindest für grosse Lkws auf langen Strecken noch unattraktiv. Auch das Swapping, also das Auswechseln von Batterien statt des Aufladens, ist im Schwerverkehr nur bedingt eine Option. «Wer will schon mehrmals am Tag bis zu drei Tonnen schwere Batterien auswechseln müssen?», gibt Georges zu bedenken. Auch ist der Lebenszyklus

von Batterien aus ökologischer Sicht nicht ganz unproblematisch. Eine interessante Alternative aus Sicht des Forschers wäre die Versorgung mit Elektrizität durch Oberleitungen oder induktive Ladesysteme im Boden. «Doch egal welche Lösung man wählt – die Dekarbonisierung des Güterverkehrs ist machbar, aber mit grossen Infrastrukturkosten verbunden», so das Fazit von Georges.

Neue Impulse dank Start-ups

Angesichts der vielen Unwägbarkeiten ist es kein Wunder, dass noch völlig offen ist, in welche Richtung sich das System bewegen wird. «Während beim Personenverkehr E-Mobilität bereits heute eine echte Alternative darstellt, ist die Situation bei den Lkws ganz anders», sagt Georges. «Die eine Lösung für alles gibt es hier nicht.» Am ehesten kann er sich eine Kombination aus mehreren Technologien vorstellen.

«Der Güterverkehr auf der Strasse wird zu einem immer wichtigeren Faktor der CO₂-Bilanz.»

Gil Georges

Ähnlich sieht das auch Stephan Wagner in Bezug auf das Logistikmanagement: «Für die Logistikbranche ist es sehr schwierig, zukunftsgerichtet zu entscheiden, weil es noch keine Standards gibt. Wir sind derzeit in einer extremen Testphase.» An die eine grosse Lösung glaubt auch er nicht. Vielmehr werde man auf allen Ebenen aktiv sein müssen. Mögliche Lösungsansätze sieht er auch in der Optimierung von Logistikabläufen. Konkret erforscht sein Team mit einem Logistikdienstleister in einer indischen Megastadt, ob sich die Verteilnetze auf der ersten und auf der letzten Meile besser miteinander kombinieren lassen, um Kilometer einzusparen. Eine verbesserte Kooperation zwischen verschiedenen Dienstleistern

könnte ebenfalls helfen, unnötige Fahrten zu vermeiden. «Schön an solchen Massnahmen ist, dass sie nicht nur Kilometer, Treibstoff und Emissionen einsparen, sondern auch Kosten senken und damit für Unternehmer und Kunden unmittelbar interessant sind», sagt Wagner.

Routenoptimierung, eine bessere Bündelung von Transporten und Volumen, mehr Transparenz und Kooperation – neue Impulse erwartet Wagner speziell von jungen Start-up-Unternehmen. «IT-Newcomer aus den Bereichen Optimierung und Machine Learning werden noch viel Bewegung in die Branche bringen», ist Wagner überzeugt. Deshalb untersucht er mit seinem Team auch, wie solche Start-ups auf die Logistikbranche einwirken. Etwa der Berliner Start-up FreightHub, der sich mit der Entwicklung einer digitalen Plattform zur Planung und Abwicklung optimaler Speditionsprozesse in kur-

zer Zeit etablieren konnte. Dass die Deutsche Post mit StreetScooter ein Start-up-Unternehmen aus der RWTH Aachen zur günstigen Produktion von Elektro-Fahrzeugen übernommen hat, zeigt für ihn, dass sich aus solchen Initiativen wesentliche Impulse entwickeln können. «Wenn die Grossen der Branche sich mit den jungen Start-ups zusammenschliessen, wird es richtig spannend», sagt Wagner. ○

Energy Systems Group:
→ www.ethz.ch/energy-systems

Chair of Logistics Management:
→ www.scm.ethz.ch



ETH-Strategie: Bewusst fliegen

Um den Zielkonflikt zwischen Forschungsreisen und Klimaschutz zu entschärfen, setzt die ETH Zürich auf einen Kulturwandel hin zu bewusstem Fliegen.

TEXT Michael Keller

Das Dilemma ist bekannt: Internationale Vernetzung und Zusammenarbeit sind für Forschende zentral, doch Flugreisen belasten das Klima. «Die ETH Zürich ist der Nachhaltigkeit verpflichtet, gleichzeitig sind Internationalität und bestmögliche Entwicklungschancen für die Forscherinnen und Forscher das unverzichtbare Fundament ihres Erfolgs – ein klassischer Zielkonflikt», sagt Ulrich Weidmann, Vizepräsident für Personal und Ressourcen der ETH Zürich.

Über 50 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen der Hochschule stammen von Flugreisen. Technische Lösungen, den Luftverkehr bald emissionsfrei zu gestalten, liegen in weiter Ferne. Für Weidmann ist klar: «Die ETH Zürich hat auch diesbezüglich eine gesellschaftliche Vorbildfunktion, und ihr Verhalten wird aufmerksam beobachtet.» Deshalb hat die Schulleitung im April 2017 eine Initiative zur Reduktion von Flugreisen lanciert.

Neuer Umgang mit dem Fliegen

Nur: Wie gewinnt man weltweit vernetzte Forschende in weitgehend autonomen Departementen für diese Idee – und das an einer Hochschule mit expliziter Internationalisierungsstrategie? Nicht mit Direktiven von oben, das war Susann Görlinger von

Anfang an bewusst. Sie ist Co-Leiterin der Mobilitätsplattform, der Drehscheibe für Mobilitätsthemen an der ETH. Diese hat als Schwerpunkte eine nachhaltige Campusmobilität, dazu das Flugreisenprojekt, das Görlinger verantwortet. Ziel ist ein neues internes Selbstverständnis im Umgang mit dem Fliegen.

«Ein solcher Kulturwandel kann nur gelingen, wenn wir die Zielgruppen ernsthaft involvieren», sagt Görlinger. Dabei wolle man weder moralisieren noch das Fliegen diskreditieren. Es geht vielmehr darum, sich innerhalb der ETH mit der Problematik auseinanderzusetzen. Dazu verfolgt die ETH Zürich einen Bottom-up-Ansatz, der auf Partizipation und Eigenverantwortung basiert. Die Schulleitung hat die Departemente zwar aufgefordert, Ansätze zur Reduktion von Flugreisen zu erarbeiten – feste Zielvorgaben gab es jedoch nicht. «Man kann selber bestimmen, was man wie beitragen will. Wir schreiben nichts vor und verbieten auch nichts», hält Görlinger fest.

Umdenken findet statt

Dennoch fielen die Einwände zahlreich und teilweise heftig aus. Zunächst. «Es gab anfangs viele Missverständnisse und vereinzelt grossen Widerstand, aber auch viel Unterstüt-

zung», erzählt Görlinger. Anderthalb Jahre und zahlreiche Workshops später machen alle Departemente mit: Sie haben sich für die Jahre 2019 bis 2025 zu Reduktionen von 3 bis 20 Prozent verpflichtet. Im Mittel beträgt das Reduktionsziel rund 11 Prozent.

Und sie haben Massnahmen für die Umsetzung definiert: Diese reichen von Videokonferenzen über interne CO₂-Steuern bis hin zu Anreizsystemen fürs Zufahren oder konkreten Reisempfehlungen wie der Vermeidung von Kurzstreckenflügen und Flügen in der Business Class.

Solides Monitoring-System

Eine Forderung der Departemente war ein effektives Monitoring, damit jede Professur ihre Emissionen laufend überprüfen kann. Gemeinsam mit der Mobilitätsplattform erarbeiten sie derzeit eine Datenbasis für die Jahre 2016 bis 2018, die als Referenzperiode dienen wird. Sie umfasst alle von der ETH Zürich bezahlten Flugreisen von Mitarbeitenden, eingeladenen Gästen sowie neu von Studierenden im Rahmen des Curriculums.

Die CO₂-Reduktion beginnt 2019, nach drei Jahren wird evaluiert. Der ETH-weite Veränderungsprozess wird zudem in einer Dissertation analysiert. «So weit der Plan – nun müssen wir ihn umsetzen», ist sich Görlinger bewusst. Was sie dabei motiviert: Es gibt bereits viele Anfragen von Universitäten und Organisationen, die sich für den ETH-Ansatz interessieren. «So kann auch die Gesellschaft von unseren Erfahrungen profitieren», sagt sie. ○

Mobilitätsplattform:
→ www.ethz.ch/mobilitaet

Der smarten Mobilität auf der Spur

Moderne IT-Lösungen helfen, das menschliche Mobilitätsverhalten nicht nur besser zu verstehen, sondern auch ökologischer zu gestalten und die Nachfrage intelligent zu lenken.

TEXT Michael Keller



Künftig reisen wir mit einer Smartphone-App, die unsere Mobilität flexibel und nach persönlichen Präferenzen plant: Sie greift auf den privaten Kalender zu, berücksichtigt Wetter, Verkehrslage sowie relevanten Kontext und schlägt einen optimalen Mix an Transportmitteln vor, der auch ökologischen Kriterien genügt.

