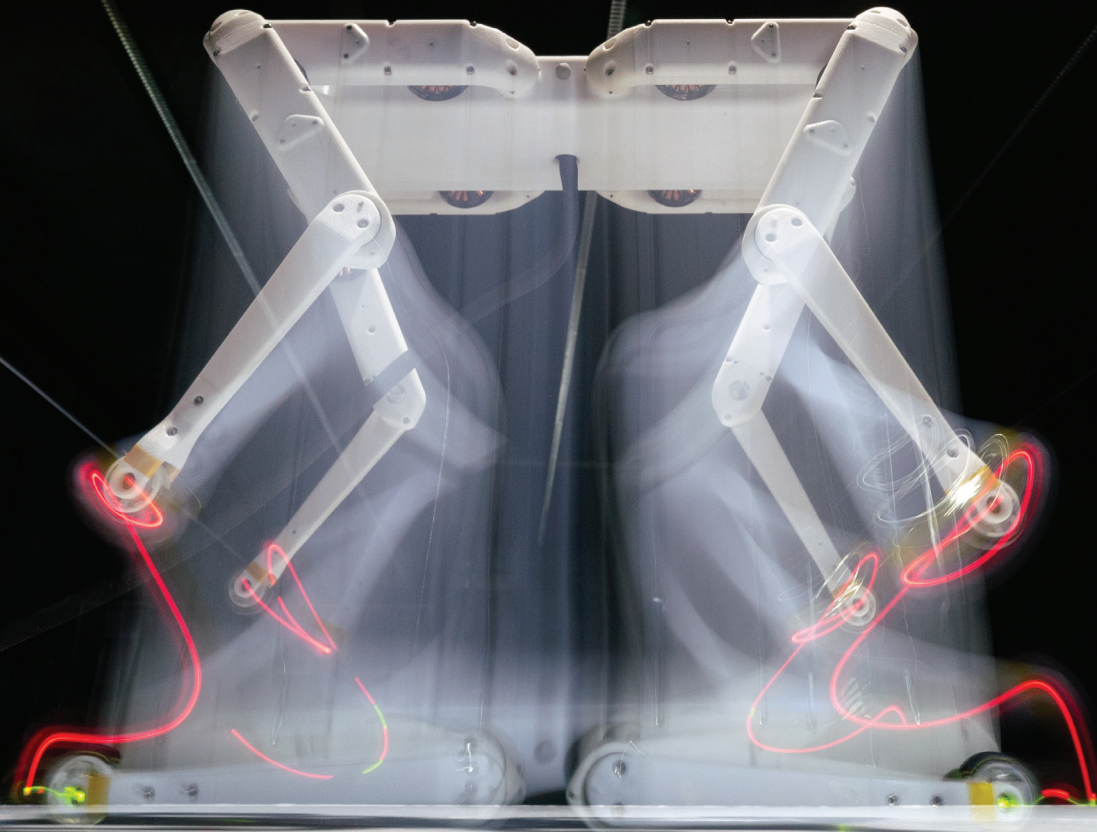


MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR INTELLIGENTE SYSTEME



HIGHLIGHTS





Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme Stuttgart & Tübingen

Highlights
Ausgabe 2019



Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme	2	Highlights der Abteilungen	36
Leitbild	4	Abteilungen	38
Die Region Stuttgart – Tübingen: ein Hotspot für Künstliche Intelligenz	6	Empirische Inferenz	40
Cyber Valley	8	Haptische Intelligenz	42
Tübingen AI Center	11	Moderne Magnetische Systeme	44
Exzellenzcluster	12	Perzeptive Systeme	46
KI-Ökosystem	13	Physische Intelligenz	48
European Laboratory for Learning & Intelligent Systems	14	Theorie inhomogener kondensierter Materie	50
Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses	16	Highlights der Forschungsgruppen	52
International Max Planck Research School for Intelligent Systems	20	Forschungsgruppen	54
Max Planck ETH Center for Learning Systems	22	Autonomes Lernen	56
Cambridge-Tübingen Machine Learning Programm	24	Autonomes Maschinelles Sehen	57
Carnegie Mellon-MPI-IS Ph.D. Programm	25	Dynamische Lokomotion	58
Mehr über das MPI-IS	26	Embodied Vision	59
Frauen in der Wissenschaft	28	Intelligente Regelungssysteme	60
Berufungen	30	Locomotion in Biorobotic and Somatic Systems	61
Auszeichnungen & Anerkennungen	31	Mikro, Nano und Molekulare Systeme	62
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	32	Bewegungsgenerierung und -steuerung	63
Besucher	35	Physical Reasoning and Manipulation	64
		Physik für Inferenz und Optimierung	65
		Probabilistisches Lernen	66
		Rationality Enhancement	67
		Intelligente Nanoplasmonik	68
		Statistische Lerntheorie	69
		Wissenschaftlicher Fachbeirat & Kuratorium	72

A stylized, light teal line-art illustration of a human head in profile, facing right. The head is composed of simple outlines, with a brain-like structure visible inside. To the left of the head, there are several leaf-like shapes, suggesting a connection to nature or biology. The entire illustration is set against a solid teal background.

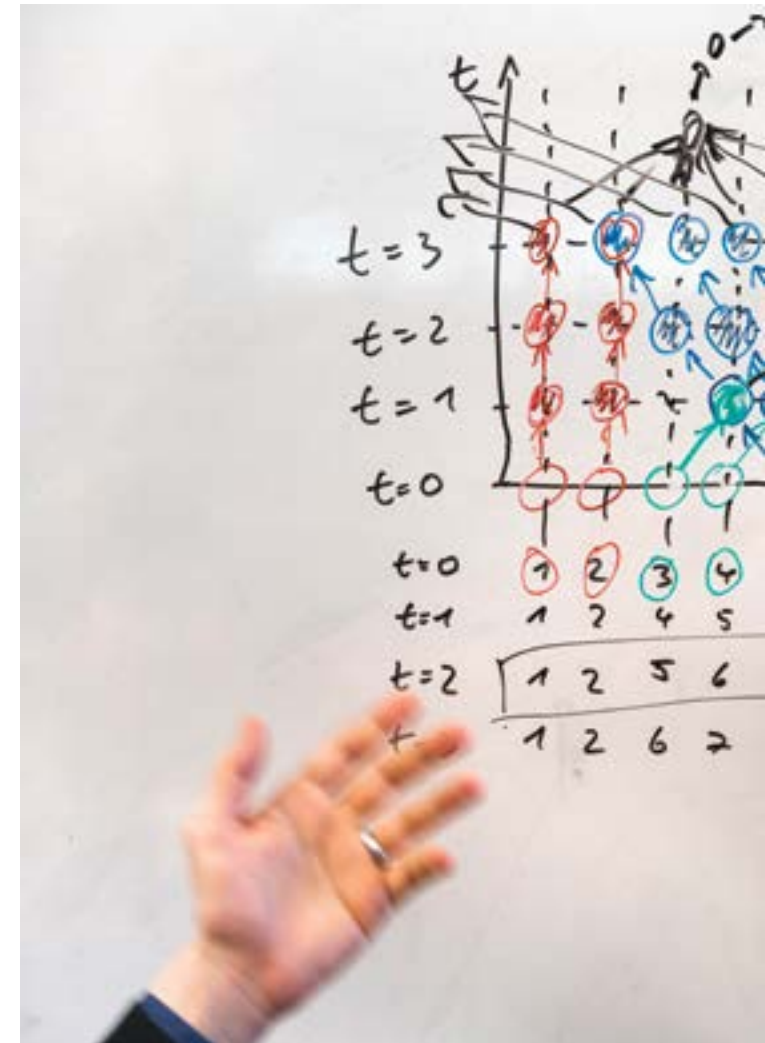
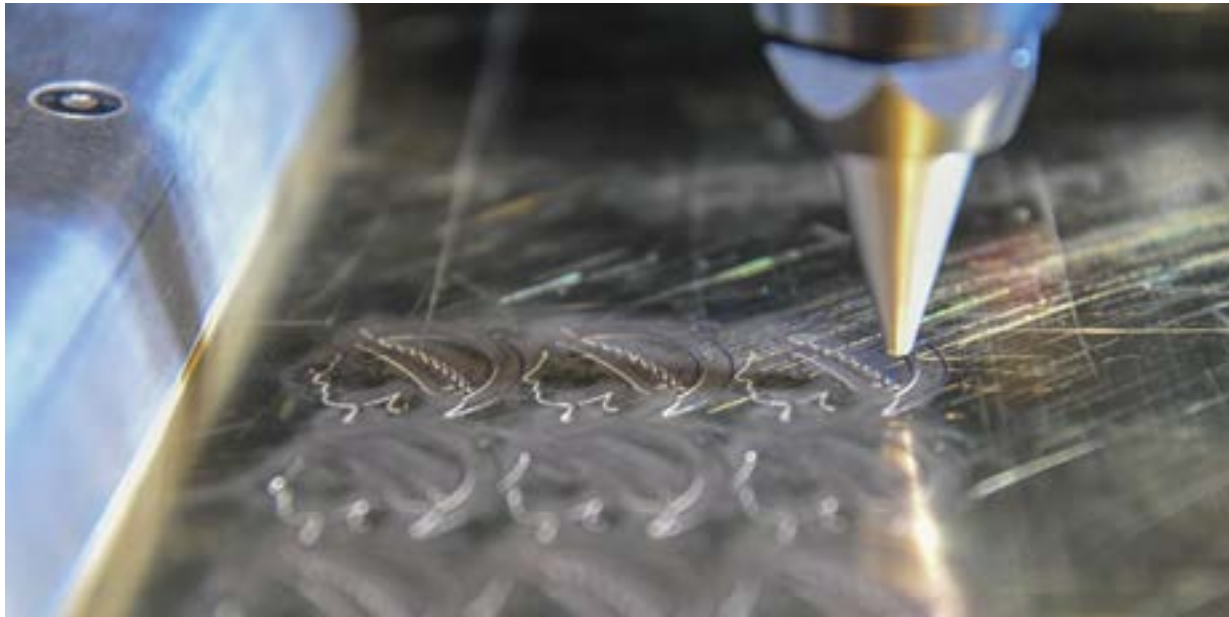
**Max-Planck-Institut für
Intelligente Systeme**



