

Munich School of Robotics and Machine Intelligence – **Der sanfte Roboter**



Link

www.msrm.tum.de/rsi/lehrstuhl-fuer-robotik-und-systemintelligenz



So sanft kann eine Roboterhand sein: Anders als die meisten Industrieroboter, vor deren Kraft man den Menschen schützen muss, können Haddadin's Roboter sogar eine Testperson rasieren.

Was ist das Wesen menschlicher Intelligenz? Und wie kann man es in Roboter und andere intelligente Maschinen übertragen? Diesen und anderen Fragen geht Professor Sami Haddadin in der „Munich School of Robotics and Machine Intelligence“ nach. Aufbauend auf neuen Theorien und Methoden entwickelt er zusammen mit seinem Team Roboter mit intelligentem Tastsinn – und ganz praktisch einsetzbare lernfähige und miteinander vernetzte Roboterassistenten.

Collectively learning robots

E

Machine intelligence aims to create smart robots with human-like sensory abilities. As machines evolve, they will increasingly collaborate with people, so safe, intuitive interaction is a must.

The Technical University of Munich is set to play a key role in shaping the evolution of human-robot interaction. By founding the Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM), it is exploring new ways of making mechanical assistance systems smarter and more responsive.

The Director of the newly founded institute is Prof. Sami Haddadin, one of the leading lights in the field of robotics and systems intelligence research. TUM President Wolfgang Herrmann was instrumental in attracting the robotics luminary to Munich – thus outpitching elite institutions such as Stanford University and Massachusetts Institute of Technology.

Prof. Haddadin's current flagship project involves robots cooperating through collective machine learning, enabling them to acquire new skills almost instantly and with minimal computing power. Proof-of-concept at the heart of this research project is a lock and key: A robot learns to insert keys into various keyholes to open the

lock. For an adult human, this would be a straightforward task, but it is a highly complex operation for a machine. The acquired knowledge is then available for other robots to use via the cloud.

For Haddadin, robotics has a lot to do with the way people “tick”. He views his robots as a type of testbed for studying the basic principles of intelligent behavior and simulating the human blueprint at a technical/systemic level. This modeling means that robots are better able to work alongside humans.

MSRM has currently defined three research strands with a specific application focus. “The future of health” explores the use of robotics and artificial intelligence to support elderly people, “The future of work” focuses on collective learning by safe robotic assistants, and “The future of mobility” seeks to develop teams of autonomous mobile systems. Prof. Haddadin's research is also flanked by ethical discussions. □

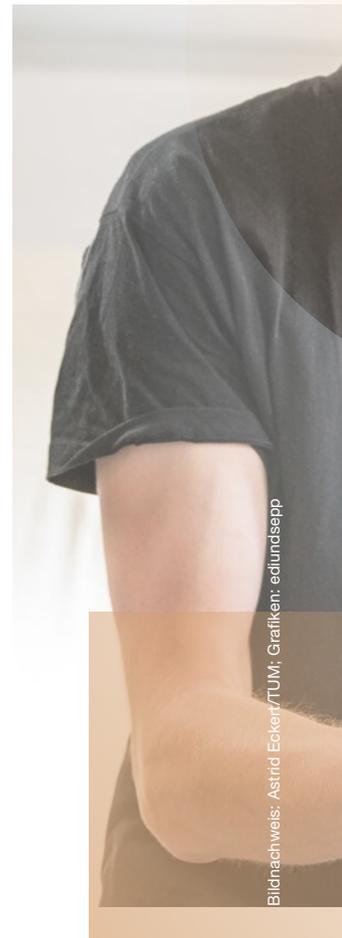
280

Millionen Euro will die Bayerische Staatsregierung für das Kompetenznetzwerk Künstliche Maschinelle Intelligenz bis 2023 bereitstellen

