

Zeitschrift: Bulletin / Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden =
Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université

Herausgeber: Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden

Band: 45 (2019)

Heft: 1

Artikel: ETH Zürich und die Schweiz : ein Schmelztiegel für Roboter-
Technologie

Autor: Siegwart, Roland

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-893931>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ETH Zürich und die Schweiz, ein Schmelztiegel 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), Reymond Clavel (Parallelroboter) und Professor Rolf Pfeifer von der Universität Zürich (Intelligenz und Embodiment).

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
LEEJ 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.

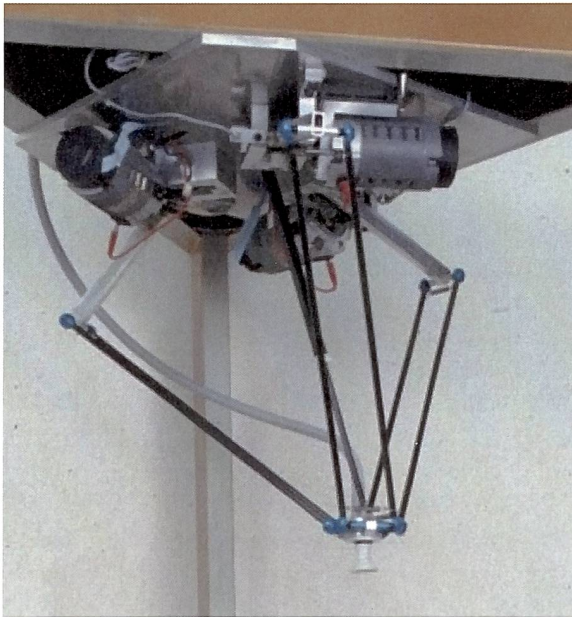


Abb. 1. Parallelroboter Delta, Reymond Clavel, EPFL 1986.

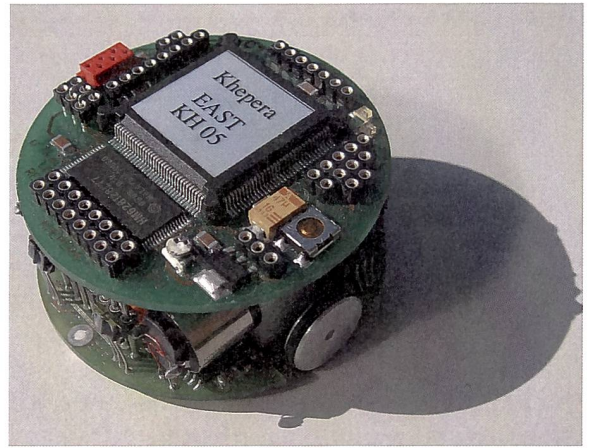


Abb. 2. Khepera Robot, Jean-Daniel Nicouds Lab, EPFL 1996.

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,

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 Studierenden. 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-