Leitbild

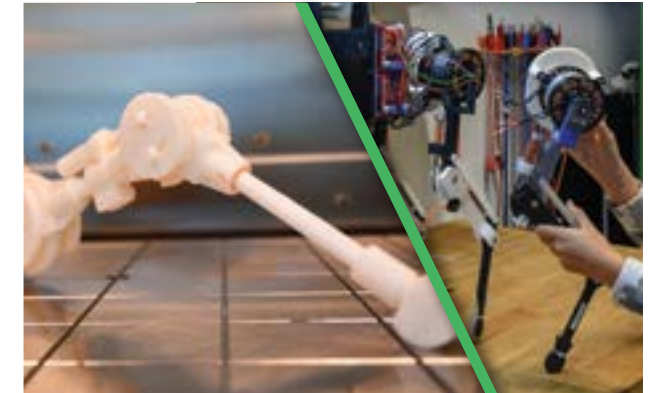
Künstliche Intelligenz (KI) wird die Art und Weise wie wir leben, arbeiten und kommunizieren grundlegend verändern. Intelligente Systeme werden in vielen Lebensbereichen immer wichtiger – als virtuelles System im Internet oder als cyber-physisches System in unserer realen Welt. Künstliche intelligente Systeme werden zum Beispiel in autonom fahrenden Autos oder bei der Diagnose und Bekämpfung von Krankheiten eingesetzt.

Das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (MPI-IS) hat zwei Standorte in Stuttgart und Tübingen und verbindet interdisziplinäre Spitzenforschung im wachsenden Forschungsgebiet der intelligenten Systeme unter einem Dach. Das Ziel der Forscher*innen ist, die grundlegenden Prinzipien von Wahrnehmen, Lernen und Handeln in autonomen Systemen zu verstehen und aus diesem Verständnis heraus künstliche intelligente Systeme zu entwickeln.





Ein Forscher erfasst die Bewegung einer Hand und berechnet daraus ein 3D-Modell am Computer.



3D-Modell eines Roboterbeins (links) und Roboterbein, das von zwei Elektromotoren angetrieben wird (rechts). Komplexe bioinspirierte Federstrukturen vereinfachen die Kontrolle der Fortbewegung.

Auf einen Blick:

Der Standort Stuttgart beherbergt führende Expertise in den Bereichen Mikro- und Nano-Robotik, Haptik, Mensch-Maschine-Interaktion, bio-hybride Systeme sowie Medizinrobotik.

In den Abteilungen und Forschungsgruppen am Standort Tübingen wird mittels Forschung in den Bereichen Maschinelles Lernen, Maschinelles Sehen und Robotik untersucht, wie intelligente Systeme Informationen verarbeiten, um wahrnehmen, handeln und lernen zu können.

Das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme wächst stetig. Die Mehrheit unseres Personals (ca. 600 Personen) sind Wissenschaftler*innen und Doktorand*innen. Sie kommen aus mehr als 30 Ländern.

Am Standort Stuttgart befinden sich zwei Abteilungen, die aus dem ehemaligen Max-Planck-Institut für Metallforschung stammen. Die eine Abteilung konzentriert sich auf moderne magnetische Systeme, die andere widmet sich der Theorie inhomogener kondensierter Materie.

A stylized, light teal line-art illustration of a human head in profile, facing right. The brain is depicted with various lobes and neural pathways, and a leafy branch is visible on the left side of the head. The background is a solid teal color.

**Die Region Stuttgart – Tübingen:
ein Hotspot für Künstliche
Intelligenz**



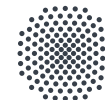
CyberValley



Roboter Pepper ist so programmiert, dass er vieles gleichzeitig kann: Er nimmt seine Umgebung wahr, handelt entsprechend und berechnet seine nächste Handlung. Für Menschen ist dieses komplexe Interagieren mit ihrer Umwelt normal – für einen Roboter ist ein solch orchestriertes Verhalten allerdings sehr schwierig. Viel Rechenleistung ist hier am Werk.

Cyber Valley ist eine der größten Forschungsk Kooperationen Europas auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz, die als eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts gilt. Mit Cyber Valley haben die Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft ein einzigartiges Ökosystem geschaffen, das einen aktiven Austausch aller Beteiligten fördert. Die Kombination von Kompetenzen und Stärken hat die Region Stuttgart-Tübingen zu einem der weltweit führenden Hotspots für KI-Forschung gemacht.

Zehn neue Forschungsgruppen und zehn neue Lehrstühle bilden den Kern des Cyber Valley. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Maschinelles Lernen, Robotik und Maschinelles Sehen. Neun Forschungsgruppen und drei Lehrstühle sind bereits besetzt; alle weiteren werden nach und nach vergeben. Die Wissenschaftler*innen betreiben exzellente Grundlagenforschung auf weltweit führendem Niveau und mit modernster Ausstattung. Sie kommen von den weltweit besten Universitäten und Forschungseinrichtungen in die Region, um ihre Forschung in diesem Ökosystem voranzutreiben; ein Zeichen für die wachsende Bedeutung des Cyber Valley.



Universität Stuttgart

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



BOSCH
Technik fürs Leben

DAIMLER

automotive
engineering

iaU





Roboter Apollo lernt, wie man eine Stange balanciert. Mit einem Kamerasystem scannt der humanoide Roboter kontinuierlich seine Umgebung, zweihundertmal pro Sekunde, und erzeugt so ein 3D-Bild seiner Umgebung. Anschließend berechnet er die Bewegungsabläufe, um die Stange so perfekt wie möglich zu balancieren.

Die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftler*innen hat innerhalb des Cyber Valley höchste Priorität. Zu diesem Zweck wurde 2017 die International Max Planck Research School for Intelligent Systems (IMPRS-IS) gegründet.

Ein weiteres zentrales Ziel des Cyber Valley ist, einen Nährboden für Start-ups zu schaffen. Denn bei der Entwicklung intelligenter Systeme ist der Weg von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung oft sehr kurz. Start-ups sind die Motoren dieser Entwicklung. Durch die Verbindung von Spitzenforschung und Unternehmergeist werden Spin-offs und Technologietransfer gefördert.



Eine Forscherin zeigt ihrem Kollegen den 3D-Avatar einer Person, die mit einem 4D-Bodyscanner aufgenommen wurde.

<https://cyber-valley.de/>



Den menschlichen Organen ähnelnde Modelle werden entwickelt, um neue medizinische Instrumente zu testen und eine quantitative Bewertung der chirurgischen Leistung vorzunehmen. Die Chirurgen erhalten nützliches Feedback um ihre operativen Fähigkeiten verbessern zu können.