Ein Zukunftsszenario, das für Martin Raubal schon bald real werden könnte. «Auf jeden Fall wird der mobile Mensch von morgen seine Reisen effizienter, umweltfreundlicher und personalisierter gestalten», sagt der Professor am Institut für Kartografie und Geoinformation der ETH Zürich.

Raubal erforscht die menschliche Mobilität auf der Basis raumzeitlicher Daten. Besonders interessiert ihn dabei die Frage, ob IT-Lösungen ein nachhaltiges Mobilitätsverhalten begünstigen können. «Bei allen technischen Optionen, um den Verkehrssektor effizienter zu machen: Ohne Verhaltens- und Einstellungsänderungen werden wir die Herausforderungen nicht meistern», ist er überzeugt.

Multimodal mobil

Laut Verkehrsexperten wird es immer wichtiger, multimodal zu reisen, also die Wegstrecke auf verschiedene Verkehrsmittel aufzuteilen. Im Idealfall spart das CO₂, Zeit und vermeidet Stau.

Wie man Personen dazu bringen kann, vermehrt Fahrrad zu fahren, den öffentlichen Verkehr zu nehmen oder Carsharing zu nutzen, hat Raubals Team unlängst in einer langfristigen Studie im Rahmen von GoEco untersucht. Es handelt sich dabei um das schweizweit bisher grösste Mitmachprojekt im Mobilitätsbereich, das die ETH Zürich gemeinsam mit der Fachhochschule Südschweiz (SUPSI) zwischen 2016 und 2017 durchführte.

Bewegungsanalyse mit Feedback

In GoEco haben rund 400 Teilnehmende aus den Kantonen Zürich und Tessin mittels einer gleichnamigen Smartphone-App ihre gesamte Reiseaktivität während eines Jahres aufgezeichnet. Anhand der Positionsdaten und mit Maschinellem Lernen hat die Software die benutzten Verkehrsmittel verifiziert und den Energieverbrauch sowie den CO₂-Ausstoss kalkuliert. Die Nutzer erhielten regelmässige Berichte zu ihrem Mobilitätsverhalten einschliesslich ökologischer Verbesserungsvorschläge wie

alternative Routen oder sparsamere Transportmittel. Zudem testeten die Forschenden Spielelemente wie Punkte und Wettbewerbe, um die Motivation für ein nachhaltiges Mobilitätsverhalten zu steigern.

Die Analysen zeigten, dass der Ansatz grossteils funktioniert: Die Teilnehmenden reagierten sowohl auf die Rückmeldungen als auch auf die Spielelemente und haben ihren CO₂-Ausstoss auf regelmässigen Strecken wie etwa dem Arbeitsweg deutlich reduziert. Darüber hinaus haben die Forschenden Hinweise dafür gefunden, dass die Nutzer ihr verändertes Mobilitätsverhalten langfristig beibehalten.

Mobilität als CO₂-sparender Dienst

Raubal sieht für solche multimodalen Routenplaner und Öko-Feedback-Tools ein nicht zu unterschätzendes Potenzial. «Voraussetzung ist, dass die Anwendungen zuverlässig funktionieren und die Nutzer vom zeitraubenden Suchen und Vergleichen von Optionen entlasten.» Dann würden die Leute solche Entscheidungshilfen auch wirklich verwenden, glaubt er aufgrund seiner Erfahrungen aus GoEco.

Dass Menschen ihr Reiseverhalten tatsächlich multimodal gestalten, wenn sie die passende Möglichkeit dazu haben – etwa in Form frei wählbarer Verkehrsmittel –, zeigt das Pilotprojekt Green Class, das die SBB im Herbst 2016 mit mehreren Partnern lancierte. Teilnehmende erhielten ein Jahr lang ein kombiniertes Mobilitätspaket bestehend aus einem Generalabonnement erster Klasse, einem Elektroauto, einer Park+Rail-Jahreskarte sowie je einem Jahresabo für Car- und E-Bike-Sharing. Raubals Team hat das Projekt im Auftrag der SBB wissenschaftlich ausgewertet und begleitet.



Anonymisierte Trackingdaten aus dem GoEco-Projekt: Die Farben der aufgezeichneten Wegstrecken stehen für unterschiedliche Fortbewegungsmittel.

Die wichtigste Erkenntnis: Rund ein Drittel der konventionellen Autofahrten mit Verbrennungsmotor wurden durch das Elektroauto ersetzt, oft für die letzte Meile vom Bahnhof bis zum Wohnort. Im Mobilitätsmix wurde auch der Zug rege genutzt. «Wir stellten für die Mehrheit der Teilnehmenden einen substanziellen Rückgang der CO₂-Emissionen fest, obwohl während der Pilotphase insgesamt sogar mehr gereist wurde als zuvor», resümiert Raubal.

Schlaues Mobilitätsmanagement

Die Basis für die Resultate beider Projekte bildeten raumzeitliche Analysen sämtlicher Bewegungen der Teilnehmenden. Dazu wurden deren Positionsdaten über die GPS-Ortung im Smartphone oder Auto detailliert aufgezeichnet. Solches Tracking wird für das Verkehrsmanagement immer wichtiger und nimmt weltweit entsprechend stark zu.

Droht damit der gläserne Pendler? Raubal winkt ab: «Der Schutz der Privatsphäre ist sicher wichtig, wie in vielen anderen Lebensbereichen auch, aber verglichen mit Gesundheits- oder Bankdaten halte ich Mobi-

litätsspuren für weniger sensitiv.» Zudem werden Letztere typischerweise anonymisiert und in aggregierter Form verarbeitet, denn wirklich interessant sind sie vor allem in der Masse.

So bergen Mobilitätsdaten das Potenzial, ganze Verkehrsströme in Echtzeit zu messen, sie optimal zu steuern und die Nachfrage geschickt zu lenken. Ein besseres Verständnis des kollektiven Mobilitätsverhaltens dient wiederum als Entscheidungsgrundlage für intelligente Siedlungspolitik und Raumplanung, weil man mit den Einsichten die Infrastruktur bedarfsgerecht auslegen kann. Im Rahmen des Schweizerischen Energieforschungszentrums für Mobilität (SCCER Mobility) untersucht Raubals Gruppe beispielsweise, wie sich anhand von Verkehrsströmen künftige Ladestationen für die E-Mobilität optimal planen lassen. «Wenn wir unsere Mobilitätsdaten sicher und sinnvoll einsetzen, haben letztlich alle etwas davon», ist er überzeugt. ○

Professur für
Geoinformationsengineering:
→ www.gis.ethz.ch

Jetzt
bewerben



Innovatorinnen und Innovatoren gesucht: Der ABB-Forschungspreis zu Ehren von Hubertus von Grünberg

Der mit USD 300'000 dotierte ABB-Forschungspreis zu Ehren von Hubertus von Grünberg fördert herausragende Postdoc-Forschungsarbeiten auf den Gebieten der elektronischen und mechanischen Ingenieurwissenschaften, der Software-Entwicklung, der Elektronik und Robotik, der künstlichen Intelligenz, der Prozessautomatisierung sowie in allen verwandten technischen Disziplinen. Als wegweisender Technologieführer treibt ABB den Fortschritt seit mehr als 130 Jahren voran. Der Forschungspreis, der 2019 zum zweiten Mal verliehen wird, ist Ihre Chance, zu den Technologiepionieren der nächsten Generation zu gehören. Bewerben Sie sich bis zum 31. Januar 2019 unter new.abb.com/hvg-award

ABB

COMMUNITY



Joël Mesot, der künftige Präsident der ETH Zürich

Gewählt

NEUER ETH-PRÄSIDENT

Joël Mesot, Direktor des Paul Scherrer Instituts (PSI), wird der neue Präsident der ETH Zürich. Am 1. Januar 2019 tritt er die Nachfolge von ETH-Präsident Lino Guzzella an. Mesot ist seit 2008 Direktor des PSI und hat eine Doppelprofessur für Physik an der ETH Zürich und der EPF Lausanne inne. Er wuchs in Genf auf, studierte Physik und promovierte 1992 in Festkörperphysik an der ETH Zürich. Nach Aufenthalt in den USA und Frankreich kam Mesot 1999 an das PSI, wo er ab 2004 das Labor für Neutronenstreuung leitete.

Quantum Flagship

ERFOLGREICHE ETH- QUANTENFORSCHER

Mitte 2017 lancierte die Europäische Kommission ein Flaggschiff-Projekt im Bereich Quantentechnologie. Das «Quantum Flagship» ist nach dem «Human Brain Project» und dem «Graphene Flagship» das dritte grosse Forschungsprogramm, mit dem die EU besonders zukunftsweisende Technologien fördert. Rund 1 Milliarde Euro will die EU in den kommenden zehn Jahren investieren, um Europa einen Spitzenplatz im Bereich Quantentechnologien zu sichern. Unter den nun ausgewählten Teilprojekten für das Programm finden sich sechs mit ETH-Beteiligung. Die sechs Projekte werden mit insgesamt 6,5 Millionen Franken unterstützt.

Es handelt sich um Projekte aus den Bereichen Quantencomputing, Quantensimulationen und Quantensensorik der ETH-Forscher Christian Degen vom Laboratorium für Festkörperphysik, Jérôme Faist und Jonathan Home vom Institut für Quantenelektronik, Sebastian Kozerke vom Institut für Biomedizinische Technik, Matthias Troyer vom Institut für Theoretische Physik sowie Andreas Wallraff vom Laboratorium für Festkörperphysik.