54

Professoren arbeiten an der TUM an roboternahen Themen

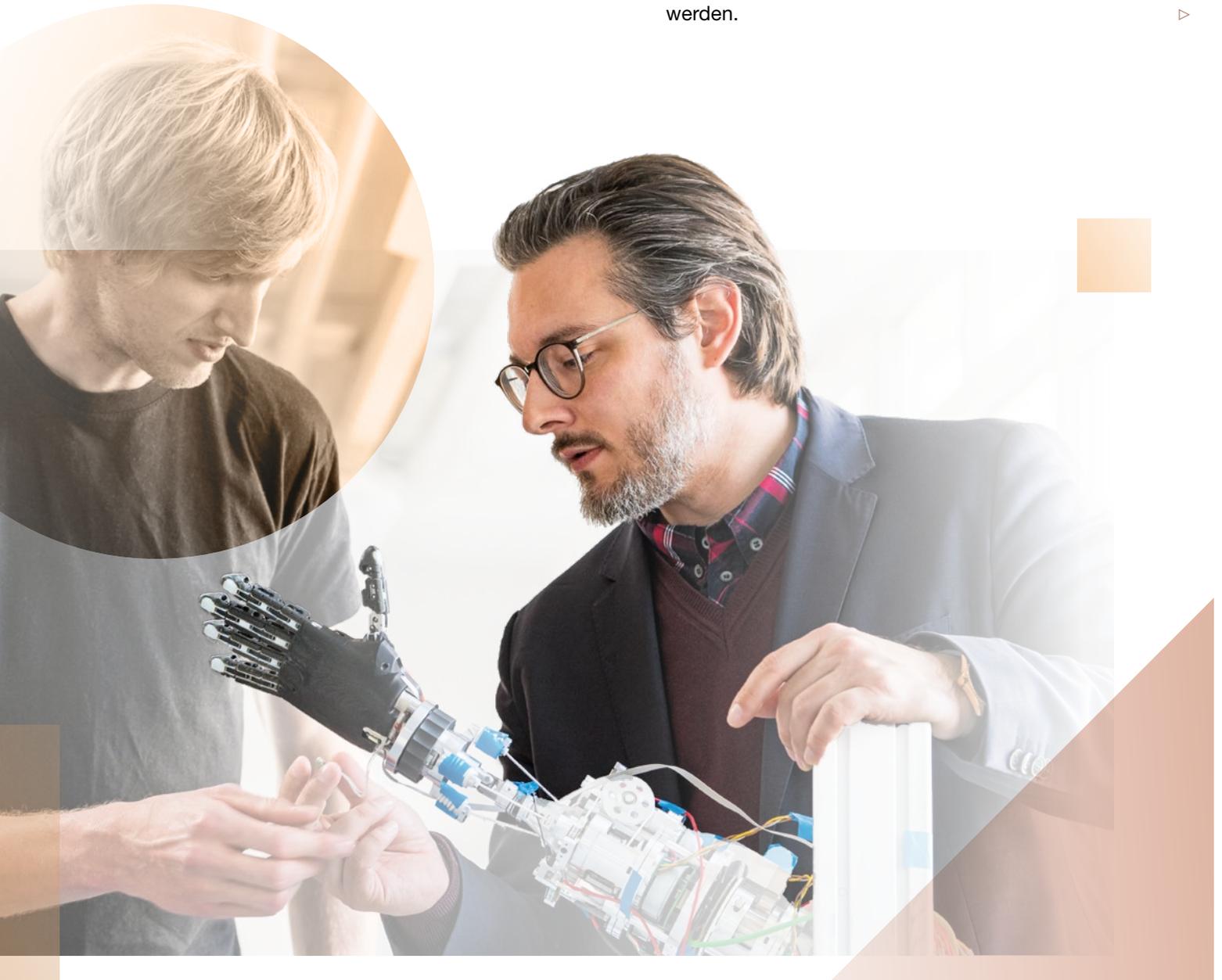
Alexander Tödtheide (links), hier in einer Besprechung mit Prof. Sami Haddadin, entwickelt eine Handprothese mit künstlichen Muskeln.