66 Kameras haben die Person im Visier, 22 für Farbbilder, 44 für Schwarz-Weiß-Bilder. Sie zeichnen jeden Millimeter des sich bewegenden Körpers auf. 60 Aufnahmen schießt jede Kamera in der Sekunde. Das macht 3.960 Bilder pro Sekunde, 237.600 Bilder in der Minute.

Öffentlicher Beirat:

Das Cyber Valley bekennt sich zu seiner gesellschaftlichen Verantwortung. Dazu gehört auch, die Forschung transparent zu machen. Zu diesem Zweck werden regelmäßig Veranstaltungen zu KI-bezogenen Themen durchgeführt. Zu den vergangenen Veranstaltungen gehören eine öffentliche Vortragsreihe zum Thema Maschinelles Lernen, Digitalgipfel, individuelle Laborbesuche, Science-Slams und die Beteiligung an Ausstellungen. Darüber hinaus nehmen Cyber Valley Forscher*innen regelmäßig an Podiumsdiskussionen teil und halten Vorträge vor einem breiten, nichtwissenschaftlichen Publikum.

Mit dem Öffentlichen Beirat, dem Public Advisory Board (PAB), hat Cyber Valley ein unabhängiges Gremium eingerichtet, das Forschungsprojekte hinsichtlich ihrer ethischen und gesellschaftlichen Implikationen bewertet. Der Forschungsverbund hat damit ein zusätzliches Element der Transparenz geschaffen.

Aufgabe des Öffentlichen Beirats ist, Projektanträge der Cyber Valley Forschungsgruppen vor Genehmigung durch das Cyber Valley Research Fund Board zu prüfen. Er soll auch dazu beitragen, ein ethisches und gesellschaftliches Leitbild für KI-Forschung zu entwickeln, so dass ein offener Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft über die Anwendungsmöglichkeiten von KI stattfinden kann.

Die Mitglieder des Öffentlichen Beirats kommen aus verschiedenen Bereichen von Wissenschaft und Gesellschaft und repräsentieren damit ein breites Spektrum relevanter Disziplinen und Erfahrungshintergründe.

BMBF Kompetenzzentrum für Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen „Tübingen AI Center“:

Mit dem Tübingen AI Center haben das MPI-IS und die Universität Tübingen 2018 ein gemeinsames Kompetenzzentrum für Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen eröffnet.

Tübingen ist einer von vier Standorten in Deutschland, an denen das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Wissenschaftsprojekte im Bereich KI bündelt und fördert.

Im Tübingen AI Center forschen Arbeitsgruppen der Universität Tübingen und des MPI-IS gemeinsam an der Weiterentwicklung robuster Lernsysteme. Das Zentrum konzentriert sich auch auf den möglichen Missbrauch von Künstlicher Intelligenz und betreibt Forschung zu KI und Ethik. So befasst sich beispielsweise eine Nachwuchsgruppe mit dem Schutz sensibler Daten und entwickelt dazu Lösungen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung kündigte erst kürzlich an, die anfängliche Förderung von 6,6 Millionen Euro bis 2022 zu verdoppeln.



Bundesbildungsministerin Anja Karliczek (dritte von links) und Baden-Württembergs Wissenschaftsministerin Theresia Bauer (Mitte) machen sich ein Bild des Tübingen AI Centers.



Der Rektor der Universität Tübingen, Prof. Dr. Bernd Engler, überreicht Bundesbildungsministerin Anja Karliczek einen DeepArt Kunstausdruck ihres Portraits.

Exzellenzcluster



Forscher*innen des Exzellenzclusters „Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur“ entwickeln neue methodische Grundlagen für eine umfassende Modernisierung des Bauens.

Mit den Exzellenzclustern werden an deutschen Universitätsstandorten international sichtbare und konkurrenzfähige Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen etabliert und dadurch wissenschaftliche Vernetzung und Kooperation ermöglicht. Für den wissenschaftlichen Nachwuchs bieten sie exzellente Förder- und Karrierebedingungen. Exzellenzcluster tragen wesentlich dazu bei, den Wissenschaftsstandort Deutschland nachhaltig zu stärken und seine internationale Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern.

In der jüngsten Auswahlrunde, die 2018 abgeschlossen wurde, war das MPI-IS an vier Anträgen beteiligt, die alle als Exzellenzcluster ausgewählt wurden:

Exzellenzcluster der Universität Stuttgart mit Beteiligung des MPI-IS:

Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur
Daten-integrierte Simulationswissenschaft

Exzellenzcluster der Universität Tübingen mit Beteiligung des MPI-IS:

Maschinelles Lernen in der Wissenschaft
Individualisierung von Tumorthérapien durch molekulare Bildgebung und funktionelle Identifizierung therapeutischer Zielstrukturen (iFIT)



Prof. Dr. Hendrik Lensch sitzt vor einer Lichtbühne, einer sogenannten Light Stage. Dort führt der Professor der Universität Tübingen verschiedene Computergrafik-Experimente durch. Die hyperspektrale Light Stage ermöglicht die präzise Erfassung eines Reflektanzfeldes für eine reale Szene, indem sie diese aus etwa 200 Richtungen mit einem kontrollierten Spektrum beleuchtet, HDR-Aufnahmen und präzise 3D-Scans von nahezu jedem Blickwinkel aus erfasst.

Zusätzlich zu den Kernaktivitäten des Cyber Valley ist das KI-Ökosystem in der Region schnell gewachsen und hat es zu einem der weltweit führenden Zentren für KI-Forschung gemacht. Das Cyber Valley-Ökosystem hat mit dazu beigetragen, dass ...

... die Universität Tübingen als erste deutsche Universität einen Masterstudiengang Maschinelles Lernen anbietet. Der Studiengang startete im September 2019.

... die Universitäten Stuttgart und Tübingen zusätzliche Lehrstühle für Maschinelles Lernen, Robotik, Virtual and Augmented Reality und Maschinelles Sehen einrichten.

... die Industriepartner Bosch und Amazon ihre Forschungszentren in Tübingen ansiedeln und ausbauen: Bosch plant den Bau eines KI-Campus, auf dem bis zu 700 KI-Forscher*innen arbeiten werden. Amazon möchte sein Team in den kommenden Jahren auf mehr als 100 Mitarbeiter*innen erweitern.

... Bosch zusätzlich zwei „Industry on Campus“-Professuren eingerichtet hat, mit denen das Unternehmen Branchenexperten in das Cyber Valley-Ökosystem integriert.

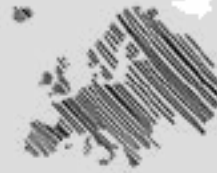
... sich das Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik in Tübingen thematisch neu ausrichtet.

... Schlüsselkonzepte des Maschinellen Lernens in Schulen implementiert werden. 2019 startete der „Bundeswettbewerb KI“ (<http://bw-ki.de>), der sich an Schüler*innen zwischen 14 und 19 Jahren richtet.

... die Universität Tübingen ein neues KI-Forschungsgebäude eröffnet, das der Mittelpunkt des neuen KI-Campus der Universität Tübingen in unmittelbarer Nähe zum Tübinger Max-Planck-Campus sein wird.



European Laboratory for Learning & Intelligent Systems



e l l i s
European Laboratory for Learning and Intelligent Systems

Wissenschaftler*innen des MPI-IS sind federführend bei der Initiative für ein „Europäisches Labor für Lernende und Intelligente Systeme“ – ELLIS. Ziel der Initiative ist, europäischen Wissenschaftler*innen die bestmöglichen Bedingungen für die Erforschung des Maschinellen Lernens zu bieten; ein Forschungsgebiet, das wesentlichen Einfluss hat auf den technologischen und sozialen Wandel, den die kommende KI-Revolution mit sich bringen wird.



ELLIS hat das Ziel, die Rolle Europas in der globalen KI-Forschung so zu stärken, dass herausragende Wissenschaftler*innen für Maschinelles Lernen Spitzenforschung vor Ort betreiben und dadurch wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Innovationen voranbringen. Ziel ist auch, ein hochmoderner Aus- und Weiterbildungsstandort im Bereich des Maschinellen Lernens zu sein. Durch die Zusammenarbeit von Spitzenwissenschaftler*innen und Grundlagenforscher*innen aus der Industrie wird ein Nährboden für Start-ups und Technologietransfer geschaffen, der wirtschaftliche Entwicklung fördert und das Leben der Menschen verbessert.