«Die Quantentechnik erschliesst neue Horizonte in allen Wissenschaften», ordnet Detlef Günther, ETH-Vizepräsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen, die Bedeutung dieses Forschungsgebietes ein. An der ETH Zürich arbeitet ein Netzwerk von 18 Forschungsgruppen an diesen Technologien.

Donation

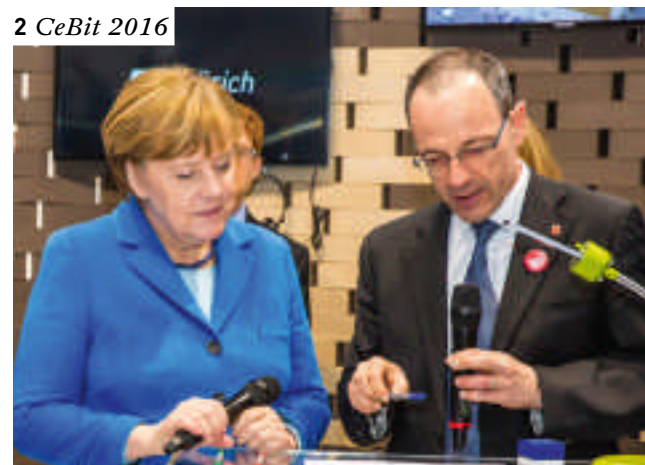
LYMPHOMA- FORSCHUNG

ETH-Alumnus und Actelion-Mitgründer Walter Fischli und seine Frau Edith Fischli unterstützen mit einer namhaften Schenkung die Krebsforschung an der ETH Zürich. Die Donation wird verwendet, um eine Professur auf dem Gebiet der Tumorerogenität zu finanzieren. Zudem ermöglicht sie die Finanzierung des Forschungsförderprogramms «Lymphoma Challenge». Postdoktorierende der ETH Zürich können damit gemeinsam mit Forschenden einer universitären Klinik an klinisch relevanten Fragestellungen zu verschiedenen Arten von Blutkrebs forschen.

1 Cybathlon



2 CeBit 2016



3 Digitaltag 2017



4 ETH Woche



6 Feier der Fields-Medaille



5 WEF 2018



7 Strategie ETH+



Was Ende 2017 mit einem Faculty Retreat in Luzern begann, hat bereits zu ersten konkreten Projekten geführt.

ETH-Präsident Lino Guzzella

Bewegen und Zukunft gestalten

Vier Jahre wirkte Lino Guzzella als ETH-Präsident. Mit grossem Engagement hat er sich für die ETH Zürich und für den Forschungsstandort Schweiz eingesetzt. Ein Rückblick in Bildern.

Bewegung und Engagement – Lino Guzzella liebt beides, im Sport und in der Wissenschaft. 2016 bildete der Cybathlon (1) – ein Wettkampf für Athleten mit Behinderungen, unterstützt durch robotische Assistenzsysteme – einen der Höhepunkte seiner Amtszeit. Die Kombination von Medizin und Technik förderte Lino Guzzella gezielt und etablierte einen Bachelor für Humanmedizin an der ETH Zürich.

Lino Guzzella hat engagiert zur weiteren Stärkung der internationalen Reputation der ETH Zürich beigetragen. Er verstand es, andere – Persönlichkeiten aus Politik und Wirtschaft, aber auch die breite Öffentlichkeit –

für die ETH und ihre Forschung zu begeistern, wie beispielsweise 2016 die deutsche Bundeskanzlerin Angela Merkel an der CeBit (2).

Die Zukunftsfähigkeit der Schweiz im digitalen Wandel zu stärken, war ihm ein wichtiges Anliegen, wie hier am Digitaltag 2017 zusammen mit Bundesrat Johann Schneider-Ammann beim ETH-Programmierworkshop für Kinder (3).

Zukunftsfähigkeit bedeutete für Lino Guzzella auch, bei Studierenden kritisches, kreatives und eigenverantwortliches Denken über Disziplingrenzen hinaus zu fördern. Die von ihm ins Leben gerufene «Critical Thin-

king»-Initiative vermittelt ETH-Studierenden das nötige Rüstzeug. Seit 2015 bringt beispielsweise die ETH Woche (4) jährlich über 100 Studierende aus allen Departementen zusammen, um in interdisziplinären Teams Lösungsansätze für gesellschaftsrelevante Themen zu erarbeiten.

Die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft wurde unter Lino Guzzella weiter intensiviert. Am WEF 2018 beispielsweise lancierten Bundesrätin Doris Leuthard, Andreas Meyer, CEO der SBB, und Lino Guzzella die ETH-Mobilitätsinitiative (5), mit der Forschung und Lehre im Bereich Mobilität entscheidend gefördert wird.

Die ETH Zürich konnte zudem ihre Position als internationale Spitzenhochschule mit herausragenden Leistungen in Forschung, Lehre und Technologietransfer ausbauen. Ehrenvollstes Zeichen dafür war 2018 die Verleihung der Fields-Medaille an den ETH-Mathematiker Alessio Figalli, hier in der Bildmitte anlässlich des ETH-Empfangs zu seinen Ehren (6).

Mit der Strategie ETH+, mit der die Professorenschaft der ETH in einer gemeinsamen Anstrengung entscheidend erweitert werden soll, setzte Lino Guzzella einen weiteren Markstein für eine erfolgreiche Zukunft der Hochschule (7). ○



Philanthropie

UPLIFT

Von Donald Tillman

Das Anliegen, wissenschaftliche Quantensprünge zu ermöglichen.

Der Wunsch, der Hochschule etwas zurückzugeben. Der Wille, Innovationen und den Technologietransfer voranzutreiben. Oder die Freude daran, junge Talente zu unterstützen. Die Gründe für eine Donation an die ETH Zürich sind so individuell wie die Förderer selbst.

Doch wichtig ist jeder und jede Einzelne.

Um Sie für die Unterstützung von Forschung und Lehre an der ETH zu inspirieren, gibt es neu «Uplift», das Sie von nun an regelmässig im Magazin *Globe* finden. «Uplift» steht für Aufschwung und Aufbruch, für Antrieb und Aufstieg. Und «Uplift» zeigt, wie Förderung erstklassiger Forschung Auftrieb verleiht und ambitionierte Menschen beflügelt. Den Auftakt zum Thema Talente machen wir unter anderem mit Michelle Rüegg, der ein Exzellenz-Stipendium einen Extraschub verliehen hat. Und mit Adrian Weiss, der einen persönlichen Einblick in seine Förderungstätigkeit gewährt.

Wir freuen uns, gemeinsam mit Ihnen die Forschung und Lehre an der ETH voranzubringen.

→ www.ethz-foundation.ch

Universität Basel und ETH Zürich

FORSCHUNG FÜR KINDERGESUNDHEIT

Die Universität Basel und die ETH Zürich haben gemeinsam das Botnar Research Centre for Child Health (BRCCH) in Basel gegründet. In diesem bringen sie hervorragende Wissenschaft und klinische Forschung aus verschiedenen Fachgebieten zusammen, um neue Methoden und digitale Innovationen für den weltweiten Einsatz in der Pädiatrie zu entwickeln. Die Finanzierung erfolgt über einen Beitrag der Fondation Botnar in Basel von 100 Millionen Franken, je zur Hälfte an die Universität Basel und an die ETH Zürich Foundation.

Die Fondation Botnar setzt sich für die Verbesserung der Gesundheit und des Wohlbefindens von Kindern und Jugendlichen in stark wachsenden Städten weltweit ein. Das BRCCH wird von der Universität Basel und der ETH Zürich getragen. Zum Netzwerk des For-

schungszentrums gehören zudem Partnerinstitute wie das Universitäts-Kinderspital beider Basel und das Schweizerische Tropen- und Public-Health-Institut in Basel. Das Forschungszentrum bündelt die Kompetenzen der beiden Hochschulen in Systembiologie und Medizin sowie in gesundheitsrelevanten Feldern von Life Sciences, Ingenieurwissenschaften, Sozialwissenschaften und Informationstechnologie.