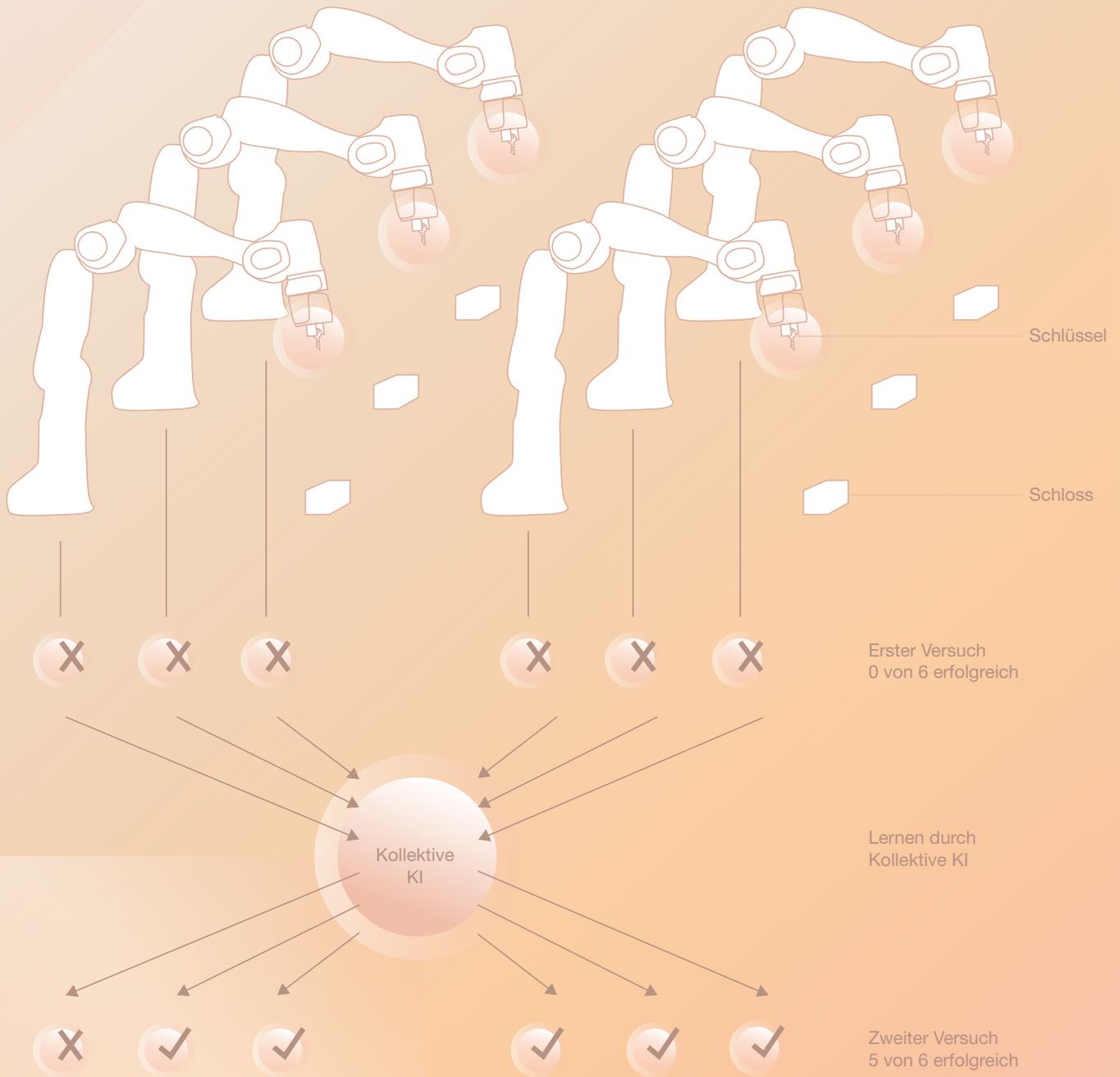


Bildnachweis: Astrid Eckert/TUM; Grafiken: edlundsepp

Roboter und intelligente Maschinen werden in den nächsten Jahren unseren Arbeitsalltag und unser Zusammenleben spürbar verändern. Die Maschinen sollen einerseits nach menschlichem Vorbild lernen, sich jedoch gleichzeitig auch klar von ihren biologischen Vorbildern als technisches System unterscheiden – sie werden künftig mit Menschen in Kontakt treten und müssen daher nicht nur intuitiv zu bedienen, sondern auch sicher sein. Die TUM will diese Entwicklung maßgeblich mitgestalten und hat mit Professor Sami Haddadin einen der bedeutendsten Wissenschaftler auf dem Gebiet der Robotik und Systemintelligenz verpflichtet.

