

Bulletin

Robotik
Robotique



Mit Beiträgen von
Herbert Bruderer
Roland Siegwart
Francesco Mondada
Laura Marchal-Crespo, Tobias Nef,
Raphael Sznitman, Lutz Nolte, Stefan Weber
Mehdi Snene
Elise Gortchacow

Professor of Landscape Architecture

The Department of Architecture (www.arch.ethz.ch) at the ETH Zurich invites applications for the above-mentioned position. The professorship is housed within the Institute for Landscape Architecture (ILA).

The new professor is called upon to impart to students the underlying principles, methodological insights, and specific expertise of the field of landscape architecture design. She or he supervises doctoral candidates, leads a group of employees, and is committed to the Department's overall development, above and beyond the interests of its own particular field. She or he accordingly engages in constructive exchange on issues of teaching and research with peers and colleagues in the related disciplines. As a rule, Master's program lectures in the Department of Architecture are given in German or English.

Successful candidates are internationally renowned personalities, who represent an independent and incisive position within current discourse, and have forged a substantial oeuvre in the field of landscape architecture. Further requirements are a university degree, experience in teaching and research, and a track record in landscape architecture professional practice proven by a convincing portfolio of personally initiated and/or realized projects. Outstanding academic achievements must be complemented by a demonstrable capacity for leadership.

Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch

Applications should include a curriculum vitae, a list of publications and projects, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the **President of ETH Zurich, Prof. Dr. Joël Mesot**. **The closing date for applications is 15 May 2019**. ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.

Inhaltsverzeichnis – Table des matières

Editorial Gernot Kostorz	2
------------------------------------	---

Robotik Robotique

Ein Blick in die Frühgeschichte der Robotik Herbert Bruderer	3
ETH Zürich und die Schweiz, ein Schmelztiegel für Robotik-Technologie Roland Siegwart	7
Master in Robotics at EPFL Francesco Mondada	14
Medizinrobotik. Forschung und Industrie in der Schweiz Laura Marchal-Crespo, Tobias Nef, Raphael Sznitman, Lutz Nolte, Stefan Weber	15
Cyberdéfense et sécurité digitale: Sommes-nous à l'abri? Mehdi Snene	21
Robots, empathie et émotions: Nouveaux défis des relations entre l'humain et la machine Elise Gortchacow	24

Jahresberichte der Hochschulen / Rapports annuels des Hautes Ecoles	32
--	----

Stellenausschreibungen/Postes à pourvoir	ii, 6, 44
---	-----------



Editorial

Gernot Kostorz

Liebe Leserin, lieber Leser

«Traumberuf Robotiker» betitelt die ETH Zürich einen Beitrag zum Auftakt des Herbstsemesters 2018. Zahlreiche Studienanfänger interessieren sich für ein Studium in Robotik. Masterstudiengänge sind kürzlich an den beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen eingerichtet worden. Im medizinischen Bereich nimmt die Robotik im Studium «Medizintechnik» der Universität Bern einen hervorragenden Platz ein. Entsprechend wird an allen drei Hochschulen auf höchstem Niveau geforscht. Es war also angebracht, ein Heft unserer Zeitschrift dem Thema «Robotik» zu widmen.

Der Gedanke, sich von einem technischen Gerät mit gewissen menschenähnlichen Eigenschaften unterstützen zu lassen, ist wahrscheinlich so alt wie die Menschheit und in unserer geographischen Umgebung seit der Antike überliefert. Leonardo da Vinci, der vor 500 Jahren starb, gilt – neben seinen vielen anderen Leistungen – als ein Pionier der Robotik am Beginn der Neuzeit. Entscheidend für die rasanten Entwicklung des Gebiets während der letzten Jahrzehnte sind die von Elektronik, Informatik und Miniaturisierung gebotenen Fortschritte in Kontrolle und Steuerung bei der Herstellung und der Anwendung mechanischer Systeme. Neben vielen rein maschinellen «dienstbaren Geistern», die man nach Bedarf anstellen kann, fasziniert vor allem die Entwicklung menschenähnlicher «Geschöpfe», die mit nur noch wenig Fantasie bald in einem Zustand existieren könnten, der von demjenigen eines «natürlichen Menschen» nicht mehr unterscheidbar ist. Die Auseinandersetzung mit den daraus sich ergebenden Konsequenzen aller Arten beschäftigt zunehmend nahezu alle Fakultäten der Hochschulen.

Die vorliegenden Beiträge dieser Ausgabe können nur einige wenige Aspekte beleuchten. Nach einem kleinen historischen Auftakt folgen Darstellungen der Aktivitäten an den drei erwähnten Hochschulen, gefolgt von Überlegungen zur Datensicherheit und – ausführlicher – zur Mensch-Maschine-Beziehung.

Überlegungen zum «Mensch-Maschine-Tandem» (Walther Zimmerli) nehmen ihren Anfang mit Alan Turings Arbeit über «Computing Machinery and Intelligence». Turing vermeidet eine Entscheidung, ob Maschinen «denken» können, schreibt ihnen aber eine auf funktioneller Kommunikation, also der Fähigkeit, sinnvoll zu «antworten» (die Details der physikalisch ablaufenden Prozesse sind in den meisten Fällen schon lange für Nichtspezialisten nicht mehr überschaubar) basierende «Maschinen-Intelligenz» zu. Dennett schreibt technischen Systemen, deren Funktionalität auch nicht

mehr überschaubar ist, eine «Intentionalität» zu, eine auf den ersten Blick «menschliche» Qualität. Genauer bescheidet man sich jedoch damit, darunter eine unter Menschen gebräuchliche sprachliche Beschreibung von Aktionen zu verstehen, die aus unserer Sicht einem sinnvollen Zusammenhang entsprechen. Was dabei tatsächlich herauskommt, bleibt jedoch vom Menschen vorgegeben, der auch die Verantwortung trägt, obwohl man in ähnlicher Begriffsübertragung vom «Denken» der Maschine zu sprechen geneigt ist. Damit wäre auch «Denken» auf «Rechnen» reduziert. Diese Art der «Vermenschlichung» der Maschinen (durch den Begriffswandel, der der Anwendung menschlicher Prädikate auf Maschinen zu «verdanken» ist, wie auch bei der Debatte über «Bewusstsein» oder «Gewissen») alimentiert auch die Diskussion über die «mechanische» Natur des Menschen als einer biologischen Maschine, deren Prozesse bei aller Komplexität wie bei Robotern auf Rechenoperationen zurückzuführen sind.

Ob Maschinen initiativ tätig werden können und – dann funktionell – sollen, ob sie sogar ohne identifizierbare Instruktionen z.B. Verantwortung und Empathie entwickeln können, ob sich ein Mensch einer Maschine «anvertrauen» kann, ob man vor intrinsischen oder spontanen «unmoralischen» Maschinenaktionen Angst haben muss, sind Fragen, die uns noch eine Weile beschäftigen werden. Hoffnungen und Befürchtungen, die sich damit verbinden, sind letztlich eine Repräsentation der Unsicherheit über unsere eigenen, «menschlichen» Fähigkeiten, die auch «Unmenschliches» einschliessen. Wenn wir befürchten, «sophisticated» Maschinen könnten uns übel mitspielen, spiegelt sich darin nur eine Angst vor uns selbst (und um uns selbst), denn die Instruktionen, die wir der Maschine mitgeben, sind ja von uns nach uns bekannten Konzepten entwickelt und können bewusst nichts «Übermenschliches» beinhalten. Maschinen sind wie Menschen aber auch anfällig auf Störungen und nicht prompt erkennbare Veränderungen und insofern durchaus «unberechenbar». Es scheint eine müssige Frage zu sein, ob Maschinen etwas denken, was wir nicht nachvollziehen können. Bei unseren Mitmenschen sind wir daran gewöhnt. Es ginge zu weit, vor Robotern mehr Angst zu haben als vor uns selbst.

Es bleibt weiterhin wichtig darüber nachzudenken, wen oder was wir da «anstellen». Dazu finden sich vor allem im letzten Beitrag viele Anregungen.

Ihr Gernot Kostorz

Ein Blick in die Frühgeschichte der Robotik

Herbert Bruderer*

Was ist ein Automat, was ein Roboter? Wann beginnt die Geschichte des Automatenbaus und der Robotik? Die Meinungen dazu gehen auseinander. Die Frühgeschichte der Robotik fängt wohl mit dem Aufkommen der ersten Automaten im Altertum an.

Ursprünglich waren Roboter Geräte, Maschinen. Manchmal haben sie eine menschenähnliche Gestalt. Heute werden auch gewisse Programme so bezeichnet, vor allem (dialogfähige) Internetprogramme (z.B. social bot, chatbot). «Intelligente» Staubsauger, Rasenmäher und Melkmaschinen, Schachgeräte, selbststeuernde Fahrzeuge, Drohnen und viele weitere Gegenstände gelten in den Medien und der Werbung als Roboter. Der Ausdruck «Roboter» ist damit zu einem wenig aussagekräftigen Allerweltsbegriff geworden.

Dieser Beitrag vermittelt keinen Überblick über die Geschichte der Robotik. Er beschränkt sich auf einige ausgewählte Objekte. Im Vordergrund stehen die Figurenautomaten. Sie erlebten ihren Höhepunkt im 18. Jahrhundert mit prachtvollen Werken, die u.a. an Fürstenhöfen gezeigt wurden.

1. Herons Automatentheater

Automaten gab es schon im Altertum. Einer der bedeutendsten Automatenbauer war Heron von Alexandria (1. Jh.). Zu nennen ist etwa seine Dampfkugel, ein früher Vorläufer der Dampfmaschine. Von ihm stammt auch ein Pantograf mit einem Zahnradgetriebe. Damit lassen sich Zeichnungen vergrössern und verkleinern. Am bekanntesten ist sein Automaten-theater.

Manche dieser Maschinen enthielten eine programmierbare Walze, die schon in der Wasserorgel von Ktesibios von Alexandria (3. Jh. v. Chr.) auftaucht. Zu den führenden frühen Automatenbauern zählen ferner Philon von Byzanz, Ibn al Razzaz al-Jasari, Salomon de Caus, Athanasius Kircher.

2. Leonardos Krieger

Leonardo da Vinci (1452–1519), der vor 500 Jahren gestorben ist, erstellte eine Fülle technischer Zeichnungen (siehe Codex Atlanticus, Codex Madrid). Er kannte beispielsweise bereits das Zahnradgetriebe, die Zahnstange, die Kurvenscheibe, die Nürnberger Schere sowie den Proportionalwinkel und soll auch eine Rechenmaschine entworfen haben. Der Gelehrte und Künstler hat Modelle ausgedacht für Maschi-

nen und Instrumente (z.B. Wegmesser in Form eines Schubkarrens, Webstuhl, Zirkel), Fluggeräte, Schiffe, Brücken, Kirchen, für den Städtebau und das Militärwesen (z.B. Festungen, mit Seilrollen und Seilzügen gesteuerter Krieger, ein «Roboter»). Die Deutung der Skizzen ist allerdings nicht immer einfach. Leonardo hat u.a. einen mechanischen Löwen, einen mechanischen Vogel, eine mechanische Libelle, eine mechanische Trommel, ein mechanische Fahrzeug (Auto), eine hydraulische Uhr, einen Drehkran und eine Flugmaschine entworfen.

Viele Modellbauer haben versucht, seine Entwürfe umzusetzen. Der wohl bekannteste war Roberto Guatelli, der neben zahlreichen Da-Vinci-Modellen auch viele berühmte Rechenmaschinen (u.a. von Pascal, Leibniz, Babbage, Hollerith) nachgebaut hat. Modelle sind beispielsweise in Florenz, Mailand, New York und Vinci zu sehen.

3. Kunstvolle Figurenautomaten

Mit Jacques Vaucanson, der einen vollautomatischen mechanischen Webstuhl mit Lochkartensteuerung geschaffen hat, beginnt eine lange Tradition in der Fertigung von Figurenautomaten. Sie stellen meist Menschen oder Tiere dar. Vaucansons Meisterwerke (Ente, Querflötenspieler, Schalmespieler) sind nicht erhalten. Die prächtige Hackbrettspielerin (1784)

*Seehaldenstrasse 26, Postfach 47, 9401 Rorschach.

E-mail: bruderer@retired.ethz.ch; herbert.bruderer@bluewin.ch

ORCID-Nr. 0000-0001-9862-1910



Herbert Bruderer, Prof. SG, Departement für Informatik, ETH Zürich (i.R.), Technikhistoriker, Studium der Sprach- und Naturwissenschaften an mehreren in- und ausländischen Universitäten, Lehramtsdiplom, erste Berührung mit Grossrechnern im Rechenzentrum des Europäischen Labors für Teilchenphysik (Cern), Genf (1970), Vorführung des kalifornischen maschinellen Sprachübersetzungssystems Systran (Russisch-Englisch) im Institut für Informatik der Universität Zürich (1975), Berater der Kommission der Europäischen Union für automatische Sprachübersetzung, Brüssel und Luxemburg (1976–1981), Teilnehmer an der ersten Mikrocomputerschachweltmeisterschaft in London (1980), Gutachter der Stiftung Warentest (Berlin) für Informationstechnik (1980–1999), Informatikdozent an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (Winterthur), der Universität Zürich und der ETH Zürich (2000–2012), Kolumnist der Communications of the ACM, New York, zahlreiche Bücher zur Informatik. Schriften im Katalog der Deutschen Nationalbibliothek, <http://tinyurl.com/y9bajqh5>, und auf der Publikationsplattform der ETH Zürich, <https://www.research-collection.ethz.ch/>



Abb. 1. Hackbrettspielerin (1784). Das Steuerwerk der prächtigen Zimbalspielerin von Peter Kintzing befindet sich nicht in der Automatenfigur, sondern darunter (© Musée des arts et métiers/CNAM, Paris).

von Peter Kintzing und David Roentgen befindet sich im Musée des arts et métiers in Paris (vgl. Abb. 1). Die alleschreibende Wundermaschine (1760) verdanken wir Friedrich Knaus. Sie steht im Technischen Museum Wien (vgl. Abb. 2). Ein Vorläufer ist im Museo Galileo in Florenz ausgestellt. Kaum bekannt ist der Schriftsteller (1770) von Timothy Williamson, der im Peking Palastmuseum aufbewahrt wird.

Die Entwicklung erreichte ihren Höhepunkt mit dem Dreigestirn von Pierre und Henri-Louis Jaquet-Droz sowie Jean-Frédéric Leschot aus dem Jahr 1774. Die bald 250-jährigen weltberühmten Figurenautomaten – Musikerin, Schriftsteller und Zeichner – sind heute noch voll funktionsfähig und werden regelmässig im Musée d'art et d'histoire in Neuenburg vorgeführt (vgl. Abb. 3). Die Musikerin spielt vorgegebene Melo-



Abb. 3. Figurenautomaten der Jaquet-Droz (1774). Die drei voll funktionsfähigen Androiden (Zeichner, Musikerin, Schriftsteller, von links nach rechts) gelten als die weltweit schönsten und ausgereiftesten Figurenautomaten (© Musée d'art et d'histoire, Neuenburg).



Abb. 2. Alleschreibende Wundermaschine (1760). Das Steuerwerk dieses Handschriftautomaten von Wolfgang Knaus befindet sich in der (hier geöffneten) Weltkugel. Die kleine Messingfigur (oben) ist mit einer Schreibfeder ausgestattet (© Technisches Museum Wien).

dien, der Zeichner wartet mit wählbaren Skizzen auf. Beim Schriftsteller lassen sich mit Hilfe von Nockenscheiben (innerhalb bestimmter Grenzen) beliebige Texte programmieren.

Die Wiener Kunstammer beherbergt zahlreiche grossartige Automaten, z.B. einen Schiffsautomaten (vgl. Abb. 4),



Abb. 4. Schiffsautomat (1785). Der Tischautomat von Hans Schlottheim rollt über den Tisch und spielt Musik. Die Kanonen lassen sich mit Schwarzpulver laden (© Kunsthistorisches Museum, Wien).



Abb. 5. Phonoliszt-Violine (1908). Der nach wie vor betriebsfähige Violinautomat der Firma Ludwig Hupfeld AG, Leipzig, besteht aus einem Klavier und drei sich drehenden Geigen. Die Steuerung erfolgt über eine Papiernotenrolle (© Technisches Museum Wien).

Für Unterhaltung sorgten auch vielfältige Musikautomaten, etwa großartige Violinmaschinen, die als Weltwunder galten (vgl. Abb. 5).

4. Schachautomaten von Torres Quevedo

Die erste funktionsfähige Schachmaschine (1920) ist das Werk von Leonardo Torres Quevedo (vgl. Abb. 6). Der Automat, der 1958 auf der Weltausstellung in



Abb. 6. Schachautomat von Leonardo Torres Quevedo (1920). Norbert Wiener spielte 1951 auf der Pariser Kybernetikkonferenz gegen diese Endspielmaschine (© Museo Leonardo Torres Quevedo, Madrid).



Abb. 7. Räderwerk von Antikythera. Diese rechnergestützte Rekonstruktion stammt von Tony Freeth. Links ist die Vorderseite mit den sieben Planetenzeigern, rechts die Rückseite mit den Skalen für die Mond- und Sonnenfinsternisse (© Tony Freeth, Images first Ltd., London).

Brüssel zur Schau gestellt wurde, ist in Madrid erhalten. Der Schachtürke von Wolfgang von Kempelen (1770) war eine Fälschung. Darin war ein Mensch versteckt.

5. Räderwerk von Antikythera

1901 kam bei einem Tauchgang vor der griechischen Insel Antikythera eine rätselhafte astronomische Rechenmaschine zum Vorschein, das Räderwerk von Antikythera (vgl. Abb. 7). Erfinder, Baujahr und Herstellungsort sind unbekannt. Die zerbrechlichen Überreste, die seit Jahrzehnten Gegenstand der Forschung sind, befinden sich in Athen. Manche betrachten dieses komplexe Zahnradgetriebe (vermutlich 1. Jh. v. Chr.) als ersten Analogrechner der Welt. ■

Literatur und Quellen: siehe Seite 6

Literatur und Quellen

Ausführliche Angaben zu historischen Automaten und wissenschaftlichen Instrumenten aus den Bereichen Mathematik, Astronomie, Vermessung, Uhrmacherei und Musik finden Sie im folgenden Werk:

Herbert Bruderer: Meilensteine der Rechentechnik. Band 1: Mechanische Rechenmaschinen, Rechenschieber, historische Automaten und wissenschaftliche Instrumente, 2., völlig neu bearbeitete und stark erweiterte Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston 2018, XXIV, 727 Seiten, <https://www.degruyter.com/view/product/480555>

Herbert Bruderer: Meilensteine der Rechentechnik. Band 2: Erfindung des Computers, Elektronenrechner, Entwicklungen in Deutschland, England und der Schweiz, 2., völlig neu bearbeitete und stark erweiterte Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston 2018, XX, 829 Seiten, <https://www.degruyter.com/view/product/503373>

Modelle von Leonardo

Long Island Science Center, Riverhead, NY, <https://www.sciencecenterli.org/davinciexhibition>

Museo Leonardiano, Vinci, <http://www.museoleonardiano.it/ita/museo/modelli>, <http://www.museoleonardiano.it/ita/modelli-in-deposito/vedi-modelli>

Museo Leonardo da Vinci, Florenz, <http://museoleonardodavincifirenze.com/>

Museo nazionale della scienza e della tecnologia «Leonardo da Vinci», Mailand, <http://www.museoscienza.org/visitare/leonardo-parade/>

Quellen

Nanni, Romano (Hg.): Leonardo and the artes mechanicae, Skira, Mailand 2013, 319 Seiten

Tagliagambara, Sara: Leonardo & engineering, CB edizioni [Cartei & Bianchi], Poggio a Caiano (Prato), 2010, 151 Seiten

Tagliagambara, Sara: Leonardo & l'ingegneria, CB edizioni [Cartei & Bianchi], Poggio a Caiano (Prato) 2010, 151 Seiten

Tagliagambara, Sara: Leonardo da Vinci. Automazioni e robotica/Automations and robotics, CB edizioni [Cartei & Bianchi], Poggio a Caiano (Prato), 2010, 160 Seiten

Stellenausschreibung - Poste à pourvoir



Professor of Mathematics and Physics

The Department of Mathematics (www.math.ethz.ch) and the Department of Physics (www.phys.ethz.ch) at ETH Zurich invites applications for the above-mentioned position. The new professor will be based in the Department of Mathematics and associated to the Department of Physics.

Applicants should demonstrate an outstanding research record and a proven ability to direct research work of high quality. The successful candidate should have a strong background and a worldwide reputation in mathematical physics as well as excellent teaching skills. Teaching responsibilities will mainly involve undergraduate (German or English) and graduate courses (English) for students in mathematics, physics and engineering.

Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch

Applications should include a curriculum vitae, a list of publications, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Joël Mesot. The closing date for applications is 15 September 2019. ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.

ETH Zürich und die Schweiz, ein Schmelztiigel für Robotik-Technologie¹

Roland Siegwart*

1. Vorbemerkung

Robotik ist heute in aller Munde, und die Gesellschaft und Politik debattiert über Chancen und Risiken dieser sich schnell entwickelnden Technologie. Zum Teil etwas unter dem Radar hat sich die Schweiz in den letzten zwanzig Jahren zu einem weltweiten Powerhaus für neue Robotik-Technologien entwickelt und so optimale Voraussetzungen geschaffen, um die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Chancen in der Robotik zu nutzen. Wir haben die weltweit grösste Dichte an bestens ausgebildeten Talenten, wissenschaftlichen Publikationen und Startups in der Robotik. Durch verschiedene Schwerpunktprogramme und Technologietransfer-Zentren haben wir ein Innovationsumfeld geschaffen, das einmalig ist und auch die grossen IT-Firmen in die Schweiz zieht.

2. Geschichte der Roboterforschung an der ETH Zürich und EPFL

Robotik ist schon seit ca. 30 Jahren ein wichtiges Thema an den Technischen Hochschulen. So hat die EPFL im Rahmen des Departements für Microtechnique unter Leitung von Prof. Christof W. Burckhardt sich Robotik schon in den frühen 1980er Jahren auf die Fahne geschrieben und das Department für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETH Zürich hat 1990 unter der Leitung von Prof. Gerhard Schweitzer das Institut für Robotik gegründet. Weitere Exponenten der aufstrebenden Robotikforschung waren die EPFL-Professoren Jean-Daniel Nicoud (Bio-inspirierte Intelligenz), Raymond Clavel (Parallelroboter) und Professor Rolf Pfeifer von der Universität Zürich (Intelligenz und Embodiement).

Eine Entwicklung der Robotik-Kompetenzen an den Schweizer Universitäten beschleunigte sich dann um die Jahrhundertwende und führte in den letzten 20 Jahren zu einem Boom. An der EPFL entwickelte sich mit den Professoren Roland Siegwart (bis 2006), Dario Floreano, Aude Billard, Auke Ijspeert, Francesco Mondada, Alcherio Martinoli und Jamie Paik ein Power-Haus. Zentrale Forschungsschwerpunkte sind bioinspirierte Roboter, die fliegen und laufen, sowie lernende Roboter. Gleichzeitig entwickelten sich auch die Robotikkompetenzen an der ETH Zürich mit den Professoren Brad Nelson – Nanoroboter in der Medizin (ab 2002), Robert Riener – Rehabilita-

tionsroboter (ab 2003), Roland Siegwart – Mobile Roboter (ab 2006), Fumiya Iida – Soft Robots (2009–2014), Jonas Buchli – Laufroboter (2012–2018), Raff D'Andrea – Hochdynamische Flug und Balancier-Roboter (2007), Roger Gassert – Medizinroboter (ab 2008), Margarita Chli – Visuelle Navigation (ab 2015), Marco Hutter – Laufroboter (ab 2015) und Emilio Frazzoli – Autonome Fahrzeuge (ab 2016) stark weiter und wurde durch Professoren wie Marc Pollefeys (ab 2007), Otmar Hilliges (ab 2013), Stelian Coros (ab 2017) und Davide Scaramuzza (ab 2012 an der Universität Zürich) aus den Bereichen visuelle Wahrnehmung, Mensch-Maschine-Schnittstelle, Computational Robotics und visuelle Navigation ergänzt. Weiter haben Professoren wie Matthias Kohler, Fabio Gramazio und Philippe Block ein weltweit führendes Zentrum für Robotik in der Architektur und im Bau aufgebaut.

Heute sind die ETH Zürich, aber auch die EPFL, unter den weltweiten Top-Adressen für Robotik. Die ETH Zürich prägt mit über zwanzig Forschungsgruppen, über hundert Doktorierenden und ca. 300 Masterstudierende aus der ganzen Welt, die neusten Ent-

*ETH Zürich, Institut für Robotik und Intelligente Systeme
LEE J 205, Leonhardstrasse 21, 8092 Zürich.

E-mail: rsiegwart@ethz.ch



Roland Siegwart, Dr. sc. techn. ETH, ist seit Juli 2006 ordentlicher Professor für Autonome Systeme an der ETH Zürich und seit 2015 Co-Direktor des Wyss Zurich. Von Januar 2010 bis Dezember 2014 wirkte er als Vizepräsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen in der ETH Schulleitung. Er ist im Verwaltungsrat mehrerer Firmen, wie z.B. Komax AG und NZZ. Er schloss 1983 sein Diplom und 1989 seine Doktorarbeit am Departement für Maschinenbau der ETH Zürich ab. Er war mitbeteiligt beim Aufbau einer Startup Firma, war Professor an der EPFL Lausanne (1996–2006) und Gastforscher an der Stanford Universität und am NASA Ames. Er ist und war Koordinator mehrerer europäischer Projekte und Mitgründer von einem halben Duzend Spin-offs. Er ist IEEE Fellow, Träger des IEEE RAS Inaba Technical Award und Vorstandsmitglied der International Federation of Robotics Research (IFRR). Er ist im Editorboard verschiedener Robotik-Journalen und war Chairman mehrerer Robotik-Konferenzen, darunter IROS 2002, AIM 2007, FSR 2007 und ISRR 2009. Roland Siegwart interessiert sich für die Entwicklung und Steuerung von Robotersysteme die in komplexen und hochdynamischen Umgebungen zum Einsatz kommen. Sein zentrales Ziel liegt in der Entwicklung neuer autonomer Roboter die mit unscharfer Information umgehen können, sich an neue Situationen anpassen und interaktive agieren. Anwendungsbeispiele sind Service- und Raumfahrt-Roboter, autonome Mikro-Fluggeräte, Roboter die laufen und schwimmen und Fahrerassistenzsysteme. Er ist auch ein starker Promoter von Innovation und Unternehmertum in der Schweiz.