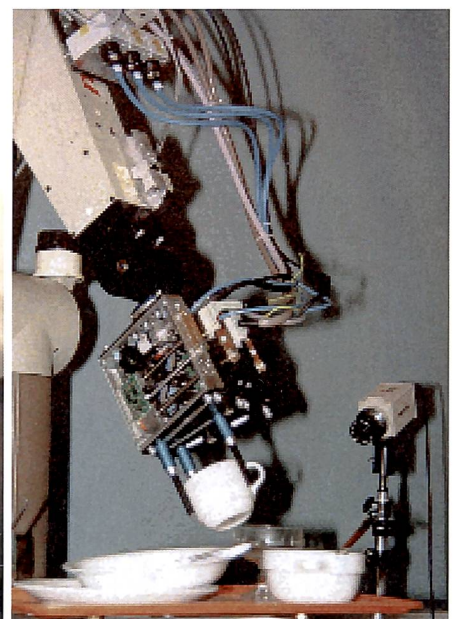
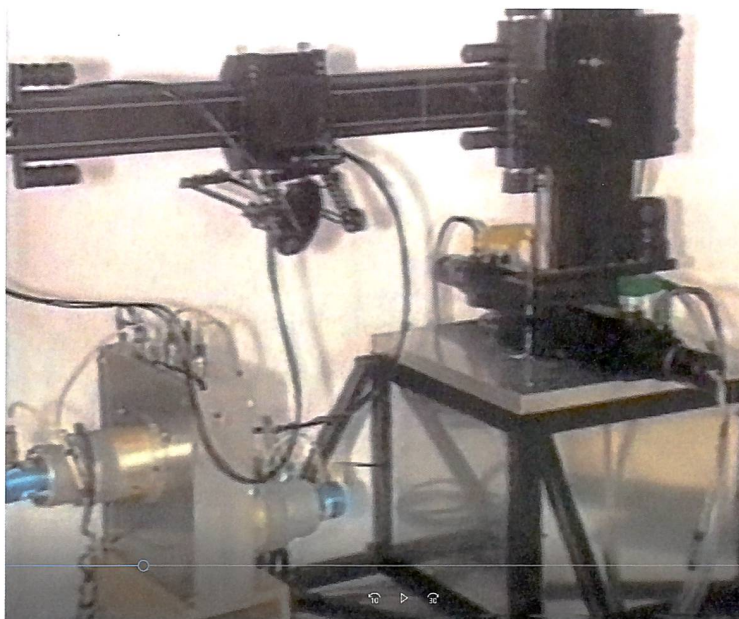


Abb. 3. Ping-Pong- und kollaborativer Robot, Gerhard Schweizers Lab, ETH 1988 / 1993.

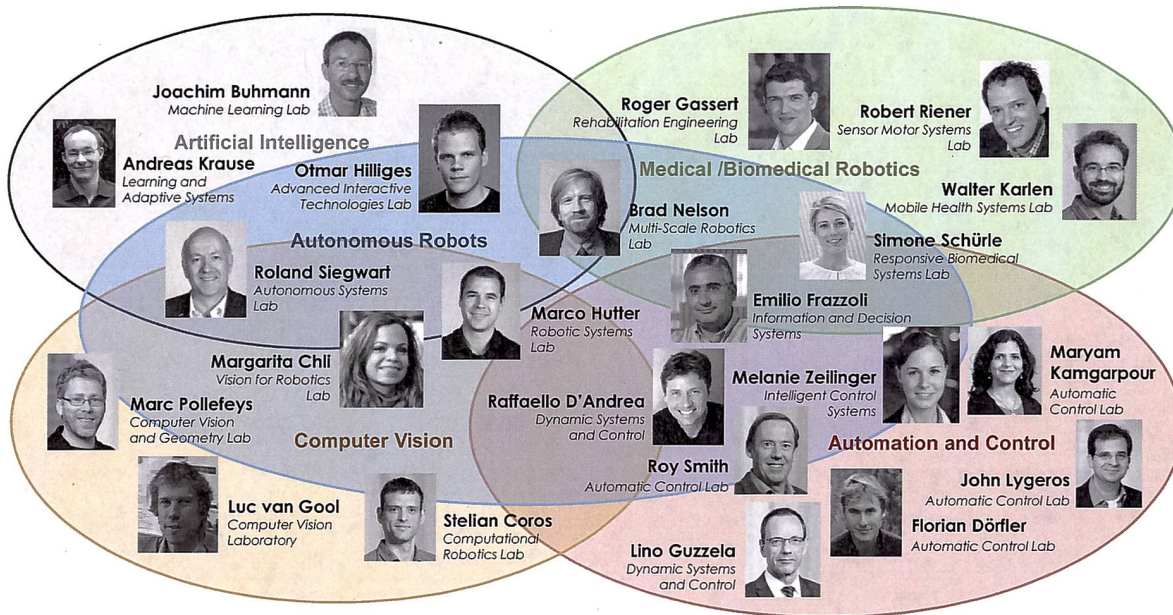


Abb. 4. Die Kernprofessuren in Robotics, Systems and Control an der ETH Zürich.