Seit April 2018 ist der 38-jährige Forscher Direktor der neu gegründeten Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM) – untergebracht in den ehemaligen Gebäuden der Papiertechnischen Stiftung in München-Schwabing. Das Ziel der MSRM ist es, neue Wege zu beschreiten, um Roboter und andere Maschinen auch durch modernste Künstliche Intelligenz „schlauer“ zu machen. TUM-Präsident Wolfgang Herrmann hatte den Topwissenschaftler nach München geholt – und damit die Eliteuniversität Stanford und das MIT in Massachusetts ausgestochen. Für die Hochschule war das ein starker Coup – denn Haddadins Forschung in der Mensch-Roboter-Interaktion gilt als bahnbrechend. Seine Arbeiten eröffnen eine völlig neue Sichtweise auf die Art und Weise, wie Roboter gebaut werden, wie sie lernen und programmiert werden. ▸





Kollektives Lernen: Ein Roboter lernt, wie man Schlüssel in verschiedene Schlüssellöcher steckt, um ein Schloss zu öffnen. Anschließend kann er sein Wissen über kollektive Künstliche Intelligenz an seine „Kollegen“ weitergeben. Sie haben Zugang zu dem sich ständig vergrößernden Pool, in den alle Maschinen ihr Wissen eingespeist haben.

Prof. Haddadin's aktuelles Vorzeigeprojekt sind durch Kollektives Maschinelles Lernen kooperierende Roboter, die binnen kürzester Zeit und bei geringstem Rechenbedarf nahezu verzögerungsfrei neue Fertigkeiten erlernen. Der Prüfstein bei diesem Forschungsprojekt ist eine Schlüssel-Schloss-Einheit: Ein Roboter lernt, Schlüssel in verschiedene Schlüssellöcher zu stecken und das Schloss zu öffnen – eine für einen erwachsenen Menschen geradezu triviale, für eine Maschine aber höchst komplexe Handlung.

Sensible Maschinen

Um einen Schlüssel in ein passendes Gegenstück einzuführen, braucht es eine gehörige Portion Feingefühl – etwas, das sich Roboter erst aufwändig beibringen müssen. Damit sich die Roboterhand ähnlich sensibel wie eine Menschenhand bewegt, konstruierte Prof. Haddadin einen ganz neuen Mechanismus nach dem Vorbild des menschlichen Bewegungsapparats. „Mit dieser Art von Feinfühligkeit haben wir für Maschinen die Grenzen des aktuell technisch Machbaren erreicht“, sagt er. „Kinder können das erst mit drei oder vier Jahren. Wenn Sie andere Roboter das machen lassen, dann sind entweder der Schlüssel oder das Schloss beschädigt. Wir sind sozusagen die Feinmotoriker der Robotik.“

Die Hand gilt in der Robotik als zentrales Instrument – sie ist quasi die Schnittstelle zwischen Geist und Umwelt. Und die Hand brachte Sami Haddadin mehr oder weniger zu seinem jetzigen Forschungsgebiet. „Zu meiner Studienzeit waren Roboter noch grobschlächtige Maschinen; das fand ich nicht besonders interessant“, sagt er. „Auf der Hannover-Messe habe ich dann aber schon Ende der 90er etwas total Spannendes gesehen: eine Roboterhand. Das Faszinierende für mich: Hier wurde ein technisches System umgesetzt, das von der menschlichen Hand inspiriert und sehr nahe – zumindest dachte ich das damals – am Menschen war.“ Diese Verbindung von Mensch und Maschine hat Haddadin dazu gebracht, sich schon früh mit biologischen Systemen zu befassen.

Roboter-Kollektiva lernen wie Kleinkinder

Die Feinfühligkeit ist aber nur Mittel zum Zweck. Der Clou an dem Projekt ist, dass der Roboter das Gelernte an andere weitergeben kann; seine Kollegen holen sich das generierte Wissen aus der Gesamtheit aller Maschinen. „Die Roboter können dieses Wissen nicht nur lernen und weitergeben, sondern auch konstruktiv verwenden – mit der Konsequenz, dass das Lernen durch die Vernetzung plötzlich massiv beschleunigt wird“, erklärt Sami Haddadin. Er möchte es aber nicht bei diesem einfachen Schlüssel-Schloss-Beispiel belassen. Das jetzige System kann weiter ausgebaut werden. So plant er zum Beispiel, das Anwendungsszenario in die Mehrarmigkeit zu überführen und neue Hände zu entwickeln, die basierend auf dem Verständnis des Menschen weitere Fähigkeiten haben. ▷

Über Drehmomentsensoren in den Gelenken
in Kombination mit einem künstlichen zentralen Nervensystem fühlt der Roboter, wie er den Schlüssel richtig positionieren muss.