¹ Dieser Artikel erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Die Robotik in der Schweiz ist sehr dynamisch unterwegs und jeden Tag entstehen neue Ideen, Programme und spannende Systeme.

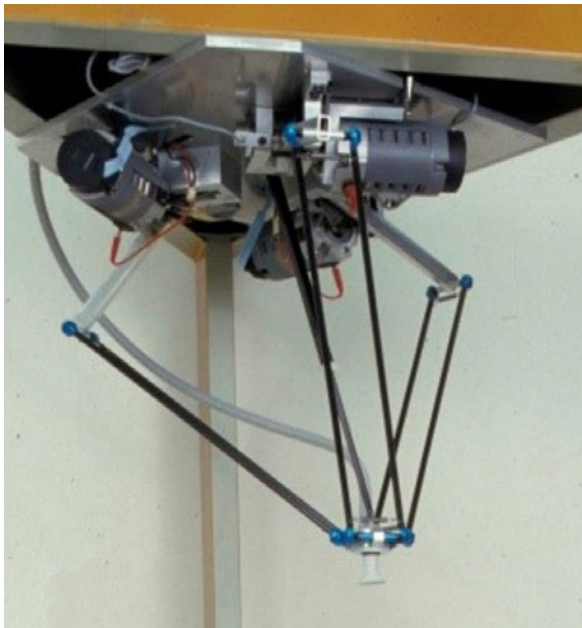


Abb. 1. Parallelroboter Delta, Reymond Clavel, EPFL 1986.

wicklungen in der Robotik massgebend. Mit ihren Pionierleistungen hat sie einer der grössten Präsenzen an den wichtigsten Robotik Konferenzen wie ICRA oder IROS und gewinnt Awards für hervorragende Publikationen und Forschende wie kaum eine andere Universität in der Robotik.

3. Master in Robotik der ETH Zürich zieht hunderte von Studierenden aus der ganzen Welt an

Die Lehre und Forschung in der Robotik war schon seit Mitte der 1980 Jahre in verschiedenen Gruppen der ETH Zürich ein Thema, vor allem am Labor von Prof. Schweizer im Department Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Durch das schnelle Wachstum der Robotikgruppen nach die Jahrhundertwende kam das Bedürfnisse auf,

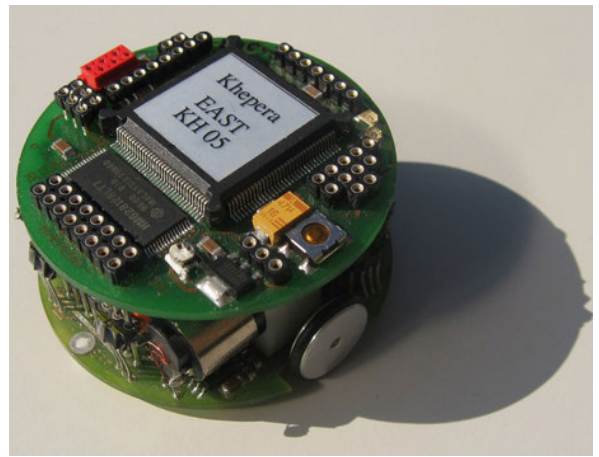


Abb. 2. Khepera Robot, Jean-Daniel Nicouds Lab, EPFL 1996.

ein departementsübergreifendes Masterprogramm an der ETH Zürich anzubieten. Der spezialisierte Master in «Robotics, Systems and Control» (RSC) (<http://www.master-robotics.ethz.ch/>) wurde im Herbst 2008 gemeinsam von den Departementen Maschinenbau und Verfahrenstechnik (D-MAVT), Informationstechnologie und Elektrotechnik (D-ITET) und Informatik (D-INFK) lanciert. Schon im Herbst 2009 starteten die ersten Studierende. Heute repräsentiert der Master in «Robotics, Systems and Control» den grössten spezialisierten Master der ETH Zürich und einen der grössten insgesamt. Ca. 130 Studierende starten heute jedes Jahr ihr Masterstudium in Robotik und ca. weitere 100 Stu-

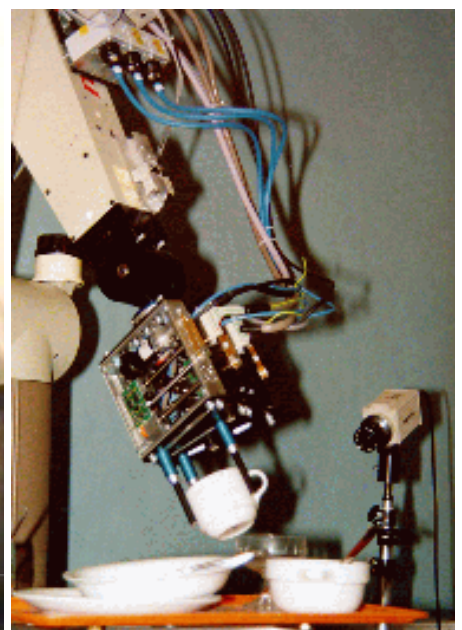
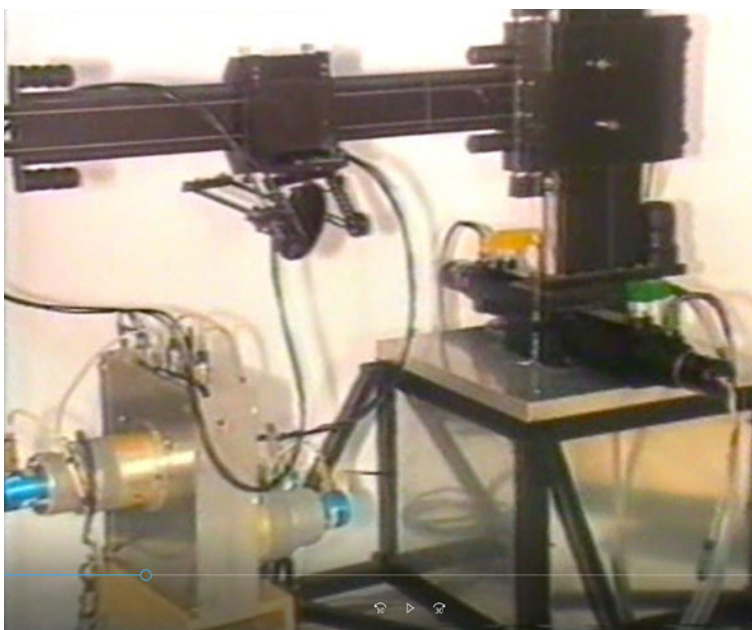


Abb. 3. Ping-Pong- und kollaborativer Robot, Gerhard Schweizers Lab, ETH 1988 / 1993.

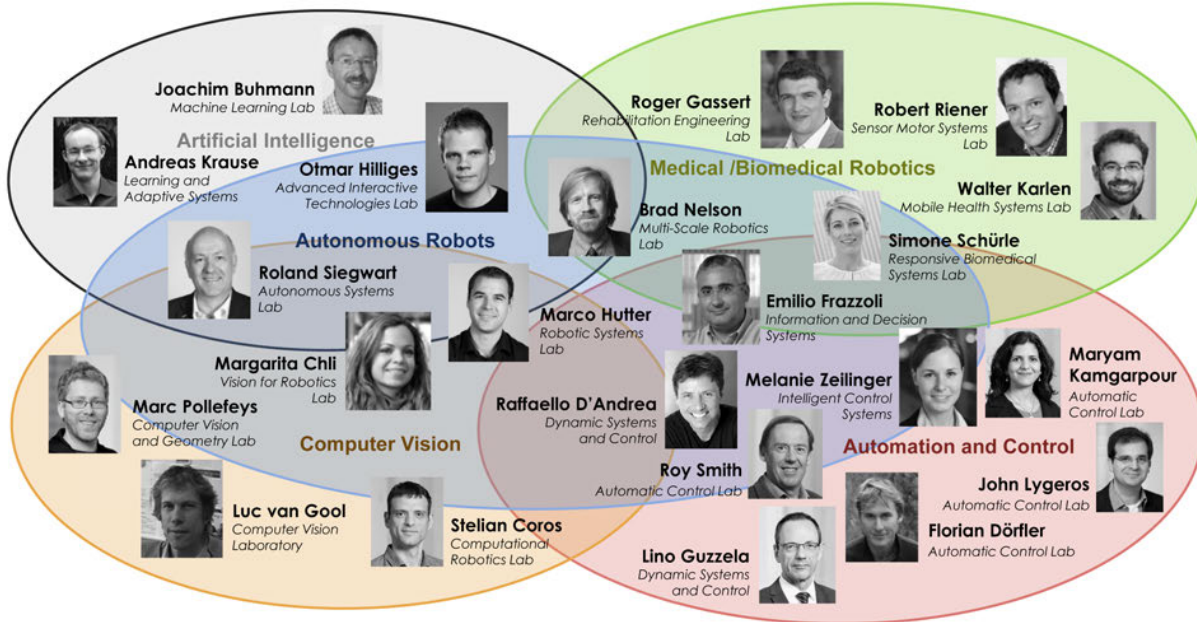


Abb. 4. Die Kernprofessuren in Robotics, Systems and Control an der ETH Zürich.

dierende aus dem Maschinenbau wählen ihren Fokus von Vorlesungen und Projekten in der Robotik.

Die Zulassung zum spezialisierten Master-Studiengang in Robotik setzt ein Bachelor-Diplom in einer ingenieurwissenschaftlichen Studienrichtung und gute Leistungen voraus. Zu diesen Studienrichtungen gehören insbesondere Elektroingenieurwissenschaften und Informationstechnologie, Informatik und Maschineningenieurwissenschaften. Aber auch exzellent Studierende aus anderen Studienrichtungen wie Gesundheitswissenschaften oder Physik werden aufgenommen.

4. Forschungszentren, Initiativen und Startups in der Robotik

In den vergangenen Jahren hat sich die Schweiz zu einem weltweit höchst anerkannten Schmelztiegel

der Robotik entwickelt. Neben den Lehr- und Forschungsaktivitäten an der ETH Zürich, EPFL und den Fachhochschulen haben die vom Nationalfonds geförderten Nationalen Forschungsschwerpunkte (NFS/NCCR) «Robotics» und «Digital Fabrication» die weltweite Strahlkraft verstärkt. Das NFS «Robotics» (www.nccr-robotics.ch) beschäftigt sich institutionsübergreifend mit den Grundlagen für Robotersysteme: Einerseits fokussiert es sich auf den Einsatz von Robotern bei Katastrophen und andererseits auf Prothesen und Exoskelette für die Unterstützung von Menschen. Das von ETH-Architekten initiierte NFS «Digital Fabrication» (www.dfab.ch) beschäftigt sich mit der Revolution von Bauprozessen durch digitale Technologien – und zwar insbesondere in der Robotik.

Kürzlich wurde im Rahmen der «ETH+»-Initiative ein

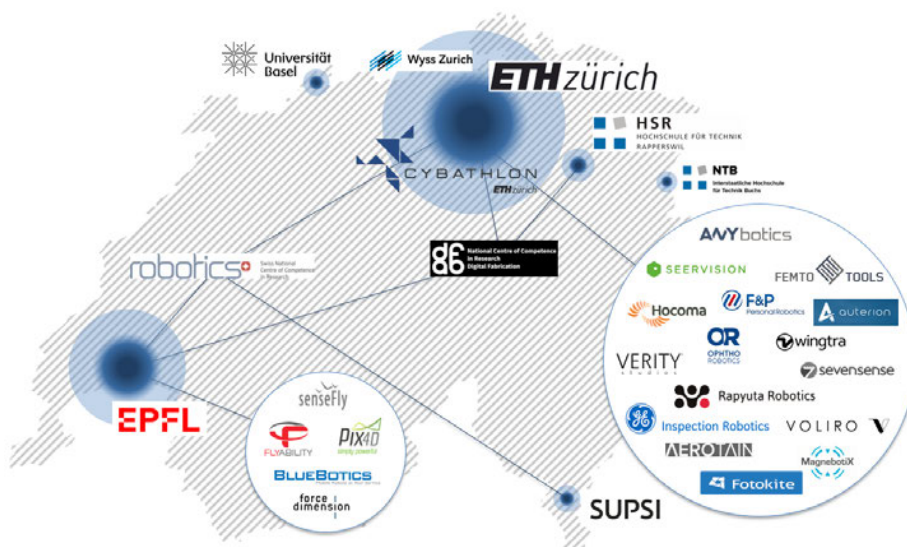


Abb. 5. Die wichtigsten Institutionen, Programme und Startups in der Robotik.



Abb. 6. Flugroboter: Erster Quadrotor, AtlantikSolar, Balancier-Drohne, Voliro.

Robotik-Zentrum bewilligt, das den Aufbau weiterer Forschungsgruppen und einer departementsübergreifenden Technologieplattform ermöglichen soll. Ein zentrales Element des Zentrums ist die enge Forschungszusammenarbeit mit der Industrie und Partnern aus der ganzen Welt.

Die hervorragenden Forschungsergebnisse haben zu einem regelrechten Boom von Spin-offs von der ETH Zürich und EPFL geführt. Heute hat die Schweiz die wahrscheinlich grösste Dichte an Robotik-Startups (siehe Abb. 5). Diese Entwicklung wurde massgebend durch Programme wie die des «Pioneer Fellowships» (ETH Zürich), «Innogrants» (EPFL), «Bridges» (Nationalfond/Innosuisse) oder «Venture Kicks» unterstützt. Diese Programme zielen auf die Beschleunigung des Technologietransfers von vielversprechenden Forschungsergebnissen ab. Des Weiteren wurde über das «Wyss Zurich» (www.wysszurich.ch), dem gemeinsamen Technologietransfer-Institut der ETH Zürich und der Universität Zürich, ein entscheidender Boost von Robotik-Spin-offs ermöglicht. Das Wyss Zurich entstand dank der grosszügigen Donation von Hansjörg Wyss.

5. Robotik-Forschung der ETH Zürich – einige Highlights

5.1. Pioniere der Drohnen

Nachdem die Drohnenforschung kurz nach der Jahr-

hundertwende durch Pionierleistungen der Labors von Professor Dario Floreano² und Professor Roland Siegwart³ ihre Anfänge genommen hat, entwickelten sich die Flugroboter (siehe Abb. 6) an der ETH Zürich und EPFL rasant. 2008 wurden an der ETH zum ersten Mal Solarflugzeuge gezeigt, die mit einem Gewicht von nur wenigen Kilogramm kontinuierlich fliegen konnten. Ausserdem wurden Helikopterdrohnen demonstriert, die fähig waren, mit nur einer einzigen Kamera präzise zu navigieren. Gleichzeitig sind mit Sensefly⁴ und Skybotix⁵ aus den Labors der Professoren Floreano und Siegwart die ersten zwei Spin-offs entstanden. Mit Professor D'Andrea kam ab 2007 eine weitere Dimension des dynamischen Flugs mit Helikopter-Drohnen dazu. Seine durch visuelles Tracking geführten Drohnen spielen Ping-Pong, balancieren Stäbe oder bauen Seilbrücken. Aus diesen Forschungsaktivitäten, deren Videos sich viral verbreiteten, ist dann das Startup Verity Studios entstanden. Die Verity Studios demonstrieren heute magische Flugshows an Konzerten oder im Zirkus.

² ultra-leichte Flächenflugzeuge.

³ weltweit erster frei fliegender Quadrotor.

⁴ EPFL Spin-off, Flächenflugzeug für Luftaufnahmen – <https://www.sensefly.com/>

⁵ ETH Spin-off, aufgekauft von GoPro.

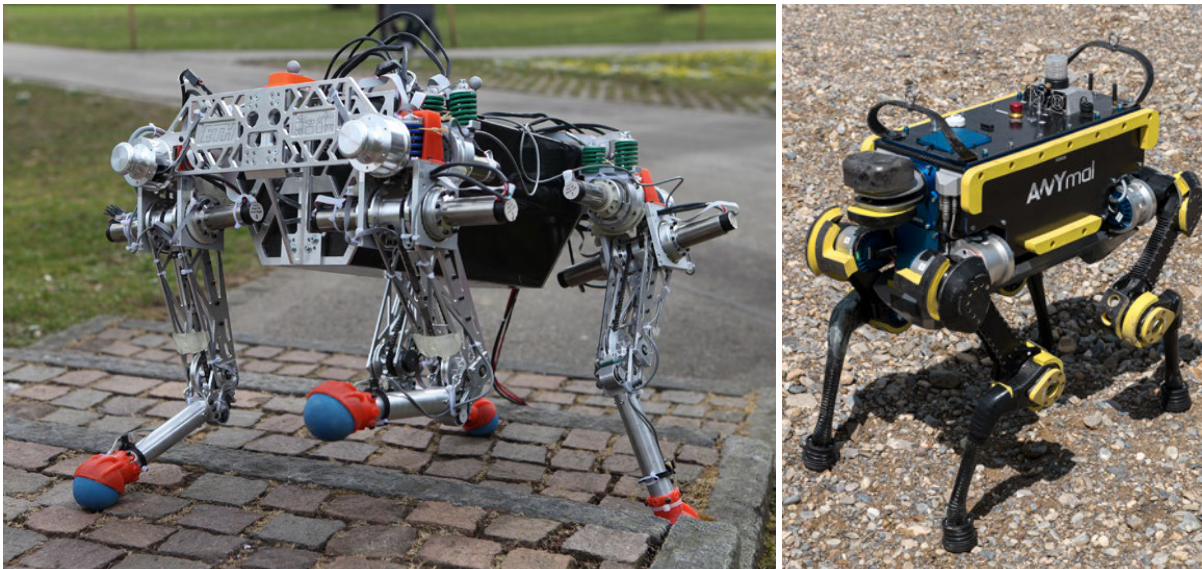


Abb. 7. Laufroboter: StarLETH und ANYmal.

Weitere Pionierleistungen haben zur Gründung der Startups Flyability⁶ und Wingtra⁷ geführt. Beide Firmen haben sich rasant entwickelt und liefern heute weltweit Drohnen von höchster Qualität. Die neuesten Entwicklungen an der ETH sind Drohnen, die in allen möglichen Orientierungen in sämtliche Himmelsrichtungen fliegen und dadurch auch mit ihrer Umgebung in Kontakt treten können. Diese Bewegung ermöglicht vollkommen neue Einsätze von Drohnen. Das Spin-off Voliro⁸ gehört zu den Vorreitern in diesem Bereich.

5.2. Der Roboter-Hund

Roboter auf Rädern sind in ihren Bewegungsmöglichkeiten sehr eingeschränkt. Fliegende Roboter können nur sehr kleine Nutzlasten tragen und sind in der Interaktion mit ihrer Umgebung begrenzt. Vor über zehn

Jahren hat die ETH Zürich daher begonnen, neue Konzepte für die Roboter-Fortbewegung auf Beinen zu entwickeln. Der Startschuss dafür fiel im Labor von Professor Roland Siegwart. Seit 2015 wird diese Forschung durch Professor Marco Hutter verstärkt und weitergeführt. Resultate sind unter anderem die ETH-Roboter StarLETH und ANYmal (siehe Abb. 7). Beide verfügen über «weiche» Antriebsmodule, welche einen sanften und nachgiebigen Kontakt mit der Umgebung ermöglichen. Dank zahlreicher Durchbrüche hat sich die ETH Zürich in den vergangenen Jahren zu einer der führenden Forschungsinstitutionen dieses Bereichs entwickelt. Seit 2016 werden vierbeinige Roboter zudem über das Startup ANYbotics⁹ erfolgreich kommerzialisiert.

5.3. Roboter für die Baustelle

Der Bereich Baustelle durfte in den vergangenen Jahrzehnten nur sehr wenig Innovation erfahren. Genau diesen Umstand hat die ETH Zürich in den vergangenen Jahren geändert: Durch die Initianten Professor

⁶ EPFL Spin-off, Kollisionsresistente Dohnen – <https://www.flyability.com/>

⁷ ETH Spin-off, Hybride Drohne die vertikal startet und dann in den Flächenflug übergeht – <https://wingtra.com/>

⁸ ETH Spin-off (in Gründung), Omnidirektionale Drohne – <https://www.voliro.ch/>

⁹ ETH Spin-off, Laufroboter – <https://www.anybotics.com/>



Abb. 8. Konstruktionsroboter: HEAP und Roboter für den Aufbau gewölbter Armierungen.

Matthias Kohler und Professor Fabio Gramazio konnte sich die Hochschule zu einem weltweiten Leader und Leuchtturm in punkto Digitalisierung und Automatisierung der Baustelle entwickeln. Im Speziellen erlauben Roboter heute ganz neue Bauformen und Materialien. Der autonome Schreitbagger HEAP (Hydraulic Excavator for an Autonomous Purpose, siehe Abb. 8) aus der Gruppe von Professor Marco Hutter beispielsweise, ermöglicht eine sichere Intervention in gefährlichen Umgebungen, wie zum Beispiel nach einem Erdbeben oder einer Katastrophe. Und im NSF «Digital Fabrication» entstehen in einem interdisziplinären Team neue Bauprozesse, die zum Beispiel den Bau gewölbter Mauern ohne Schalungen ermöglichen. Dabei bauen Roboter mit höchster Präzision Armierungen auf, welche anschliessend mit Spezialbeton aufgegossen werden.

5.4. Roboter im menschlichen Körper und für die Rehabilitation

Stellen Sie sich vor, wir hätten kleine Roboter, die sich im menschlichen Körper bewegen, Messungen machen und gezielt Medikamente einbringen oder

mechanische Interventionen durchführen. Diese Vision steht hinter den einmaligen Forschungsaktivitäten von Professor Brad Nelson. Seine Robotersysteme sind oft nur einige Millimeter gross und können durch externe Magnetfelder mit höchster Präzision im Auge oder in Blutbahnen gesteuert werden.

Roboter sind heute bereits hochpräzise Helfer im Operationsaal und ermöglichen ganze neue Therapiemethoden. Die Professoren Robert Riener und Roger Gassert forschen an Rehabilitations-Robotern und an Exoskeletten, die gehbehinderten Menschen das Laufen wieder ermöglichen sollen. Diese Aktivitäten waren auch der Grundstein für die Initiierung des Cybathlons¹⁰, einem internationalen Wettbewerb, der die Entwicklungen von Technologien für behinderte Menschen beschleunigen soll. Das Echo auf die erste Durchführung im Jahr 2016 war enorm und die Vorbereitungen für die Veranstaltung im Jahr 2020 laufen auf Hochtouren.

¹⁰ <http://www.cybathlon.ethz.ch>

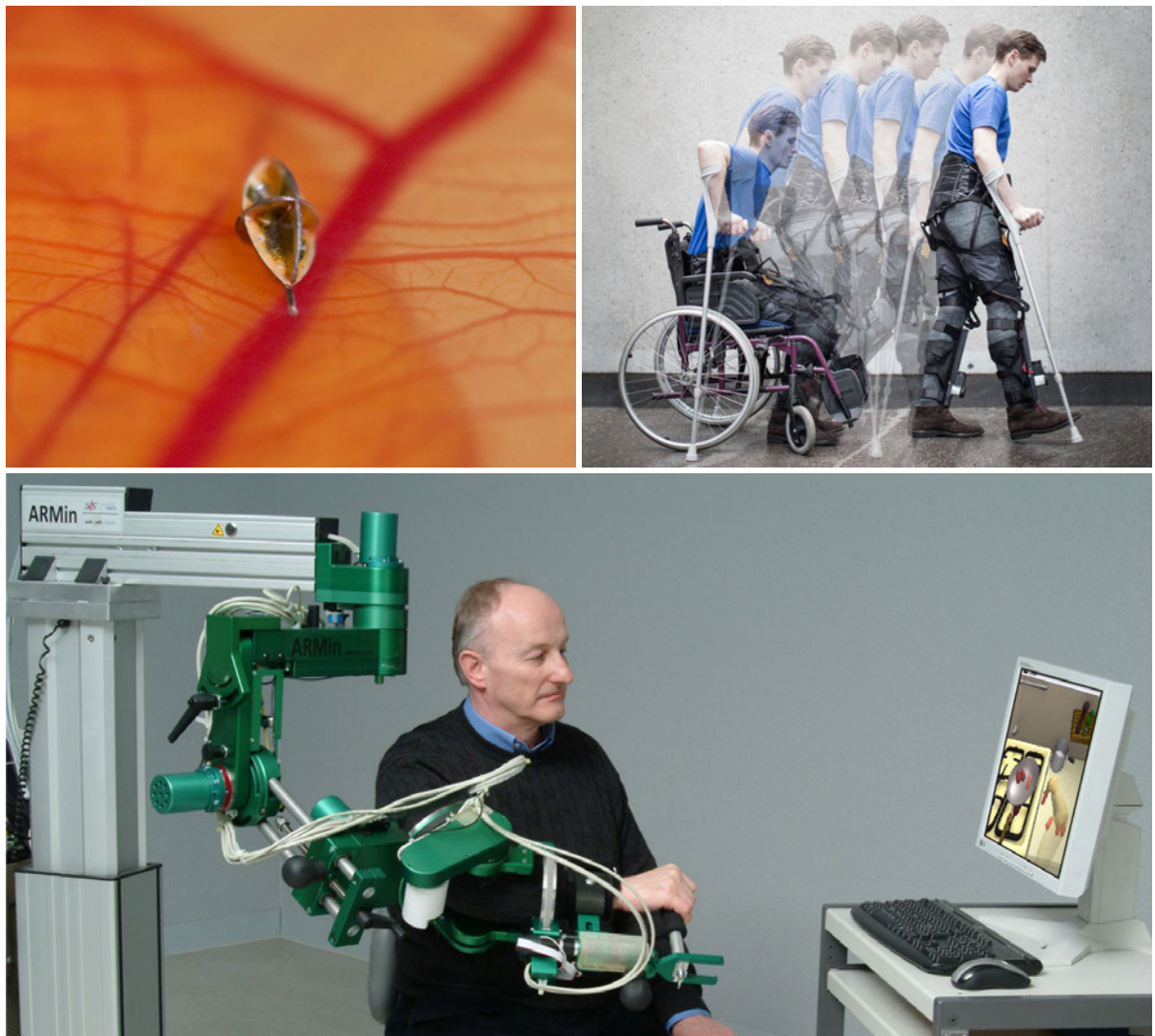


Abb. 9. Roboter in der Medizin: Micro-Roboter, Exoskelette, Rehabilitationsroboter.