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 exzellente 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

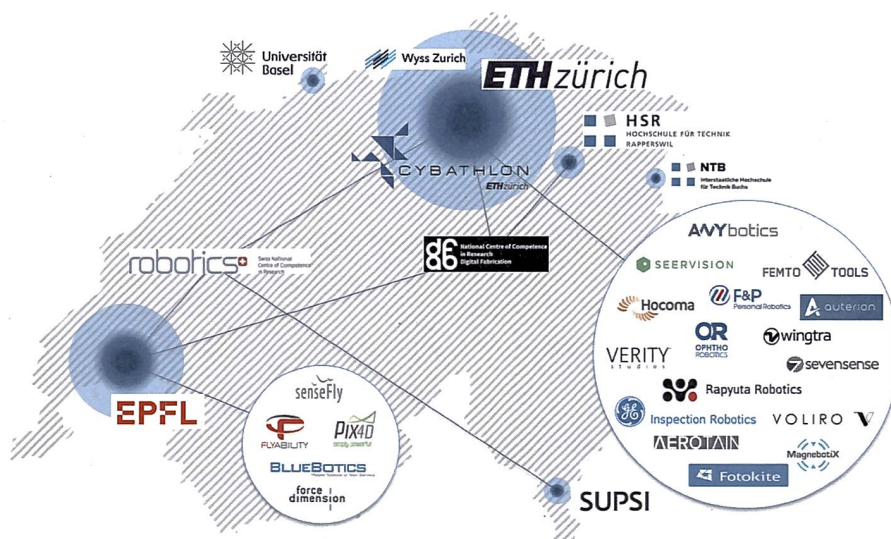


Abb. 5. Die wichtigsten Institutionen, Programme und Startups in der Robotik.