Prof. Haddadin schwebt schließlich auch ein weltumspannendes Netz von Robotern vor, die miteinander verbunden sind. „Ein paar tausend Roboter, miteinander vernetzt, werden innerhalb von kürzester Zeit Fähigkeiten von Kleinkindern erlernen können – nicht in Jahren, nicht mit Großrechnern und Riesenrechenkapazitäten, und auch nicht mit aufwändigen Big-Data-Algorithmen. Stattdessen sorgt einfach nur die Systemintelligenz in den neuartigen KI-Algorithmen dafür, dass sie die Fähigkeiten ähnlich wie der Mensch in wenigen Schritten lernen. Ich sehe nahezu unendliche Möglichkeiten in diesen Technologien. Es liegt dann wieder an uns Menschen, sie auch zum Wohle aller richtig und verantwortungsbewusst einzusetzen.“

Verstehen heißt Nachbauen

Für Haddadin hat die Robotik sehr viel damit zu tun, wie der Mensch funktioniert. „Die Frage nach dem Verständnis von Grundprinzipien der Intelligenz treibt mich eigentlich an“, sagt er. Ähnlich wie die Newtonschen Gesetze oder die Maxwell'schen Gleichungen die physische Welt universell beschreiben, gibt es für Prof. Haddadin auch in intelligenten Systemen Grundprinzipien, die das systemische Verhalten im Hintergrund bestimmen. Ein Beispiel für ein solches Grundprinzip ist die Antwort auf die Frage, wie die menschliche Hand nach einem Gegenstand greift. Sie beeinflusst den Entwurf der Roboter wie auch die intelligenten Lernalgorithmen. Als Ergebnis wird die Bedienung der Roboter kinderleicht und erfordert keinerlei Programmierkenntnisse: Tätigkeiten, die der Roboter ausführen soll, braucht man ihm lediglich vormachen. Daraus lernt die Maschine und kann das erworbene Wissen selbständig auch für andere Herausforderungen nutzen – eine Fähigkeit, die herkömmliche Industrieroboter nicht haben.

Zentral ist für Haddadin dabei nicht die Natur der Intelligenz: Intelligente Systeme können künstlich sein, biologisch oder hybrid. In seinen Robotern sieht er eine Art „Testbed“, um die Grundprinzipien intelligenten Verhaltens zu studieren und den menschlichen Bauplan in seinen Robotern technisch-systemisch nachzubilden. Sein Credo lautet „Verstehen heißt Nachbauen“: Wenn die dem Menschen technisch nachgebildeten künstlichen Systeme in etwa die Performance biologischer Systeme erreichen, dann ist das doch zumindest ein Indikator, dass wir etwas Essentielles über den Menschen verstanden haben. Für ihn

„Man könnte uns die Schöpfer der Feinmotorik nennen.“

Sami Haddadin

sind seine künstlichen Systeme auch Erklärungsversuche von Intelligenz beim Menschen oder anderen biologischen Systemen – Erklärungen, die uns bislang verschlossen waren.

Der theoretische Hintergrund seiner Arbeit ist aber nicht Selbstzweck. Die grundsätzlichen Überlegungen zur Maschinenintelligenz bilden die Basis für Haddadins Forschungsprojekte. „Ergebnisse aus der Grundlagenforschung sollen in praktische Anwendungen von hoher gesellschaftlicher Relevanz einfließen“, erläutert er seine Pläne. Gemeinsam mit KollegInnen, Industriepartnern und Start-ups will er seine Entwicklungen im Alltag erproben und umsetzen.

Inzwischen gibt es an der TUM bereits über 50 Professoren, die sich in unterschiedlichen Disziplinen mit Maschinenintelligenz befassen – Informatiker, Mechatroniker und Ingenieure, Mediziner und Physiker. Sie alle sollen mit den Robotikforschern kreativ und auf Augenhöhe zusammenarbeiten. Die Wissenschaftler kooperieren dabei auch eng mit der Wirtschaft – im Industriebeirat der MSRM, hier sitzen Vorstandsmitglieder und Leadership von Siemens, BMW, IBM, Airbus und anderen Konzernen.