Die in ELLIS organisierten Wissenschaftler*innen fordern eine deutliche Steigerung der Investitionen in die Forschungsinfrastruktur im Bereich des Maschinellen Lernens sowie die Gründung von miteinander verbundenen ELLIS-Standorten in ganz Europa.

Zudem wurden 2019 elf ELLIS-Programme ins Leben gerufen. Jedes Programm wird von zwei bis drei herausragenden europäischen Wissenschaftler*innen geleitet und in einem Team von rund 15 Spitzenforscher*innen durchgeführt.



Prof. Dr. Bernhard Schölkopf, einer der weltweit führenden Experten für Maschinelles Lernen, hat die ELLIS Initiative mit ins Leben gerufen.

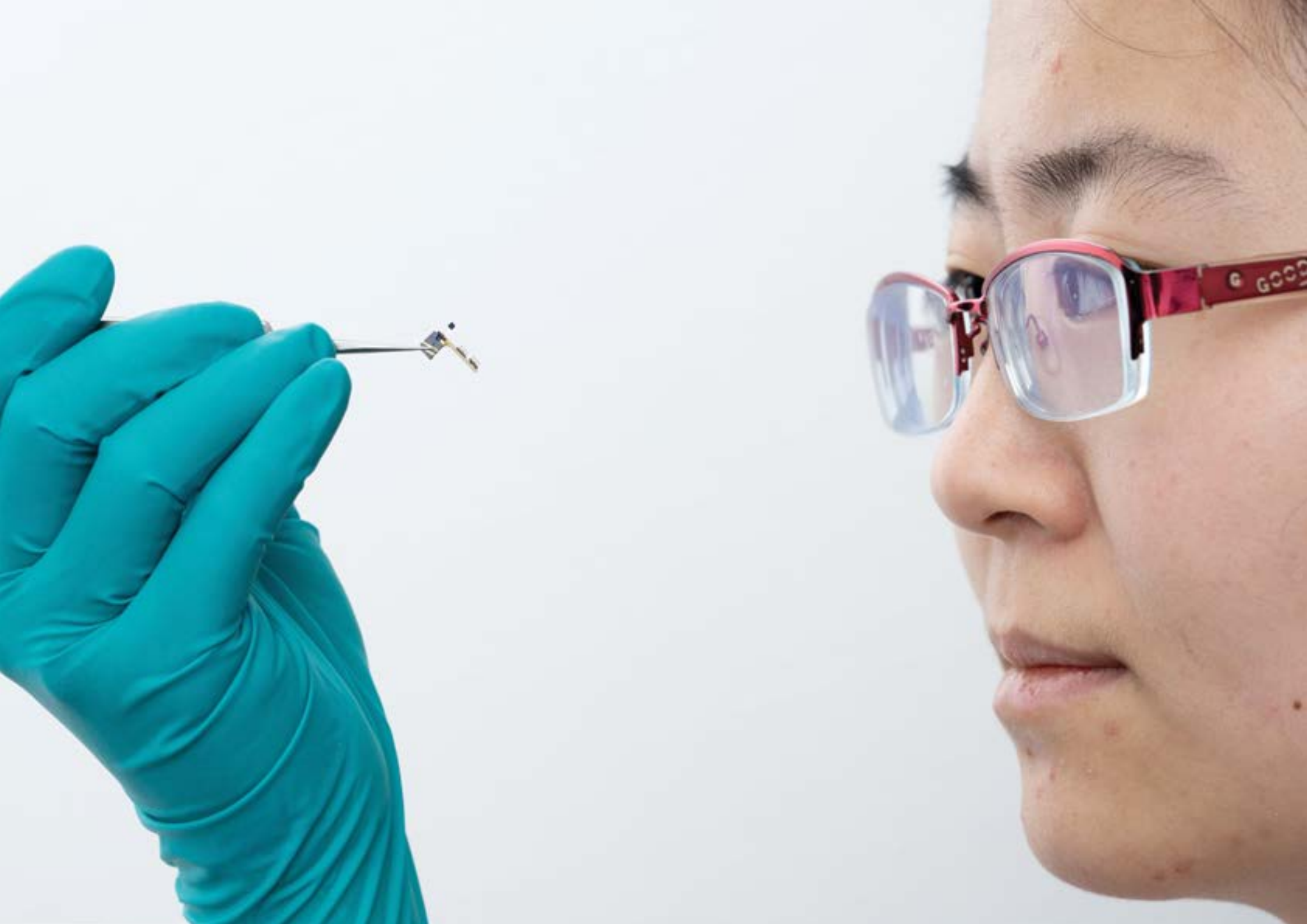


Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann und Wissenschaftsministerin Theresia Bauer empfangen im April 2019 Europas führende Wissenschaftler*innen im Bereich des Maschinellen Lernens im Stuttgarter Neuen Schloss.

Auch ein geplantes ELLIS-Doktorandenprogramm mit dem Hauptziel, internationale Talente mit einem breiten Wissensspektrum nach Europa zu holen, unterstützt das Ansinnen, den KI-Experten-Bedarf in Europa zu decken. Der Aufbau eines breiten und interdisziplinären Talent-Pools wird hierbei entscheidend sein.

A stylized, light teal line-art illustration of a person's profile, facing right. The person is wearing a laurel wreath, which is a traditional symbol of honor and achievement. The background is a solid teal color.

Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses



Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses



Die Ausbildung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses nimmt am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme eine zentrale Rolle ein; Doktorand*innen sind bei allen Forschungsaktivitäten voll integriert. Das Institut bietet ihnen eine weltweit einzigartige, interdisziplinäre Ausbildung im Bereich der intelligenten Systeme sowie eine hoch-moderne Forschungsinfrastruktur. Derzeit sind etwa die Hälfte aller Wissenschaftler*innen am MPI-IS Doktorand*innen. Sie kommen aus der ganzen Welt nach Stuttgart und Tübingen.

Die meisten Doktorand*innen sind Teil eines von vier Graduiertenprogrammen: Die International Max Planck Research School for Intelligent Systems (IMPRS-IS) wurde 2017 in Kooperation mit den Universitäten Stuttgart und Tübingen ins Leben gerufen. Sie ist die größte Doktorandenschule am Institut und ein Schlüsselement der Cyber Valley Initiative. Das Max Planck ETH Center for Learning Systems (CLS, ETH Zürich, Schweiz), das Cambridge-Tübingen Machine Learning Program (Universität Cambridge, GB) und das Doktorandenprogramm mit der Carnegie Mellon Universität (Pittsburgh, USA) sind Kooperationen, die gemeinsam mit ausländischen Hochschulpartnern durchgeführt werden.

Durch diese gezielte Förderung ist die Zahl der Nachwuchs- und Gastwissenschaftler*innen in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen und liegt nun bei rund 140.



International Max Planck Research School for Intelligent Systems



Ein Doktorand der IMPRS-IS hält eine Posterpräsentation seiner Forschung.

Die International Max Planck Research School for Intelligent Systems (IMPRS-IS) ist das größte Doktorandenprogramm des Instituts. Es wurde Anfang 2017 gegründet und ist ein Schlüsselement der Cyber Valley Initiative. Partner sind das MPI für Intelligente Systeme, die Universität Tübingen und die Universität Stuttgart mit insgesamt 38 Fakultätsmitgliedern und neun assoziierten Mitgliedern.

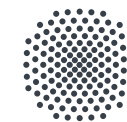
IMPRS-IS ist das erste strukturierte Doktorandenprogramm seiner Art. In nur zwei Jahren haben bereits über 100 junge talentierte Wissenschaftler*innen ihre Promotionsprojekte begonnen.

<https://imprs.is.mpg.de/>



Max Planck Institute for
Intelligent Systems

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



Universität Stuttgart

imprs-is



*Der Austausch der Doktorand*innen untereinander ist wichtig und wird mit Events wie z.B. IMPRS-IS-Bootcamps aktiv gefördert.*

Zahlen und Fakten:

Bis heute mehr als 1.300 Bewerber*innen.

210 Doktorand*innen aus mehr als 23 Ländern wurden zu Interviews eingeladen.

Derzeit sind 109 Doktorand*innen Teil der IMPRS-IS.

Die Annahmequote liegt bei rund 8,4 Prozent.



Max Planck ETH Center for Learning Systems



Das Max Planck ETH Center for Learning Systems (CLS) ist das erste gemeinsame Doktorandenprogramm der ETH Zürich und der Max-Planck-Gesellschaft. Es ist auf dem besten Weg, eines der führenden europäischen Zentren für moderne KI-Forschung zu werden.