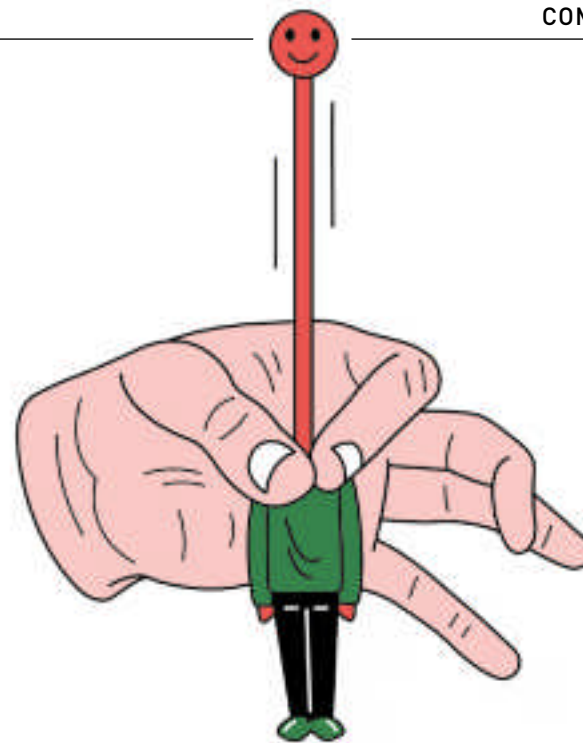
Mit seinen Arbeiten soll das Forschungszentrum dazu beitragen, Krankheiten vorzubeugen, neue Behandlungsansätze zu entwickeln, Diagnosen und Wirkungsprognosen zu verbessern und finanziell tragbare Lösungen zu fördern. Im Fokus sind Länder mit beschränkten Ressourcen – die entwickelten Lösungen sollen aber überall einsetzbar sein.

→ www.ethz-foundation.ch

Andrea Schenker-Wicki, Rektorin der Universität Basel, betont: «Wir wollen Wirkung für Kinder und Jugendliche erzielen.»



Peter Lenz, Stiftungsratspräsident der Fondation Botnar, die Rektorin der Universität Basel Andrea Schenker-Wicki und ETH-Präsident Lino Guzzella.



Kolumne

Jenseits der Komfortzone

April 2012. In meiner Zeit als Gastdozent an der Universität Tokio besuchte mich mein Vater. Eines Abends beim Essen gestand ich ihm, dass ich mich beruflich manchmal überfordert und nicht gut genug fühlte. Er hörte wie immer aufmerksam zu und sagte: «Manu, man sollte immer mehr wollen, als man kann.» Mein Empfinden sei durchaus positiv, da es mich ansporne, über mich hinauszuwachsen und dazuzulernen. Die Weisheit von Generationen in einem prägnanten Satz.

Der russische Psychologe Lew Wygotski formulierte diese Erkenntnis in seiner Theorie zur kognitiven Entwicklung als «Zone der nächsten Entwicklung» (ZPD). Es gibt Dinge, die ich allein lernen kann. So komme ich beim Radfahren ohne fremde Hilfe aus. Bei anderen Tätigkeiten ist das nicht möglich. Salsa etwa ist für mich ein Buch mit sieben Siegeln. Würde ich mich daran wagen, wäre es zunächst eine Qual, und man würde mich vermutlich auslachen. Doch mit entsprechender Anlei-

tung könnte ich es wohl lernen. Wygotski zufolge wächst und entwickelt man sich nur, wenn man etwas lernt, das man noch nicht kann. Allein allerdings wird man die betreffende Fähigkeit nicht erwerben – doch mit Hilfe eines Experten kann man seine Fertigkeiten entwickeln. Irgendwann könnte dann sogar ich Salsa tanzen. Frei nach besagter generationenalter Weisheit müssen die eigenen Ambitionen die derzeitigen Fähigkeiten übersteigen.

Wie können wir uns nun gemäss Wygotskis Erkenntnissen steigern?

Erstens durch produktive Unzufriedenheit. Geben Sie sich nicht mit dem zufrieden, was Sie schon können. Verlassen Sie Ihre Komfortzone. Kanalisieren Sie diese produktive Unzufriedenheit, um an neuen Kompetenzen zu feilen. Das ist anstrengend. Das kann auch mal schiefgehen. Doch Sie werden sich so aus eigener Kraft weiterentwickeln.

Zweitens: Akzeptieren Sie produktives Unbehagen. Ständig zu kämpfen, ist nicht angenehm. Aber sagen Sie sich, dass ein Misserfolg oder Zweifel völlig in Ordnung sind. Auf Ihre Einstellung kommt es an. Denken Sie daran, dass diese Lage durchaus positiv ist – schliesslich sind Sie dabei, zu lernen und über sich hinauszuwachsen. Je mehr Sie die Situation akzeptieren und sich trotz allem wohl fühlen, desto schneller kommen Sie voran.

Drittens: Lernen Sie aus produktivem Scheitern. Kämpfen und Scheitern allein bringen keine neuen Erkenntnisse. Und nur die richtige Einstellung genügt auch nicht. Scheitern wird erst dann produktiv, wenn man sich an Experten wendet, mit anderen zusammenarbeitet und ein Netzwerk aus Gleichgesinnten aufbaut und pflegt.

Das ist natürlich leichter gesagt als getan. Mein Vater war davon überzeugt, dass dies der richtige Weg sei – von einfach war indes nie die Rede.



Manu Kapur ist Professor für Lernwissenschaften an der ETH Zürich. Zuvor lehrte und forschte er in Hongkong und Singapur. Diese Kolumne widmet er seinem Vater, der im vergangenen Jahr verstarb. → www.manukapur.com

Hightech im Schacht

Der an der ETH entwickelte Roboter «ANYmal» kann sehen, hören oder Türen öffnen. Forschende aus mehreren Ländern arbeiten nun daran, dass der Roboter auch unter Extrembedingungen funktioniert. Die Mission führt sie unter anderem in Zürichs Untergrund.

TEXT Andres Eberhard BILD Daniel Winkler



Zwei Männer heben die 30 Kilogramm schwere Hightechmaschine an und lassen sie an einem Seil hinunter in die Dunkelheit des Schachts. Wir ziehen reflektierende Ganzkörperanzüge über, tauschen unsere Schuhe gegen ein Paar Oberschenkelkellange Gummistiefel, kneten diese an den Ösen des Anzugs fest, dazu kommen noch Helm, Taschenlampe und Einweghandschuhe, dann steigen wir hinterher – entlang der Stufen in der Wand, eine nach der anderen, vier Meter tief in die Kanalisation Zürichs.

Eine Gruppe von Forschern testet an diesem warmen Herbsttag, ob der vom Robotic Systems Lab und dem ETH-Spin-off «ANYbotics» entwickelte Roboter Anymal dereinst in Abwasserkanälen eingesetzt werden kann. Er könnte in Zukunft die Mitarbeiter der Stadt Zürich entlasten, die regelmässig durch die rund 100 Kilometer begehbaren Schächte im Stadtgebiet gehen oder kriechen, um sie auf Beschädigungen an Boden und Wänden zu überprüfen – eine nicht nur ungesunde, sondern auch gefährliche Arbeit. So können sich die Schächte innerhalb von sehr kurzer Zeit mit Wasser füllen. Zudem könnte der Roboter in Kanälen operieren, die mit heutiger Technologie gar nicht zugänglich sind.

Erster Testlauf

Der Roboter, den die Forscher nun in der Tiefe des Schachts auf die Füsse stellen, ist rund einen halben Meter gross und hat neben vier gelenkigen Beinen eine Art Kopf, der aus einer Kamera sowie verschiedenen Senso- >

Anymal bei seiner ersten Inspektionstour in Zürichs Kanalisation

ANYMAL

Anymal ist ein vierbeiniger Roboter für den eigenständigen Einsatz unter schwierigen Bedingungen. Dank Lasersensoren und -kameras kann der Roboter seine Umwelt wahrnehmen, sich exakt verorten, selbstständig seinen Weg planen und beim Laufen auswählen, wohin er seine Füsse setzt.

→ www.anybotics.com/anymal

ren besteht. Die Maschine ist modular gebaut und kann je nach Anwendung aufgerüstet werden.

Péter Fankhauser, Mitbegründer des ETH-Spin-offs, der Anymal kommerzialisiert, funkt den Kollegen, welche die Aktion von der Oberfläche aus koordinieren und dem Roboter Befehle erteilen. Dann bedient er einen Joystick und der Roboter stapft vorwärts. Weil es der erste Lauf in unbekanntem Gelände ist, steuert er den Roboter teilweise, obwohl sich dieser auch autonom bewegen kann. «Eine Sicherheitsmassnahme. Wenn es im Labor funktioniert, heisst das nicht immer, dass es auch in der Realität klappt», erklärt Fankhauser. Schliesslich muss

der Roboter hier unten unter komplett anderen Bedingungen funktionieren: Der nasse Kanal ist rutschig, die Temperatur tiefer, die Luftfeuchtigkeit höher als im Labor. Und: Es ist dunkel.

«Hier sieht es überall gleich aus», sagt Fankhauser, fast schon mit resignierter Stimme, als der Roboter in langsamem Schrittempo den rund drei Meter hohen und fünf Meter breiten Kanal entlanggeht. Das gleichmässige, elektromechanische Klirren – eine Art rhythmische Klirren – mischt sich dabei mit dem Rauschen des Abwassers, das vom nahen Hauptkanal zu uns herandrängt. Wir befinden uns in einem gut ausgebauten Reservekanal, durch den derzeit nur ein kleines Rinnsal fliesst – auch das eine Vorsichtsmassnahme für den allerersten Praxistest mit dem Roboter in vier Metern Tiefe.