Drei Themen bilden aktuell die praktischen sektorzentrierten Forschungsschwerpunkte: In der „Zukunft der Gesundheit“ geht es beispielsweise um die Unterstützung älterer Menschen durch Robotik und Künstliche Intelligenz, in der „Zukunft der Arbeit“ stehen kollektiv lernende und sichere Roboterassistenten im Mittelpunkt, und in der „Zukunft der Mobilität“ sollen Teams von autonomen mobilen Systemen entwickelt werden.

Roboterassistenten unterstützen Senioren

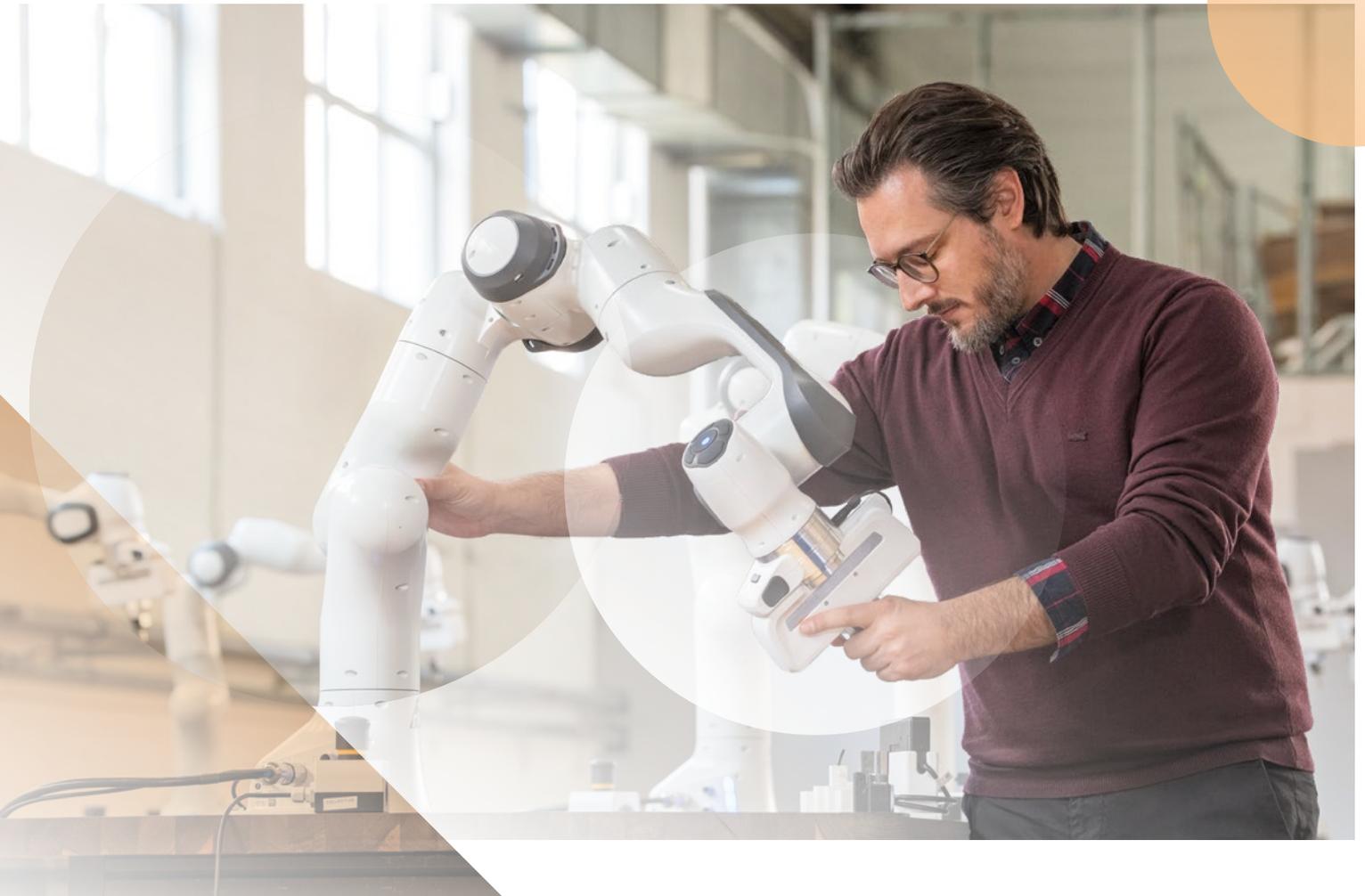
Der erste Punkt soll in einem Geriatrie-Zentrum, das gerade in Garmisch-Partenkirchen aufgebaut wird, bearbeitet werden. In dieser Außenstelle der MSRМ entwickeln Forscherinnen und Forscher Roboterassistenten für ein selbstbestimmtes Leben im Alter. Wichtigstes aktuelles Projekt dabei ist der zweiarmlige Roboterassistent GARMI. Er soll älteren Menschen bei Alltagstätigkeiten wie dem Aufstehen helfen, beim Essen machen oder beim Abräumen des Tisches. Zudem können sich Ärzte mit ihm verbinden und aus der Ferne beispielsweise Diagnosen erstellen, Ultraschall-Aufnahmen machen und Medikamente verordnen.