Abb. 10. Precision Farming mit Robotern: EU Projekt Flourish und Swiss Smart Farming von DigitalSwitzerland.

5.5. Roboter in der Landwirtschaft

Die Ernährungssicherheit der stetig wachsenden Weltbevölkerung ist wahrscheinlich eine der grössten Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte. Technologie kann uns dabei helfen, das Wachstum von Nährpflanzen auf Feldern kontinuierlich zu überwachen. Auf diese Weise liessen sich Umstände wie Wassermangel, Düngerbedarf oder etwa ein Schädlingsbefall frühzeitig erkennen. Roboter würden damit eine nachhaltige Landwirtschaft ermöglichen, die mit weniger Dünnungsmitteln und minimaler Einbringung von Pestiziden auskommt.

Im Labor von Professor Roland Siegwart werden in starken Partnerschaften mit Agronomie-Forschern wie Professor Achim Walter neue Konzepte für das «Precision Farming» erforscht und im Feld getestet.^{11,12} Flugroboter überwachen dabei die Felder mit Spektralkameras und Bodenroboter nutzen diese Information

¹¹ EU Projekt Flourish – <http://flourish-project.eu/>

¹² Matterhorn Project von Digital Switzerland: Swiss Smart Farming – <http://www.smartfarming.ethz.ch/>

für eine präzise Intervention, beispielsweise für die mechanische Entfernung von unerwünschten Pflanzen.

6. Faszination Unternehmertum und Startups

Die bahnbrechenden Forschungsaktivitäten der vergangenen 20 Jahre haben in der Robotik zu zahlreichen auf dem Weltmarkt sehr gut entwickelnden Startups geführt (siehe Abb. 5). Mit ihnen entstanden nicht nur rund 1000 neue und sehr spannende Arbeitsplätze, sie legten auch den Grundstein für das «Silicon Valley der Robotik».¹³

Die internationale Führerschaft und die grosse Anzahl Talente in Bereichen der visuellen Navigation und dem maschinellen Lernen haben auch die grossen IT-Firmen in die Schweiz gezogen. Google, Facebook-Oculus oder Microsoft haben in Zürich Forschungslabors aufgebaut, die das Ökosystem der Robotik und der Künstlichen Intelligenz weiter beflügeln. ■

¹³ <http://www.jordico.com/30-disruptive-swiss-startups-in-robotics/>

Master in Robotics at EPFL

Francesco Mondada*

Since the academic year 2018–2019, students at the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) can follow a new Master degree in robotics, which is the result of a renewed effort by the EPFL research and education community active in this field, coordinated around the “Robotics” National Research Competence Centre (NCCR). This new degree offers training in the theory, technology and practice of robotics, covering for example mobile robotics, portable robots, robotic manipulators, autonomous robots, biomedical robotics, and the interface between robots and the human nervous system.



Figure. During their master's final project, students were asked to develop and clinically evaluate a neuro-controlled upper limb prosthesis intuitively controlled and felt by the amputee as the natural one (courtesy of Silvestro Micera's lab, EPFL).

* EPFL - STI - IMT – LSRO, bureau MEB3426, Station 9, 1015 Lausanne

E-mail: francesco.mondada@epfl.ch

EPFL: www.epfl.ch

Robotics master: <http://master.epfl.ch/robotics/>



Francesco Mondada, Ph.D., is a Professor in mobile robot design at the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) and coordinator of the Robotics Master. He received his M.Sc. in micro-engineering and his Doctoral degree in computer science from EPFL. He co-founded several companies, being CEO

of K-Team SA for about 5 years. He has been participating, then leading the design of well know robots, such as Khepera, s-bot, marXbot, e-puck and Thymio, together reaching more than 10 thousands mentions/citations in scientific papers. His interests include the development of innovative mechatronic solutions for mobile robotics and making robot platforms more accessible for education, research, and industry.

A strong emphasis of this new Master is on practice: mandatory and elective courses include practical exercises to apply theoretical aspects to real systems. Moreover, the semester and interdisciplinary projects, as well as the final year project, allow students to work with researchers on complex problems in the robotics laboratories of EPFL. It is important to note that this Master degree is one of the few EPFL Masters that offer the possibility of carrying out three projects (10 ECTS) in laboratories at master level, in addition to the final year project. Students can also choose to spend part of their studies in industry, with a 6-month internship.

This comprehensive course provides EPFL students with access to research and industrial careers in a wide range of fields where robotics technologies are increasingly applied, such as biomedical technologies, logistics and transport, aviation and drones, autonomous cars, industry 4.0, smart homes, environmental technologies, to name a few. In addition, students can take advantage of EPFL's strong innovation ecosystem to invent new robotic systems and applications and create their own business.

Concerning admissions: Students with a Bachelor degree in Microengineering from EPFL are automatically admitted. National, international, and EPFL students with a Bachelor in Computer Science, Electrical Engineering, Electronics, Mechanical Engineering or a related field may also apply and will be selected on the basis of their academic record. All students must have an interdisciplinary background and have taken courses in at least two of these fields: Computer Science, Electronics, and Mechanical Engineering. ■

More information: <http://master.epfl.ch/robotics>

Medizinrobotik. Forschung und Industrie in der Schweiz

Laura Marchal-Crespo*, Tobias Nef**, Raphael Sznitman***,
Lutz Nolte****, Stefan Weber*****

„Der Wissenschaftler beschreibt was ist;
der Ingenieur erschafft, was noch nie war.“

–Theodore von Kármán

1. Einführung

Medizinrobotik ist in der Öffentlichkeit ein allgegenwärtiges Thema. Aktuell verdichten sich bemerkenswerte Fortschritte in der technischen und klinischen Forschung (Stichwort künstliche Intelligenz) zu vielen neuen Anwendungen und Systemen. Medizinroboter lassen sich grob in drei Kategorien unterteilen: Chirurgisch-interventionelle Systeme, Systeme für die physische Rehabilitation sowie Assistenzsysteme für körperlich eingeschränkte Menschen auf der Basis mechatronischer und robotischer Ansätze. An der Universität Bern konzentriert sich die Forschung auf die ersten beiden Themenbereiche, die daher im Fokus dieses Artikels stehen.

Robotik- und computergestützte Verfahren für chirurgische und interventionelle Anwendungen werden seit 30 Jahren entwickelt. Sie helfen einem Operateur, Instrumente räumlich exakt auszurichten und im Körper zu dirigieren oder vorgeplante Aufgaben, wie Bohren, Fräsen, Sägen, präzise umzusetzen. Eine Vielzahl dieser Systeme ist kommerzialisiert worden und hat weltweit Einzug in die Operationssäle gehalten. Prominenteste Vertreter sind das telemanipulatorische System daVinci (Intuitive Surgical Inc., U.S.A.) und das Mako System für die orthopädische Endoprothetik (Stryker Inc., USA). Routinemässig werden in vielen Schweizer Spitälern sowie weltweit robotische Eingriffe, zum Beispiel bei Prostatakrebs oder zu Hüft- und Knieimplantationen, durchgeführt.

Die zweite Kategorie sind Systeme für die physische Rehabilitation von Patienten, zum Beispiel nach Schlaganfällen. Diese Roboter führen selbständig, wiederholt und ohne Abweichung Bewegungen durch, die nicht durch einen Patienten ausgelöst werden müssen und mittels Variation von Bewegungsgeschwindigkeit und Trainingsdauer einen Therapieeffekt erzielen. Im Bereich der Rehabilitationsmedizin sind zwei Schweizer Firmen Hocoma AG und Reha Technology AG führend. Sie sind weltweit in Kliniken und Rehabilitationszentren mit Systemen zur Arm- und Beinrehabilitation von Patienten vertreten.

* ARTORG Center for Biomedical Engineering Research,
Universität Bern, Murtenstrasse 50, 3008 Bern.

E-mail: laura.marchal@artorg.unibe.ch
http://www.artorg.unibe.ch/research/mln/index_eng.html

ORCID 0000-0002-8008-5803



Laura Marchal-Crespo, Ph.D., ist SNF-Professorin am ARTORG Center for Biomedical Engineering Research der Universität Bern und Leiterin der Gruppe Motor Learning und Neurorehabilitation und angegliedert an die Gruppe Sensory-Motor Systems in der Abteilung Health Sciences and Technology der ETH Zürich. Geboren 1980 in Barcelona, folgte das Studium zum BSc Industrial Engineering (5J) mit Schwerpunkt Automatisierung und Robotik, Technical University of Catalonia, UPC, Barcelona, Spain. Dann Master's und Promotion in Mechanical and Aerospace Engineering an der University of California at Irvine, U.S.A. zum Thema haptisch angeleitete Lernprogramme für die Nutzung von Robotik-unterstützten Rollstühlen für schwerbehinderte Kinder. Arbeit in der Forschungsgruppe Sensory-Motor Systems in der Abteilung Health Sciences and Technology der ETH Zürich. Seit 2017 Förderung durch den Schweizer Nationalfond als Assistenzprofessorin mit dem Forschungsschwerpunkt: Schnittstelle Mensch – Maschine und Lernen in biologischen Systemen, Nutzung von Robotik und virtueller Realität zur Unterstützung in der Rehabilitation nach Hirnverletzungen. Preise und Auszeichnungen: Über 50 Veröffentlichungen in führenden ingenieur- und neurowissenschaftlichen Publikationen. Beste Veröffentlichung bei der Biorob 2016, University of California Dean's Dissertation Fellowship 2009, Fundación Caja Madrid Postgraduate Fellowship 2009.

** ARTORG Center for Biomedical Engineering Research,
Universität Bern, Murtenstrasse 50, 3008 Bern.

E-mail: tobias.nef@artorg.unibe.ch
http://www.artorg.unibe.ch/research/ger/index_eng.html

ORCID 0000-0002-8069-9450



Tobias Nef, Dr.sc.nat. ETH, ist ausserordentlicher Professor für Gerontechnologie und Rehabilitation an der Universität Bern und am Inselspital. Geboren 1977 in Flawil, St. Gallen. 1999 Studium der Elektrotechnik an der ETH Lausanne, gefolgt von Promotion in biomedizinischer Technik an der ETH Zürich in 2007. 2009 Ruf an das National Rehabilitation Institute, Washington D.C. (U.S.A.). Ruf 2010 an die Universität Bern, Gründung und Leitung Forschungsgruppe Gerontechnologie und Rehabilitation am ARTORG Center for Biomedical Engineering Research der Universität Bern und am Inselspital. Forschungsschwerpunkte: Technologische Systeme für die Rehabilitation von hirnerkrankten Patienten und Patienten mit neurodegenerativen Erkrankungen. Unter anderem auch die Nutzung von Rehabilitationsrobotik, Telerehabilitation und Monitoring-Technologien. Preise und Auszeichnungen: Autor und Erfinder von über 80 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, Buchkapiteln und Monografien und Patenten. Wissenschaftliche Leitung der alljährlichen «Brainweek» in Bern, als Initiative der European Dana Alliance for the Brain mit dem Ziel, die interessierte Öffentlichkeit über das Gehirn und die Fortschritte in den Neurowissenschaften zu informieren. Mitglied verschiedener Fachgesellschaften und Präsident der Klinischen Neurowissenschaften Bern. ABB Research Award 2009, Hans-Eggenberger Award 2008, Swiss Technology Award 2006, Wertheimer Preis 2016 und der HumanTech Innovationspreis 2005.

*** ARTORG Center for Biomedical Engineering Research, Universität Bern, Murtenstrasse 50, 3008 Bern.

E-mail: raphael.sznitman@artorg.unibe.ch
http://www.artorg.unibe.ch/research/otl/index_eng.html

ORCID 0000-0001-6791-4753



Raphael Sznitman, Ph.D., ist Assistenzprofessor am ARTORG Center for Biomedical Engineering Research der Universität Bern und Gruppenleiter der Gruppe Ophthalmic Technology Laboratory (OTL). Geboren 1985 in New York, Studium B.Sc. Cognitive Systems in Computational Intelligence (2003, University of British Columbia, Canada) danach MSc und PhD (2009) in Computer Science an der Johns Hopkins University (Baltimore, USA). 2011 Post-doctoral Fellowship im Computer Vision Labor, ETH Lausanne. 2014 als Gruppenleiter am ARTORG Center und seit 2016 Assistenzprofessur an der Universität Bern. Forschungsschwerpunkte: Anwendung von künstlicher Intelligenz zur Entwicklung schnellerer und präziserer Diagnoseverfahren für die klinische Betreuung von Patienten mit chronischen Augenleiden wie Glaukom, Makuladegeneration und diabetischer Retinopathie.

Kommerzielle Aktivitäten: Translation von Forschungsergebnissen durch die Entwicklung, klinische Validierung und Zulassung von KI-basierten Medizinprodukten für die Ophthalmologie. Vermarktung von RetiNet für die Diagnose von Makuladegeneration durch RetiAI Medical AG.

Preise und Auszeichnungen: Autor von über 50 Forschungsartikeln und Erfinder von Patenten im Bereich KI Anwendungen. 2. Platz Ypsomed Innovationspreis des Ypsomed Innovationsfonds 2019, 1. Platz bei der MICCAI 2015 EndoVision Challenge, Preis für beste Lehre, JHU 2008, Mitgewinner der JHU Computer Vision Grand Challenge 2008.

**** ARTORG Center for Biomedical Engineering Research, Universität Bern, Murtenstrasse 50, 3008 Bern.

E-mail: lutz.nolte@artorg.unibe.ch
http://www.artorg.unibe.ch/research/otl/index_eng.html



Lutz-P. Nolte, Dr.-Ing., ist Professor emeritus für Chirurgische Technologien und Biomechanik der Universität Bern. Geboren 1954 in Minden Westfalen, Studium an der Ruhr-Universität Bochum zum Dipl.-Ing 1980 und Promotion zum Dr.-Ing. 1983 im Fach Konstruktiver Ingenieurbau. Von 1984–87

Leitung der «Nonlinear Shell Research» Forschungsgruppe am Institut für Mechanik. 1987 Gründung und Leitung der Gruppe für Orthopädische Forschung mit Schwerpunkt Wirbelsäulenbiomechanik. 1990 Ruf an die Wayne State University in Detroit, MI, USA, als Assoziierter Professor für Maschinenbau am Bioengineering Center. 1993 Ruf an die Universität Bern und Übernahme der Abteilung für Orthopädische Biomechanik am Maurice E. Müller Institut. 2002 Ordinariat und Direktion des Instituts für Chirurgische Technologien und Biomechanik an der medizinischen Fakultät der Universität Bern. Von 2001–13 Mitgründer und Ko-Direktor des Nationalen Forschungszentrums «Computer Aided and Image Guided Medical Interventions». Von 2007-12 Mitgründer und erster Direktor des «Artificial Organ Center for Biomedical Engineering Research» der Universität Bern. Forschungsschwerpunkte: Orthopädische Biomechanik und bildgestützte Chirurgie verbunden mit einer ganzheitlichen translationalen Strategie zur Entwicklung neuartiger klinischer Behandlungsmethoden.

Kommerzielle Aktivitäten: Mitgründung der chirurgischen Navigationsfirma Medivision AG, von Orthopaedic Services FNG

und Betreuung weiterer Start-Ups im Bereich bildgestützter interventioneller Anwendungen. Zusätzlich zu den Aufgaben in leitender Forschungsfunktion: Von 2001–17 Mitglied und ab 2013 Vizepräsident der Kommission für Technologie und Innovation (KTI). Seit 2018 Experte der föderalen Innovationsagentur Inno-uisse. Von 1997–2018 Mitgründer und Mitglied im Vorstand des Berufsverbands der Medtech Industrie Medical Cluster (ab 2017 Swiss Medtech). 2006 Gründung des «Competence Center for Medical Technology» zum nachhaltigen Technologietransfer von Forschungsergebnissen in der Medizintechnik. Preise und Auszeichnungen: Autor und Erfinder von über 300 wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Patenten. Swiss Technology Award mit Medivision AG 1995, Maurice E. Müller Award for Excellence in Computer Assisted Surgery 2001. Seit 2013 Mitglied der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften.

**** ARTORG Center for Biomedical Engineering Research, Universität Bern, Murtenstrasse 50, 3008 Bern.

E-mail: stefan.weber@artorg.unibe.ch
http://www.artorg.unibe.ch/research/igt/index_eng.html

ORCID 0000-0002-0395-7102



Stefan Weber, Dr.-Ing., ist ordentlicher Professor und Direktor des ARTORG Center for Biomedical Engineering Research der Universität Bern. Geboren 1972 in Erfurt, Studium an der Technischen Universität Ilmenau zum Dipl.-Ing. Automatisierung und Robotik. 1999 als Fulbright Stipendiat an der

University of Southern California, Los Angeles USA. Promotion 2004 an der Humboldt Universität zu Berlin über medizinische Visualisierungsverfahren. 2005–2008 Zeit als Gruppenleiter und Vize-Direktor des Zentralinstitutes für Medizintechnik der Technischen Universität München. 2008 erfolgte der Ruf an die Universität Bern, Assistenzprofessur für Implantationstechnologie, 2012 Ordinariat und Berufung auf den Lehrstuhl für bildgestützte medizinische Verfahren.

Forschungsschwerpunkte: Bildgestützte, robotische Verfahren in der Chirurgie mit Schwerpunkt HNO- und Leberchirurgie, mit Ziel der erfolgreichen Einführung disruptiver Technologien in die klinische Anwendung und damit einhergehende Paradigmenwechsel in den Behandlungsmöglichkeiten. Etablierung neuer Verfahren in der Klinik im Bereich onkologischer Interventionen in der Leber und bei der robotischen Cochlear-Implantation. Kommerzielle Aktivitäten: CAS-One IR™, Otoplan™ und HEARO™ sind Medizintechnologien, die aus dem ARTORG hervorgegangen sind und durch CAScination AG weiterentwickelt, produziert und vertrieben werden. Aktive Unterstützung von Neuausgründungen vom ARTORG und der Universität Bern in den Bereichen Medizintechnik, Diagnostik und künstlicher Intelligenz.

Preise und Auszeichnungen: Autor und Erfinder von über 100 wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Patenten. Präsident der deutschsprachigen Gesellschaft für computer- und robotergestützte Chirurgie (CURAC) und Mitglied des IEEE. Finalist The Hamlyn Symposium – Surgical Robotic Challenge 2018, Gewinner CTI Medtech Award Switzerland mit CAScination AG 2013, Gewinner Ypsomed Innovationspreis des Ypsomed Innovationsfonds mit CAScination AG 2013, Gewinner Ypsomed Innovationspreis des Ypsomed Innovationsfonds mit CAScination AG 2010.

2. Entwicklung der Schweizer Forschung

Das Thema Medizinrobotik spielt heute in der Schweizer Wissenschaft und Forschung sowie in der Industrie eine beachtliche Rolle und ist Ergebnis vieler wissenschaftlicher Großprojekte der letzten zwanzig Jahre. Insbesondere das von 2001 bis 2013 etablierte Nationale Kompetenzzentrum «Computergestützte und bildgeführte medizinische Eingriffe»¹ hat dazu beigetragen, dass sich die Schweizer Medizinrobotikforschung entfalten und international etablieren konnte. Daneben bewirken und bewirkten Förderprogramme wie NanoTera² oder Bridge³, dass viele neuartige wissenschaftliche Ansätze und Ideen ihren Weg aus der Forschung in die Klinik und teilweise auch in eine kommerzielle Nutzung fanden. Seit 2010 beschäftigt sich auch das Nationale Kompetenzzentrum Robotik (NCCR Robotics⁴) mit Robotertechnologien für die Verbesserung therapeutischer Ansätze in der Reharobotik.

Diese Forschungsinitiativen haben anschaulich aufgezeigt, dass Innovationsimpulse in der Medizinrobotik regelmässig aus relevanten und ungelösten klinischen Herausforderungen entstehen. Nur durch eine gemeinsame Zusammenarbeit technischer Forscher mit klinischen Experten können benutzbare und nachhaltige Lösungen entwickelt und tatsächlich umgesetzt werden.

Aus dieser Grundlagenforschung in der Schweiz ist ausserdem eine umfangreiche und nachhaltige Gründerszene rund um das Thema Medizinrobotik entstanden. Diese Firmenneugründungen versuchen die Entwicklungen in neue Produkte und Dienstleistungen zu überführen und tragen damit zur künftigen Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Medizintechnikindustrie bei (CAscination AG, DistalMotion AG, Ophthorobotics AG).

Eine bedeutende Rolle in der Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte und Verfahren spielt seit vielen Jahren die föderale Innovationsagentur Innosuisse (www.innosuisse.ch) – früher bekannt als Kommission für Technologie und Innovation (KTI) – mit ihren verschiedenen Förderinstrumenten. Dazu gehören einerseits die unbürokratische Förderung und flexible Handhabung von zukunftssträchtigen Entwicklungen im Rahmen von F&E Projekten, andererseits mit erfolgreich etablierten Strukturen die Start-up Hilfe für jene Jungunternehmer, die Fachkompetenz und unternehmerischen

Geist mitbringen, um mit ihren Ideen den Schritt in den Markt zu wagen. Dies lässt sich exemplarisch am Nationalen Forschungszentrum Co-Me ablesen, welches in mehr als 40 KTI F&E Projekte mit industriellen Partnern mündete und KTI Start-up Förderung für mehr als 20 Jungunternehmen erhielt, womit mehrere hundert hochqualifizierte Arbeitsplätze nachhaltig geschaffen werden konnten.

3. Roboter für chirurgische Eingriffe und Interventionen

Grundsätzlich sollen chirurgische Roboter präzisere und schnellere Eingriffe durch Kompensation der Einschränkungen menschlicher Sinne und der begrenzten Manipulationsfähigkeiten von Händen und Fingern ermöglichen. Gleichzeitig sollen Nebenwirkungen für den Patienten reduziert und eine schnellere Genesung des Patienten erreicht werden.

Eine mögliche Klassifizierung von chirurgisch-interventionellen Medizinrobotern ist die Unterteilung in interaktive Telemanipulations- und programmierbare Instrumentenpositioniersysteme. Interaktive Telemanipulatoren ermöglichen eine joystickbasierte Steuerung von laparoskopischen Instrumenten wie das zuvor erwähnte daVinci System in der Schlüssellochchirurgie oder die gezielte räumliche Steuerung von Führungsdrähten zur Ablage von Gefässkathetern an beliebigen Stellen im Körper (Magellan). Programmierbare Roboter für die Instrumentenpositionierung realisieren in 3D Bildern (CT oder MRI) geplante chirurgische Aktivitäten wie Bohren oder Fräsen am Zielobjekt form- und lagegetreu. Dabei führen die Roboter die Instrumente selber, (RoboDoc, Hearo) oder werden durch den Arzt bewegt und nur an den Arbeitsraumgrenzen gestoppt (Mako) oder stellen als «Hülshalter» die exakte räumliche Ausrichtung eines ansonsten durch den Arzt bedienten und geführten Instrumentes sicher (Rosa Medtech).

Die in der Klinik aktuell eingesetzten Systeme unterstehen dabei immer der vollständigen Kontrolle des Operateurs. Chirurgen, Technologen, Zulassungsverfahren und Patienten haben bisher nur robotische Systeme akzeptiert, die entweder eine Verlängerung oder Erweiterung der menschlichen Handhabe sind oder den Arbeitsraum des Chirurgen um einen «unermüdbaren Arm» oder einen «geschärften Blick» erweitern.

Dieser technologische *Status quo* steht derzeit zur Debatte. Erhöhte Rechenkapazitäten, Entwicklungen bei Sensortechnologien und Fortschritte in den Herstellungsverfahren machen es möglich, robotische Systeme und damit Behandlungsverfahren anzuden-

¹ <http://www.snf.ch/en/researchinFocus/nccr/nccr-co-me> (2. April 2019)

² <http://www.nano-tera.ch> (2. April 2019)

³ <http://www.snf.ch/en/funding/programmes/bridge/Pages/default.aspx> (2. April 2019)

⁴ <https://nccr-robotics.ch> (2. April 2019)

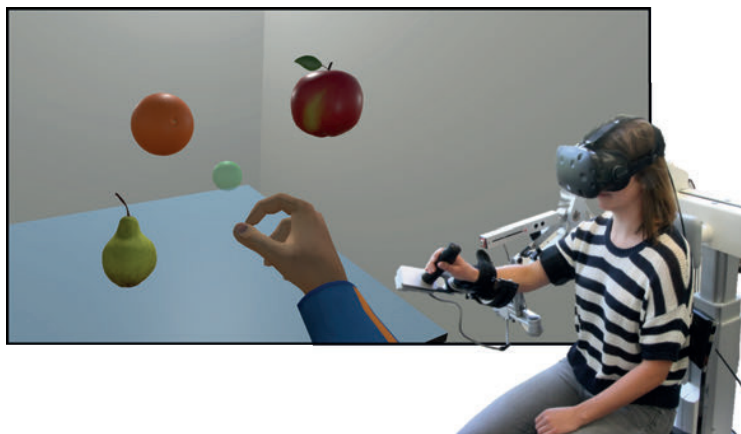


Abb. 1. Armtherapie mit dem Armtrainer Armeo[®]Spring (Hocoma, Schweiz). Der Benutzer interagiert zu Trainingszwecken mit virtuellen Objekten, welche über eine Videosichtbrille (HTC Vive, USA) dargestellt werden.

ken und zu entwickeln, die durch den menschlichen Arzt gar nicht durchführbar wären. Beispielsweise können miniaturisierte robotische Systeme ange-dacht werden, die sich teilautonom durch flüssiges Medium (Blut, Augenwasser) zu einem Ziel bewegen, um dort eine Aktivität zu verrichten, wie beispielsweise ein Medikament abzugeben (Kim *et al.*, 2016).