Tasten im Dunkeln

Das auf drei Jahre angelegte Forschungsprojekt namens THING (sub-Terranean Haptic InvestiGator) bezweckt, dass Roboter ihre Umgebung besser wahrnehmen können und fähig sind, sich autonom darin fortzubewegen. In der Regel orientieren sich Roboter mit 3D-Kameras und Lasersensoren, diese sind allerdings anfällig für

«Was im Labor funktioniert, klappt nicht einfach auch in Realität.»

anspruchsvolle Bedingungen – zum Beispiel Wasser am Boden oder Staub in der Luft. Deswegen sehen die Forschenden die Lösung in einer verbesserten haptischen Wahrnehmung – also die Orientierung über den Tastsinn. Für das Projekt haben sich

ETH-Forscher mit Kollegen aus Edinburgh, Pisa, Oxford und Poznan zusammengesetzt. Alle Hochschulen forschen mit einem Anymal-Roboter und man trifft sich regelmässig. Neben den Tests im Abwasserkanal stehen nächstes Jahr auch solche in einer polnischen Kupfermine an, wo der Roboter bei völlig anderem Klima – in staubiger und heisser Luft auf gerölligem Untergrund – funktionieren soll. Von Seiten der ETH ist das Labor für Robotersysteme vertreten, unter Leitung von Professor Marco Hutter, dessen jahrelange Forschung zu Laufrobotern schon früh von der ETH gefördert wurde – durch ein ESOP-Stipendium sowie durch ein Pioneer Fellowship.

An diesem ersten Testtag ist eine der wichtigsten Fragen, ob sich der Roboter in der Dunkelheit der Kanalisation überhaupt orientieren kann. Anfangs tragen zwei Helfer grosse LED-Lampen, um uns allen eine gute Sicht zu ermöglichen. Dann ordnet Fankhauser an, das externe Licht abzustellen, und funkt nach oben, man solle den Roboter anweisen, sein eigenes Licht zu benutzen. In der Dunkelheit hilft der Tastsinn, aber nicht nur. «Der Roboter scannt mit Hilfe von Lasersensoren und Kameras seine Umgebung und soll anhand von Ungleichmässigkeiten im Beton erkennen, wo er gerade ist», erklärt Hutter.

Dann leuchten nur noch die kleinen, runden LED-Lichter am «Kopf» des Roboters. Nun ist die Endzeitstimmung perfekt: die Dunkelheit, das Rauschen des Wassers, das elektromechanische Klirren, die Augen des Roboters. «Wie ein Rottweiler», sagt einer und durchbricht damit die kurzzeitig beängstigende Stille.

Unter Tag und offshore

Bereits seit 2009 wird an der ETH an vierbeinigen Robotern geforscht. Der Prototyp des Anymal entstand 2015,

ein Jahr später wurde der Spin-off Anybotics gegründet, der sich zum Ziel gesetzt hat, Roboter in allen Geländen einsatzfähig zu machen – eine Voraussetzung für viele mögliche Anwendungsgebiete in der Praxis. «Let Robots Go Anywhere», lautet der Slogan der Firma. Zwei- bis dreimal pro Monat ist man für Tests unterwegs. So reisten Fankhauser und ein Teil seines Teams kürzlich auf eine Offshore-Plattform, die mitten in der Nordsee liegt. Dort könnte der Roboter einst Inspektionsaufgaben übernehmen – bei der Pilotinstallation absolvierte Anymal bereits mehrere Inspektionsrouten autonom.

Nach fast zehn Jahren Forschungsarbeit kann Anymal so >



Vorsichtig wird die Hightechmaschine durch den engen Kanalisationsschacht bugsiert.



Anymal ist heil am Grund des Schachts gelandet.



Zur Sicherheit wird der Roboter bei seinen ersten Schritten teilweise mit dem Joystick gesteuert, bevor er autonom agiert.



Wo es für Menschen eng wird, soll Anymal autonom weiter vordringen.

einiges: Er bewegt sich nicht nur autonom fort, sondern ist auch mit mehreren Sinnen ausgestattet: Er kann sehen, hören oder spüren. Dadurch kann der Roboter beispielsweise die Luftdruckanzeige einer Maschine ablesen, Geräusche einordnen oder auch Objekte erkennen – etwa, um zu überprüfen, ob der Feuerlöscher am richtigen Platz ist. Auch ist er in der Lage, bestimmte Handgriffe selbst zu erledigen: Mit Hilfe eines zusätzlichen Greifarms kann er eine Tür öffnen, Abfall

entsorgen oder einen Liftknopf drücken. Zudem liefert er Daten, die in vielen Belangen präziser sind als jene, die unsere Augen, Ohren oder Nasen liefern: etwa für Temperatur, Gase in der Luft oder seit Neustem auch für die Beschaffenheit des Bodens. «Er hat also einige übermenschliche Fähigkeiten», sagt Fankhauser.

Der Roboter scheint unten in der Kanalisation trotz wenig Licht gut zu rechtzukommen. Gemächlich stapft er durch das Rinnsal. Bei einem rund

20 Zentimeter hohen Absatz in einen ebenfalls einigermaßen trockenen Nebenkanal stoppt Fankhauser die High-techmaschine mit seinem Joystick. Zunächst zögert er, ob er dem Roboter die Anweisung geben soll, darüber hinwegzusteigen – wiederum ein Manöver, das im Labor kein Problem wäre,

«Der Roboter hat einige übermenschliche Fähigkeiten.»

hier aber mit Risiken verbunden ist. «Da steckt auch viel Geld drin», sagt Fankhauser. Trotzdem wagt er den Versuch. Im ersten Anlauf schafft Anymal die Aufgabe nicht, er stoppt noch vor dem Absatz, bockig wie ein Pferd. «Default, start again», funkt Fankhauser. Nun setzt der Roboter elegant einen Fuss nach dem anderen über die Kante.

Grosser Datenstrom

Während der Roboter im Beisein von Fankhauser und Hutter noch etwas weiterpatrouilliert, gehe ich zurück zur Schachttöffnung und steige nach oben, wo unter einem weissen Zelt zwei ETH-Assistenten auf einer Festbank sitzen, den Blick auf ihren Laptop gerichtet.

Ein Stromgenerator brummt, ein Router blinkt, und von der Durchfahrtstrasse her blickt manch ein Velofahrer verwundert auf das Geschehen rund um den offenen Schachtdeckel am Strassenrand. Über die Schultern der Forscher sehe ich einen fast unaufhörlichen Datenstrom über den Bildschirm fließen. Auf einem externen Bildschirm sind dank modernster 3D- und Lasertechnologie Livebilder vom Roboter im Untergrund zu sehen. Als

Fankhauser nach oben funkt, dass der Roboter mit einem Fuss die Wand des Kanals berühren soll, sind die ETH-Mitarbeiter gefordert. Denn die verwendete Software ist dafür nicht vorprogrammiert. Kurzerhand verwenden sie einen Algorithmus, der ursprünglich programmiert wurde, um Anymal das Händeschütteln beizubringen. Damit der Roboter nicht mit voller Wucht gegen die Wand schlägt, müssen die Forscher die Parameter anpassen – es handelt sich in diesem Fall um den Winkel, mit dem der Roboter das Bein anheben soll. «100», tippt einer der Mitarbeiter, dann erhöht er den Wert kontinuierlich. Bei 180 passt es perfekt, das Manöver klappt.

Nun verlassen auch Fankhauser und Hutter die kühl-nasse Kanalisation zugunsten der warmen Herbstsonne.

Ihre Gesichtszüge entspannen sich, als sie sich ihrer leuchtenden Überkleider entledigen. «Der Roboter war nonstop im Einsatz und hat eine Menge Daten gesammelt», sagt Fankhauser, während er die langen Gummistiefel losknotet und sich aus dem Overall befreit. Auch Professor Hutter ist zufrieden. «Alle Teams nehmen ein grosses Datenset nach Hause, mit dem wir weiterforschen können.» Man ist dem Ziel, dass der Roboter auch bei anspruchsvollen Bedingungen unter der Erde funktioniert, einen Schritt näher gekommen. Noch ist die Arbeit aber nicht getan, im Gegenteil: Rund 500 000 Messungen pro Sekunde hat der Roboter an diesem Tag aufgezeichnet. «Das reicht für ein halbes Jahr Arbeit», sagt Fankhauser und lacht. ○

Video Anymal im Untergrund:
→ youtu.be/2kLwfcGkjYE

Video Anymal offshore:
→ www.anybotics.com/2018/10/25/worlds-first-autonomous-offshore-robot



Mission geglückt: Marco Hutter und Péter Fankhauser sind mit den Ergebnissen zufrieden.



Forscher verfolgen über der Erde am Bildschirm, wo sich Anymal unter der Erde bewegt.

CONNECTED

1 Digitaltag

FIT FÜR DIE ZUKUNFT

Am nationalen Digitaltag tauchten über 100 Schüler und Schülerinnen an der ETH in die Welt des Programmierens ein. Mit Spass und Kreativität wurden den Kindern Fähigkeiten vermittelt, die ihnen das Leben in der digitalen Zukunft erleichtern sollen. An der Ausstellung im Hauptbahnhof Zürich liess sich Bundespräsident Alain Berset und ETH-Präsident Lino Guzzella das Exoskelett Myosuit des ETH-Spin-off Myoswiss erklären.