Seit der Gründung des Kooperationsprogramms im Jahr 2015 wurden 112 Doktorand*innen und Postdocs als Fellows oder Associated Fellows in das Programm aufgenommen.

Derzeit sind 50 Direktor*innen, Professor*innen und Forschungsgruppenleiter*innen Mitglied oder assoziiertes Mitglied des CLS.

Im Juli 2019 haben die Max-Planck-Gesellschaft und die ETH Zürich vereinbart, die Förderung bis 2025 zu verlängern. Für diesen Zeitraum investieren beide Institutionen zusammen insgesamt zehn Millionen Euro.





Der Campus der ETH Zürich in der Schweiz.



Feierliche Eröffnung (von links nach rechts): Christine Schraner Burgener (ehem. Schweizer Botschafterin in Deutschland), Prof. Dr. Lino Guzella (ehem. Präsident ETH Zürich), Prof. Dr. Martin Stratmann (Präsident der Max-Planck-Gesellschaft), Theresia Bauer (Baden-Württembergs Wissenschaftsministerin), Prof. Dr. Bernhard Schölkopf (MPI für Intelligente Systeme und Co-Direktor des CLS), Prof. Dr. Thomas Hofmann (ETH Zürich, Co-Direktor des CLS)



Eine Gruppe von CLS-Student*innen während eines Retreats.



Im Oktober 2018 fand auf der Insel Reichenau an der deutsch-schweizerischen Grenze ein Retreat des Max Planck ETH Center for Learning Systems statt.

Cambridge-Tübingen Machine Learning Programm



Das Cambridge-Tübingen Machine Learning Programm wurde 2014 von der Abteilung für Empirische Inferenz, geleitet von Prof. Dr. Bernhard Schölkopf, und der Machine Learning Group der Universität Cambridge ins Leben gerufen. Beide gehören zu den weltweit führenden Forschungszentren für Maschinelles Lernen.

Wissenschaftler*innen beider Institutionen betreuen gemeinsam eine Gruppen von Doktoranden*innen. Jährlich werden etwa drei neue Student*innen in einem Symposium gemeinsam ausgewählt. Derzeit gehören zehn Doktorand*innen dem Programm an. Sie können mindestens ein Jahr an jeder Einrichtung verbringen und profitieren von dem hervorragenden Forschungsumfeld, am MPI-IS und an der Universität Cambridge. Erfolgreiche Absolvent*innen erhalten ihren Dokortitel von der Universität Cambridge.



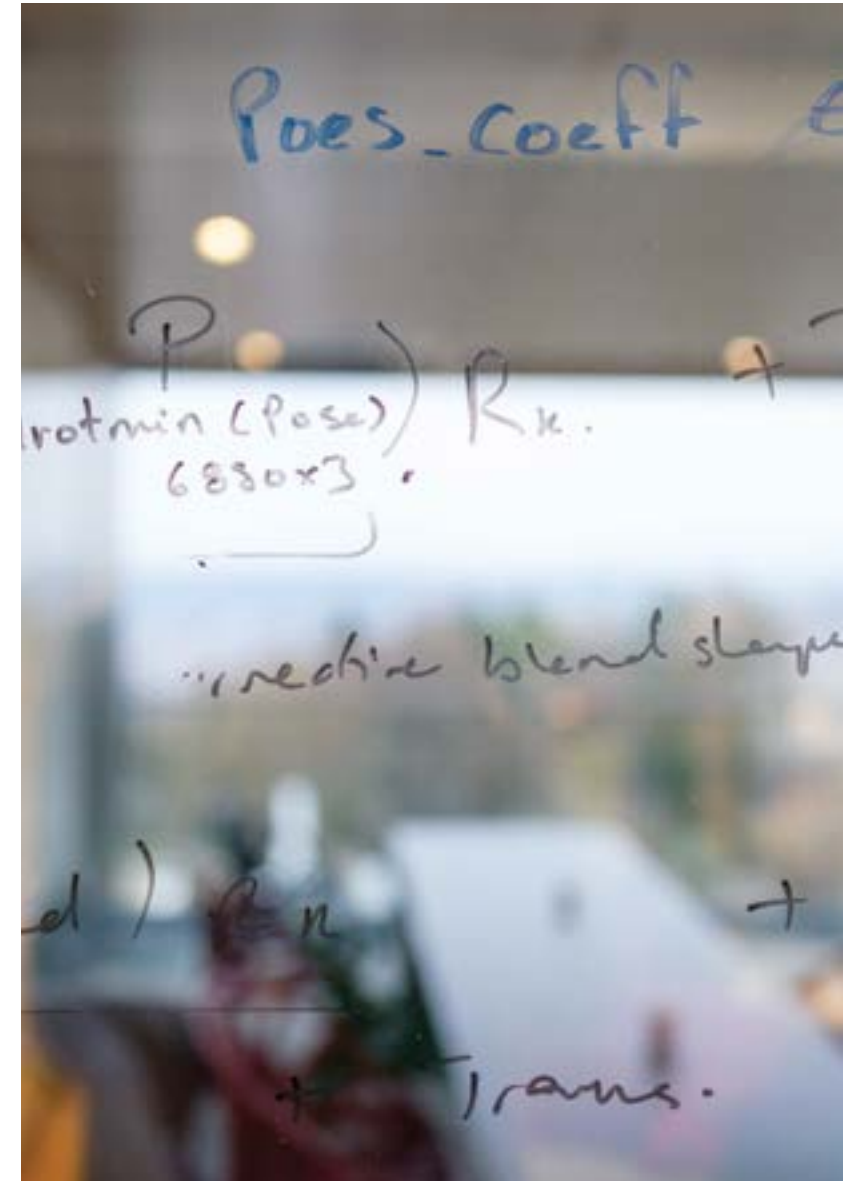
2018 wurde das gemeinsame Doktorandenprogramm der Carnegie Mellon Universität (CMU) in Pittsburgh, USA, und des MPI-IS gegründet. CMU ist eine der weltweit führenden Universitäten auf dem Gebiet der intelligenten Systeme und der Robotik. Das Programm wurde von Dr. Metin Sitti, Direktor der Abteilung für Physische Intelligenz am MPI-IS, initiiert. Vor seinem Wechsel nach Stuttgart war er zwölf Jahre lang Professor am Lehrstuhl für Maschinenbau und am Institut für Robotik an der CMU.

Das Programm bietet an Robotik interessierten Doktorand*innen die Möglichkeit, von dem einzigartigen Forschungsumfeld der CMU und des MPI-IS zu profitieren. Derzeit sind zwei Doktoranden in das Programm eingeschrieben. Sie verbringen zunächst 1,5 bis zwei Jahre an der CMU. Sie werden dann für mindestens zwei weitere Jahre am MPI-IS betreut. Erfolgreiche Absolvent*innen erhalten ihren Dokortitel von der CMU.

Carnegie Mellon University



Max Planck Institute for
Intelligent Systems



A stylized, light teal line-art illustration of a woman's face in profile, facing right. The drawing is composed of clean, thick lines. A leafy branch is visible on the left side, partially overlapping the woman's hair. The background is a solid, darker teal color. The text "Mehr über das MPI-IS" is centered in the lower half of the image.

Mehr über das MPI-IS

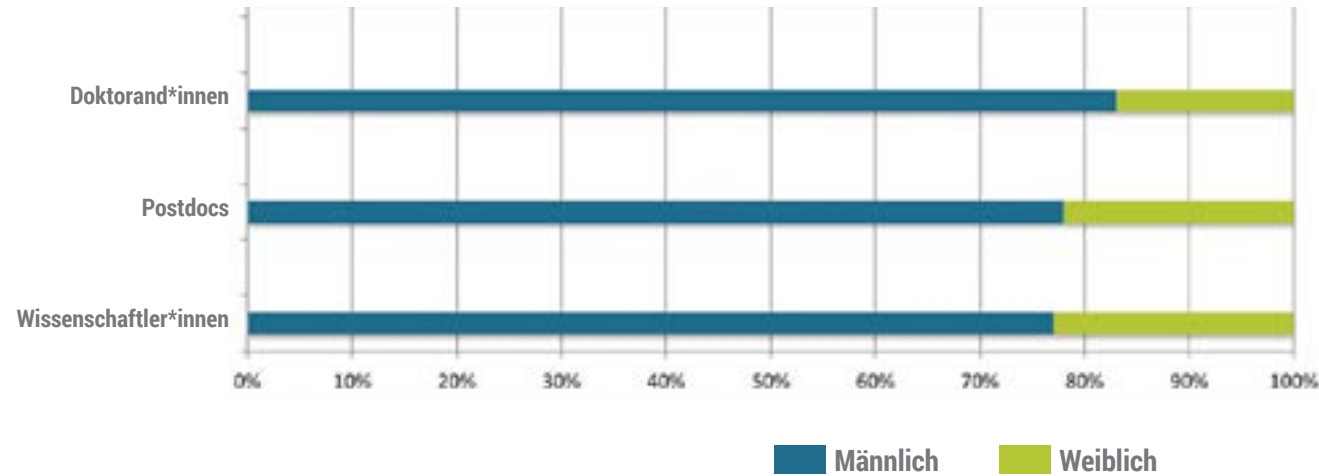


Frauen in der Wissenschaft

Der Anteil der Frauen in Führungspositionen am Institut ist im vergangenen Jahr weiter gestiegen. Durch die Ernennung von Caterina De Bacco als Cyber Valley Forschungsgruppenleiterin im September 2018 und Isabel Valeras Einstellung als Max-Planck-Forschungsgruppenleiterin im Juli 2019 erreichte der Frauenanteil auf Gruppenleitererebene 28,6% (4 von 14).