Ein anderes Projekt sind smarte Reha-Roboter. Speziell entwickelte Roboter für Schlaganfallpatienten oder frisch Operierte nehmen diese an die Hand und führen sie so, dass die Patienten lernen, bestimmte Aufgaben wieder auszuführen und die motorische Kontrolle nach und nach wieder zu erlangen. Auch hier gilt Haddadins Grundprinzip: „Alles, was mit Menschen interagiert, braucht ein Verständnis des Menschen.“

Prof. Haddadin ist sich bewusst, dass seine Forschungsarbeiten zwangsweise rechtliche und ethische Fragen aufwerfen. „Wir müssen sehr viel kommunizieren und verstehen, was die Menschen wollen, was sie nicht wollen, was nützlich und nicht nützlich ist – und was akzeptiert und nicht akzeptiert wird.“



Seit April 2018 ist der 38-jährige Professor Sami Haddadin – einer der bedeutendsten Wissenschaftler auf dem Gebiet der Robotik und Systemintelligenz – Direktor der neu gegründeten Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM).





Um im Austausch mit Kollegen der Ethik, der Philosophie und den Sozialwissenschaften diesen Diskurs zu führen, engagiert er sich in der Enquete-Kommission des Bundestags und in der High-Level Group „Artificial Intelligence“ der Europäischen Kommission. Er tauscht sich aber auch mit Juristen aus, um zu verstehen, mit welchen rechtlichen Grenzen sich die Robotik- und KI-Forschung auseinandersetzen muss.