In unserer eigenen Forschung haben wir uns viele Jahre mit einem ganz anderen Beispiel für eine höher-automatisierte robotische Lösung zur Anwendung bei Hörgeräteimplantationen beschäftigt (siehe Bild 2). Hierbei besteht das System aus einer speziellen Planungssoftware, einem optischen Positionsmesssystem (ähnlich eines GPS Navigationssystem) und einem robotischen Bohrsystem (serielle Kinematik mit 5 Freiheitsgraden). Damit kann der HNO-Chirurg mit einem Bohrer (1.8 mm Durchmesser) direkt von der Schädelaußenseite (hinter dem Ohr) bis zum Innenohr (der Cochlea/Hörschnecke) bohren, um anschliessend die Elektrode des Hörimplantats in die Cochlea einzuführen.

Unser robotisches Bohrsystem ermöglicht eine absolute Bohrgenauigkeit von unter 0.3 mm. Dazu müssen vor dem Eingriff vier kleine Titan-Schrauben hinter dem Ohr in den Knochen eingebracht werden. Danach wird der Patient im CT gescannt und aus den Bildern werden die anatomischen Strukturen mittels einer Software extrahiert und dreidimensional modelliert. Ausserdem wird der Verlauf des Bohrtunnels definiert. Anschliessend kann die Bohrung durch den Roboter realisiert werden. Insbesondere während des Bohrens in der Nähe des Gesichtsnervs, der im Schädel verläuft, agieren mehrere voneinander unabhängige Sicherheitssysteme. So wird mittels elektrischer Stimulationen geprüft, ob die Bohrung in einer sicheren Entfernung zum Gesichtsnerv verläuft und falls erforderlich, kann der Roboter gestoppt werden. Ausserdem wird beim Bohren die Bohrkraft

kontinuierlich gemessen und mit den verfügbaren Dichteinformationen aus dem CT abgeglichen um zu prüfen, ob der Roboter auf dem geometrisch exakten Weg ist. Ist der Bohrvorgang abgeschlossen, werden die Referenzschrauben wieder entfernt, das Cochleaimplantat eingesetzt und der Hautschnitt vernäht. Ein derartiger Eingriff mit nur einer kleinen Bohrung direkt in die Cochlea, die extrem nahe an Nerven vorbeiführt, kann nicht durch einen Menschen, auch nicht unter Verwendung von derzeit verfügbaren Hilfsmitteln, wie z.B. Mikroskopen, realisiert werden (Weber *et al.*, 2017).

Es wird ausserdem erwartet, dass Methoden des maschinellen Lernens auf die künftige Entwicklung von Medizinrobotern Einfluss nehmen werden. So könnten Algorithmen in Kamerabildern (von Mikroskopen oder Endoskopen) vollautomatisch anatomische Strukturen erkennen und dreidimensional modellieren. Es ist rasch erkennbar, dass darauf basierend eine (automatische) Steuerung von Medizinrobotern denkbar ist. Die automatische Bestimmung von Instrumentenpositionen in endoskopischen Bilddaten kann zur Entwicklung geschlossener Regelkreise videogesteuerter Roboter herangezogen werden (Du *et al.*, 2018). Mit derartigen Ansätzen können kamerateuerte teilautonome Roboter im Tiermodell bereits chirurgische Nähte platzieren (Shademan *et al.*, 2016).

4. Robotiksysteme für die Neurorehabilitation

In der Rehabilitation von Patienten mit Verletzungen des zentralen Nervensystems (Schlaganfall, Schädel-Hirntrauma, Querschnittlähmung), insbesondere beim Training der motorischen Fähigkeiten, haben sich intensive, physiotherapeutische Behandlungsmethoden als bemerkenswert effektiv erwiesen. Diese Methoden können vor allem die neurologischen Ausfälle durch häufige und intensive Übungssequenzen verringern und das Wiedererlernen der verlorenen Fertigkeiten ermöglichen (Kwakkel *et al.*, 2004; French *et al.*, 2016). Mit dem Ziel die Dauer und die Intensität der Therapie weiter zu erhöhen, verwenden heute viele Therapeuten Rehabilitationsroboter für die unteren und die oberen Extremitäten als Ergänzung zur manuellen Therapie. Insbesondere bei der Gangtherapie vereinfachen Gangroboter die körperlich anstrengende manuelle Arbeit der Therapeuten und ermöglichen intensivere und längere Therapiesequenzen.

Bei der roboterunterstützten Therapie nach Schlaganfall wird zum Beispiel die Bewegung des betroffenen Arms und der Hand des Patienten von dem Therapieroboter unterstützt. Der Patient blickt dabei auf

ein grafisches Display (z.B. Computermonitor, Virtual Reality Brillen), auf dem alltagsrelevanten Aufgaben virtuell dargestellt werden (z.B. Kochen, Zähne putzen). Kraft- und Bewegungssensoren messen dabei die Aktivität des Patienten und unterstützen den Patienten bei der Bewegungsausführung. Verschiedene Unterstützungsparadigmen sind möglich (z.B. «full guidance», «assist-as-needed»). In randomisierten Studien konnte gezeigt werden, dass die Robototherapie im Vergleich zur traditionellen manuellen Therapie ähnliche oder leicht bessere Effekte zeigt (Klamroth-Marganska et al., 2014; Mehrholz et al., 2017).

Die Vermutung liegt nahe, dass die heutigen Unterstützungsparadigmen sub-optimal sind und dass mit patientenspezifischen Trainings die Therapieeffekte weiter gesteigert werden können. Daher konzentriert sich unsere Forschung auf neue patientenspezifische Strategien, bei denen der Therapieroboter die Schwierigkeit des Trainings an die individuellen Bedürfnisse des Patienten anpasst. Abhängig von der Bewegungsaufgabe, den Fähigkeiten und dem Alter des Patienten vergrößert oder verkleinert der Roboter den Bewegungsfehler. Durch Verstärkung von Bewegungsfehlern werden Patienten dazu motiviert, ihre Bewegungen weiter zu verbessern (Marchal-Crespo et al., 2014). Ebenfalls erforscht das Team wie neue Technologien der virtuellen und augmentierten Realität verwendet werden können, um die Trainingseinheiten noch besser auf die Alltagssituation replizieren zu können. Die Nutzung von virtuellen Übungsvideos, die dem Patienten über eine Videobrille eingespeist werden, können die Grundlage der Übungen bilden, wie zum Beispiel das Greifen eines bekannten Objektes wie eines Apfels oder einer Orange (siehe Bild 1). So kann die Motorplastizität des Gehirnes zur Neuausbildung der verlorenen Gehirnfunktionen genutzt werden. Durch die Entwicklung von Trainingsprogrammen, die sowohl individuell abgestimmt sind als auch durch eine «closed-loop» Strategie das Training nach jeder Runde anpassen können, können eine Bandbreite an Patienten mit denselben Robotern arbeiten. Dies wird Rehabilitationsroboter kostengünstiger und effektiver machen und die bereits in den Kliniken vorhandenen Rehabilitationsroboter optimal zum Nutzen der Patienten auslasten.

5. Berufsbild – Ingenieur für Medizinrobotik

Es reicht heute nicht mehr als Ingenieur mathematisch-wissenschaftlich und technische Fächer in Theorie und Praxis zu beherrschen. Medizintechnik Ingenieure müssen für ihre Arbeit ein immer tieferes Verständnis vom Aufbau des menschlichen Körpers, dessen Funktionsweise und vorhandener Krankheitsbilder entwickeln. Darauf aufbauend ist ein tieferge-



Abb.2. Die weltweit erste robotische Cochlea-Implantation im Inselspital, Universität Bern, durchgeführt vom Team der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, Kopf- und Halschirurgie unter der Leitung von Prof. Dr. Marco Caversaccio mit dem von der IGT-Gruppe am ARTORG entwickelten Cochlea-Roboter.

hendes Verständnis der verfügbaren diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten zusammen mit deren immanenten Vorteilen und Nachteilen erforderlich. Nur auf der Basis umfangreichen medizinischen Fachwissens kann ein Ingenieur gemeinsam mit beteiligten Klinikern neue Behandlungsmethoden entwickeln, die signifikante Vorteile hinsichtlich Wirksamkeit, Sicherheit und Kosteneffektivität haben. In unserer Doktorandenausbildung nutzen wir dazu das Bild des Turing-Tests⁵. Die Doktoranden sollten gegen Ende ihres Projektes in der Lage sein, mit einem Kliniker ein medizinisches Fachgespräch (im Dissertationsthema) zu führen, ohne dass der Kliniker sofort merkt, dass er mit einem Ingenieur spricht. Dieser Anspruch soll aufzeigen wie umfangreich klinisches Wissen bei einem Ingenieurwissenschaftler sein muss, um disruptive Lösungen erarbeiten zu können.

Darüber hinaus ist ein hohes Kompetenzniveau auch bei regulatorischen Anforderungen (Medizinprodukt-richtlinie MDR, FDA, Qualitätsmanagement), technischen Normenforderungen und Standardisierungen (z.B. technische Sicherheit, Biokompatibilität, Sterilität, Datensicherheit, funktionelle Sicherheit) sowie bei der Organisation, Durchführung und Auswertung von klinischen Studien (Medizinstatistik, Ethik, Studienmethodik) zwingend.

In der Summe muss ein technisches Expertenteam in der Lage sein, den hochvariablen Ablauf eines

⁵ <https://de.wikipedia.org/wiki/Turing-Test> (2. April 2019)

chirurgischen Eingriffes in ein möglichst mächtiges Prozessmodell zu übersetzen, um darauf basierend einen technischen Algorithmus in Form von Hardware und Software zu synthetisieren, der die Grundlage eines Medizinproduktes bildet.

Der Master-Studiengang Medizintechnik der Universität Bern ist in seiner Anbindung an eine medizinische Fakultät einzigartig und der Umfang medizinisch orientierter Lehrveranstaltung überdurchschnittlich. Die Ausbildung zukünftiger Medizintechnik-Ingenieure ist auf die Vermittlung umfangreichen klinisch-medizinischen Wissens in verschiedenen technischen Bereichen (Implantate, muskuloskeletales System und bildgestützte Technologien) ausgerichtet. Zusammen mit dem entsprechenden Doktoratsprogramm am ARTORG Zentrum der Universität Bern sowie dem Studiengang «MAS/DAS/CAS in Translation and Entrepreneurship in Medicine» des Schweizer Instituts für Translation und Unternehmertum SITEM⁶ werden hier Ingenieure ausgebildet, die nicht nur technisch auf der Höhe der Zeit sind.

6. Ausblick

Obwohl allgemein davon ausgegangen wird, dass das Potential der Medizinrobotik erheblich ist und diese

⁶ <https://sitem-insel.ch/en/> (2. April 2019)

Technologie in der Zukunft der Medizin eine noch grössere Rolle spielen wird, ist es (fast) unmöglich, spezifischere Aussagen zu treffen. Aus Sicht der Forschung sind Themen rund um höhergradige Automatisierung von chirurgischen Robotern bis hin zu teilautonomen Systemen denkbar, die mit Hilfe von Methoden des maschinellen Lernens implementiert werden können.

Allgemein trägt der vorhandene technische Fortschritt zu einer immer höheren Integration von Sensor- und Antriebstechnologien, erhöhten Echtzeit-Rechenkapazitäten und Verfügbarkeit neuartiger Produktionsverfahren (3D-Druck etc.) bei. Hochspezifische Robotiklösungen können dann auch bei den in der Medizintechnik erwartbar geringen Stückzahlen (um den Faktor 102) kosteneffektiv realisiert werden.

Eine Reihe von Schweizer Firmen (siehe oben) versucht aktuell mit disruptiven Robotiklösungen den aufwendigen und langwierigen Weg in den Medizintechnikmarkt zu gehen. Darüber hinaus wird es für die Schweizer Medizintechnikbranche interessant sein als Zulieferer an der zu erwartenden Wertschöpfung zu partizipieren und die vorhandenen Kompetenzen (Instrumententechnik, Steuerungs- und Regelungstechnik, Bildverarbeitung) einzubringen. ■

Literatur

- Du, X. et al. (2018) 'Articulated Multi-Instrument 2-D Pose Estimation Using Fully Convolutional Networks', *IEEE transactions on medical imaging*, 37(5), pp. 1276–1287. doi: [10.1109/TMI.2017.2787672](https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2787672).
- French, B. et al. (2016) 'Repetitive task training for improving functional ability after stroke', *The Cochrane database of systematic reviews*. England, 11, p. CD006073. doi: [10.1002/14651858.CD006073.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD006073.pub3).
- Kim, S. et al. (2016) 'Fabrication and Manipulation of Ciliary Microrobots with Non-reciprocal Magnetic Actuation', *Scientific Reports*. The Author(s), 6, p. 30713. Available at: <https://doi.org/10.1038/srep30713>.
- Klamroth-Marganska, V. et al. (2014) 'Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial', *The Lancet. Neurology*. England, 13(2), pp. 159–166. doi: [10.1016/S1474-4422\(13\)70305-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70305-3).
- Kwakkel, G. et al. (2004) 'Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis', *Stroke*. United States, 35(11), pp. 2529–2539. doi: [10.1161/01.STR.0000143153.76460.7d](https://doi.org/10.1161/01.STR.0000143153.76460.7d).
- Marchal-Crespo, L. et al. (2014) 'Learning a locomotor task: with or without errors?', *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. England, 11, p. 25. doi: [10.1186/1743-0003-11-25](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-25).
- Mehrholz, J. et al. (2017) 'Is body-weight-supported treadmill training or robotic-assisted gait training superior to overground gait training and other forms of physiotherapy in people with spinal cord injury? A systematic review', *Spinal cord*. England, 55(8), pp. 722–729. doi: [10.1038/sc.2017.31](https://doi.org/10.1038/sc.2017.31).
- Shademan, A. et al. (2016) 'Supervised autonomous robotic soft tissue surgery', *Science Translational Medicine*, 8(337), p. 337ra64 LP-337ra64. doi: [10.1126/scitranslmed.aad9398](https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aad9398).
- Weber, S. et al. (2017) 'Instrument flight to the inner ear', *Science Robotics*, 2(4). Available at: <http://robotics.sciencemag.org/content/2/4/eaal4916.abstract>.

Cyberdéfense et sécurité digitale: Sommes-nous à l'abri?

Mehdi Snene*

1. Introduction

L'année 2019 a débuté avec une vague de cyberattaque qui a ciblé majoritairement l'Europe et en particulier les grands groupes européens. L'avionneur Airbus s'est fait subtiliser une masse informationnelle de son personnel opérant via une porte dérobée située chez un de ses sous-traitants qui était moins sécurisé que le système d'information interne d'Airbus. L'attaque présentée comme l'œuvre du groupe APT10 appartenant «au conditionnel» à l'armée cybernétique populaire de Chine visait selon les premières conclusions de l'enquête les secrets industriels de fabrication de l'avionneur Européen. Une observation attentive des données dérobées et des moyens mis en œuvre pour orchestrer l'attaque ne semble pourtant pas étayer ces premières conclusions. Au vu de l'effort et des montants engagés pour la mise en place de l'attaque, il serait plus opportun de statuer sur l'importance des données pour la mise en place tactique d'une seconde manche d'attaque plus redoutable basée sur une approche de «social engineering». Cette approche basée sur la soustraction directe des informations en mode sociale, nécessite que se joignent différents champs d'études allant de la sociologie, psychologie, informatique à l'électronique.

Ce modèle d'espionnage par infiltration est devenu un «modus operandi» perfectionné et répandu. Utilisé durant la première décennie par les «internet lovers», ce mode d'approche s'est professionnalisé et militarisé pour devenir l'approche de référence utilisée lors de la préparation d'attaque d'infiltration ou même de piratage directe. En reconstituant la liste du personnel, il devient plus évident de détecter les failles humaines internes à l'entreprise, déterminer les modes d'approches adéquats, et travailler la cible au corps. Pour un gouvernement, détecter ce genre de faille humaine en interne doit se faire en mode continu et surtout avant que cette cible ne soit listée par des attaquants malintentionnés. Toute la problématique de la cyberdéfense prend alors une dimension exponentielle en terme de complexité car rien ne sert de s'équiper des meilleurs dispositifs de sécurité si on finit par ouvrir la porte à notre insu aux assaillants. L'Allemagne vient d'en faire l'amer expérience avec un vol massif de données appartenant à des acteurs politiques, au gouvernement fédéral et à différents partis politiques, une attaque perpétrée par un jeune allemand de 20 ans vivant encore chez ses parents et entièrement mis en place à partir de sa

chambre et non pas la Russie ou la Chine tel qu'annoncé au début.

Avec l'augmentation du nombre de dispositifs mobiles utilisés en entreprise, et avec elle la quantité de données qui transitent entre les différents points d'entrée des systèmes d'information, assurer la sécurité informatique, surtout des infrastructures critiques, se complexifie de jour en jour et requiert une constante évaluation et détection des risques. La robotisation croissante des entreprises entrainera la même problématique de sécurité qu'ont connu les entreprises avec l'adoption massive des systèmes numériques et des réseaux ouverts. Ces systèmes n'étaient presque jamais conçus en considérant l'aspect sécurité imbriquée mais étaient souvent sécurisés au fur et à mesure de la détection des failles ou après avoir subi des cyberattaques ce qui les rendaient systématiquement vulnérables face à toute nouvelle découverte de brèche. Ce retard en sécurité a entraîné un accroissement rapide des attaques et des dégâts occasionnés. La robotisation connaît également un modèle de conception et de développement qui ne prend pas ou pas assez l'aspect sécurité comme élément fonctionnel essentiel pour ces plateformes robotiques. Ces dernières années, des voitures autonomes, plateformes robotisées des centrales nucléaires, drones et même des jouets robots se sont fait pirater. Tous ces objets peuvent devenir potentiellement dangereux tant au niveau confidentiel avec la divulgation de données que fonctionnel avec une utilisation non conventionnelle.

Malgré tous les efforts pour sécuriser nos infrastructures informatique et robotique, des failles persistent à tous les niveaux humains, hardwares, softwares

* Université de Genève, Battelle Bat A, Route de Drize 7, 1227 Carouge.

E-mail: mehdi.snene@unige.ch



Mehdi Snene, Maître d'Enseignement et de Recherche, Centre Universitaire d'Informatique de l'Université de Genève. Ancien Auditeur de sécurité Informatique dans des institutions Financières et fondateur de l'Observatoire Suisse de Cyberdéfense. Il enseigne la sécurité des Systèmes d'information et la gestion de cyber risque à l'Université de Genève. Il a dirigé plusieurs missions d'Ethical hack pour des entreprises et des organismes suisses.

et fonctionnels et ça risque d'empirer rapidement. Mais pourquoi devons-nous nous attendre à une déferlante d'attaques de plus en plus destructrices et facile à mettre en œuvre et comment construire une approche de cyberdéfense anticipative?

2. La prolifération d'infrastructures tactiques de cyberattaque

Le cours du Bitcoin s'est effondré subitement fin 2017 après avoir atteint un sommet historique avoisinant les 20000 USD. Les annonces de plusieurs groupes financiers de l'intégration de la cybermonnaie dans leurs stratégies d'investissement étaient généralement accompagnées d'une prolifération de ferme de minage de travers le monde. 70% des fermes de minage sont en Chine et la plus grande ferme est en Russie. Les coûts de minage et d'investissement initial pour la mise en place de cette infrastructure ne sont que partiellement couverts par le nombre de bitcoin généré au vu de leur prix actuel. On estime que chaque bitcoin produit et vendu à moins de 3600 USD coûte en moyenne aujourd'hui 4700 USD. Il n'est clairement pas ou peu profitable de continuer à produire mais malgré ça nombre de ces fermes continuent à se développer à travers le monde fournissant une puissance de calcul totalement mise en réseau et partagée.

Mais pourquoi parle-t-on du Bitcoin dans le contexte de cyber défense? Simplement parce que derrière les bitcoins, l'infrastructure technique qui exploite la technologie Blockchain est une infrastructure de pointe assurant une puissance de calcul basée essentiellement sur des processeurs de cartes graphiques qui rivalisent avec les plus grandes infrastructures d'hypercomputing qui existent aujourd'hui. Ces fermes de minage attirent aujourd'hui plusieurs intérêts géostratégiques et ont favorisé l'apparition d'un partenariat inédit PPP (« Private Public Partnership ») entre les détenteurs de ces fermes et les Etats qui les hébergent. En effet, ce genre d'infrastructure représente une infrastructure facilement exploitable pour mener une cyberattaque de différents types (« Distributed Deny of Service, DDoS », « Brute Force », ...). Ce genre d'attaque qui se basait jusque-là sur les réseaux dormants (machine zombie infectée par un virus ou un cheval de Troie à l'insu de son propriétaire et réquisitionnée au moment de l'attaque) possède dès lors une infrastructure largement supérieure en terme de puissance de calcul que les réseaux dormants. L'esquisse de différents scénarios d'attaque DDoS futures est facilement imaginable: une attaque de plateforme de vote électronique le jour d'une votation, l'attaque d'un système financier le jour d'une annonce majeure, d'infrastructure d'urgence (Hôpital, PC de gestion de crise...) et finalement des attaques de types commer-

ciales (ciblant prioritairement les entreprises dont le « front end » est entièrement digitale tel que Easyjet ou les banques sur internet). Microsoft a ainsi mis en garde l'Union européenne contre une recrudescence de cyberattaques, notamment russes, après avoir détecté une série de tentatives de piratage à quelques mois des élections européennes (03-03-2019).

3. La déstabilisation informationnelle

La désinformation a récemment atteint des sommets en Inde et représente une menace pour les législatives prévues du 11 avril au 19 mai selon son gouvernement. Les principales plateformes de réseaux sociaux – Facebook, WhatsApp, Twitter, Google et Share Chat se sont engagées à ne diffuser que les publicités politiques déjà validées par la Commission électorale. Cette mesure de surveillance et d'encadrement pour la diffusion d'information vise principalement les sources classiques de diffusion (les partis politiques, les candidats aux élections) et vise à contrôler le message diffusé par voie publicitaire. La compréhension du phénomène de « fake news » et par ricochet de l'ingérence de tiers (pays étrangers, candidat adverse, lobby...) dans la perception des électeurs est totalement faussée par le gouvernement indien et nécessite une plus ample investigation. Peut-on réellement limiter la propagation des « hoax » (l'ancienne nomenclature utilisée pour désigner les « fake news » et généralement utilisée dans la terminologie de sécurité informatique). Pour mieux cerner ce phénomène il faudra examiner le cycle de vie d'un hoax en spécifiant son émetteur, le message véhiculé et le groupe de destinataire. Les émetteurs ne sont que très peu visibles généralement et se cachent derrière des médians électroniques de très grande diffusion. Ils ne sont généralement pas ou très peu affiliés aux groupes politiques ou autres même s'ils en adoptent leurs thèses. Leur stratégie est en tout point semblable à des stratégies financières de « Pump and Dump ». Cette stratégie visait à propager une fausse information dans des groupes de larges audiences (ou par SPAM) annonçant des hausses spectaculaires attendues des prix de certaines actions sur les marchés financiers. Auparavant les annonceurs ont constitué un portefeuille de ces actions et au moment où les personnes touchées par le hoax commencent à affluer pour acheter les actions, le prix à la revente augmente et les annonceurs liquident leurs positions initiales. Ce schéma qui se répète aujourd'hui mais avec des fins géostratégiques, exploite en fait la même faille: la faille humaine et son raisonnement irrationnel.

Le plus dur dans cette stratégie était de déterminer le groupe récepteur du message. En effet, il faut que ce groupe ait les prédispositions ethniques, re-

ligieuses, financières et sociales pour être réceptive aux messages. Les grandes plateformes de diffusion numériques se sont chargées de développer des algorithmes de profilage disponible aux grands publics qui ne demandent finalement qu'à être utilisés pour une sélection ultra ciblée. Les recommandations des vidéos sur Youtube, des amis sur Facebook ou des articles qui peuvent vous intéresser sur Google sont devenus le socle de base de toute action de cyber désinformation qui vise un ensemble d'individus reliés par un trait commun aussi infime soit-il. Pire encore, une récente étude sociologique qui s'est intéressée de près à ces algorithmes a conclu que ce système de recommandations est le premier moyen d'isolement et de confrontation cognitive. En effet à force de se voir proposer que des informations (vidéos ou articles) qui correspondent à nos centres d'intérêt, la conviction que la terre est plate, que le vaccin est à l'origine de l'autisme et autres croyances ne font que s'amplifier vu que les groupes de personnes ne se verront proposer que des informations émanant de personnes qui partagent les mêmes croyances. Dès lors la notion de désinformation s'amplifie vu qu'on prive le groupe d'individus d'accéder facilement aux informations qui infirment leurs thèses ou informations erronées de départ. Appliqué à la géopolitique, une menace de désinformation électorale est certainement à prévoir dès lors que des intérêts économiques ou stratégiques peuvent être en jeu.

4. La Cyber Défense en Suisse

La Suisse vient de se doter de sa première école de cyberdéfense intégrée au sein de l'armée. Comparé aux 140 000 membres de l'APT10, un retard reste à combler rapidement afin d'assurer notre autonomie défensive en cas de guerre cybernétique. Malgré les

efforts croissants de formation en sécurité informatique et cyber défense en Suisse et ailleurs dans le monde, les attaques cybernétiques risquent fort probablement de s'intensifier et de venir perturber le déroulement des cycles démocratiques ordinaires. En effet, la différence entre les politiques de cyberdéfense menées en Europe et celles menées dans des pays tel que la Russie, la Turquie ou la Chine se situe au niveau de la mission stratégique confiée à leurs cyber armées. Au lieu de se contenter de se défendre, la plupart des grandes cyber armées sont en train de mener des attaques exhaustives parfois uniquement pour tester leurs capacités offensives et qui nous rappellent fortement les manœuvres tactiques qu'opéraient les armées conventionnelles. Dans cette perspective, et avec la panoplie d'attaque qui ne cesse d'augmenter, se préparer uniquement à se défendre sans prendre en considération la mise en place d'une stratégie de cyberdéfense tournée plutôt vers l'offensive et centrée humaine, cette défense risque de devenir rapidement obsolète et inefficace en cas d'une cyberattaque d'envergure.