Der Anteil der weiblichen Postdocs lag im August 2019 bei 22%, bei den Doktorandinnen lag er bei 17%.

Das Institut ist bestrebt, den Frauenanteil auf allen Ebenen deutlich zu erhöhen.



Im Herbst 2017 wurde die Athena-Gruppe am Stuttgarter Institutstandort neu gegründet. Diese neue Initiative dient Wissenschaftler*innen des Instituts und darüber hinaus als Netzwerk. Im Herbst 2018 wurde eine weitere Athena-Gruppe am Standort Tübingen ins Leben gerufen.

Bei informellen, regelmäßig stattfindenden Treffen der Athena-Gruppe können Wissenschaftlerinnen des MPI-IS Erfahrungen austauschen und neue Kontakte knüpfen, um bei zukünftigen Forschungsprojekten zu kooperieren.

Die Athena-Gruppe hat eine spezielle Seminarreihe gestartet, in der sich erfolgreiche Wissenschaftlerinnen vorstellen und von ihren persönlichen Erfahrungen in ihrem jeweiligen Forschungsgebiet berichten. Darüber hinaus hat die Stuttgarter Athena-Gruppe ein Mentoren-/Menteeprogramm ins Leben gerufen. Alle Doktorandinnen werden ermutigt, an diesem Programm teilzunehmen. 13 Frauen (fünf Postdocs und acht Doktorandinnen) nehmen derzeit teil, Tendenz steigend.



Im Februar 2019 beging die Stuttgarter Athena-Gruppe den Internationalen Tag der Frauen und Mädchen in der Wissenschaft.



<https://www.is.mpg.de/athena-group>

Berufungen

Wissenschaftler*innen des Instituts werden regelmäßig auf Professuren an renommierte Universitäten berufen. Die hohe Anzahl von Ernennungen spiegelt die Qualität der Forschung und Ausbildung am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme wider.



Dr. Siyu Tang, Postdoc in der Abteilung für Perzeptive Systeme, wird Anfang 2020 eine Tenure-track Assistant Professur an der ETH Zürich übernehmen.

Berufungen 2018-2019:

Morteza Amjadi (Abt. PI), Assistant Professor an der Heriot-Watt-University, Edinburgh, Schottland

Michael J. Black (Abt. PS), Adjunct Professor für Computerwissenschaft an der Brown University, Providence, Rhode Island, USA

Kristen Kozielski (Abt. PI), Tenure-track Assistant Professor am Karlsruher Institut für Technologie

Byung Wook Park (Abt. PI), Assistant Professor an der Youngstown State University, Ohio, USA

Gunhyuk Park (Abt. HI), Assistant Professor am GIST, Gwangju, Südkorea

Jonas Peters (Abt. EI), Associate Professor an der Universität Kopenhagen, Dänemark

Bernhard Schölkopf (Abt. EI), Affiliated Professor an der ETH Zürich, Schweiz

Dhruv Singh (MNMS-Gruppe), Assistant Professor am Indian Institute of Technology, Dehli, Indien

Siyu Tang (Abt. PS), Tenure-track Assistant Professor an der ETH Zürich, Schweiz

Marc Toussaint wird zum Max-Planck-Fellow ans MPI-IS berufen

Matthew Woodward (Abt. PI), Assistant Professor an der Tufts University, Boston, USA



Prof. Dr. Marc Toussaint hat seine fünfjährige Tätigkeit als Max-Planck-Fellow, MPI-IS begonnen. Seit dem 1. November 2018 betreut er eine kleine Forschungsgruppe am Institutsstandort Stuttgart. Toussaint ist Professor für Informatik an der Universität Stuttgart, wo er seit 2012 das Machine Learning and Robotics Labor leitet.



Professor Dr. Bernhard Schölkopf (Mitte) erhält den Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft 2019 von Prof. Dr. Martin Stratmann, Präsident der Max-Planck-Gesellschaft (links), und Dr. Lothar Dittmer, Vorstandsvorsitzender der Körber-Stiftung.



Professor Dr. Laura Na Liu, Leiterin einer unabhängigen Forschungsgruppe am MPI-IS.



Dr. Metin Sitti, Direktor der Abteilung Physische Intelligenz am MPI-IS.

Bernhard Schölkopf: Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft 2019

Bernhard Schölkopf: Landesforschungspreis für Grundlagenforschung 2018 des Landes Baden-Württemberg

Metin Sitti: ERC Advanced Grant 2019 für das Forschungsprojekt SoMMoR

Andreas Geiger: ERC Starting Grant 2019 für das Forschungsprojekt LEGO-3D

Hannah-Noa Barad: Minerva Stipendium 2018 der MPG für zwei Jahre

Dominik Baumann, Sebastian Trimpe et al.: Preis für die beste Publikation bei der ACM/IEEE International Conference for Cyber-physical Systems (ICCPS) 2019

Jeannette Bohg: IEEE/RAS Early Career Auszeichnung 2019

Xiaoyang Duan: Preis der chinesischen Regierung für herausragende Studenten im Ausland 2018 aufgrund seiner exzellenten Doktorarbeit

Philipp Hennig: In 2018 ernannt als einer von Deutschlands „40 under 40“, in der Kategorie Wissenschaft und Gesellschaft

Wenqi Hu, Guo Zhan Lum, and Metin Sitti: Erfinder des Jahres, Kategorie Medizinische Geräte, des Magazins Design & Elektronik

Francesco Locatello, Stefan Bauer, Bernhard Schölkopf et al.: Preis für die beste Publikation bei der ICML 2019

Laura Na Liu: Rudolf-Kaiser-Preis 2018

Laura Na Liu: Early Career Auszeichnung 2018 der Kavli-Stiftung

Laura Na Liu: EU-40 Materials Preis 2019 der Europäischen Gesellschaft für Materialforschung

Laura Na Liu: Adolph Lomb Medaille 2019 der Optischen Gesellschaft von Amerika

Michel Perrot, Ulrike von Luxburg: Preis für eine ausgezeichnete Publikation bei der IJCAI 2019

Jan Peters et al.: Preis für die beste Publikation bei der International Conference on Advances in System Testing and Validation Lifecycle 2018

Jan Peters: IEEE Fellow 2019

Ziyu Ren, Tianlu Wang, Wenqi Hu, and Metin Sitti: Preis für die beste Publikation bei der Robotics Science & Systems Konferenz 2019

Ludovic Righetti: Google Faculty Forschungspreis 2018

Bernhard Schölkopf: Hector Wissenschaftspreis 2019 der Hector-Stiftung

Gehrt von der Gesellschaft für Informatik als einer der führenden Köpfe der deutschen KI-Forschung

Hamed Shahsavan: Kanadisches NSERC Postdoc Stipendium

Metin Sitti: Rahmi Koç Medaille für Wissenschaft 2018

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Presse-Highlights:

Die Wissenschaftler*innen und die Forschung des Instituts wurden in mehreren Medienberichten vorgestellt und das Interesse der Medien nahm weiter zu. Gleichzeitig übernahm das PR-Team des Instituts auch die Pressearbeit für das Cyber Valley, Europas größte Forschungskoooperation auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz. Auch hier zeigte sich, dass das öffentliche Interesse für das Thema KI stark zunahm: Die Wissenschaftler*innen des Cyber Valley nahmen an mehreren öffentlichen Veranstaltungen teil und begrüßten zahlreiche Besuchergruppen und Delegationen.