2 ETH-Tag

AUSGEZEICHNET

Am traditionellen ETH-Tag konnten ETH-Rektorin Sarah Springman (1.v.l.) und ETH-Präsident Lino Guzzella (1.v.r.) drei Persönlichkeiten mit der Ehrendoktorwürde auszeichnen: Nobelpreisträger Stefan W. Hell (2.v.l.), Direktor der Max-Planck-Institute in Göttingen und Heidelberg, für seine Konzepte zur Brechung der Diffraktionsgrenze in der Lichtmikroskopie und für die Entwicklung der suprauflösenden Fluoreszenzmikroskopie, Lia Addadi (3.v.l.), Professorin am Weizmann Institute of Science, für ihre Arbeiten zur Biomineralisierung sowie Naomi Oreskes (4.v.l.), Professorin an der Harvard University, für ihre Forschungen zur Geschichte der Erdwissenschaften sowie ihre Beiträge zur Diskussion um den anthropogenen Klimawandel. Zum Ehrenrat ernannte die ETH Zürich Hans Hengartner (2.v.r.), insbesondere für sein Wirken als Brückenbauer zwischen Hochschulen, Forschung und Gesellschaft.

3 Wilhelm Schulthess-Stiftung

NEUE PROFESSUR

Franz von Meyenburg (links), Präsident der Wilhelm Schulthess-Stiftung, und ETH-Präsident Lino Guzzella (rechts) haben Grund zur Freude. Die Stiftung fördert im Rahmen der «Reha-Initiative» der ETH eine Professur «Data Science for Personalized Health». Ziel ist es, aus der Fülle von medizinischen Daten Erkenntnisse zu gewinnen, die zurück in die klinische Praxis fliessen.

4 ESA BIC Demo Days

REGER AUSTAUSCH

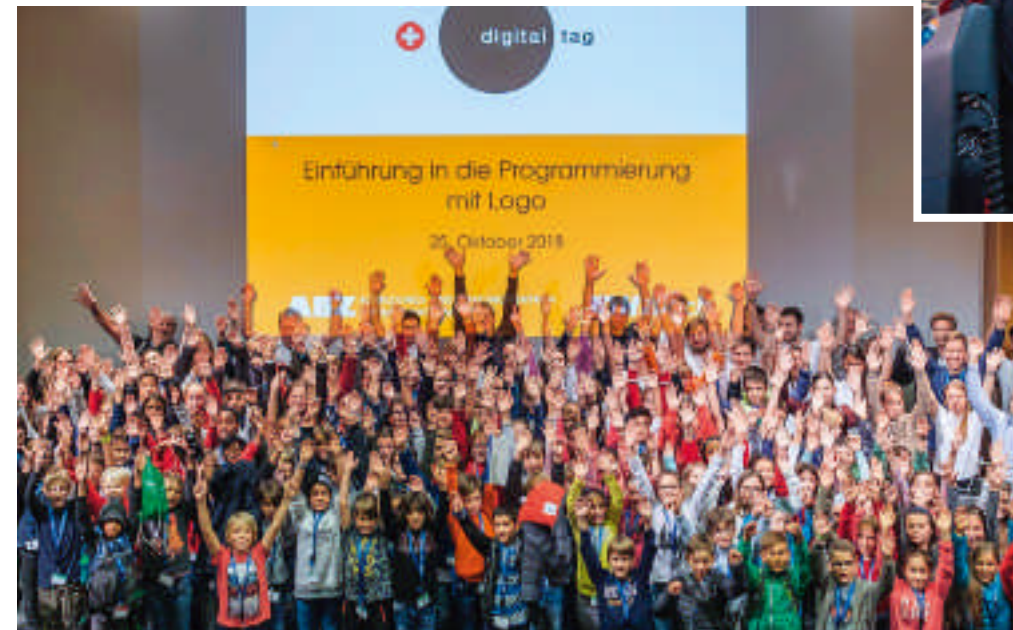
130 Besucher kamen zu den diesjährigen ESA BIC Switzerland Demo Days, um sich ein Bild der Start-ups im Bereich der Raumfahrt zu machen. Auch Detlef Günther (linkes Bild), Vizepräsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen der ETH Zürich, war als Redner zu Gast. Neben Vorträgen und einer Paneldiskussion blieb den Teilnehmenden genügend Zeit für persönlichen Austausch und Networking.

5 Kamintalk

MICROSOFT-CEO BESUCHT DIE ETH

Der Microsoft-CEO Satya Nadella (im Bild) diskutierte bei seinem Besuch mit ETH-Präsident Lino Guzzella über den Wettbewerb zwischen Wirtschaft und Forschung, aber auch über deren Zusammenarbeit. Die neueste Partnerschaft von Microsoft und der ETH Zürich ist das Mixed Reality & AI Zurich Lab.

1 Digitaltag



3 Wilhelm Schulthess-Stiftung



5 Kamintalk



Alain Berset lässt sich von einem ETH-Spin-off faszinieren.

2 ETH-Tag



4 ESA BIC Demo Days



Agenda

FÜHRUNGEN

26. März 2019, 18.15 – 19.15 Uhr

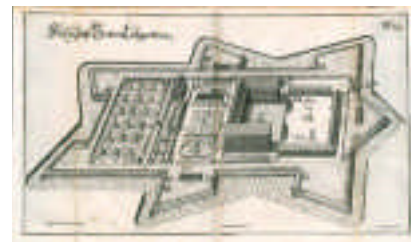
Glanzzeit der Wasserspiele

In den alten Drucken wurden die Gärten und die Springbrunnen als Teil des privaten und öffentlichen Raums abgebildet. Gartenarchitekten, Ingenieure sowie berühmte Kupferstecher haben sich mit diesem Thema befasst.

📍 ETH Zürich, Zentrum,

Bibliothek

→ www.fuehrungen.ethz.ch



22. Januar 2019, 18.15 – 19.15 Uhr

Thomas Manns Haus in Pacific Palisades

Das Thomas-Mann-Archiv präsentiert die Serie «Thomas Manns Haus in Pacific Palisades» der deutsch-amerikanischen Fotografin Ina Jungmann.

📍 ETH Zürich, Hönggerberg,

Thomas-Mann-Archiv-Gebäude

→ www.fuehrungen.ethz.ch



Eine Versuchsanlage der VAW

WIR UND DIE KRAFT DES WASSERS

5. Februar 2019, 18.15 – 19.15 Uhr

Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW arbeitet an der Energieerzeugung aus Wasserkraft, dem Schutz vor Naturge-

fahren und der Renaturierung von Fließgewässern. In dieser Führung können Sie miterleben, wie Hochwasserereignisse oder Strömungen im Eis untersucht werden.

📍 ETH Zürich, Hönggerberg,

Eingang Campus Info

→ www.fuehrungen.ethz.ch

150 JAHRE ETH ALUMNI

18. Mai 2019

Die ETH Alumni Vereinigung feiert nächstes Jahr ihr 150-jähriges Bestehen. Dazu findet als besonderer Höhepunkt ein Festanlass mit Rahmenprogramm im Hauptgebäude der ETH Zürich statt. Im Rahmen des Jubiläumsjahrs findet unter dem Motto «Science for Society» eine Reihe von grösseren und kleineren Aktivitäten an der ETH Zürich sowie rund um den



Globus an vielen Standorten der Mitgliederorganisationen statt.

Anmeldung für Alumni-Mitglieder unter:

→ www.ethz.ch/alumni-jubilaeum

MUSIK

5. Februar 2019, 19.30 Uhr

West Side Story

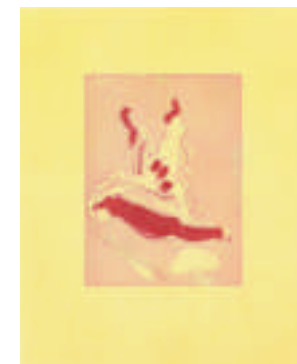
Zur Feier des 100. Geburtstags von Leonard Bernstein (1918 – 1990) spielt das Melisma Quartett mit der Geigerin Gwendolyn Masin. In dieser Besetzung und als Schweizer Erstaufführung wird der Broadway-Klassiker «West Side Story» aufs Wesentliche reduziert: die Musik.

📍 ETH Zürich, Zentrum,

Auditorium Maximum

→ www.musicaldiscovery.ch/konzerte/5

AUSSTELLUNG



Thomas Schütte, Ohne Titel, Tafel aus dem Buch: Sweet Nothings, 2008

Bis 27. Januar 2019

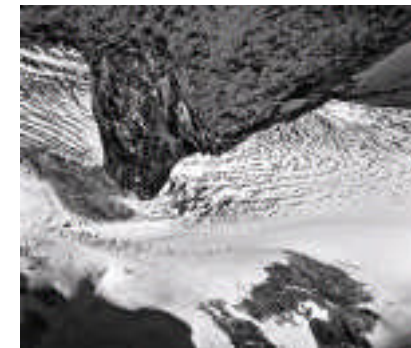
Sweet Nothings

Blumen, diese klassischen Sujets der schönen Künste, erfreuen die Menschen seit Urgedenken. Lieblich und zart, in schillernden Farben – so präsentieren sie sich auch bei Thomas Schütte. Allerdings weiss der deutsche Künstler seine süsssen Idyllen auch oft effektiv zu brechen.