Une première réflexion consistante pour l'établissement d'une politique de cyberdéfense qui conservera le principe de neutralité de la Suisse, serait de réaliser des attaques auto-immune. Le principe du «stress test» appliqué à la cyberdéfense et utilisé en environnement réel comme attaque auto-immune, permettra de rapidement déceler les failles internes et y remédier. La construction d'un «stress test cybernétique» nécessitera la mise en œuvre de cellules d'action composées d'architecture d'attaque qui permettra aussi d'imaginer la typologie et la composition des attaques futures. ■

Robots, empathie et émotions : Nouveaux défis des relations entre l'humain et la machine

Elise Gortchacow*

1. Introduction

Le concept de robot de compagnie, à traits humains, membre de la famille n'est pas nouveau. Depuis longtemps le cinéma, les livres et la télévision se sont emparés de ce sujet. Bien sûr nous avons conscience qu'il s'agissait là de science fiction. Mais est-ce vraiment encore le cas? Des robots ludiques sous formes de jouets sont ensuite apparus, en passant par le tamagushi puis le chien Sony Aibo, presque plus vraie nature. Puis sont arrivés les robots de compagnie à buts thérapeutiques ou de soulagement dans le milieu gériatrique. Ces robots n'avaient alors pas encore un aspect humain, mais plutôt animal. Ils n'étaient pas non plus destinés à la vente libre.

Aujourd'hui on trouve de plus en plus de robots humanoïdes, en vente libre, qui sont destinés à s'installer dans nos foyers pour remplir des tâches domestiques, garder nos enfants, servir de meilleur ami ou de compagnon sexuel. Dans une société qui se sent de plus en plus seule et de plus en plus individualiste avons-nous trouvé là une solution ou créé un problème supplémentaire? Quel impact sur l'être humain ou sur la société ces robots auront-ils? Qui et que se cache-t-il derrière ces machines équipées d'Intelligence Artificielle (IA) et qui se prétendent compatissantes, qui peuvent converser et nous reconforter? Pourquoi s'attache-t-on à ces machines? A quoi cela réduira-t-il nos relations humaines? Comment peut-

on armer la nouvelle génération face à cette mixité homme-machine? Où se situe la Suisse techniquement, culturellement et économiquement? Quelles sont les attentes des consommateurs et les intentions des fabricants? Quels sont les groupes cibles de ces robots? Sans parler de toutes les questions éthiques et légales que cela soulève, des déviances (violence, délits sexuels, etc.), manipulations, et de la définition de valeurs dans notre société. L'aspect philosophique de la problématique (aspect socio-psycho-culturel), l'impact de ces robots sur l'individu spécifiquement et la société en général, l'évaluation des chances et risques pour la Suisse ainsi que la situation actuelle et future de l'utilisation de tels robots dans notre pays sont des points qui devraient être étudiés afin d'appréhender au mieux la venue de ces robots.

2. Empathie, anthropomorphisme, émotions, sentiments et contagion émotionnelle

L'empathie et l'anthropomorphisme sont deux phénomènes propres à l'humain et jouent un rôle important dans notre rapport à l'autre, au monde extérieur.

L'empathie se définit par la capacité de se mettre à la place de l'autre, d'éprouver pour lui de la compassion, de comprendre ses sentiments et ses émotions ainsi que de percevoir ce qu'il ressent. Toute relation interpersonnelle est fondée sur l'empathie.

Il existe différents niveaux d'empathie: le premier est l'empathie affective ou émotionnelle. Il s'agit ici d'identifier les émotions d'autrui et les éprouver sans les confondre avec soi-même. Un enfant d'un an est capable de ce niveau d'empathie. Le deuxième est l'empathie cognitive. Celui-ci est l'aptitude à appréhender les croyances et les désirs de l'autre puis, à partir de cette base, à imaginer ses intentions et à anticiper ses comportements. Finalement, le dernier niveau est l'empathie altruiste, c'est-à-dire se mettre à la place de l'autre.¹

Quand on parle d'anthropomorphisme, on parle de «l'attribution de caractéristiques du comportement ou de la morphologie humaine à d'autres entités comme des dieux, des animaux, des objets, des phénomènes, voire des idées».² Nous avons, nous

* TA-SWISS, Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung
Brunngasse 36, 3011 Bern.

E-mail: elise.gortchacow@ta-swiss.ch
www.ta-swiss.ch



Elise Gortchacow, Ingénieure EPFL. Après des études de microtechnique à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (spécialisation biomécanique), et une année à la Technische Universität de Berlin en Medizintechnik, Elise Gortchacow a travaillé durant

7 ans dans un bureau d'ingénieur à Bern (Helbling Technik Bern AG) en tant qu'ingénieure de projet dans la section des appareils médicaux. Responsable de projet depuis juin 2015 chez TA-SWISS, elle est désormais en charge du lancement d'études sur des sujets technologiques portant à controverses tels que les robots simulant l'empathie, ainsi que l'organisation de projets participatifs citoyens sur des thématiques actuelles en relation avec la technologie et pouvant impacter la société.

¹ *Les robots face au défi de l'empathie*, Les ECHOS, septembre 2015.

² L'anthropomorphisme, définition Wikipedia.

humains, tendance à allouer des caractéristiques humaines à des objets, particulièrement si ceux-ci nous ressemblent (physiquement) et s'ils se meuvent.

Ces deux singularités de l'espèce humaine ont une influence et un impact très important dans notre relation aux robots dits «empathiques». En effet, une démonstration d'empathie, comme en sont capables ces robots (c'est-à-dire simuler de l'empathie, que ce soit physiquement ou par des sons), peut générer chez l'être humain des émotions au travers de l'anthropomorphisme dont nous faisons preuve. Une émotion est en effet une réaction psychologique et physique à une situation. Celle-ci se manifeste d'abord de manière interne puis externe. La tristesse, la joie, la tranquillité, la colère, la surprise, la peur ou la terreur sont des exemples d'émotions. Le sentiment quant à lui est «la composante de l'émotion qui implique les fonctions cognitives de l'organisme, la manière d'apprécier.»³ Être enjoué, heureux, touché, découragé ou encore révolté sont des exemples de sentiments.

La contagion émotionnelle ou contagion affective par contre est «le transfert des émotions d'une personne émettrice vers une personne réceptrice.»⁴ Il faut donc distinguer ce phénomène de l'empathie. En effet, on parle de contagion émotionnelle lorsque la personne réceptrice se met à la place de la personne émettrice et ressent par exemple sa tristesse ou sa joie en se sentant elle-même triste ou joyeuse, alors que lorsque l'on fait preuve d'empathie on se met à la place de l'autre en comprenant ses émotions sans forcément les ressentir.

Pour ce qui est des robots, comme il sera décrit plus en détails dans le prochain chapitre, ces derniers peuvent simuler l'empathie, avoir des comportements, des gestes (expressions faciales ou corporelles) ou émettre des sons qui imitent des émotions qui peuvent faire penser à des sentiments qu'ils éprouvent. Ils ne peuvent pas ressentir mais peuvent par contre analyser notre gestuelle, nos comportements et déduire l'état émotionnel dans lequel nous nous trouvons et ainsi répondre en conséquence. Toutes ces facultés peuvent développer alors chez son utilisateur de la contagion émotionnelle ou même de l'empathie, mais tout ceci évidemment ne sera qu'à sens unique.

3. Les robots simulant l'empathie et qui suscitent des émotions en bref et en Suisse

Les robots prétendument empathiques sont donc dotés de ce qu'on appelle la robotique affective dont la définition est la suivante: «La science de la recon-

naissance, de l'interprétation et de la simulation des émotions par la machine. [...] Cela rassemble plusieurs disciplines: l'informatique, la psychologie et les sciences cognitives.»⁵ Comme expliqué plus haut, les humains sont pourvus de trois types d'empathie: l'empathie affective, l'empathie cognitive et l'empathie altruiste. Les robots sont totalement dépourvus de cette troisième forme d'empathie. «Ils ont une empathie partielle, tronquée, à laquelle il manque l'essentiel de ce qui fait l'empathie chez l'être humain: le sens de la réciprocité et de la justice.»⁶

Alors que les premiers robots qui arrivent à simuler un comportement empathique ont été créés à des fins thérapeutiques (où ils ont d'ailleurs démontré et démontrent encore leur efficacité, par exemple auprès des enfants autistes), ils sont désormais disponibles sur le marché comme robots de compagnie.

Ils savent déjà reconnaître les visages, exprimer (ou plutôt simuler) des émotions, adapter leur comportement selon notre humeur et adapter leur personnalité, apprendre les cycles de vie de la maison, la garder et la surveiller, nous divertir, servir de partenaire sexuel, lire des histoires aux enfants et rappeler la prise de médicaments. Les trois caractéristiques propres à un robot de compagnie sont donc: Mesurer (détecter les expressions), Analyser (dresser un profil émotionnel ou psychologique), Transmettre (transmettre ce qui ressemble à des émotions en retour).⁷

Des études montrent que nous sommes capables de ressentir de l'empathie ou même des sentiments pour ces robots, semblables à ceux que nous éprouverions pour un humain. Ils peuvent soulever chez nous toutes sortes d'émotions. «L'imitation du vivant peut amener volontairement ou pas à prêter aux machines des caractéristiques humaines.»⁸ (Laurence Devillers)

Mais qu'est-ce qui les rend si aimables? Pourquoi développe-t-on de l'anthropomorphisme à leur égard? Tout d'abord, leur forme. Elle est généralement proche de l'animal, ou de l'humain. Puis le ton de leur voix, leur façon de se mouvoir, d'interagir. Tout est fait pour qu'on puisse les identifier à nous, à notre animal de compagnie. Plus un robot nous ressemble, plus les interactions sont faciles, mais pas trop tout de même car comme le dit Masahiro Mori, roboticien spécialisé dans les réponses émotionnelles des entités non-humaines, cela nous met mal à l'aise et nous fait basculer dans la «vallée de l'étrange».

⁵ *L'informatique affective, ou la naissance des robots sociaux*, ECHOSCIENCES-Grenoble, septembre 2016.

⁶ Serge Tisseron, *les robots empathiques*, culture mobile, octobre 2015.

⁷ Ibid.

⁸ *Les robots face au défi de l'empathie*, Les ECHOS, septembre 2015.

³ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sentiment>

⁴ https://fr.wikipedia.org/wiki/Contagion_%C3%A9motionnelle

La liste ci-dessous représente quelques robots technologiquement très avancés que l'on trouve actuellement sur le marché:

- Le robot Pepper qui a été conçu pour tenir compagnie aux personnes seules ou simplement faire partie d'un foyer. Son constructeur, SoftBank Robotics, le décrit comme un robot qui a du cœur. Doté d'intelligence artificielle, il est capable de reconnaître les principales émotions humaines et d'adapter son comportement en fonction de l'humeur de son interlocuteur.
- Le robot Nao, du même constructeur, est aussi un robot de compagnie. Il est spécialement utilisé avec les enfants autistes mais peut aussi très bien simplement faire partie d'un foyer.
- La nouvelle génération du chien Aibo, dont Sony, son constructeur, prétend qu'il peut créer un lien émotionnel avec son propriétaire en apportant de l'amour et de l'affection.
- Le robot Azuma Hikari se présente un peu sous une autre forme de robots empathiques. Il s'agit ici d'un hologramme représentant une femme. Son concepteur, Gatebox, vente le fait que son utilisateur peut « profiter des avantages de la vie commune tout en conservant sa liberté ». L'hologramme envoie des messages toute la journée à son utilisateur, lui fait la conversation et l'attend le soir en s'adressant à lui avec le doux nom de « maître ».
- Le robot Harmony conçu par Realbotix est quant à lui un robot sexuel intelligent. Cette partenaire sexuelle est capable de faire rire son utilisateur, connaît ses préférences cinématographiques et culinaires et est aussi lavable en machine. Elle serait la compagne dont on a toujours rêvé. L'approche du sujet des robots sexuels devra d'ailleurs être bien défini dans cette étude.

Le marché de robots de ce genre est un marché en expansion. De nombreux autres types de robots similaires à la liste présentée ci-dessus existent et sont créés et mis sur le marché régulièrement.

En Suisse, il est possible de se procurer par exemple les robots Nao et Pepper. Ce dernier coûte 1800 euros plus 340 euros de location mensuelle pour les frais de mises à jour, d'applications et d'assurances. D'autres robots moins i-Tech mais qui rentrent tout de même dans la catégorie de robots de compagnie sont disponibles sur des sites suisses grand public (Galaxus.ch) comme par exemple l'humanoïde Alpha 1 Pro d'Ubtech (600 chf) ou le Darwin Mini de Robotis (650 chf). Les robots sexuels intelligents sont quant à eux disponibles sur Amazon pour des prix variant de 2000 euros à 4000 euros et livrables en Suisse.

De par leur prix élevé et compte tenu de l'héritage culturel occidental, ces robots très perfectionnés ne sont pour l'instant pas encore rentrés dans beaucoup de foyers helvétiques contrairement au Japon, et sont chez nous plutôt utilisés pour le travail avec des enfants ou des malades. Il est vrai que la culture européenne est moins ouverte à l'utilisation de robots domestiques ou de compagnie que dans la culture asiatique et japonaise en particulier. Nous avons plutôt une image négative de ses humanoïdes qui parlent et se meuvent, de par les histoires fantastiques où les robots incarnaient les personnages maléfiques. Au Japon la culture est effectivement différente: un robot est considéré comme sympathique, amical et ludique. Les esprits sont cependant en train de changer et nous sommes de plus en plus ouverts à l'utilisation de tels engins. Ceci vient peut-être aussi du fait que notre société se sent de plus en plus seule et devient de plus en plus impersonnelle. En Suisse, on considère que plus d'un tiers de la population souffre de solitude.⁹ Voilà peut-être de quoi booster le marché des robots soi-disant empathiques. Aux Etats-Unis on estime qu'en 2020, un américain sur 10 aura un robot de compagnie chez lui¹⁰. Faire un état des lieux de la situation actuelle et future concernant l'acceptation et la consommation de ces robots en Suisse ainsi qu'une cartographie des groupes cibles qui seront le plus amenés à vivre avec des robots (volontairement ou non), sans oublier l'aspect culturel et économique dans le paysage helvétique devraient aussi constituer une partie de cette étude.

Ce phénomène fait couler actuellement beaucoup d'encre, que ce soit dans les grands et petits journaux helvétiques, mais aussi sur les sites internet. Jusqu'en novembre 2018 a eu lieu l'exposition « Hello Robot » à Winterthur au Gewerbemuseum, avec la participation de Migros-Kulturprozent. Au niveau de la recherche suisse, des algorithmes qui permettent de reconnaître des émotions sortent déjà de laboratoires tels que l'institut HUMAN-IST de l'université de Fribourg dirigé par le Professeur Denis Lalanne, ou encore du LIDIAP à l'EPFL de par les recherches de Daniel Gatica Perez. A Genève, le laboratoire MIRALab dirigé par la Professeure Nadia Magnenat Thalmann travaille directement avec des robots à visage humain.

Comme il sera décrit plus bas, ces robots font aujourd'hui polémique sur de nombreux points. Leur utilisation est très controversée. Malgré le fait qu'ils aient prouvé leurs bons côtés dans le milieu médical ou de l'éducation, il est difficile de prédire leur impact

⁹ Les Suisses se sentent toujours plus seuls, Tribune de Genève, décembre 2016.

¹⁰ Adopter un robot de compagnie: c'est pour quand, magazine Humanoïdes, janvier 2016.

sur notre société au niveau psychologique et éthique, que ce soit pour l'individu ou la société en générale. A quoi seront réduits nos rapports humains? Quels sont les problèmes éthiques autour de ces robots simulant l'empathie, soulevant des émotions? Sont-ils conçus pour nous manipuler? Comment régir leur utilisation, vente ou fabrication pour protéger leurs utilisateurs, la société et ses valeurs tout en bénéficiant de leurs atouts?

4. D'un point de vue socio-psychologique

L'aspect socio-psychologique qu'engendrent ou engendreront dans le futur les robots pouvant simuler de l'empathie est un point à ne pas négliger. En effet, il s'agit ici surtout de l'aspect philosophique de la problématique en s'intéressant surtout à la vision (parfois naïve) des consommateurs face aux intentions des fabricants.

Plusieurs psychanalystes se penchent désormais sur le sujet, car l'impact que ces robots auront sur notre vie quotidienne semble ne pas être du tout anodin. Dans une société qui souffre de plus en plus de solitude et d'individualisme, ces machines à formes humaines ou animales semblent au premier abord être la solution rêvée. Cependant, même si leurs créateurs aiment à vendre du rêve en les qualifiant d'empathiques ou ayant du «cœur», «bienveillants» et ayant leur propre «personnalité», il est évident que ces engins ne ressentent rien (ou du moins dans l'état actuelle de leur développement. Certains n'excluent pas qu'un jour ils pourront ressentir quelque chose). Les relations qu'ils pourraient nouer avec des humains ne seront actuellement qu'à sens unique. Selon Serge Tisseron, psychanalyste, «le robot est un ersatz d'humain ou d'animal conçu pour nous séduire et nous flatter, il est complet: à la fois esclave, témoin, complice et partenaire; nous allons faire de lui notre image de rêve, notre toutou idéal, [...]»¹¹. Il existe alors pour les personnes les plus vulnérables un risque de confusion, de tromperie ou duperie. La jeune génération par exemple risque d'être de plus en plus exposée à cette interaction humain-machine. En effet ces robots sont aussi vendus dans le but d'occuper les enfants, de jouer «avec eux» et de leur apprendre de multiples choses. La génération des personnes plus âgées n'aura quant à elle pas le choix de dire qu'ils veulent ou non adhérer à cette technologie (comme c'était le cas par exemple avec l'informatique), elle risque fortement de lui être imposée.

Quels sont donc les risques psychologiques et sociaux que ces machines peuvent engendrer? Cer-

tains mettent en garde sur le fait que nous risquons de devenir, à long terme, intolérant à l'espèce humaine. En effet, nous risquons de ne plus supporter aucune contradiction et de perdre le goût de l'imprévisibilité, ce qui nous permet justement d'avoir des relations humaines. Nous risquons de penser qu'ils sont des compagnons bien plus agréables et faciles à vivre que les humains. Nous les verrons comme une image souhaitable de l'homme et nous attendrons les mêmes comportements et «qualités» chez ce dernier. Considérer les robots comme modèle de relation serait selon certains experts une catastrophe. En effet, on préférerait certainement la prévisibilité des robots à l'imprévisibilité des humains, selon le magazine *Usbek et Rica*.¹²

L'isolement est aussi un thème récurrent avec l'arrivée des nouvelles technologies. On a déjà pu observer, avec l'arrivée des téléphones portables, des pathologies chez certaines personnes qui s'enferment dans un monde virtuel. Le Professeur Dominique Lambert nous fait remarquer qu'«il est important de réfléchir au fait que les relations humaines, la rencontre du visage de l'autre sont des facteurs essentiels à la construction d'une humanité équilibrée et pacifique. La prolifération de robots autonomes pourrait renforcer l'isolement et augmenter l'angoisse.»¹³ Sans oublier la projection que l'on fait sur un robot, «au motif de sa ressemblance physique avec l'être humain ou un être vivant, des sentiments qu'il n'éprouve pas, ce qui pourrait conduire à brouiller les frontières qui doivent demeurer entre l'homme et la machine» selon Nicolas Capt, avocat spécialisé dans le droit des nouvelles technologies.¹⁴ Le risque est que les plus fragiles se perdent et souffrent de cette utopie, qu'ils aient eu l'impression de se confier alors qu'il ne s'agissait que d'une illusion.

L'effet psychologique que ces robots ont sur nous pousse parfois certains de leurs utilisateurs à se mettre en danger pour eux, à cause de l'affection démesurée qu'ils leur portent. «Un risque est que certains humains développent une empathie trop grande à l'égard de ces robots «sensibles», qu'ils se mettent en danger pour protéger ces machines ou qu'ils se laissent manipuler par elles»¹⁵ (Serge Tisseron). Plusieurs phénomènes ont été observés à ce sujet, particulièrement au sein de l'armée et chez les personnes âgées.

¹² *Quelques Questionnements Éthiques sur la Robotique et l'Intelligence Artificielle*, Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR), Raja Chatila, février 2017.

¹³ *L'éthique de la Robotique*, Dominique Lambert, Université de Namur, 2014.

¹⁴ *Droits de robots (II): controverse sur la personnalité juridique des robots*, *Le Temps*, février 2016.

¹⁵ *Les dangers de l'empathie artificielle*, ECHOSCIENCES GRENOBLE, mai 2016.

¹¹ «Les robots de compagnie créeront l'illusion de se soucier de nous», *Usbek et Rica*, novembre 2017.

Un autre cas particulier à considérer concerne la prolifération des robots sexuels. On trouve désormais sur le marché des poupées à l'effigie de femmes, d'hommes et même d'enfants, qui ont pour but de servir de partenaire sexuel. Ce sujet est extrêmement controversé sur une multitude de points. Pour ce qui est de l'aspect socio-psychologique, certaines personnes voient désormais dans ces engins, bien plus qu'un moyen d'assouvir leur pulsion et désir, mais une compagne ou un compagnon, une femme ou un mari. Comme mentionné plus haut, les relations avec ces robots ne sont pourtant qu'à sens unique. Selon Kathleen Richardson, spécialiste de la déontologie robotique, ce genre de robots pourrait «porter une grave atteinte» aux relations humaines. Ils pourraient aussi présenter une image «stéréotypée» de la femme. Le danger serait donc de réduire toute relation humaine à une relation physique. Selon elle, les relations humaines, pas seulement entre hommes et femmes, mais aussi entre adultes et enfants risquent de se détériorer.¹⁶ Sans parler de la baisse du taux de natalité si une partie non négligeable de la population se convertit à ces pratiques. L'avantage d'avoir des relations avec un robot c'est qu'il est toujours disponible, qu'il ne vieillit pas et ne dit jamais non. La plupart des humains préfèrent (encore) un partenaire en chair et en os mais qu'en sera-t-il dans le futur? Si l'utilisation des robots sexuels est raisonnable, il n'y aura pas de gros impacts sur la société... mais si cela devient un objet de dépendance, cela pourra avoir un effet sur les utilisateurs, qui risquent aussi d'être déçus selon le Professeur Oliver Bendel de la Fachhochschule Nordwestschweiz.¹⁷

Et pourtant, d'un autre côté, ces robots remplissent aussi un rôle social important comme le mentionne le Prof. Sharkey, spécialiste en robotique: «Il y a un droit humain fondamental selon lequel tout le monde a droit à une vie sexuelle, y compris les personnes handicapées»¹⁸ En effet, ces androïdes pourraient donc remplir cette fonction, y compris pour les personnes qui souffrent par exemple d'anxiété sociale.

N'oublions donc pas qu'ils ont aussi des bons côtés et qu'ils ont fait leurs preuves dans des situations telles que l'éducation et la formation, ou encore d'autres situations que l'homme avait du mal à gérer lui-même, comme avec les enfants autistes ou les personnes handicapées, malvoyantes ou atteintes de la maladie

d'Alzheimer. Dans ces cas, la simulation de l'empathie est nécessaire pour créer un lien entre l'utilisateur (enfant ou patient) et le robot afin de faciliter et rendre le processus d'apprentissage ou de guérison possible. Donc d'un côté l'aptitude des robots à se prétendre empathiques peut provoquer des effets nuisibles à l'humain comme la mise en danger et la duperie, mais de l'autre elle est nécessaire pour des résultats positifs.

Alors les robots abimeront-ils nos relations humaines ou pourraient-ils au contraire les favoriser? Si certains psychologues craignent que le robot devienne un substitut aux relations humaines, d'autres pensent qu'il peut au contraire en devenir un catalyseur. Véronique Aubergé du LIG de Grenoble dit que le robot peut se fondre dans le tissu social sans se substituer à l'humain.¹⁹ Il faudrait alors développer des programmes qui favorisent la socialisation et qui invitent les utilisateurs à entrer en contact comme le propose Serge Tisseron: «Veillons dès aujourd'hui à développer des robots qui favorisent l'humanisation de chacun d'entre nous et la création des liens entre les humains, des robots qui nous permettent de faire ensemble avec eux ce que nous ne pouvons faire ni séparément avec eux, ni ensemble sans eux.»²⁰ Selon les philosophes Paul Dumouchel et Luisa Damiano, ces robots auront beaucoup à nous apprendre au sujet du vivre ensemble et de qui nous sommes en nous aidant à comprendre le rôle social et cognitif des émotions. «Vivre avec les robots peut être l'occasion d'un avenir meilleur», non pas, «économiquement plus riche mais moralement et humainement» affirment les philosophes. Un avenir plus riche car plus ouvert à la diversité des esprits.²¹

Mais alors, peut-on préférer un robot à un humain? Quelles seront les conséquences sociales et psychologiques par rapport à l'attachement développé à l'égard d'une machine? Faut-il doter les robots d'une «empathie» programmée? Pourquoi ressent-on des émotions pour ces machines? Essaie-t-on de nous manipuler? Qu'attend-on exactement d'un robot et que nous vend-on en réalité? Quels sont les avantages du fait que ces robots puissent simuler l'empathie?

5. D'un point de vue éthique et moral

Ethiquement et moralement, les robots simulant l'empathie ou imitant des émotions posent aujourd'hui

¹⁶ Interdiction d'avoir des relations sexuelles avec le robot Pepper, Stiftung Zukunft CH.

¹⁷ *Von Maschinen werden wir niemals geliebt*, 20 Minuten, décembre 2016.

¹⁸ *Les robots sexuels s'immiscent dans notre société*, Humanoides, juillet 2017.

¹⁹ *Les dangers de l'empathie artificielle*, ECHOSCIENCES GRENOBLE, mai 2016.

²⁰ *Pour une prévention des dangers des robots qui prenne en compte la fragilité des appréciations humaines*, Huffingtonpost, juillet 2016.

²¹ *Vivre avec les robots*, essai de Paul Dumouchel et Luisa Damiano, 2016.

de nombreuses questions. En effet, comme écrit dans le document publié par le CERNA (Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistene), intitulé *Éthique de la recherche en robotique*: «Par l'imitation du vivant et l'interaction affective, le robot peut brouiller les frontières avec l'humain et jouer sur l'émotion de manière inédite. Au-delà de la prouesse technologique, la question de l'utilité d'une telle ressemblance doit se poser, et l'évaluation interdisciplinaire de ses effets doit être menée, d'autant plus que ces robots seraient placés auprès d'enfants et personnes fragiles. La forme androïde que prennent parfois les robots soulève craintes et espoirs démesurés, amplifiés par les annonces médiatiques et touchant parfois aux idéologies et aux croyances».²²

L'utilisation de robots sexuels à des fins douteuses comme la violence sexuelle ou la pédophilie est au centre des polémiques éthiques et morales. Au Japon on peut acheter des robots à l'effigie de jeunes écolières et destinés aux pédophiles pour «aider les gens à exprimer leurs désirs légalement et éthiquement», selon leur constructeur, Shin Takagi, dirigeant de l'entreprise Trottla.²³ Ces pratiques sont largement controversées et plusieurs spécialistes crient au nonsens, moralement et éthiquement. Si certains disent qu'il vaut mieux que ces personnes violent des robots plutôt que des vrais enfants, d'autres affirment que cela encouragerait encore plus les violeurs.