Eine Auswahl von MPI-IS und Cyber Valley Presseauschnitten und Veranstaltungen:

Auf eine Goldader gestoßen

Maschinelles Lernen: Österreichs grüner Staatspräsident und Baden-Württembergs grüner Ministerpräsident besuchten gestern den Max-Planck-Campus.

30.11.2018, Schwäbisches Tagblatt

Wir wollen Künstliche Intelligenz, die sich nicht täuschen lässt

Im Gespräch: Professor Bernhard Schölkopf vom Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme und Bosch-Geschäftsführer Michael Bolle.

05.12.2018, FAZ

Silicon Valley auf Schwäbisch

Mit drei Milliarden Euro will die Bundesregierung die Erforschung der künstlichen Intelligenz fördern. In der Grünen-Hochburg Tübingen sind sie dabei schon ziemlich weit – auch mit Amazons Hilfe.

05.01.2019, Stern

Wie der Elefant ein Schwan wird

Science Notes: Im Tübinger Schlachthaus präsentierten vier junge Wissenschaftler ihre Forschungen zu Maschinellern Lernen und Künstlicher Intelligenz

20.01.2019, Schwäbisches Tagblatt

An den Schnittstellen sind wir noch in der Steinzeit

Neuroroboter stehen zwischen Mensch und Maschine: Ihre Zeit ist erst angebrochen, moralische Fragen stellen sich aber schon massiv.

03.04.2019, FAZ

Vortragsreihe „Das Gehirn der Zukunft“

Müssen Porsche-Fahrer künftig ins Reservat?

Experten haben bei einer Diskussion am Stuttgarter Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme vor zu hohen Erwartungen an automatisierte Fahrzeuge gewarnt. Die Technik könnte lange Zeit auf Autobahnen beschränkt sein.

15.05.2019, Stuttgarter Zeitung

Vortragsreihe „Das Gehirn der Zukunft“

Pionier der Künstlichen Intelligenz ausgezeichnet

Informatik: Der Tübinger Bernhard Schölkopf erhält den Körber-Preis.

28.06.2019, Stuttgarter Zeitung

Wie Miniroboter durch den Körper reisen

Innovationen: An der Uni Stuttgart forscht Tian Qiu an der Hightechmedizin der Zukunft. Seit Juli leitet der junge Wissenschaftler eine neue Arbeitsgruppe, die winzige Roboter für neue Therapien entwickelt. Ein Besuch im Labor.

30.07.2019, Stuttgarter Zeitung

TV / Radio

Bundesweite Reportagen über die Verleihung des Körber-Preises am 13. September, 2019.

ZDF heute journal, ARD Tagesthemen, 3Sat nano, NDR Nachrichten Hamburg

Schwäbisches Tagblatt

Frankfurter Allgemeine
ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND

 **stern**

STUTTGARTER
ZEITUNG

tagesthemen[®]

 **3 sat**



Veranstaltungen & Besuche (Auswahl):

14.09.2018 Max-Planck-Tag mit dem Symposium „KI und Gesellschaft“

15.09.2018 Tag der offenen Tür am MPI-IS

09.11.2018 AICon, organisiert von Bosch und Cyber Valley, Renningen

29.11.2018 Österreichs Bundespräsident Dr. Alexander Van der Bellen und Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann besuchen Cyber Valley und das MPI-IS in Tübingen

13.03.2019 „Das Gehirn der Zukunft“ Vortragsreihe in Zusammenarbeit mit der gemeinnützige Hertie-Stiftung bis Oktober 2019

15.04.2019 Baden-Württembergs Wirtschaftsministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut besucht das MPI-IS und Cyber Valley

02.05.2019 Staatssekretär des Bundes Björn Böhning besucht das MPI-IS und Cyber Valley

17.05.2019 Hochrangige KI-Delegation aus Frankreich besucht Cyber Valley

24.05.2019 Tübinger Fenster für Forschung (TÜFFF) an der Universität Tübingen

17.06.2019 Hochrangige Delegation aus Kanada besucht Cyber Valley

20.06.2019 Bundesbildungsministerin Anja Karliczek besucht Cyber Valley

05.07.2019 MPI-IS Sommer-Kolloquium in Stuttgart

15.07.2019 Staatssekretär des Bundes Thomas Bareiß besucht das MPI-IS und Cyber Valley

01.08.2019 Staatsministerin Theresa Schopper und Dr. Florian Stegmann, Leiter der Staatskanzlei Baden-Württemberg, besuchen das MPI-IS und Cyber Valley



Das Bosch Center for Artificial Intelligence (BCAI) veranstaltete in Zusammenarbeit mit Cyber Valley im November 2018 in Renningen die erste AICon.



Im November 2018 besuchte der österreichische Bundespräsident Dr. Alexander Van der Bellen zusammen mit Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann das Cyber Valley.



Die gemeinnützige Hertie-Stiftung und das Cyber Valley luden zu einer Vortragsreihe zu Themen rund um KI, neuronale Netze und autonome Systeme und anschließender Podiumsdiskussion mit Visionärinnen und Visionären aus Wissenschaft und Wirtschaft ein.

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit



Junge Schülerinnen, die sich beim Girls Day ein Bild von unserer Forschung machen.



Baden-Württembergs Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut besuchte im April 2019 das Institut.



Zahlreiche Besuchergruppen lernen mittels Laborführungen die Forschung am MPI-IS kennen.



Praktika und Besuchsgruppen:

Unsere Mitarbeiter*innen betreuen regelmäßig und mit großem Engagement Praktikant*innen und präsentieren ihre Forschung diversen Besuchsgruppen.

Zur Studien- und Berufswahlorientierung besuchten im Jahr 2018 82 Praktikant*innen das Institut; im ersten Halbjahr 2019 waren es bereits 76.

Zahlreiche Besucher und Delegierte aus dem In- und Ausland, darunter Großbritannien, Frankreich und Kanada, haben im vergangenen Jahr unsere Standorte Stuttgart und Tübingen besucht.