📍 ETH Zürich, Zentrum,

Graphische Sammlung

→ gs.ethz.ch/agenda



Daniel Schwartz, Vertigo

Bis 17. Februar 2019

Daniel Schwartz – Gletscher-Odyssee

Als Glaziologie in Bildern könnte man bezeichnen, was der Fotograf Daniel Schwartz seit Jahren betreibt – teils auch in Zusammenarbeit mit ETH-Glaziologen. Seine Bilder zeigen den Gletscher als dynamisches System und als Archiv der Klimageschichte sowie als persönlichen Erinnerungsort und Speicher nicht unbeschränkt verfügbarer Ressourcen.

📍 Bündner Kunstmuseum,

Bahnhofstrasse 35, Chur

→ www.buendner-kunstmuseum.ch

Ohren auf!

In seinen ersten vier Folgen beleuchtet der neue ETH-Podcast, wie engagierte Forschende den Technologietransfer vorantreiben, darunter Studierende des Projekts Swissloop, die am Hyperloop-Wettbewerb von Elon Musk teilnehmen, oder Michela Puddu, Mitgründerin des ETH-Spinoffs Haelixa, die neue Investoren an Bord holt. Hören Sie selbst, wie Unternehmertum an der ETH Zürich gelebt wird.

→ www.ethz.ch/podcast

Buchtipps

FLUGHAFEN KLOTEN: ANATOMIE EINES KOMPLIZIERTEN ORTES



Flughäfen stehen für Mobilität, Flows, Geschichtslosigkeit, Kommerz. Tatsächlich sind sie auf vielfältige Weise mit ihrer Umwelt verflochten, denn sie sind komplexe Gefüge, in denen sich Technik und Natur, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft, Vergangenheit und Zukunft vermengen. «Æther 01» untersucht einen solchen komplizierten Ort: den Flughafen Zürich-Kloten. «Æther» ist eine neue Publikation der Professur für Wissenschaftsforschung der ETH Zürich. Die erste Ausgabe «Flughafen Kloten: Anatomie eines komplizierten Ortes» entstand im Rahmen einer Forschungs- und Schreibwerkstatt des ETH-Masterstudiengangs Geschichte und Philosophie des Wissens. Die Studierenden haben den Ort Flughafen Kloten in seinen vielen Facetten analysiert.

Intercom Verlag

Herausgeber: Nils Güttler,

Niki Rhyner und Max Stadler

ISBN: 978-3-9524954-0-7, CHF 15

Der Entdecker

Herbert Bay hat wahr gemacht, wovon andere nur träumen: Auf einem Segelboot reiste der ETH-Alumnus mit seiner Familie um den halben Globus. Nun taucht er bei der Augmented-Reality-Firma Magic Leap auch beruflich in fremde Welten ein.

TEXT Claudia Hoffmann BILD Annick Ramp

Herbert Bay steht mit beiden Beinen fest im Leben. Doch bei der Arbeit vermischen sich für ihn reale und virtuelle Welt. Der 44-Jährige ist leitender Softwareentwickler im Bereich Digital Health und User Perception beim US-Unternehmen Magic Leap in Zürich. Die Firma ist auf Anwendungen im Bereich «mixed reality» spezialisiert, wobei 3D-Bilder dem realen Raum überlagert werden. Sie hat kürzlich zusammen mit dem Krankenversicherer CSS den Prototyp einer virtuellen Physiotherapeutin entwickelt. Diese wird über eine 3D-Brille ins Wohnzimmer des Nutzers projiziert und leitet ihn bei seinen Therapieübungen an. Weitere Anwendungen sind in der Entwicklung. «Mich hat die Idee schon immer fasziniert, eine Person virtuell an einen anderen Ort zu teleportieren», sagt Bay. Spätestens seit er mit 12 Jahren «Star Wars» im Kino sah.

Die Stelle bei Magic Leap hat er erst vor wenigen Monaten angetreten. Zuvor lebte er eine andere Leidenschaft: Vier Jahre lang reiste er auf einer 12-Meter-Segelyacht über die Weltmeere, zusammen mit seiner Frau und den heute sechs und acht Jahre alten Söhnen. Die Reise führte sie übers Mittelmeer, den Atlantik und den Pazifik bis ins ferne Neuseeland. Immer wieder blieben sie für Wochen oder gar Monate an einem Ort.

Fernweh und Abenteuerlust liegen Herbert Bay im Blut. Sein Grossvater ging als Maschinenmechaniker im Ausland auf Montage, Bays Mutter verbrachte einige Jahre ihrer Kindheit auf der Karibikinsel Curaçao. Schon als Junge schaute er sich stundenlang alte Seekarten an und träumte vom Reisen. Da die Familie in Kreuzlingen lebte, lernte er Segeln und Windsurfen auf dem Bodensee.

Nach der Sekundarschule trat Bay in die Fusstapfen seines Grossvaters und machte eine Lehre als Maschinenmechaniker. «Ich wollte so wie er die Welt erkunden.» Nach dem Militärdienst war es so weit: Bay packte sein Surfbrett und machte sich auf in die USA. Dort zog er von Ort zu Ort, jobbte nachts als Türsteher und ging tagsüber windsurfen – ein Leben, das er in vollen Zügen genoss.

Schicksalhafte Begegnung

Doch bald verspürte er den Wunsch, mehr zu lernen. Nach sieben Monaten kehrte er zurück in die Schweiz und legte die Fachhochschulreife ab, um an der FH in Konstanz Maschinenbau zu studieren. Doch dann kam ihm eine neue Idee: Warum nicht Diplomat werden? Mit diesem Beruf würde er viel Neues lernen und in der Welt herumkommen. «Mich hatte schon wieder das Reisefieber gepackt», lacht Bay. Der schnellste Weg zum Ziel war über ein Hochschulstudium. Um sich dafür zu qualifizieren und um sein Französisch zu verbessern, ging der damals 21-Jährige an die ETH Lausanne. Dort absolvierte er den einjährigen Vorbereitungskurs für die Aufnahmeprüfung, der auch für Ausländer ohne in der Schweiz anerkannte Matura gedacht ist. Eine Entscheidung, die sein Leben verändern sollte: Im Kurs lernte er seine spätere Frau Asma kennen, die aus Tunesien stammt.

Die beiden wurden unzertrennlich. Sie begannen Mikrotechnik an der ETH Lausanne zu studieren und gingen später gemeinsam für ein Austauschsemester nach Montreal in Kanada. Nachdem beide das Studium mit Auszeichnung abgeschlossen hatten, fand >

«Mich hat die Idee, eine Person an einen anderen Ort zu teleportieren, schon immer fasziniert.»



ZUR PERSON

Herbert Bay

Nach einer Lehre als Maschinenmechaniker studierte Herbert Bay Mikrotechnik an der ETH Lausanne. Anschliessend doktorierte er im Computer Vision Lab der ETH Zürich und gründete die Start-ups Kooaba und Shortcut Media. Heute arbeitet er als Entwickler beim Unternehmen Magic Leap, das auf 3D-Brillen und Mixed-Reality-Anwendungen spezialisiert ist. Nach einer vierjährigen Segelreise lebt Bay heute mit seiner Familie in Wädenswil.

«Mein gesamtes Geld steckte in der Firma.»

seine Frau eine Doktorandenstelle bei IBM Research in Rüschlikon. Bay suchte ebenfalls einen Job in der Gegend und wurde zufällig auch bei IBM fündig, jedoch in der Business-Sparte im E-Learning-Bereich. Die Tätigkeit dort wurde ihm jedoch schnell zu langweilig. Schon längst war in seinem Kopf wieder die Idee aus der Kindheit aufgetaucht, eines Tages Personen virtuell an einen anderen Ort teleportieren zu können. Um seinem Ziel wieder näher zu kommen, begann er eine Dissertation im Computer Vision Lab der ETH Zürich.

In seiner Arbeit entwickelte er ein neues, schnelleres Verfahren, um aus zwei Bildern einer Szene eine 3D-Rekonstruktion zu erstellen. Der von ihm entwickelte Algorithmus dient auch der Bilderkennung und Videostabilisierung und wird heute vielfach angewendet, unter anderem in Smartphones. Damals – im Jahr 2006 – waren Mobiltelefone noch relativ neu, ebenso wie Virtuelle Realität. «Der Algorithmus kam genau zur richtigen Zeit», sagt Bay. Gemeinsam mit seinem Mitdoktoranden Till Quack und dem ETH-Professor Luc van Gool gründete er den Spin-off «kooaba», um Anwendungen für die Bilderkennung auf Mobiltelefonen zu entwickeln. Sie führten die Firma zum Erfolg: 2014 wurde Kooaba vom Chiphersteller Qualcomm übernommen und in dessen Tochterfirma Vuforia integriert, die auf Mixed-Reality-Anwendungen für Mobilgeräte spezialisiert ist.