Certains spécialistes et ingénieurs en robotique comme Adrian David Cheok, spécialiste de la robotique à l'Université de Londres, affirment qu'il ne faudra pas attendre longtemps pour avoir des robots desquels on peut tomber amoureux: «Certains d'entre nous tomberont amoureux et auront des relations sexuelles avec des robots. Nous entrons dans un domaine éthique et légal totalement nouveau. Nous n'avons pas encore travaillé sur l'éthique des robots. Avoir une relation avec un robot lorsque vous êtes marié, est-ce tromper?»²⁴

Sans oublier la notion de solidarité dont ces robots seront dépourvus comme le précise François Dermange, professeur d'éthique à la faculté de théologie de l'université de Genève: «Envisager une conscience artificielle soulève à n'en pas douter de nombreuses questions philosophiques, éthiques voire théologiques sur le libre arbitre et la nature de la conscience

humaine. [...] Le jour où ce seront les machines qui dicteront le futur de nos sociétés, nous serons effectivement entrés dans une forme de post-humanité».²⁵

Selon plusieurs spécialistes, les robots sont quelque chose de trop sérieux pour abandonner l'initiative de la programmation aux industriels et aux marchands. Le futur de la robotique de compagnie doit passer aujourd'hui par un travail éthique de la part des constructeurs. Il faut créer une déontologie des concepteurs. Afin d'armer aussi la nouvelle génération face à l'intrusion de ses robots dans nos vies, certains proposent de mettre en place des pare feux éducatifs: apprendre la programmation, la robotique et l'assemblage des robots aux enfants, ainsi que d'avoir un esprit critique à leur égard. Il faut encourager le goût du débat et de l'échange contradictoire chez les jeunes afin de développer le goût de l'humain. Une réflexion éthique autour des robots ne doit pas qu'envisager la protection des humains en terme d'emploi, de protection de la vie privée ou de défauts de fabrications, mais devrait aussi prendre en compte les dangers que les humains pourraient se faire courir à eux-mêmes par une appréciation erronée de ce que sont les robots.

Certaines démarches ont déjà été mises en place. Dans le contrat du robot Pepper, il est explicitement écrit que l'usage du robot à des fins indécentes ou sexuelles entraînerait immédiatement une rupture du contrat de location. Il est interdit aussi de l'utiliser ou le reprogrammer pour harceler un tiers. Pourtant certains informaticiens ont déjà reprogrammé le robot pour lui implanter une poitrine sur son écran et le faire se déhancher.²⁶

Penser à une réflexion éthique sur la robotique, ou encore plus: conférer aux machines elles-mêmes des capacités morales en introduisant dans les robots un «logiciel étique», voilà encore une solution proposée pour amoindrir les problèmes engendrés par les robots soi-disant empathiques. Selon l'ouvrage *Des robots et des hommes* de Laurence Devillers, Professeure d'informatique à l'université Paris-Sorbonne: «Si les robots apprennent seuls comme des enfants, il est souhaitable de les programmer avec des valeurs morales, des règles de vie en société et de contrôler leur apprentissage».²⁷ Mais alors de quelle éthique parle-t-on? Selon Dominique Lambert de l'Université de Namur, «l'agir moral spécifiquement humain ne s'épuise d'ailleurs pas dans l'accord avec des règles (on peut suivre des règles morales tout en étant parfaitement immoral). Il n'existe pas un seul cadre éthique

²² *Droits de robots (II): controverse sur la personnalité juridique des robots*, Le Temps, février 2016.

²³ *Japon: des poupées sexuelles infantiles pour lutter contre la pédophilie?* L'Express, février 2016.

²⁴ *Interdiction d'avoir des relations sexuelles avec le robot Pepper*, Stiftung Zukunft CH, octobre 2015.

²⁵ *Les robots, l'éthique et le libre arbitre*, Le Journal N°134, UNIGE.

²⁶ *Interdiction d'avoir des relations sexuelles avec le robot Pepper*, Stiftung Zukunft CH, octobre 2015.

²⁷ Laurence Devillers Deschamps Berger: *Des robots et des hommes: mythes, fantasmes et réalité*. Paris: Plon 2017.

possible... [...] L'éthique utilitariste par exemple décide du comportement à adopter sur la base d'un calcul d'optimisation, mais on sait que beaucoup de problèmes d'optimisation dans des situations complexes n'ont pas de solution calculable par des algorithmes. Et comment décider et juger de ce qui est le bien et le mal? Il est impératif et crucial à maintenir l'humain dans la prise de décision morale. La décision éthique (et non pas seulement juridique) repose sur la compassion et la possibilité de transgresser les règles pour permettre le pardon, la réconciliation.»²⁸

6. D'un point de vue législatif

Si l'on considère tout d'abord la question de la protection des données qui est au centre des préoccupations concernant les nouvelles technologies, le robot de compagnie est en première ligne. En effet, ces robots, de part ce qu'on leur demandera techniquement (posséder des algorithmes permettant de détecter les émotions, être connecté à d'autres appareils du ménage), seront forcément connectés au Cloud. Ils peuvent en effet enregistrer les moindres gestes de notre quotidien, nos habitudes de consommation, détecter nos humeurs etc. Toutes ces données iront à son fabricant qui pourra les utiliser, directement ou non, à des buts commerciaux ou autres. Ils seront peut-être de très bons amis, mais aussi très certainement d'excellents mouchards. Certains recommandent donc que les consommateurs soient au courant de l'objectif des programmes qui commandent les robots et de savoir à quoi les données qui seront récoltées seront utilisées. La dimension internationale du marché des robots augmente évidemment la complexité de la régulation pouvant être mises en place.

Il existe encore un grand vide juridique face aux différents problèmes que soulèvent les robots de compagnie. Qu'ai-je le droit de faire à mon robot? Qui est responsable d'un éventuel accident? Le point précédent aborde en effet la question de régir la fabrication et l'utilisation des robots pour protéger le consommateur. Cependant, plusieurs spécialistes du sujet parlent aussi de créer des lois afin de protéger le robot lui-même contre des abus que son «maître» pourrait lui faire subir (violences, abus sexuels). Or, ce ne sont pas les robots que ces spécialistes veulent protéger au travers de ces lois, mais les humains. En effet, la désinhibition que pourraient créer ces machines face à la violence pousse à promouvoir une protection juridique à leur égard, pas tant pour les protéger eux, mais pour protéger l'homme contre certaines personnes qui auraient des comportements violents envers leur robot. Tous les spécialistes

ne sont cependant pas d'accord sur le sujet. Kate Darling, chercheuse au Massachusetts Institute of Technology (MIT) et spécialiste de l'impact sociétal des technologies robotiques, est pour une protection juridique de ces androïdes, tandis que Serge Tisseron, psychanalyste, est contre. En effet ce dernier dit que «reconnaître que les robots souffrent c'est nous plonger dans l'illusion.»²⁹ Kate Darling quant à elle, après avoir étudié l'influence de l'anthropomorphisme sur les relations homme-robot et les dangers du «risque imitatif», propose d'interdire les mauvais traitements envers les machines «puisque ceux-ci pourraient ensuite être reproduits contre des humains.»³⁰

L'avocat français Alain Bensoussan a créé de son côté une Charte des droits des robots dans laquelle on inscrit même, au profit du robot, un droit à une forme de dignité numérique. Il faudrait ainsi protéger ces engins contre des actes dégradants commis par des humains, comme des relations sexuelles ou encore un démantèlement filmé et publié sur les réseaux sociaux. Raja Chatila, directeur de recherche au CNRS et directeur de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) bondit devant les propos de ce dernier en soulignant que «jamais un robot ne ressentira quoi que ce soit et le concept de moralité lui est étranger». Selon lui, ce qui est plus important que les droits des robots en tant qu'entité matérielle et individuelle, c'est l'obligation éthique de son concepteur.³¹ L'Arabie saoudite a quant à elle sauté le pas et a accordé en octobre 2017 la citoyenneté à Sophia, un androïde pourvu de l'Intelligence Artificielle. Cette décision a évidemment fait débat, surtout dans un pays où la femme a à peine le droit de conduire un véhicule. Sophia sera-t-elle soumise aux mêmes règles que les femmes saoudiennes?

Selon Nicolas Capt, avocat spécialisé dans le droit des nouvelles technologies, «la question n'est pas de savoir s'il convient de donner des droits aux robots [...] mais bien de mettre sur pied un système pragmatique de droit de la responsabilité pour les dommages causés en tout ou en partie par les robots. [...] N'oublions pas que le robot ne sera jamais qu'une machine, aussi perfectionnée soit-elle. Ne lui prêtons pas un souffle de vie qu'elle ne possède pas[...] Le passage de l'automate (le distributeur de bonbons de notre enfance) au robot réactif (l'aspirateur automatique) puis au robot cognitif nécessite en

²⁸ *L'éthique de la Robotique*, Dominique Lambert, Université de Namur.

²⁹ *Les dangers de l'empathie artificielle*, ECHOSCIENCES GRENOBLE, mai 2016.

³⁰ *Droits des robots(III): un débat entre réalité et science fiction*, Le Temps, février 2016.

³¹ *Droits de robots (II): controverse sur la personnalité juridique des robots*, Le Temps, février 2016.

effet d'être pris en compte par le droit puisque cela a pour effet de complexifier drastiquement la chaîne de responsabilité, laquelle est désormais multiple puisqu'elle implique un très grand nombre d'intervenants: propriétaire, utilisateur, concepteur de l'objet, concepteur du logiciel d'intelligence artificielle, etc.»³² Cependant, selon Madame Daniela Cerqui de l'Université de Lausanne, lorsqu'on voit aujourd'hui les droits que l'on aimerait ou que l'on donne déjà aux robots (comme pour le robot Sophia en Arabie Saoudite), ne tendons-nous pas à l'interchangeabilité entre l'humain et le robot? Car même si beaucoup disent que ces robots ne seront jamais que des machines et ne ressentiront jamais d'empathie, certaines lois déjà mises en place et les discussions autour de celles-ci font penser que nous estimons qu'ils existeront un jour.

En ce qui concerne la très controversée utilisation des robots pédophiles pour soigner ou dévier les vices de certaines personnes, il existe déjà dans certains pays des mesures ou démarches juridiques qui ont été mises en place. Alors que la commercialisation des robots à l'effigie enfantine est tout à fait libre au Japon, une pétition a été lancée en Australie pour l'interdire. Au Canada, un procès est en cours contre un homme en ayant fait l'usage. En Suisse, la loi empêche, sans nommer les robots pédophiles expressément, l'utilisation de telles machines, si celles-ci sont «explicités» c'est-à-dire, si leur caractère sexuel est bien visible, (ce qui n'est pas toujours le cas). Ce sujet reste tellement tabou qu'il est difficile de l'aborder en politique.

Peut-on donc utiliser les robots comme un déviateur de vices? A ce sujet, est-ce que les robots devraient être utilisés dans les maisons closes comme c'est déjà le cas au Japon et en Espagne? Que peuvent faire les législateurs à ce sujet?

³² Droits des robots(III): un débat entre réalité et science fiction, Le Temps, février 2016.

Les mesures législatives qui sont proposées par différents spécialistes pour empêcher ou réduire les effets néfastes des robots simulant l'empathie sur les humains sont les suivantes: obliger les constructeurs à ne pas les faire trop ressemblant à l'humain, interdire de prétendre que les robots ont des émotions dans les annonces publicitaires, insérer un bouton «off» sur les robots et les faire monter par les utilisateurs afin qu'ils intègrent mieux le fait qu'ils n'ont à faire qu'à des machines.

Quelle est la situation en Suisse concernant la régulation des robots de compagnie ou simulant l'empathie? Y a-t-il des failles qui conduiront à des problèmes juridiques complexes? Comment protéger l'utilisateur de ces robots sans les interdire et sans empêcher leurs bienfaits? Comment gérer le problème de la protection des données et de la chaîne de responsabilités en tenant compte de l'aspect international du phénomène?

7. Perspectives

Le marché des robots qui simulent l'empathie est en pleine expansion et leur utilisation soulève des questions éthiques, morales, sociales, psychologiques et légales qu'il ne faut pas négliger et considérer au plus vite afin d'assurer, si elles venaient à s'implanter de manière conséquente, une bonne utilisation de ces machines dans notre société. Dans quels secteurs la Suisse va-t-elle adopter de tels robots? Comment les hommes réagiront aux interactions qu'ils auront avec ces machines? Est-ce qu'elles vont améliorer nos relations humaines ou au contraire les détériorer? Quelles sont les projets et intentions des fabricants? Correspondent-ils aux attentes des utilisateurs? Comment protéger les personnes les plus vulnérables face à l'avènement des robots? Et qu'en est-il de la législation et des questions de protection des données? Les questions restées en suspens dans le texte ci-dessus seront pour la plupart traitées dans l'étude TA-SWISS «Robots, empathie et émotions: Nouveaux défis des relations entre l'humain et la machine» qui sera lancée durant l'été 2019 (www.ta-swiss.ch) ■

Jahresberichte der Hochschulen / Rapports annuels des Hautes Ecoles

Einmal pro Jahr bringen wir an dieser Stelle einen von nahezu allen Hochschulleitungen unterstützten Überblick über einige wichtige Punkte aus dem Leben der schweizerischen universitären Hochschulen. Die Berichte werden freiwillig abgegeben und die Liste ist daher nicht vollständig.

Für das Jahr 2018 finden sich auf den folgenden Seiten Berichte der unten genannten zehn Hochschulen. Wir danken der Verfasserin und den Verfassern für die gute Zusammenarbeit.

EPF Lausanne

Prof. Stephan Morgenthaler, Chaire de statistique appliquée, stephan.morgenthaler@epfl.ch

ETH Zürich

Ulrich Schutz, Stab Rektorin, ulrich.schutz@sl.ethz.ch

Universität Basel

Hans Amstutz, Generalsekretär, hans.amstutz@unibas.ch

Universität Bern

Dr. Christoph Pappa, Generalsekretär, christoph.pappa@gs.unibe.ch

Université de Fribourg / Universität Freiburg

Marius Widmer, Leiter Unicom, marius.widmer@unifr.ch

Universität Luzern

Dave Schläpfer, Mitarbeiter Öffentlichkeitsarbeit, dave.schlaepfer@unilu.ch

Université de Neuchâtel

Fabian Greub, Secrétaire général, fabian.greub@unine.ch

Universität St. Gallen HSG

Marius Hasenböhler-Backes, Leiter Kommunikation, marius.hasenboehler-backes@unisg.ch

Università della Svizzera italiana

Albino Zraggen, Segretario generale, albino.zraggen@usi.ch

Universität Zürich UZH

Dr. Rita Stöckli, Generalsekretärin, rita.stoekli@gs.uzh.ch

Die Redaktion freut sich auf Ihre Kommentare. La rédaction serait contente de recevoir vos commentaires.

EPF Lausanne

Stephan Morgenthaler

L'année dernière, 1043 étudiants ont reçu leurs titres de Master et 2017 étudiants ont commencé leurs études. Une autre nouvelle touchant la formation est l'inauguration du Centre LEARN, le 10 octobre 2018. Ce centre vise à promouvoir l'innovation au niveau pédagogique et à répondre aux défis engendrés par la transformation numérique de notre société. Le Centre devrait stimuler la recherche et créer de nouvelles synergies dans un domaine qui concerne toute la société. Il est dirigé par Francesco Mondada, professeur au Laboratoire de systèmes robotiques de l'EPFL et concepteur du robot Thymio. Le Centre regroupe des entités comme le Swiss EdTech Collider qui rassemble une septantaine de start-ups actives

dans les technologies éducatives, ou encore le Centre pour l'éducation à l'ère digitale (CEDE) qui a récemment lancé l'application Learning Companion, permettant aux étudiants «d'apprendre à apprendre».

Pour faire face aux défis du système de santé, notamment aux progrès biologiques et technologiques extrêmement rapides, et dans le contexte du Programme spécial 2017–2020 de la Confédération «Augmentation du nombre de diplômes en médecine humaine», l'Université de Lausanne et l'EPFL ont coordonné leurs efforts pour mettre en place une passerelle d'une année permettant à des étudiantes et étudiants titulaires d'un Bachelor dans le

domaine de la biologie ou de la bio-ingénierie d'accéder au Master en médecine de l'UNIL. Loin d'être un raccourci vers les études de médecine, le programme Passerelle se veut très sélectif. Il exige un investissement important de la part des étudiants, notamment quant à la durée de la formation, à l'acquisition de prérequis et à leur mise à niveau pour une intégration dans la filière des études de médecine.

Depuis septembre 2017 déjà, l'EPFL propose ainsi à ses étudiants de Bachelor en Sciences et technologies du vivant une nouvelle offre d'enseignements pour les préparer à l'examen d'admission permettant d'accéder à ce programme Passerelle de l'UNIL, en vue de la rentrée académique 2018. Par cette initiative, l'EPFL compte multiplier au moins par cinq sa contribution à la formation d'étudiants en médecine préparés à la médecine numérique, personnalisée et technique du futur.

«A quoi sert la recherche?», se demande souvent une partie du grand public, qui évalue la valeur de celle-ci aux résultats tangibles qu'elle engendre. Si certains résultats issus des laboratoires donnent lieu à des brevets ou sont rapidement repris et développés par des spin-off, la plupart constituent des étapes vers d'autres recherches qui elles-mêmes conduiront peut-être à une application directement utile à tout un chacun. Un nouvel outil, mis au point par un groupe de chercheurs issu de diverses universités, vise à établir un classement des institutions les plus innovantes sur la base du nombre d'articles scientifiques de ces hautes écoles cités dans les brevets. Les résultats qu'ils ont obtenus, et qui ont récemment fait l'objet d'un article dans la revue *Nature Biotechnology*, placent l'EPFL en 7^e position.

Dès la rentrée de septembre 2016, les étudiants de première année de l'EPFL n'ayant pas 3.50 de moyenne sur toutes les branches du premier bloc à la fin du semestre d'automne sont redirigés vers le cours obligatoire de Mise à niveau (MAN). Ce cours se donne au semestre de printemps, et sa réussite est impérative pour pouvoir recommencer l'année propédeutique et ainsi pouvoir poursuivre ses études à l'EPFL. Des étudiants, qui avaient été exclus en juillet

2017, avait fait recours auprès de la Commission de recours interne des EPF (CRIEPF). Celle-ci leur a donné raison au printemps 2018. Selon son appréciation, le MAN est illicite car le principe du MAN doit au moins être inscrit dans une base légale formelle, par exemple la loi sur les EPF. Les étudiants estimaient également que les connaissances en mathématiques pesaient trop lourd dans le cursus d'architecture. Finalement le cours est arbitraire et occasionne des inégalités de traitement. L'EPFL a recouru auprès du Tribunal administratif fédéral (TAF) contre trois décisions similaires de la CRIEPF concernant deux étudiants en architecture et un en informatique. Suite à une plainte d'étudiants, la légalité de ce processus a dû être examinée par le tribunal administratif fédéral. Le tribunal juge que suite à la réorganisation du domaine de la formation suisse en 2006 et l'adaptation de la loi sur les EPF, les EPF de Lausanne et de Zurich ont la compétence légale de réguler leurs formations. Sont réservées les normes de coordination qui s'appliquent à toutes les hautes écoles de Suisse. Dans les présentes causes, le TAF arrive à la conclusion que l'EPFL peut régler elle-même les conditions qui s'appliquent à la réussite des cours et des examens. Le MAN s'intègre dans ce cadre-là et ne relève en rien d'un *numerus clausus* et de l'admission à proprement parlé à l'EPFL. Les décisions de la CRIEPF sont donc annulées.

Maurice Cosandey s'est éteint, mardi 4 décembre, à l'issue d'une vie longue et bien remplie. «Un grand homme nous a quitté. Juste au moment où l'EPFL fête ses 50 ans (en 2019), le père fondateur, l'architecte de la fédéralisation et le premier Président de l'EPFL s'est éteint, dans sa 101^{ème} année de vie riche, créative et engagée», résume avec émotion Martin Vetterli. Père fondateur de l'EPFL moderne, c'est à Maurice Cosandey que l'EPFL doit son statut fédéral. Au Conseiller d'Etat Pierre Oguey qui lui avait demandé quel serait sa stratégie lors de sa nomination à ce qui était encore l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne), il avait répondu face à un ministre sceptique : «La seule chose que je peux vous dire, c'est que je ferai tout ce que peu pour que l'Ecole polytechnique de Lausanne devienne une Ecole polytechnique fédérale.» ■

ETH Zürich

Ulrich Schutz

Personnelles

2018 war das letzte Amtsjahr von Prof. Dr. Lino Guzzella als Präsident der ETH Zürich. Am 18. Dezember 2018 hat die offizielle Verabschiedung von

Prof. Guzzella als Präsident der ETH und die Stabsübergabe an Prof. Dr. Joël Mesot stattgefunden, der am 1. Januar 2019 das Amt des Präsidenten der ETH Zürich übernahm. Per 1. Januar 2018 hat Prof. Dr.

Lorenz Hurni das Amt des Prorektors Studium übernommen.

KITE-Award

Zum zweiten Mal würdigte die Konferenz des Lehrkörpers der ETH Zürich (KdL) anlässlich der Verleihung des KITE-Awards innovative Lehrformen und mithin den aussergewöhnlichen Einsatz der Lehrenden. Unter den Finalisten-Projekten waren das Center for Active Learning, die Lehrveranstaltung Corporate Sustainability sowie die Einbettung von Design Thinking Prozessen in die ETH Woche. Den KITE Award 2018 erhielten Lukas Fässler, Markus Dahinden und David Sichau für ihre «E-Tutorials», mit denen Studierende aller Departemente praxisnah und mit individuellem Feedback Programmieren erlernen.

Die Finalistinnen und Finalisten des KITE-Awards sind in der Publikation «Innovative Lehre» vorgestellt.

School for Continuing Education

Am 13. April 2018 wurde die «School for Continuing Education» lanciert. Mit der School wird die Weiterbildung der ETH Zürich neu strukturiert. Das Weiterbildungsangebot ist neu in vier Themengebiete gegliedert, was die Orientierung von Interessierten sowie die Zusammenarbeit unter den Weiterbildungsanbietern vereinfacht. Die vier Cluster der School for Continuing Education sind «Environment, Infrastructure & Architecture», «Health, Life & Natural Science», «Public Policy & Governance» und «Technology, Management & Innovation». Unter den neuen Weiterbildungsprogrammen sind zwei Angebote im Bereich von Cyber Security – ein CAS für ein breites Publikum und ein DAS für Informatik-Fachleute. Ausserdem wurde ein neuartiges Programmformat für erfahrene Arbeitskräfte aus der Industrie geschaffen. Das «CAS in Advanced Materials and Processes» besteht aus einem individuell zusammengestellten Studienprogramm und einem betreuten Projekt, welches im Rahmen eines Sabbaticals an der ETH durchgeführt wird.

Lehr-Retreat 2018: Masterzulassung

Der dritte Lehr-Retreat «Master Degree Programmes – Design, Quality, Admission», der diesen Juni stattgefunden hat, widmete sich ganz dem Masterstudium. StudiendirektorInnen, StudienkoordinatorInnen, Mitglieder von Zulassungsausschüssen und Mitarbeitende des Rektorats haben sich dabei insbesondere

mit den Themen Design, Qualität und Zulassung auseinandergesetzt. Ziel des Retreats war es, Handlungsfelder zu konkretisieren, die in den Departementen, aber auch ETH-weit angegangen werden können. Nach dem Retreat wurde in den Akademischen Diensten das Projekt «Redefine Master Admission» lanciert, welches sich unter anderem mit der Prozessoptimierung dienen soll.

Leistungselemente

Im Herbstsemester 2018 wurden erstmals die «Leistungselemente» im Unterricht eingesetzt, welche die Testate ersetzen. Leistungselemente sind Bewertungen, die während des Semesters erfolgen und Bestandteil der Leistungskontrolle der jeweiligen Lerneinheit sind. Unterschieden werden «Obligatorische Leistungselemente», «Zwischenprüfungen» sowie niederschwellige «Lernelemente». Leistungselemente dienen der Lernfortschrittskontrolle während des Semesters und unterscheiden sich dadurch von der testierten Abgabe von Prüfungsserien – den Testaten –, die bis ins Jahr 2013 die Zulassungsvoraussetzung für die Prüfungsteilnahme dargestellt haben.

Erhöhung der Studiengebühren

Am 5. Juli 2018 hat der ETH-Rat entschieden, die jährlichen Studiengebühren um CHF 300 zu erhöhen. Die Einführung erfolgt stufenweise ab Herbstsemester 2019 und erreicht 2020 eine Höhe von CHF 1'460 pro Jahr. Das Rektorat hat in Abstimmung mit dem Studierendenverband VSETH Massnahmen im Bereich der Sozialstipendien definiert, die dazu beitragen sollen, Härtefälle zu vermeiden.