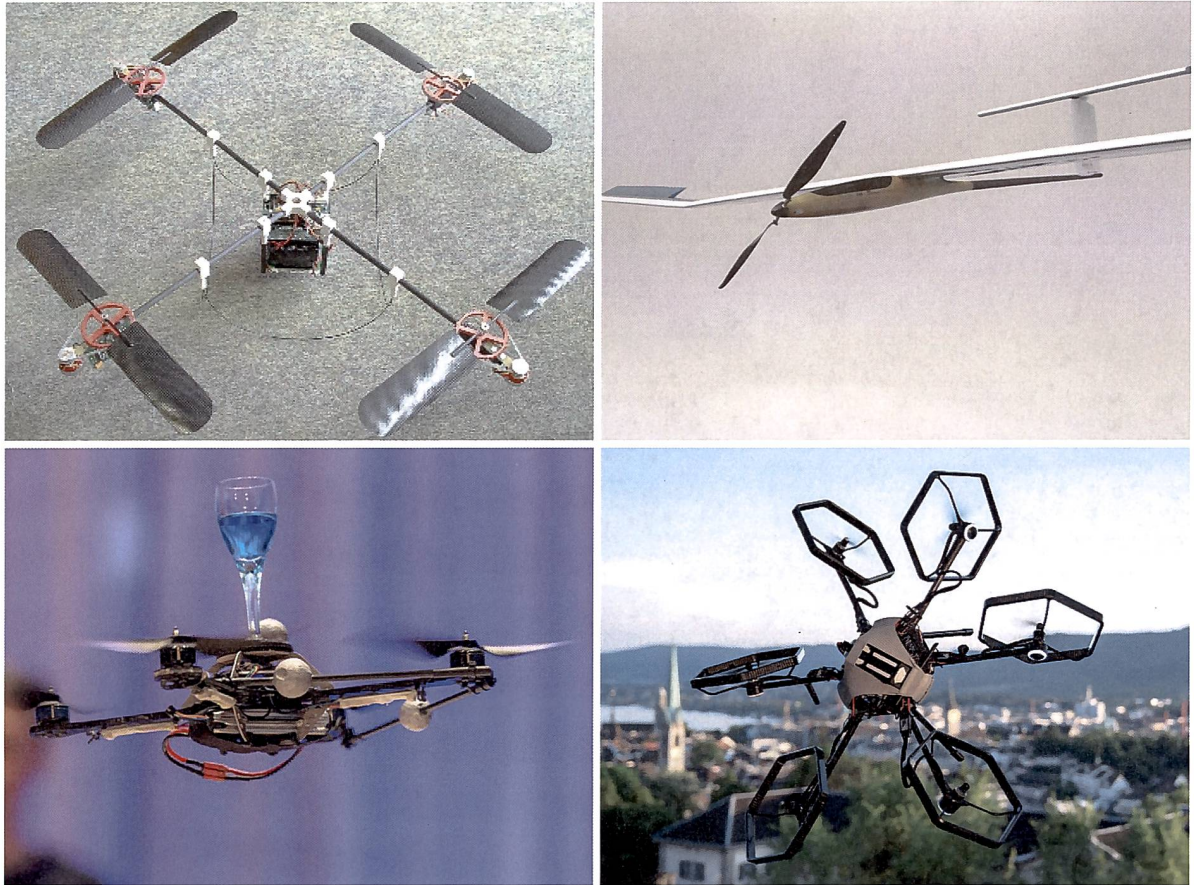


Abb. 6. Flugroboter: Erster Quadrotor, AtlantikSolar, Balancier-Drohne, Voliro.

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.

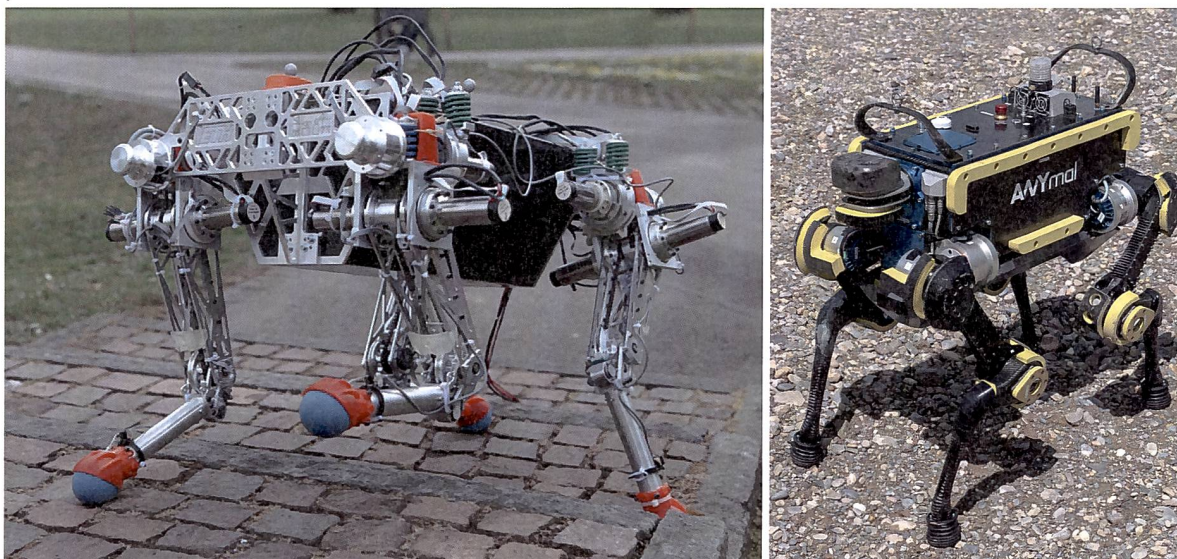


Abb. 7. Laufroboter: StarETH und ANYmal.