Auf dem Tiefpunkt

Als sich der Verkauf abzeichnete, sah Bay endlich den Zeitpunkt gekommen, zur langersehnten Segelreise aufzubrechen. Seine Frau und er hatten sich schon nach einem Schiff umgesehen und waren in Südfrankreich fündig geworden. Auch die nötigen Segelscheine hatten sie absolviert. Und von Ferientörns wussten sie, dass das Segeln mit zwei kleinen Kindern an Bord machbar sein würde. Doch dann kam der Schock: Im August 2013, einen Tag, nachdem der Kaufvertrag für das Boot abgeschlossen war, erlitt Asma einen Herzschlag. Sie erholte sich zwar relativ rasch, doch von der Reise wollte sie nichts mehr wissen. «An Weihnachten waren wir an einem Tiefpunkt angelangt», sagt Bay. Der Verkauf seines Start-ups Kooaba war nah, aber noch nicht in trockenen Tüchern. «Mein gesamtes Geld steckte in der Firma.»

Auf seinem Konto waren nur noch 50 Franken, das monatliche Einkommen der Familie ging jeweils sofort für Miete, Essen und Kinderkrippe drauf. Da fasste Asma einen Entschluss: Sie würden fahren. Wenn ihr der Herzschlag im sicheren Zuhause passiert war, was sollte dann draussen auf den Meeren Schlimmeres geschehen können?

Wie im Paradies

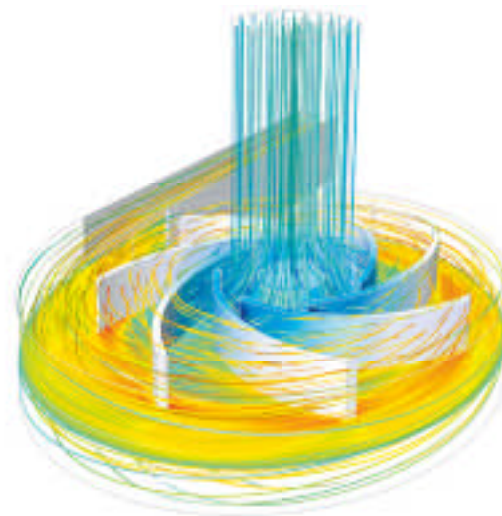
Und so ging es im Juni 2014 los. In der Karibik und später in Französisch-Polynesien folgten paradiesische Zeiten: Baden, Tauchen, mit dem Beiboot zwischen Korallenriffen hindurch an Land manövrieren, neue Freunde kennenlernen und immer wieder unbekannte Inseln und Küsten entdecken. Besonders die Jungs genossen das Leben auf dem Wasser: «Sie waren kaum vom Boot runterzubekommen». Um weiterhin kreativ zu sein und technologisch auf dem neuesten Stand zu bleiben, entwickelte Bay unterwegs Apps und lenkte vom Schiff aus seine zweite Firma «Shortcut Media», die er noch vor dem Verkauf von Kooaba gegründet hatte.

Hin und wieder gab es auf der Reise auch kritische Momente: Einmal ankerten sie in einer Bucht, in der sie sich vor einem heranziehenden Sturm geschützt glaubten. Doch der Wind drehte und traf sie mit voller Wucht. Zum Glück hielt der Anker.

Nach vier Jahren – die Bays waren mittlerweile in Neuseeland angelangt – stand die Entscheidung an: weiterfahren oder die Reise beenden? Das Leben an Bord hatte auf Dauer auch seine anstrengenden Seiten und Neuseeland war weit weg von Familie und Freunden. Ausserdem bot es wenig berufliche Möglichkeiten: «Ich wollte wieder eine neue Herausforderung im Tech-Bereich annehmen und etwas bewirken.» So beschloss die Familie schweren Herzens, das Schiff zu verkaufen und in die Schweiz zurückzukehren.

Obwohl es eine grosse Umstellung ist, geniesst es Bay, nun wieder sesshaft zu sein. «Vielleicht ist der Rebell in mir etwas zahmer geworden», sagt er. Und nach dem einfachen Leben auf dem Schiff weiss er den Luxus zu schätzen, einfach in den Supermarkt gehen und alles kaufen zu können. Für den Moment sei es gut, wie es ist. Aber was ist, wenn das Reisefieber irgendwann doch wieder ausbricht? Bei der Frage lächelt Bay nur ver-schmitzt und sagt: «Wir werden sehen.» ○

Effizient, langlebig und kostengünstig.



Visualisierung von Stromlinien, Druck und Geschwindigkeit in einer Zentrifugalpumpe.

Kreiselpumpen sind in vielen Industriezweigen verbreitet, zum Beispiel in Staubsaugern aber auch Wasser-, Abwasser- und Gaspumpen. Optimierte Kreiselpumpen-Designs sollten drei Ziele erfüllen: Maximale Effizienz, verlängerte Lebensdauer und reduzierte Betriebskosten. Um diese Ziele zu erreichen, verwenden Konstrukteure Simulationsanalysen.

Die Software COMSOL Multiphysics® erlaubt Simulationen von Designs, Geräten und Prozessen in allen Bereichen des Maschinenbaus, der Fertigung und der wissenschaftlichen Forschung. Erfahren Sie, wie Sie mit COMSOL effiziente Kreiselpumpen modellieren können.

comsol.blog/centrifugal-pump



MIKRON

COME AND JOIN US.

Starten Sie Ihre internationale Karriere in der Hightech-Industrie.
mikron.com/career

Die Mikron Gruppe entwickelt Automatisierungs- und Fertigungssysteme. Weltweit. Für Unternehmen der Automobil-, Pharma-, Medizintechnik-, Konsumgüter-, Schreibgeräte- und Uhrenindustrie.



5 FRAGEN

Sereina Riniker plädiert dafür, trotz Plan immer offen zu bleiben: «Tolle Möglichkeiten kommen oft unerwartet.»



Sereina Riniker ist Professorin für Informatikgestützte Chemie. Diesen Herbst erhielt sie den Latsis-Preis der ETH Zürich, der herausragende Forschende unter 40 Jahren auszeichnet.
→ www.riniker.ethz.ch

1 Welches ist Ihr Lieblingsort an der ETH?

Die Dachterrasse auf dem ETH-Hauptgebäude. Die Sicht von da oben ist super und erlaubt einen ungewöhnlichen Blick auf Zürich. Ich komme nur leider nicht so oft dorthin, da sich mein Alltag auf dem Hönggerberg abspielt. Hier oben mag ich die Piazza im Sommer, wenn man draussen sitzen kann. Für meinen Geschmack dürfte es hier gerne noch mehr Bäume und Tische geben.

2 Warum stehen Sie heute da, wo Sie stehen?

Das ist wohl eine Mischung aus Neugierde, Freude am Lernen, logischem Denken, Kreativität und Disziplin. Und viele tolle Leute unterstützen mich – und tun dies weiterhin. Zufall und etwas Glück waren natürlich auch im Spiel.

Was mich antreibt, ist der Wunsch, zu verstehen, wie etwas funktioniert. Man sollte versuchen, dem zu folgen, was man gerne macht. Wichtig scheint mir, dass man zwar einen Plan hat, aber offen bleibt für neue, vielleicht auch unerwartete Möglichkeiten. Vieles an einer Karriere ist nicht planbar.

3 Welches Problem möchten Sie in Ihrer Forschung unbedingt lösen?

Mit Hilfe computergestützter Methoden vorhersagen, wie sich die 3D-Strukturen und die Dynamik von Molekülen verändern, wenn Teile davon mutiert werden. Flexible Moleküle wie Proteine haben in der Regel keine starre 3D-Struktur, sondern verfügen über eine gewisse Beweglichkeit, die für die Funktion wichtig sein kann. Um zu verstehen, was bei Wechselwirkungen zwischen Molekülen vor sich geht, muss man die Menge an möglichen 3D-Strukturen erst kennen. Mit

Hilfe von Computersimulationen lässt sich die Dynamik von Molekülen erschliessen. Wenn sich zuverlässig vorhersagen lässt, welchen Effekt Mutationen auf die 3D-Strukturen haben, können Veränderungen gezielt herbeigeführt und für therapeutische Zwecke genutzt werden.

4 Worüber können Sie von Herzen lachen?

Über die Absurditäten des Lebens, Tiervideos und gute Satire. Ich mag zum Beispiel die Monologe des amerikanischen Komikers Stephen Colbert – auch wenn einem dabei manchmal das Lachen im Hals stecken bleibt.

5 Gibt es etwas, das Sie überhaupt nicht können?

Mir neue Namen merken. Ich habe ein sehr gutes Gedächtnis für Gesichter, aber bei Namen bin ich notorisch schlecht. Das kann bei wissenschaftlichen Konferenzen manchmal etwas peinlich sein. Vor allem, wenn man diesen Moment ganz am Anfang des Wiedertreffens verpasst, wo es noch nicht allzu unhöflich ist, nochmals nach dem Namen zu fragen.

– Aufgezeichnet von Isabelle Herold

ETHzürich | School for Continuing Education



Geniale Köpfe sollten nicht durch Jobben vom Studium abgelenkt werden.

Unterstützen Sie die ETH Exzellenz Stipendien. ethz-foundation.ch

ETH Foundation
Zürich

drive.tech by maxon motor

Mehr als Antriebstechnik.



Trends, Technologien und Wissen rund um Antriebstechnik.

Nicht vergessen: www.drive.tech