Online-Prüfungen und Safe Exam Browser

Der Ausbau der Online-Prüfungen an der ETH Zürich schreitet voran. Im Herbstsemester 2018 und der entsprechenden Prüfungssession wurden rund 130 Online-Prüfungen durchgeführt, in deren Rahmen über 9'500 Einzelleistungen abgelegt wurden. Die Online-Prüfungen an der ETH Zürich werden regulär mit dem Safe Exam Browser (SEB) durchgeführt, dessen Weiterentwicklung von einem SEB-Konsortium (<https://safeexambrowser.org/consortium/>) gesteuert wird. Das Konsortium wurde 2016 von SWITCH und der ETH Zürich gegründet. In der Schweiz sind alle Hochschulen durch SWITCH indirekt dem Konsortium angeschlossen, wobei einzelne Hochschulen wie die Universitäten Genf und Basel sowie die Fachhochschulen ZHAW und FHNW durch eine eigenständige Mitgliedschaft vertreten sind. ■

Universität Basel

Hans Amstutz

In den vergangenen Jahren waren in den Jahresberichten der Universität Basel die Sparauflagen unserer beiden Trägerkantone – insbesondere auf Betreiben des Kantons Basel-Landschaft – ein regelmässiges Thema unserer Berichterstattung. Im Jahresbericht 2017 konnte vermeldet werden, dass der Leistungsauftrag 2018-21, und damit die Globalbeiträge für diese Periode von den Regierungen genehmigt und danach auch von den Parlamenten gutgeheissen wurde. Im Vergleich zum Vorjahr 2017 reduzieren sich die Beiträge der Trägerkantone in diesen vier Jahren um 12,4 Millionen Franken. Da der Universität Basel durch bereits getätigte Beschlüsse der Trägerkantone jedoch unvermeidbare Zusatzkosten anfallen sowie Investitionen in wichtige strategische Gebiete notwendig sind, muss sie ihre Finanzplanung bis ins Jahr 2021 um einen erheblich höheren Betrag reduzieren. Auf den Bereich Lehre und Forschung fällt mit 9,3 Millionen Franken ein Viertel der Sparmassnahmen. Bei den Immobilien wird das Budget um 15,9 Millionen Franken reduziert, wobei der grösste Anteil auf die Reduktion der Zahlungen in den Immobilienfonds fällt. Schliesslich wird die Universität Basel ihre Reserven auflösen. Kumuliert über die gesamte Leistungsperiode 2018–21 wird die Universität Basel insgesamt 79,9 Millionen Franken einsparen. Die Umsetzung der Sparvorgaben hat das Rektorat im ersten Halbjahr 2018 in engem Austausch mit den Fakultäten und Verwaltungseinheiten vollzogen. Oberstes Ziel war es, nachhaltigen Schaden für die Universität Basel möglichst zu vermeiden und die Auswirkungen auf die Lehre möglichst gering zu halten, damit die Universität Basel weiterhin als attraktiver Ort für ein Studium wahrgenommen wird. Aus diesem Grund wurde auch auf eine Erhöhung der Studiengebühren verzichtet.

Trotz der Notwendigkeit zu sparen wird die Universität Basel in den kommenden Jahren strategisch wichtige Projekte lancieren und beispielsweise in die Digitalisierung von Lehre und Forschung investieren sowie die Stärkung des Wissens- und Technologietransfers weiter vorantreiben. Nicht zuletzt dank grosser Erfolge bei der Gewinnung von Drittmitteln können auch neue Forschungsaktivitäten realisiert werden. Seit Januar 2018 ist im Bereich der Augenheilkunde das von Novartis (100 Mio. CHF) und Basel-Stadt (12,5 Mio. CHF) mitfinanzierte *Institute of Molecular and Clinical Ophthalmology Basel* (IOB) aktiv, das zu einem der weltweit besten Zentren in seinem Gebiet werden soll (vgl. Jahresbericht 2018). Im September 2018 haben die Universität Basel und die ETH Zürich gemeinsam das *Botnar Research*

Centre for Child Health (BRCCCH) in Basel gegründet. Zum Netzwerk dieses Forschungszentrums gehören zudem Partnerinstitute wie das Universitäts-Kinderhospital 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, Ingenieur- und Sozialwissenschaften und Informationstechnologie. Das BRCCCH wird sich innerhalb der Pädiatrie auf Diabetes, Infektionskrankheiten/ Immunologie, Herz-Lungen-Erkrankungen sowie die Wiederherstellung von Körperfunktionen durch regenerative Chirurgie fokussieren, mit besonderem Bezug auf Länder mit beschränkten Ressourcen – die entwickelten Lösungen sollen aber überall einsetzbar sein. Die Finanzierung des BRCCCH erfolgt über einen Beitrag der Fondation Botnar in Basel von 100 Mio. CHF, je zur Hälfte an die Universität Basel und an die ETH Zürich Foundation.

Auf Beginn des Herbstsemesters 2018 trat im Rektorat unserer Universität Prof. Dr. Torsten Schwede die Nachfolge von Prof. Dr. Edwin Constable als Vizerektor Forschung an, der nach einer Amtsdauer von sieben Jahren ins Departement Chemie zurückkehrte. Torsten Schwede hat in Freiburg im Breisgau mit der Promotion im Bereich Strukturbiologie abgeschlossen. Danach war er Postdoctoral Researcher bei GlaxoWellcome in Genf, bevor er 2001 als Assistenzprofessor für Strukturelle Bioinformatik ans Biozentrum der Universität Basel berufen wurde. Seit 2002 ist Torsten Schwede Gruppenleiter am Swiss Institute of Bioinformatics. 2007 wurde er zum Associate Professor befördert und verantwortet seit 2014 als wissenschaftlicher Direktor von sciCORE die zentrale Infrastruktur für Scientific Computing der Universität Basel. Als Vorsitzender des Scientific Expert Board und Leiter des Datenkoordinationszentrums des Swiss Personalized Health Network (SPHN) engagiert er sich für die Entwicklung der Forschung im Bereich der personalisierten Gesundheit und Medizin in der Schweiz. – Kontinuität ist hingegen bei der Leitung des Rektorats angesagt: Rektorin Prof. Andrea Schenker-Wicki wurde von der Regenz im September 2018 mit überwältigendem Mehr für weitere vier Jahre zur Rektorin der Universität Basel (2019-23) gewählt.

Zum Abschluss gekommen ist im Jahr 2018 die Prüfung von Verlagerungen von universitären Einheiten in den Kanton Basel-Landschaft. Die Regierungen beider Trägerkantone haben beschlossen, die Juristi-

sche und die Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Basel von ihrem jetzigen Standort am Bahnhof SBB langfristig auf das Dreispitz-Areal in Münchenstein umzusiedeln. Der neue, bedeutsame Universitätsstandort soll die Identifikation der beiden Kantone mit der Universität weiter erhöhen und somit die bikantonale Trägerschaft zusätzlich stärken. Mit einem Neubau für die Universität wird

der sich in unmittelbarer Nähe befindliche Campus der Künste der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) eine attraktive Erweiterung erfahren. Die Nachbarschaft teilen werden die beiden Fakultäten auch mit der Hochschule für Wirtschaft der FHNW, die ebenfalls vom Bahnhof weg in einen Neubau auf dem Dreispitz ziehen wird. ■

Universität Bern

Christoph Pappa

Personelles

Überraschend und tragisch war im Sommer 2018 der plötzliche Tod des Verwaltungsdirektors Daniel Odermatt, der eine grosse Lücke hinterlässt. Seine Nachfolge wird im Juni 2019 Markus Brönnimann antreten. Die anderen Mitglieder der Universitätsleitung, Rektor Christian Leumann, Vizerektorin Silvia Schroer und die Vizerektoren Daniel Candinas, Achim Conzelmann und Bruno Moretti wurden vom Regierungsrat für eine weitere Amtszeit bestätigt.

Bauen

Eine grosse Herausforderung für die Universität stellt sich mit dem Wachstum von Bau und Infrastruktur. Einige Projekte fanden 2018 ihren Abschluss: So wurde im Juni 2018 die «Uni Mitte» an der Mittelstrasse 43 eröffnet. Für andere Projekte wurde der Grundstein gelegt, so zum neuen Laborgebäude an der Murtenstrasse. Mittelfristig werden neue Bauprojekte auf dem Inselareal für die zusätzlichen Medizinstudierenden, bei der Uni Muesmatt für die Naturwissenschaften und beim Tierspital dazukommen.

Forschung

Die im Vorjahr kompetitiv ausgewählten drei Interfakultären Forschungsk Kooperationen (IFK) haben 2018 ihren Betrieb aufgenommen. Diese Grossprojekte tragen dazu bei, neue Themenschwerpunkte zu entwickeln und das Profil der Universität Bern zu schärfen. Ein weiterer Meilenstein wurde mit dem Aufbau des neuen Zentrums für Präzisionsmedizin erreicht mit Forschenden aus Human- und Veterinärmedizin, Genetik, Ethik, Recht, Wirtschafts- und Datenwissenschaften. In kooperativer Forschung sollen individualisierte, zielgenaue Therapien entwickelt werden. Dies eröffnet neue Ansätze für die Behandlung einer Vielzahl von Erkrankungen wie Krebs, Kreislaufbeschwerden und degenerativen Leiden. Zudem hat die Universitätsleitung die Forschungsförderungen für den wissenschaftlichen Nachwuchs überarbeitet und auf verschiedenen Stufen gezielt ausgebaut.

Lehre

Im Herbstsemester 2018 studierten an der Universität Bern erstmals über 18'000 Personen – unter ihnen auch jene 100, die einen der zusätzlich geschaffenen Medizinstudienplätze erhalten haben. Um die Erstsemestrigen besser auf ihre universitäre Reise vorzubereiten, wurden im Herbst 2018 erstmals Einführungsworkshops organisiert, die auf Erkenntnissen der Lernforschung basieren. Ebenfalls erstmals durchgeführt wurden die Workshops «Tipps und Tools für gute Lehre», die sich besonders an neu angestellte Dozierende richten. Bei der Umsetzung der Erkenntnisse können die Dozierenden zudem auf Finanzierungspools zurückgreifen. Vom Programm «Förderung innovative Lehre» profitierten bis Ende 2018 total 51 Projekte. Drei Viertel davon befassten sich mit digitalen Lösungen oder Inhalten.

Qualität

Seit 2015 führt die Universität Bern jährlich ein Nachhaltigkeitsmonitoring durch. Im November 2018 wurde der zweite Nachhaltigkeitsbericht veröffentlicht. Zudem wurde im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des universitären Qualitätssicherungssystems ein universitärer Aktionsplan zu Nachhaltiger Entwicklung ausgearbeitet, in dem Ziele und Massnahmen für die nächsten vier Jahre festgelegt werden. Die Universitätsleitung unterstützt z. B. die Dozierenden dabei, Nachhaltigkeit in ihre Lehre zu integrieren und so dazu beizutragen, dass akademisches Wissen einen zukunftsgerichteten, ethisch fundierten Wert schafft. Alle Studierenden sollen im Lauf ihres Studiums die Verbindungen zwischen ihrem Hauptfach und Nachhaltiger Entwicklung kennenlernen.

In diesem Zusammenhang erwähnenswert ist, dass die Weltbank entschieden hat, ihr Evaluationsprogramm für Entwicklungszusammenarbeit (International Program for Development Evaluation Training, IPDET) neu in Bern durchzuführen.

Weiterbildung

Die Universität Bern baute 2018 ihr Angebot wissenschaftlicher Weiterbildung weiter aus. Innerhalb von 20 Jahren hat sich die Weiterbildung von einer

Nischentätigkeit zu einer Kernaufgabe der Universität entwickelt. Ende 2018 umfasst das Angebot über 100 Weiterbildungsstudiengänge sowie zahlreiche ergänzende Weiterbildungskurse. ■

Université de Fribourg / Universität Freiburg

Marius Widmer

Zwei Ehemalige im Bundesrat

An der Bundratswahl vom 5. Dezember hat die Vereinigte Bundesversammlung zwei Alumnae der Universität Freiburg in den Bundesrat gewählt. Viola Amherd erhielt 1987 ihren Abschluss in Rechtswissenschaften. Neben ihrer beruflichen und politischen Karriere pflegte sie eine enge Beziehung zu ihrer Alma Mater, war sie doch bis zu ihrer Wahl Mitglied des Senats. Karin Keller Sutter studierte ebenfalls an der Universität Freiburg, wo sie ein Nachdiplomstudium Pädagogik absolvierte.

Rectrice réélue

Réunie le 11 avril, l'assemblée plénière a confirmé la première femme à la tête de l'Université de Fribourg dans ses fonctions en tant que rectrice. De double nationalité suisse et allemande, Astrid Epiney est professeure de droit international, droit européen et droit public suisse et dirige l'Université depuis 2015. Son second mandat a débuté le 1^{er} février 2019 pour une période de cinq ans, contre quatre auparavant.

Deutscher Bundespräsident

Die Aula Magna war bis auf den letzten Platz besetzt am Morgen des 26. April. Der deutsche Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier diskutierte dabei mit dem Schweizer Bundespräsidenten Alain Berset sowie Vertreterinnen unserer Institution (u.a. Flavia Kleiner von der Operation Libero und Studentin der Unifr) über die Frage, ob die Demokratie im 21. Jahrhundert bestehen kann. Der Besuch in Freiburg war Teil eines zweitägigen Staatsbesuchs und führte die Staatspräsidenten auch auf das blueFACTORY-Gelände, wo sie im Beisein von Bundesrätin Doris Leuthard das Solar-Decathlon-Gewinner-Gebäude «NeighborHub» besichtigten.

Première start-up de l'Institut Adolphe Merkle

Dix ans après sa fondation, une toute première start-up issue de l'Institut Adolphe Merkle de l'Université de Fribourg a vu le jour. NanoLockin a développé un instrument novateur permettant de compter les nanoparticules grâce à une technologie qui les stimule jusqu'à ce qu'elles produisent une infime trace de chaleur. Cette technologie est facile d'utilisation

et coûte jusqu'à cinq fois moins cher que la concurrence. Le projet NanoLockin a été développé par le groupe BioNanomatériaux, sous la direction de la Prof. Alke Fink, et financé, entre autres, par le Pôle de recherche national pour les matériaux bio-inspirés.

Einzigartig in der Schweiz

Für Studierende wartet die Universität Freiburg inskünftig mit neuen Studiengängen auf, die es in der Schweiz so nicht gibt. Nach der neuartigen Kombination im Bachelor in Wirtschafts- und Rechtswissenschaftlichen Studien im letzten Jahr können gibt es nun auch einen Lehrstuhl in Umweltgeisteswissenschaften (Environmental Humanities). Ebenfalls eine Freiburger Spezialität ist ein kombiniertes Lehrdiplom in deutscher Sprache, wo Studierende gleichzeitig die Unterrichtsbefähigung für die Sekundarstufe I und Maturitätsschulen zu erwerben.

10^e anniversaire de l'Institut de plurilinguisme

A travers ses travaux de recherche, l'Institut de plurilinguisme de l'Université de Fribourg et de la Haute école pédagogique Fribourg aborde des questions d'actualité liées au plurilinguisme, contribuant ainsi aux débats publics qui animent la Suisse. Sur mandat de la Confédération suisse, depuis 2011, l'Institut dirige le Centre scientifique de compétence sur le plurilinguisme (CSP) et perpétue ainsi la tradition fribourgeoise d'un plurilinguisme comme label de qualité et avantage concurrentiel. En plus de ses activités de recherche fondamentale, l'Institut de plurilinguisme se concentre sur des thèmes de recherche appliquée dans trois grands domaines: compétences individuelles en plurilinguisme, enseignement et apprentissage des langues à l'école, questions sociales et institutionnelles liées au plurilinguisme.

Weiterbildung zur muslimischen Seelsorge

Das Schweizerische Zentrum für Islam und Gesellschaft (SZIG) führt in Kooperation mit dem Kanton Zürich und dem Dachverband islamischer Organisationen im Kanton Zürich (VIOZ) den Weiterbildungslehrgang «Muslimische Seelsorge und Beratung im interreligiösen Kontext» durch. Seit September 2018 bereiten sich deshalb 12 Personen auf ihre

zukünftige Tätigkeit in Spitälern und für Notfalleinsätze vor. Die dafür gegründete Trägerschaft Qualitätssicherung Muslimische Seelsorge im Kanton Zürich wird von den beiden Landeskirchen unterstützt. Sämtliche aufgenommenen Personen wurden einer Sicherheitsprüfung durch das Amt für Justizvollzug unterzogen. Im Weiterbildungslehrgang und dem daran anschliessenden Praktikum erwerben sie professionelle Kompetenzen für eine Beratung in öffentlichen Institutionen wie Spitälern.

Pari gagné en trois minutes

La finale suisse de «Ma thèse en 180 secondes» a réuni sur la scène de l'Aula magna 16 concurrents gonflés à bloc. Menée tambour battants par l'humoriste Yann Marguet et DJ Ronfa, la soirée a rassemblé plus

de 600 personnes dans la salle et plus de 4'000 en *facebook live*. Le jury, composé de personnalités des médias, de la société civile et du monde académique, a attribué son premier prix à Pascale Deneulin de l'Université de Lausanne.

Zweiter Tag der offenen Tür «Explora»

Nach 2016 veranstaltete die Universität Freiburg erneut einen Tag der offenen Tür. Auf dem Programm standen über 80 Aktivitäten, Tagungen, Konzerte, Workshops und Schatzsuchen sowie ein Lauf durch die Stadt. Das grosse Engagement der Hochschulgemeinschaft und die erfreulichen Besucherzahlen deuten darauf hin, dass aus der noch jungen Marke «Explora» dereinst eine Freiburger Tradition werden könnte. ■

Universität Luzern

Dave Schläpfer

Forschung / Drittmittel

Sowohl bei der Einwerbung von Drittmitteln beim Schweizerischen Nationalfonds (SNF) als auch bei Privaten und Stiftungen für die Forschung waren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Luzern im Berichtsjahr äusserst erfolgreich: So hat der Nationalfonds das Sinergia-Projekt «In the Shadow of the Tree. The Diagrammatics of Relatedness as Scientific, Scholarly, and Popular Practice» bewilligt und dafür 2,92 Mio. Franken gesprochen. Geleitet wird die überinstitutionelle Forschung zu Verwandtschaftsdiagrammen von Prof. Dr. Marianne Sommer, Professorin für Kulturwissenschaften. Es ist das erste Mal, dass die Universität Luzern bei einem Sinergia-Projekt als «Leading House» fungiert. Ferner ist es mit «The Migration of Migration Policies. Pathways and Consequences of the Diffusion of Migration Policies» gelungen, auch bei der zweiten Phase des Nationalen Forschungsschwerpunkts «on the move. The Migration-Mobility Nexus» mit einem Projekt vertreten zu sein. Dieses steht unter der Leitung von Prof. Dr. Joachim Blatter, Professor für Politikwissenschaft mit Schwerpunkt Politische Theorie. Im Rahmen der mit 684'000 Franken geförderten Studie steht die Klärung der Frage im Zentrum, ob und inwiefern sich im Bereich Migration nicht nur Menschen, sondern auch Politiken von einem Staat zum anderen bewegen. Auch am nationalen Forschungscluster «Digital Lives» ist ein Team der Universität Luzern beteiligt. Dies mit dem von Prof. Dr. Reto Hofstetter, Professor für Marketing, geleiteten Projekt «Understanding the Dynamics of Sharing Personal Information Online». In der mit 200'000 Franken geförderten Forschung stehen die psycholo-

gischen Mechanismen des Teilens (Sharing) von persönlichen Informationen auf sozialen Plattformen im Internet im Fokus. Diverse weitere neue Drittmittelforschungsprojekte konnten lanciert werden – unter anderem «Being without Foundations» (Dr. Philipp Blum, Philosophie), «Reinheit verkaufen. Visuelle Codes für das Ursprüngliche vom späten Mittelalter bis in die Moderne» (Prof. Dr. Valentin Groebner, Geschichte) und «Grandparents' Involvement and Psychosocial Outcomes when a Grandchild is Diagnosed with Cancer. Acute and Long-term Consequences» (Prof. Dr. Gisela Michel, Gesundheitswissenschaften). Zusätzlich hat Dr. Denise Traber einen Ambizione-Betrag gesprochen bekommen und führt am Politikwissenschaftlichen Seminar das Projekt «The Divided People. Polarization of Political Attitudes in Europe» durch. Prof. Dr. Christine Abbt (Philosophie) und Prof. Dr. Boris Previšić (Literatur- und Kulturwissenschaften) konnten eine Verlängerung ihrer beiden SNF-Förderungsprofessuren erreichen.

Entwicklung der Universität

Im Verlaufe des Jahres 2018 wurde ein neues Institut geschaffen und der Grundstein für ein weiteres gelegt: zum einen das Institut für Wirtschaft und Regulierung (WIRE), das Forschung und Lehre unterschiedlicher Rechtsgebiete im Bereich des Wirtschaftsrechts zusammenbringt. Im Zentrum stehen dabei aktuelle Fragen im Spannungsfeld von freiem Wettbewerb und Regulierung und damit zentrale Grundlagen für Wirtschaft und Gesellschaft. Zum anderen realisiert der Urner Regierungsrat in Zusammenarbeit mit der Universität das universitäre Forschungsinstitut «Kulturen der Alpen» in Uri. Die-

ses soll Raum bieten, um regionale Fragestellungen fächerübergreifend wissenschaftlich aufzuarbeiten und wird zunächst während drei Jahren bis Mitte 2022 betrieben, dies mit dem klaren Ziel einer definitiven Weiterführung. Im Bereich Lehre bieten die Universität Luzern und die Carleton University in Ottawa neu einen gemeinsamen Masterstudiengang in Politikwissenschaft an. Im Juni fand zudem erstmals die «Lucerne Summer University. Ethics in a Global Context» statt. Im Rahmen dieses international und interdisziplinär ausgerichteten Angebots, das auch 2019 durchgeführt wird, befassen sich Studierende mit ethischen Herausforderungen. Aktuell sind die Vorbereitungen für das erstmalige Angebot des Masterstudiengangs Wirtschaftswissenschaften (ab Herbstsemester 2019) und des «Luzerner Track» des Joint Masters Medizin (gemeinsam mit der Universität Zürich; ab Herbstsemester 2020) am Laufen. Beim Master Wirtschaftswissenschaften haben die Studierenden die Wahl zwischen einer Spezialisierung in einem von drei Bereichen – Politische Ökonomie, Marktorientiertes Management oder Gesundheitsökonomie und -management – oder einem generalistisch angelegten Studium. Im Bereich

Weiterbildung erfolgte eine Ausbildungspartnerschaft mit der Höheren Kaderaus- bildung der Armee: Der «MAS in Effective Leadership», der aus drei auch einzeln belegbaren Zertifikatslehrgängen und einem darauf aufbauenden Mastermodul besteht, startete im Herbstsemester 2018 und steht zivilen und militärischen Teilnehmenden offen. In Vorbereitung befindet sich der CAS «Comprehensive Palliative Care» mit der erstmaligen Durchführung im Herbstsemester 2019.

Personalien / Berufungen

Prof. Dr. Alexander Trechsel amtet seit dem 1. August als neuer Prorektor Forschung. Der Professor für Politikwissenschaft mit Schwerpunkt Politische Kommunikation folgte auf Prof. Dr. Martin Baumann, der das Amt während acht Jahren innehatte. Im Berichtsjahr wurden Prof. Dr. Daniel Speich Chassé zum ordentlichen Professor für Geschichte mit Schwerpunkt Globalgeschichte und Prof. Dr. Leif Brandes zum ordentlichen Professor für Betriebswirtschaftslehre berufen. Dr. Anna Coninx und Dr. Stefan Maeder sind seit dem Februar 2018 Assistenzprofessorin und Assistenzprofessor für Straf- und Strafprozessrecht. ■

Université de Neuchâtel (UniNE)

Fabian Greub

Gouvernance

L'année 2018 commence sans budget pour l'Etat de Neuchâtel, ce qui génère une forte incertitude quant aux moyens financiers qui seront à disposition sur l'ensemble de l'exercice. L'UniNE prend des mesures d'économie à court terme en gelant le remplacement des postes laissés vacants, en ne reconduisant pas les contrats à durée déterminée qui ne sont pas nécessaires à la tenue des cours et en stoppant toute dépense qui n'a pas d'impact direct et immédiat sur son fonctionnement. L'Etat de Neuchâtel finit par se doter d'un budget au prix notamment d'une coupe supplémentaire d'un million de francs dans la subvention versée à l'UniNE. Les Statuts entrent en vigueur le 1^{er} juillet dans le délai fixé par la nouvelle loi cantonale, ce qui conduit à l'adaptation d'une trentaine de modèles d'arrêtés de nomination. Etant donné l'engagement de trois professeur-e-s assistant-e-s selon les nouvelles dispositions légales sur la préritualisation conditionnelle ou *tenure track* (PATT), ainsi que l'introduction de l'évaluation périodique des professeur-e-s ordinaires, le règlement sur les évaluations des membres du corps professoral est entièrement révisé et deux nouveaux guides sont proposés : un pour les personnes évaluées et un pour les instances chargées de l'évaluation. L'année

est également marquée par les négociations entre le DEF et le rectorat en vue s'établir un nouveau Mandat d'objectifs.

Enseignement

La rentrée 2018–2019 est marquée par une stabilité des effectifs totaux, avec notamment une baisse du nombre de personnes admises en bachelor, presque entièrement contrebalancée par une hausse en master. Alors que le recul au niveau bachelor est en phase avec le scénario démographique de référence de l'OFS, la création d'une nouvelle formation en sciences économiques – le Master en management général destiné aux non-économistes – n'est pas étrangère à la progression des admissions en master. La Faculté des sciences procède à une refonte en profondeur du Bachelor en biologie et des cursus intégrant des enseignements de biologie. Elle introduit en première année de médecine une sélection qui permet aux personnes non retenues pour la 2^e année, mais ayant obtenu de bons résultats aux examens, de bifurquer vers la biologie en 2^e année ou d'autres cursus sans perdre les acquis de la première année. Grâce au Master en finance de la Faculté des sciences économiques, l'Université fait son entrée dans la liste très exclusive des institutions partenaires

du prestigieus label *Chartered Financial Analyst*®. Le Bachelor en droit donne accès à de nouveaux cours à options proposés par les autres facultés dans une logique d'interdisciplinarité. Les Facultés des sciences ainsi que des lettres et sciences humaines mettent sur pied un cours sur les Interactions homme-environnement portant sur les enjeux de la durabilité.

Recherche

L'année est marquée par la prolongation du NCCR On the move – le pôle de recherche national sur la migration et la mobilité – pour quatre ans supplémentaires. Après un léger recul en 2017, les financements liés aux projets de recherche repartent à la hausse. L'UniNE enregistre notamment d'excellents résultats dans le cadre de l'appel à projet du FNS *Digital Lives*, qui mobilise les sciences humaines et sociales pour analyser les conséquences de la digitalisation de l'économie et de la société et où elle décroche 6 des 57 projets attribués dans toute la Suisse. Dans le champ de l'écologie chimique et de la biotechnologie environnementale, un professeur décroche un *ERC Advanced Grant*, la plus importante bourse octroyée par l'Union européenne. L'UniNE accueille également une jeune chercheuse titulaire d'une bourse *Excellenza Professorial Fellowship* qui conduira pendant cinq ans une équipe de recherche en droit de la santé. Enfin, 79 contrats sont signés avec des entités tierces (sans compter les contrats établis

dans le cadre de consortiums de recherche financés par l'Union européenne), générant des retombées de 6 millions de francs.