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 StarETH 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>

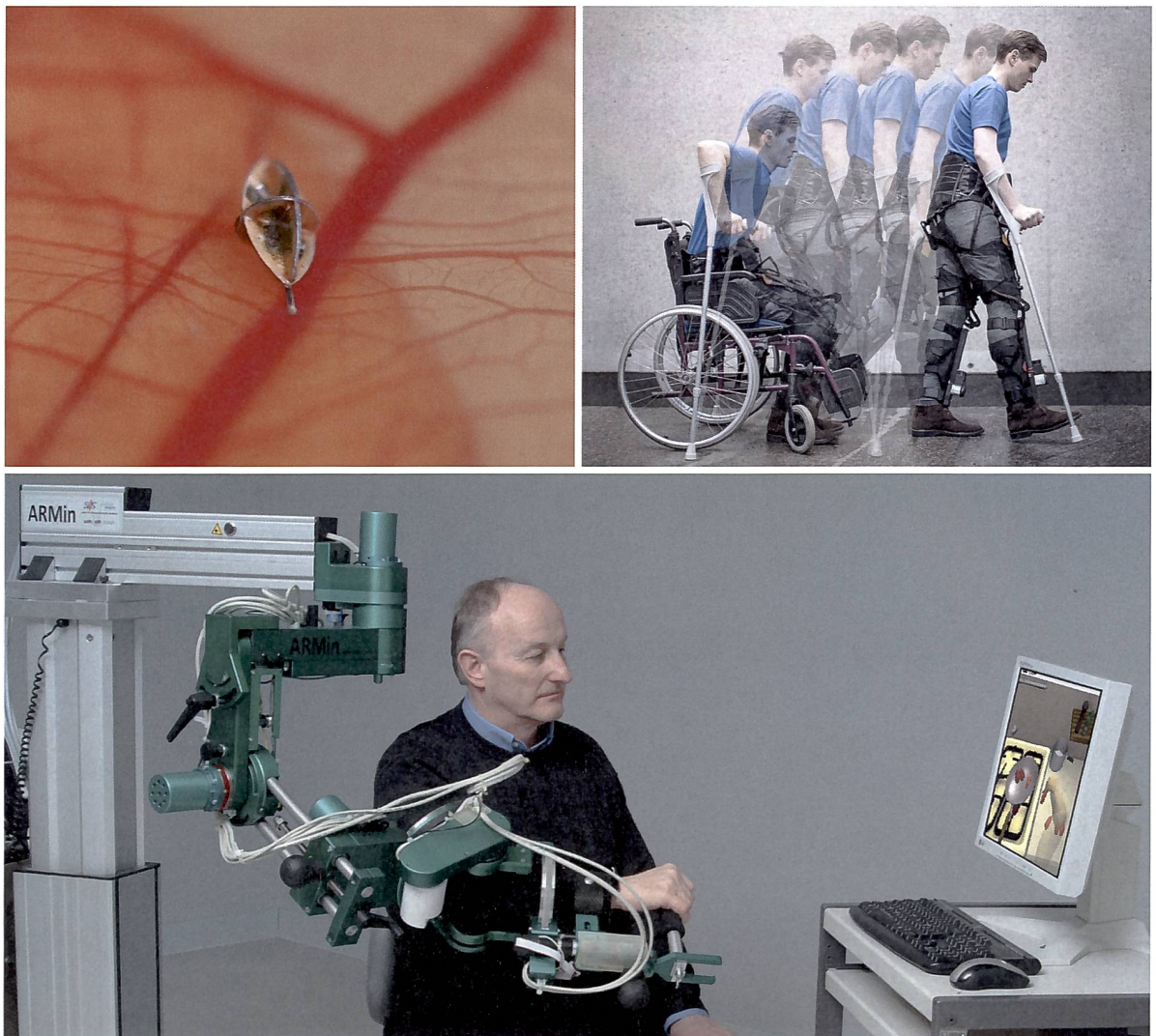


Abb. 9. Roboter in der Medizin: Micro-Roboter, Exoskelette, Rehabilitationsroboter.



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/>