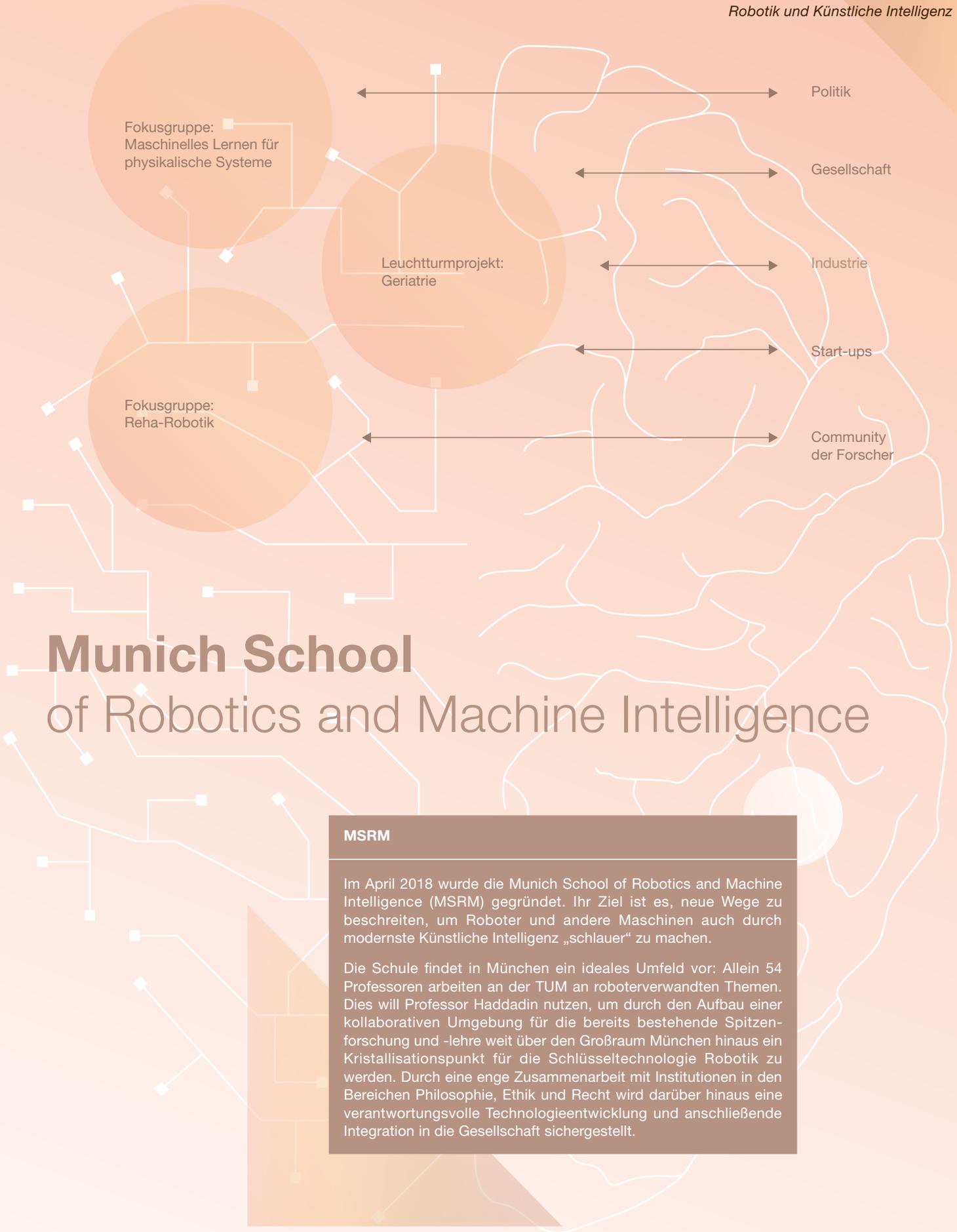
Bei allen Vorbehalten, die Menschen gegen Roboter haben: „Angst sollten wir nicht haben“, rät Professor Haddadin. Intelligente Maschinen befreien künftig Menschen von lästigen und gefährlichen Tätigkeiten, Pflegekräfte können sich anspruchsvoller Pflege widmen und Arbeiter sinnstiftende statt monotone Tätigkeiten übernehmen. Die Arbeit der Menschen verändert sich mit dem Fortschritt – und wichtig ist es, die richtigen Weichen zu stellen. „Ich glaube, Angst ist immer schon der schlimmste aller Ratgeber gewesen – vielleicht sogar der gefährlichste.“ ■

Klaus Manhart

Prof. Sami Haddadin

Ein vielfach ausgezeichnete Roboterforscher

Prof. Sami Haddadin (38) studierte Elektrotechnik und Informatik an der TUM sowie Technologiemanagement am Center for Digital Technology and Management (CDTM) – einem gemeinsamen Institut von TUM und LMU. Nach seiner Promotion an der RWTH Aachen war er am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt tätig. 2014 berief ihn die Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover auf einen Lehrstuhl für Regelungstechnik. Für seine Forschung erhielt er den Early Career Award der IEEE Robotics and Automation Society und den Alfred Krupp Preis. Zusammen mit seinem Bruder Simon Haddadin und Sven Parusel hat er 2017 den Deutschen Zukunftspreis des Bundespräsidenten bekommen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) zeichnete Sami Haddadin 2019 für seine wegweisenden Robotik-Forschungen mit dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis aus. An der MSRМ bringt Haddadin als Gründungsdirektor herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen Robotik und Künstliche Intelligenz unter einem Dach zusammen.



Munich School of Robotics and Machine Intelligence

MSRM

Im April 2018 wurde die Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM) gegründet. Ihr Ziel ist es, neue Wege zu beschreiten, um Roboter und andere Maschinen auch durch modernste Künstliche Intelligenz „schlauer“ zu machen.

Die Schule findet in München ein ideales Umfeld vor: Allein 54 Professoren arbeiten an der TUM an roboterverwandten Themen. Dies will Professor Haddadin nutzen, um durch den Aufbau einer kollaborativen Umgebung für die bereits bestehende Spitzenforschung und -lehre weit über den Großraum München hinaus ein Kristallisationspunkt für die Schlüsseltechnologie Robotik zu werden. Durch eine enge Zusammenarbeit mit Institutionen in den Bereichen Philosophie, Ethik und Recht wird darüber hinaus eine verantwortungsvolle Technologieentwicklung und anschließende Integration in die Gesellschaft sichergestellt.