Rayonnement / services à la Cité / formation continue

Outre les nombreux congrès et conférences qui font rayonner Neuchâtel internationalement, L'Université accueille en 2018 la finale suisse du concours La Science appelle les jeunes, qui met en valeur les travaux d'une centaine de lycéennes et lycéens provenant de tout le pays. Grâce à une collaboration avec le *Center for Digital Humanities* de Trèves (Allemagne) et la Haute école de gestion Arc, le Glossaire des patois de Suisse romande est mis en ligne à la disposition du grand public. Des accords de collaboration sont signés avec l'Université d'Abomey-Calami à Cotonou (Bénin) et la *Southwestern University of Political Science & Law* à Chongqing (Chine). En Europe, des accords de mobilité étudiante sont signés notamment avec Potsdam, Karlsruhe, Cadix, Nicolae Titulescu Bucarest ainsi que le Conservatoire national des arts et métiers de Paris. L'UniNE signe également avec la Confédération un accord portant sur la reconnaissance de crédits pour les personnes ayant suivi une formation à la conduite militaire. Le 3 novembre a lieu le Dies academicus, journée officielle de l'Université, dont le thème est *Voies d'avenir*. ■

Universität St. Gallen (HSG)

Marius Hasenböhler-Backes

Japanische Architektur für HSG Learning Center

Die HSG Stiftung möchte für die Universität St. Gallen ein Learning Center auf dem Rosenberg realisieren. Damit will sie für die HSG und ihre Studierenden einen Beitrag leisten, um den Herausforderungen der Digitalisierung gerecht zu werden und eine neue Qualität des Lernens zu ermöglichen. Mit dem Abschluss des Architekturwettbewerbs konnte im Februar 2018 ein Meilenstein erreicht werden. Die 16-köpfige Jury gab letztlich Sou Fujimoto Architekten mit dem Projekt «Open Grid – Choices of Tomorrow» den Zuschlag. Für die Erstellung und die Innenausstattung des HSG Learning Centers sind 40 bis 50 Mio. Franken veranschlagt. Um das Gebäude auch in den Folgejahren gemäss dem didaktischen Konzept betreiben zu können, geht die HSG Stiftung von weiteren 10 Mio. Franken aus. Gesamthaft zielt die Spenden-Initiative somit auf einen Betrag von rund 60 Mio. Franken. Die HSG Stiftung will die Finanzierung vollumfänglich über Schenkungen erzielen und sie ist auf gutem Weg. So spricht sie den Initialförderern,

die bislang rund 40 Mio. Franken zugesichert haben, ihren grossen Dank aus; insbesondere Michael Hilti sowie der Hilti Familienstiftung, Thomas Schmidheiny und der Wietlisbach Foundation.

HSG Impact Award verliehen

Um die gesellschaftlichen Auswirkungen ihrer Forschung besser sichtbar zu machen, hat die Universität St. Gallen ihre Mitarbeitenden aufgerufen, Forschungsarbeiten einzureichen, die in der Praxis eine klar erkennbare Wirkung gezeigt haben. Folgende drei Teams wurden im Rahmen des Dies academicus im Mai 2018 ausgezeichnet: «Global Trade Alert» von Prof. Simon Evenett, Ph.D., «Open Source Behavior Intervention Platform MobileCoach» von Dr. Tobias Kowatsch und «Futuricum – Die Erfolgsgeschichte der E-Mobility» von Martin Meier, Prof. Dr. Moritz Loock und Angela Honegger. Besonderes Augenmerk wurde bei der ersten Verleihung des «HSG Impact Awards» auf die gesellschaftliche Bedeutung und die praktische Umsetzung der Forschung gelegt

sowie auf die Frage, inwiefern ein Forschungsprojekt einen wesentlichen Beitrag zur gesellschaftlichen, sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung leistet. Die Preisträger erhalten jeweils eine Prämie von 5000 Franken. Zudem wird das Projekt durch einen kurzen Filmtrailer vorgestellt.

Ja zum Joint Medical Master

Wer in der Ostschweiz wohnt und Ärztin oder Arzt werden will, kann das Master-Studium in Zukunft in St. Gallen absolvieren. Die Stimmbevölkerung hat am 10. Juni 2018 dem Joint Medical Master in St. Gallen mit 86 Prozent zugestimmt. Alle 77 Gemeinden unterstützten die Vorlage. Der Joint Medical Master in St. Gallen bietet ab dem Herbstsemester 2020 vierzig Studentinnen und Studenten Platz für ihr Master-Studium in Humanmedizin. Den neuen Ausbildungslehrgang wird die Universität St. Gallen in Kooperation mit der Universität Zürich, dem Kantonsspital St. Gallen und dem Universitätsspital Zürich anbieten. Der Kanton St. Gallen will auf diesem Weg medizinisches Fachpersonal in der Region ausbilden und halten.

Über 2800 Jobs durch HSG-Spin-offs

Seit 2017 können sich Unternehmen, die aus dem Umfeld der Universität St. Gallen gegründet worden sind, um das HSG-Spin-off-Label bewerben. Wer ein bereits erfolgreich etabliertes Unternehmen betreibt oder wer mit seinem Startup seit mindestens zwölf Monaten am Markt ist, kann beim Center for Entrepreneurship (CfE-HSG) einen Antrag für das Gütesiegel stellen. Voraussetzung ist unter anderem, dass mindestens eine Person unter den Unternehmensgründern einen Konnex zur HSG hat – zum Beispiel als Studierender, Alumnus, Forschender oder Dozierender. Das HSG-Spin-off-Label ist sehr beliebt:

Mittlerweile sind bereits 117 Unternehmen mit dem Label ausgezeichnet worden. Das CfE-HSG hat von Juni bis August 2018 eine Umfrage unter 64 Unternehmen mit HSG-Spin-off-Label durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass fast die Hälfte dieser Unternehmen im Bereich «Software und Dienstleistungen» tätig sind (48%). Eine weitere grössere Gruppe von Unternehmen, die aus der HSG entstanden sind, ist im Geschäftsbereich «Lebensmittel» tätig (12%). Der grösste Teil der Unternehmen, die sich erfolgreich um das HSG-Spin-off-Label beworben haben, ist erst während der vergangenen fünf Jahre gegründet worden (73%). Insgesamt haben die 64 befragten Unternehmen mit HSG-Spin-off-Label im Umfragejahr 2017 mehr als 100 Millionen Franken Umsatz erzielt und seit ihrer Gründung über 2800 Stellen geschaffen. Die Unternehmen haben rund 240 Millionen Franken Investitionskapital generiert. Und obwohl viele unter ihnen noch sehr jung sind, haben bereits rund die Hälfte (48%) die volle Profitabilität erreicht.

FT-Ranking: HSG verteidigt Platz 4

Die HSG ist im «European Business Schools Ranking» der «Financial Times» seit 2012 ständig unter den zehn besten «Business Schools» Europas rangiert. Im Ranking wurden die 95 besten Wirtschaftsuniversitäten Europas berücksichtigt. Die HSG ist 2018 erneut die bestplatzierte Hochschule in der Schweiz sowie im gesamten deutschsprachigen Raum. Ebenfalls ist die Universität St. Gallen die bestplatzierte öffentlich-rechtliche Hochschule im Ranking. Auf Platz eins des Rankings liegt erneut die London Business School, gefolgt von der HEC Paris. Die bestplatzierte Universität Deutschlands ist Mannheim auf Rang 18, die bestrangierte Universität Österreichs die Wirtschaftsuniversität Wien auf Platz 41. ■

Università della Svizzera italiana

Albino Zraggen

L'Accademia di architettura alla Biennale di Venezia

La Biennale di Venezia nasce nel 1895 ed è oggi tra le istituzioni culturali più note e prestigiose al mondo. All'avanguardia nella ricerca e nella diffusione delle nuove tendenze artistiche contemporanee, organizza in tutti i suoi settori - Arte, Architettura, Cinema, Danza, Musica, Teatro - attività espositive, performative, di ricerca e formazione. L'esposizione di architettura è la più rinomata e visitata al mondo e accoglie mediamente 600 mila visitatori da oltre 60 Paesi. Ogni edizione è curata da personalità di spicco del dibattito architettonico internazionale e

quest'anno l'onore è toccato a **Yvonne Farrell e Shelley McNamara**, professoressa ordinaria di Progettazione all'Accademia di architettura dell'USI.

Titolo e tema unificante di questa edizione è *Free-space*, che è stato così motivato dalle curatrici: «Siamo convinte che tutti abbiano il diritto di beneficiare dell'architettura. Il suo ruolo, infatti, è di offrire un riparo ai nostri corpi e di elevare i nostri spiriti. La bella parete di un edificio che costeggia la strada dona piacere ai passanti, anche se non vi entreranno mai. Lo stesso piacere è offerto dalla vista di una corte attraverso un portale ad arco o da un luogo nel quale

trovare un punto di sosta per godere di un po' di ombra o da una nicchia che offre riparo dal vento o dalla pioggia. Ciò che ci interessa è andare oltre ciò che è visibile, enfatizzando il ruolo dell'architettura nella coreografia della vita quotidiana».

La presenza dell'Accademia dell'USI alla Biennale si articola anche grazie alla folta partecipazione di ben 13 professori che vi prenderanno parte in modo attivo: Manuel Aires Mateus, Walter Angonese, Michele Arnaboldi, Valentin Bearth, Riccardo Blumer, Martin Boesch, Frédéric Bonnet, Mario Botta, Francis Diébédo Kéré, Quintus Miller, João Nunes, Valerio Olgiati, Jonathan Sergison.

Una presenza che testimonia la qualità della didattica dell'Accademia, che si è svolta pure all'interno di una sezione speciale dell'esposizione intitolata *The Practice of Teaching* (www.labiennale.org/it/architettura/2018/practice-teaching). Si tratta di una sezione dedicata al rapporto tra progettazione e insegnamento dell'architettura, che le curatrici indicano come «una componente essenziale per assicurare la continuità della tradizione», in cui «il mondo del fare e del costruire si fonde con il mondo dell'immaginazione».

Teatro dell'Architettura

Lo scorso 11 ottobre 2018 è stato inaugurato il nuovo Teatro dell'architettura dell'USI a Mendrisio, con la mostra “**Louis Kahn e Venezia**” che per prima volta ha messo in scena il profondo legame tra l'architetto americano – uno dei Maestri del Novecento – e la città di Venezia, cominciato nel 1928 con la sua prima visita in Laguna, proseguito nei decenni successivi con altri viaggi e consolidato con le partecipazioni alla Biennale, l'amicizia con Carlo Scarpa, le diverse lezioni tenute e soprattutto con il suo progetto, rimasto sulla carta, per il Palazzo dei Congressi. Tali vicende, insieme ai temi ad esse correlati, sono approfondite in mostra grazie a modelli, elaborati grafici, fotografie, videoinstallazioni, lettere e altri documenti, in parte inediti, provenienti da numerosi archivi internazionali e collezioni private tra cui The Architectural Archives-University of Pennsylvania di Philadelphia, il Canadian Centre for Architecture di Montréal, la Fondazione Querini Stampalia di Venezia, la collezione di Sue Ann Kahn di New York e altri.

In mostra spiccano i disegni originali per il Palazzo dei Congressi, frutto di un intenso lavoro analitico e progettuale svolto tra il 1968 e il 1972, che per la prima volta vengono riuniti per restituire la densità della riflessione architettonica di Kahn; le sue reinterpretazioni grafiche dell'architettura veneziana; le re-

gistrazioni delle sue lezioni e conferenze a Venezia. Sono presenti anche disegni originali di Le Corbusier e Frank Lloyd Wright, anch'essi autori di progetti, mai realizzati, per la città lagunare. Il lavoro di ricerca sotteso al progetto espositivo punta infatti a far riflettere sull'attuale e complesso rapporto che si instaura tra passato, presente e futuro in un luogo così eccezionale come Venezia, “puro miracolo” – come disse Louis Kahn – della storia dell'umanità.

Cattedra Borromini

Con l'istituzione della Cattedra Borromini, un insegnamento di alto livello nel campo degli studi umanistici (speciale cattedra assegnata a intervalli di due anni, a partire dall'anno accademico 2012/13), l'Università della Svizzera italiana, l'Accademia di architettura e il suo Istituto di storia e teoria dell'arte e dell'architettura hanno inteso sottolineare il proprio impegno a favore delle scienze umane in senso ampio e a sostegno del ruolo integrante che esse hanno svolto e continuano a svolgere nella creazione artistica e architettonica. I titolari delle scorse edizioni sono stati: il filosofo Giorgio Agamben (2012/13), lo storico dell'arte Salvatore Settis (2014/15) e lo storico dell'architettura Jean-Louis Cohen (2016/17).

La quinta edizione della cattedra (2018-19) è stata affidata al noto storico dell'arte e dell'architettura **Barry Bergdoll**, Meyer Schapiro Professor di Storia dell'Architettura Moderna presso la Columbia University e uno dei curatori del Dipartimento di Architettura e Design del MoMA di New York. Bergdoll svolgerà il tema “Paradossi immobili: l'architettura in mostra dal 1750” in 4 incontri “Architettura e dibattito pubblico” e “Lo stile sulla scena mondiale” (22 e 29.11.2018); “Avanguardia architettonica e tecniche espositive” e “Le mostre di architettura negli anni 2000: tra spettacolo e attivismo” (14.3.e 4.4.2019)

Dalla metà del Settecento, la fondazione di nuovi musei e gallerie d'arte e l'incremento delle relative attività espositive è stata accompagnata dal lento sviluppo di una cultura delle mostre dedicate all'architettura. L'architettura si era fin dall'inizio distinta dalle altre arti perché per esporla si doveva avere a che fare con la sola raffigurazione di edifici, esistenti o futuri che fossero. Tele e sculture possono essere spostate da un luogo all'altro, e le attività artistiche si sono sviluppate in stretta connessione con l'emergente cultura museale. L'architettura, invece, era ovviamente meno adatta alle nuove istituzioni e alle loro pratiche. Eppure, paradossalmente, quando gli architetti trovarono il modo di entrare tra le pareti del Salon di Parigi, della Royal Academy di Londra e di altre sedi deputate all'esposizione e alla critica, iniziò a prendere piede anche in ambito architetto-

nico una cultura espositiva. La serie di quattro conferenze prenderà in esame gli aspetti-chiave di questa nuova pratica, colti in quattro momenti fondativi e in quattro contesti diversi, che hanno dato all'architettura nuove potenzialità. Comune a tutte

le attività espositive è l'idea di mostrare architetture lontano dal loro luogo di costruzione, in un nuovo contesto che dà nuovi significati, stimoli e opportunità all'architettura stessa. ■

Universität Zürich

Rita Stöckli

Organisatorische und personelle Veränderungen

Im Zuge der Reorganisation ihrer Führungsstrukturen schuf die Universität Zürich (UZH) 2018 drei neue Universitätsleitungsfunktionen: die einer Vize-Rektorin bzw. eines Vize-Rektors, jene einer Direktorin bzw. eines Direktors Universitäre Medizin Zürich (UMZH) sowie die Funktion einer Direktorin bzw. eines Direktors Immobilien und Betrieb. Damit umfasst die Universitätsleitung der UZH neu sieben Mitglieder.

Seit Anfang August 2018 ist Prof. Dr. Gabriele Siegert die erste Vize-Rektorin der UZH. Sie hat diese Funktion zusätzlich zu ihrem Amt als Prorektorin Lehre und Studium inne. Als Vize-Rektorin übernimmt Prof. Siegert die Stellvertretung des Rektors, zudem die Querschnittsdossiers Gleichstellung und Diversität, Nachhaltigkeit sowie Qualitätsmanagement. Prof. Dr. Beatrice Beck Schimmer ist die erste Direktorin UMZH, und François Chapuis der erste Direktor Immobilien und Betrieb der UZH.

Ein weiteres Reorganisationsprojekt, auf dessen Umsetzung im Berichtsjahr hingearbeitet wurde, ist die Ständereform. In Zukunft werden an der UZH vier Stände Mitbestimmungsrechte haben: die Studierenden, der wissenschaftliche Nachwuchs, fortgeschrittene Forschende und Lehrende sowie – neu – das administrative und technische Personal.

Die Reform wird voraussichtlich im Herbst 2019 mit der Inkraftsetzung des revidierten Universitätsgesetzes und der neuen Universitätsordnung umgesetzt. Sie verfolgt zwei Hauptziele: Einerseits geht es darum, das administrativ-technische Personal als eigenen Stand anzuerkennen. Andererseits sollen Personen mit ähnlichen Anliegen künftig zum selben Stand gehören. Dies bedeutet, dass die Standeszugehörigkeit neu primär durch die Laufbahnphase und Funktion der jeweiligen UZH-Angehörigen bestimmt wird, was einige Verschiebungen bei den Zugehörigkeiten zu den vier Ständen zur Folge hat.

Neue Strategische Grundsätze der UZH und ein neues Schwerpunktprogramm der Universitätsleitung

Seit rund einem Jahr befindet sich die UZH in einem Prozess zur Überarbeitung ihrer zentralen Strategiedokumente. Im Berichtsjahr wurden die nachfolgenden Schritte erreicht:

Neue Strategische Grundsätze für die UZH: Für die strategische Entwicklung der UZH waren bislang die Strategischen Ziele 2020 massgebend. Da die bisherigen Ziele, wie es ihr Name sagt, im Jahr 2020 auslaufen, wurde beschlossen, sie in Strategische Grundsätze ohne Zeitangabe zu überführen. Unter der Leitung der Vize-Rektorin setzte eine Arbeitsgruppe, in der alle Fakultäten und Stände der UZH vertreten waren, einen Textentwurf auf. Dieser wurde im November 2018 konsolidiert und in die gesamtuniversitäre Vernehmlassung gegeben. Im Frühjahr 2019 wird sich der Universitätsrat zu den neuen Strategischen Grundsätzen äussern. Sie nennen als wesentliche Eckwerte unter anderem die Pflege der Vielfalt der UZH sowie einer fördernden und wertschätzenden Arbeits- und Führungskultur im gesamten universitären Betrieb. Zusätzlich tragen die Grundsätze der zentralen Bedeutung von Querschnittsthemen wie Qualitätsentwicklung, Chancengleichheit, Diversität und Nachhaltigkeit Rechnung, indem sie diese als gesamtuniversitäre Grundwerte in der Strategie der UZH verankern.

Schwerpunktprogramm der Universitätsleitung 2019–2022: Parallel zum gesamtuniversitären Projekt der Strategischen Grundsätze erarbeitete die Universitätsleitung ein Schwerpunktprogramm (SPP) für ihre laufende Amtsperiode. Es legt die Handlungsfelder fest, in denen die Universitätsleitung in den kommenden vier Jahren Prioritäten setzen will. Die Universitätsleitung strebt unter anderem die noch stärkere Positionierung der UZH als international sichtbare und vernetzte sowie gleichzeitig lokal verankerte Universität an, ausserdem die Förderung der Innovation in Forschung und Lehre sowie die Ausrichtung der UZH auf die digitale Zukunft. Das SPP definiert dabei nicht nur Ziele, sondern hält im Sinne

eines Arbeitsprogramms auch konkrete Massnahmen zu deren Umsetzung fest.

Wichtige Veranstaltungen im Berichtsjahr (Auswahl)

Stellvertretend für die zahlreichen Veranstaltungen und Ereignisse, welche das Jahr 2018 an der UZH prägten, seien in chronologischer Reihenfolge drei erwähnt:

EUA Annual Conference: Vom 4. bis 6. April 2018 fand die Jahrestagung der European University Association (EUA) erstmals an der UZH statt. Rund 400 Leitungspersonen europäischer Universitäten trafen sich auf dem Campus der UZH, um unter dem Motto «engagierte und verantwortungsbewusste Universitäten gestalten Europa» über die aktuelle und künftige Rolle der Universität in der Gesellschaft zu diskutieren. Für die UZH war es eine grosse Ehre, Gastgeberin der EUA Annual Conference zu sein. Gleichzeitig war die Tagung eine hervorragende Gelegenheit, um die internationale

Sichtbarkeit der Universität und des Forschungsstandortes Zürich weiter zu stärken.

Bullinger-Ausstellung: Als Teil des vielfältigen Veranstaltungsprogramms, das 2018 in Zürich anlässlich des Reformationsjubiläums stattfand, wurde im Hauptgebäude der UZH vom 17. Mai bis am 24. Juni 2018 eine Ausstellung zu Heinrich Bullinger gezeigt. Bullinger war Zwinglis Nachfolger als Zürcher Reformator und darüber hinaus ein bedeutender Chronist des 16. Jahrhunderts. Er stand im Briefwechsel mit Persönlichkeiten aus ganz Europa und galt bereits zu Lebzeiten als der bestinformierte Mann seiner Zeit.

FORUM UZH: Für die UZH soll bis 2027 auf dem Areal «Wässerwies» vis-à-vis ihres bestehenden Hauptgebäudes ein neues Bildungs- und Forschungszentrum errichtet werden. Im November 2018 hat das renommierte Architekturbüro Herzog & de Meuron den internationalen Projektwettbewerb FORUM UZH gewonnen. ■

Stellenausschreibung - Poste à pourvoir

ETH zürich

Assistant Professor (Tenure Track) of Robotic Materials

The Department of Materials (www.mat.ethz.ch) at ETH Zurich invites applications for the above-mentioned position.

We are searching for excellent candidates to develop a world-leading research program in robotic materials, i.e. new materials with properties that enhance robotic functionality. The assistant professorship will represent the focus of an extensive ETH collaborative network, involving colleagues engaged in robotics and the human-robot interface in other departments. The successful candidate has an outstanding research record in either soft or hard materials, with a strong focus on applications, ideally in robotics. At the assistant professor level, commitment to teaching and the ability to lead a research group are expected. The new assistant professor must be an enthusiastic teacher, who will develop and teach courses in the Materials curriculum.

Assistant professorships have been established to promote the careers of younger scientists. ETH Zurich implements a tenure track system equivalent to other top international universities. While this position is primarily intended to be at the Assistant Professor level, in exceptional cases applications at the Full Professor level will also be considered.

Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch

Applications should include a curriculum vitae, a list of publications, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Joël Mesot. The closing date for applications is 30 April 2019. ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.

Herausgeber und Verlag/Editeur: Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden
Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université
Associazione Svizzera dei Docenti Universitari
Generalsekretariat: Prof. Dr. Gernot Kostorz
Buchhalden 5, 8127 Forch
Tel.: 044 980 09 49 oder/ou 044 633 33 99 (ETHZ)
Fax: 044 633 11 05
E-mail: vsh-sekretariat@ethz.ch
Homepage: www.hsl.ethz.ch
PC-Konto / ccp 80-47274-7 IBAN: CH87 0900 0000 8004 7274 7

Redaktion/Rédaction: Prof. Dr. Gernot Kostorz, Buchhalden 5, 8127 Forch
E-mail: vsh-sekretariat@ethz.ch

Layout: Print + Publish ETH Zürich, 8092 Zürich, E-mail: print-publish@services.ethz.ch

Druck/Imprimerie: Print + Publish ETH Zürich, 8092 Zürich

Anzeigen/Annonces: Generalsekretariat
Preise: Stellenanzeigen/Postes à pourvoir: CHF 250 (1/2 Seite/page), CHF 500 (1 Seite/page),
andere Annoncen/autres annonces: CHF 500/1000

**Mitgliederbetreuung, Adressen/
Service membres, adresses:** Generalsekretariat

Das Bulletin erscheint drei- bis viermal im Jahr und wird gratis an die Mitglieder versandt.
Abonnements (CHF 65 pro Jahr inkl. Versand Schweiz) können beim Verlag bestellt werden.
Le Bulletin apparaît trois à quatre fois par an et est distribué gratuitement aux membres.
Des abonnements sont disponibles auprès de l'éditeur (CHF 65 par an, frais de port compris en Suisse).

Vorstand/Comité directeur am 1. April / au 1^{er} avril 2019

Präsident/Président: Prof. Dr. sc. nat. Christian Bochet, Université de Fribourg, Département de Chimie,
Chemin du musée 9, 1700 Fribourg, Tel.: 026 300 8758, E-mail: christian.bochet@unifr.ch

Vorstandsmitglieder/Membres du comité: Prof. Dr. Nikolaus Beck, Università della Svizzera italiana, Institute of Management,
Via G Buffi 13, 6900 Lugano, Tel.: 058 666 44 68, E-mail: nikolaus.beck@usi.ch
Prof. Dr. Bernadette Charlier, Université de Fribourg, Centre de Didactique Universitaire,
Bd de Pérolles 90, 1700 Fribourg, Tel.: 026 300 75 50, E-mail: bernadette.charlier@unifr.ch
Prof. (em.) Dr. phil. Hans Eppenberger, Wiesenweg 5, 5436 Würenlos,
Tel.: 056 424 3256, E-mail: hans.eppenberger@cell.biol.ethz.ch
Prof. Dr. Norbert Lange, Université de Genève, Université de Lausanne, Ecole de Pharmacie, Sciences II,
Quai Ernest Ansermet 30, 1211 Genève 4, Tél.: 022 379 33 35, E-mail: norbert.lange@unige.ch
Prof. Dr. (Ph.D.) Stephan Morgenthaler, Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL),
Fac. Sciences de base (SB), Inst. de mathématiques (IMA), MAB 1473 (Bâtiment MA),
Station 8, 1015 Lausanne, Tél.: 021 6934232, E-mail: stephan.morgenthaler@epfl.ch
Prof. Dr. med. Dr. phil. Hubert Steinke, Universität Bern, Institut für Medizingeschichte,
Bühlstrasse 26, 3012 Bern, Tel.: 031 631 84 29, E-mail: hubert.steinke@img.unibe.ch

Herausgegeben mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (SAGW)
Publié avec le soutien de l'Académie suisse des sciences humaines et sociales (ASSH)



Mitglied der Schweizerischen Akademie
der Geistes- und Sozialwissenschaften
www.sagw.ch

Vereinigung der
Schweizerischen Hochschuldozierenden



Association Suisse
des Enseignant-e-s d'Université



Membre de l'Académie suisse
des sciences humaines et sociales
www.assh.ch

***Die Stimme
der Hochschuldozierenden***



***La voix
des enseignant-e-s d'université***