Highlights der Abteilungen



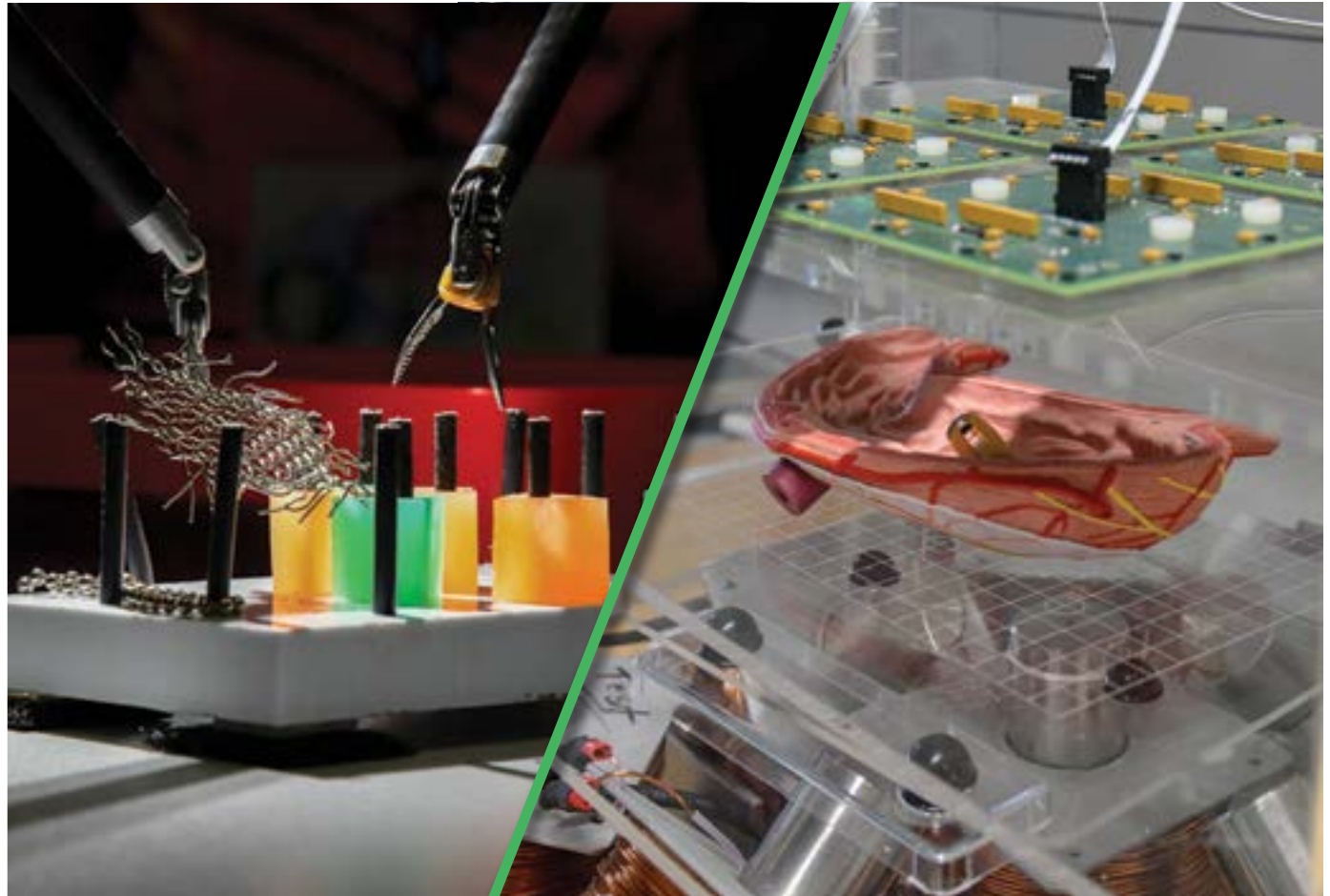
Abteilungen

Derzeit besteht unser Institut aus sechs Abteilungen, die von wissenschaftlichen Mitgliedern der MPG geleitet werden: Vier Abteilungen in Stuttgart geleitet von Katherine J. Kuchenbecker, Gisela Schütz, Metin Sitti und Siegfried Dietrich. Zwei Abteilungen in Tübingen geleitet von Bernhard Schölkopf und Michael J. Black.

Entstanden ist das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme aus dem ehemaligen Institut für Metallforschung. Die Abteilungen Schütz und Dietrich sind Teil dieser wissenschaftlichen Ausrichtung.

Künftig wird das Institut acht Abteilungen umfassen. Jede Abteilung mit zwischen 30 und 60 Mitarbeiter*innen wird von einer/-m Direktor*in geleitet.

In jeder Abteilung forschen Doktorand*innen und Postdocs. Wie in der Wissenschaft üblich, haben die meisten Nachwuchswissenschaftler*innen befristete Verträge, was zu einer relativ hohen Fluktuation führt, durch die aber Wissenstransfer und enge Kooperationen gefördert werden. Die Abteilungen werden durch technisches Personal und Mitarbeiter*innen des Scientific Coordination Office sowie der Verwaltung unterstützt.



Ein roboter-assistiertes Chirurgiesystem wird mit einer haptischen Rückmeldung ausgestattet und damit um den Tastsinn erweitert.

Forscher steuern einen Kapselroboter magnetisch durch eine Magenatrappe.



Empirische Inferenz

Prof. Dr. Bernhard Schölkopf



Haptische Intelligenz

Katherine J. Kuchenbecker, Ph.D.



Moderne Magnetische Systeme

Prof. Dr. Gisela Schütz



Perzeptive Systeme

Dr. Michael J. Black



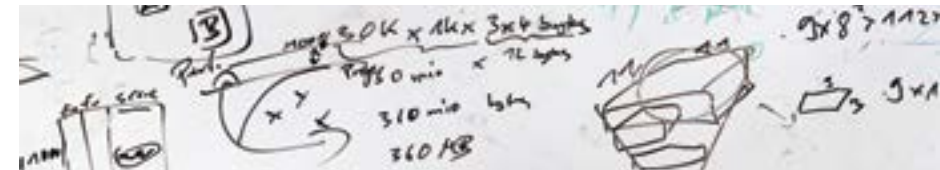
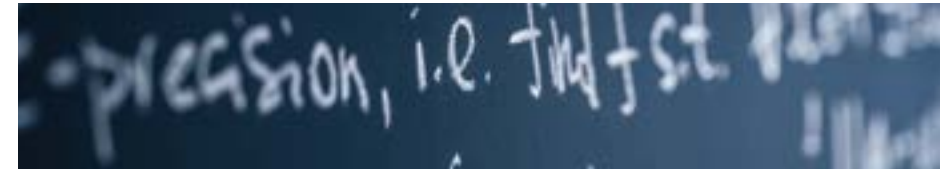
Physische Intelligenz

Dr. Metin Sitti



Theorie inhomogener kondensierter Materie

Prof. Dr. Siegfried Dietrich





Empirische Inferenz

Prof. Dr. Bernhard Schölkopf

Die Mitglieder der Abteilung „Empirische Inferenz“ widmen sich dem Maschinellen Lernen und der Kausalen Inferenz. Sie entwickeln Algorithmen, die selbstständig Regelmäßigkeiten in Daten erkennen und daraus Schlussfolgerungen ziehen. Das primäre Ziel der Forscher*innen ist, zu verstehen, wie Lebewesen und künstliche Systeme Strukturen erkennen, um damit in der Welt zu agieren. Sie wollen dazu beitragen, dass die theoretischen Methoden des Maschinellen Lernens z.B. in der Medizin oder Astronomie Anwendung finden.

Computer können mittels Maschinellen Lernen in kürzester Zeit Strukturen in großen Datenmengen erkennen, die ein Mensch nicht finden würde, denn die Daten haben oftmals komplexe Strukturen und variable Einflussgrößen. Um die Daten interpretieren zu können, entwickeln Forscher*innen der Abteilung neue statistische Methoden und Algorithmen, die auf Basis bekannter Zusammenhänge in Datensätzen „lernen“ und anschließend unbekannte Daten analysieren können.

Kausale Inferenz befasst sich mit dem Finden von Zusammenhängen von Ursache und Wirkung aus statistischen Daten. Damit können Computer Aufschluss über die den Daten zugrundeliegenden Mechanismen geben und Vorhersagen über die Effekte von externen Einflüssen treffen. Dadurch können KI-Systeme beispielsweise deutlich weniger fehleranfällig werden.

Die Abteilung befasst sich mit empirischen Daten aus unterschiedlichsten Quellen, von biologischen Messungen (z.B. aus der Neurowissenschaft) bis hin zu

astronomischen Aufzeichnungen. Die Forscher*innen der Abteilung führen theoretische, algorithmische und experimentelle Forschung durch, um den Fragestellungen der empirischen Inferenz auf den Grund zu gehen.

Zu den Highlights der Abteilung gehören:

Ein Tischtennis spielender Muskelroboter:

Sportarten wie Tischtennis sind für Menschen leicht, für Roboter jedoch schwer zu erlernen. Die Aufgabe ist in vielerlei Hinsicht anspruchsvoll: die Dynamik des Spiels ist nicht vorhersehbar und für das Wahrnehmen der

Situation und die daraus resultierende Handlung steht nur ein enges Zeitfenster zur Verfügung.

Menschen setzen beim Spiel ihre Muskeln ein; der Roboter ist mit pneumatischen Muskeln ausgestattet, künstlichen Hightech-Muskeln, die den menschlichen ähneln. Forscher*innen der Abteilung gelang es, einen Roboter so zu konstruieren, dass er sehr schnelle Bewegungen erzeugen kann und diese sicher ausführt. Der Roboter lernte zunächst in der Simulation einen Ball zu spielen. Nach wenigen Stunden gelang es ihm dann sowohl einen realen Ball in eine bestimmte Richtung zu spielen, als auch auf die andere Seite der Tischtennisplatte zu schmettern.





Personalisierte Hirnstimulation für die motorische Rehabilitation:

Mit Hilfe von gesunden Probanden, die in Computerspielen versuchen innerhalb kurzer Zeit möglichst viele Ballons zerplatzen zu lassen, misst ein Team von Forscher*innen die Gehirnaktivität, die mit der Armbewegung verbunden ist, und sammelt die dazugehörigen Daten. Darauf basierend entwickeln die Wissenschaftler*innen Methoden, durch die sie die Daten analysieren und individuelle Hirnmuster identifizieren können. Auf diese Weise bauen sie aus den Daten Vorhersagemodelle auf, die zeigen, wo und wie der motorische Kortex – der Bereich der Großhirnrinde im Gehirn, der die Bewegungen steuert – eines spezifischen kranken Probanden stimuliert werden sollte, um seine Bewegung zu erleichtern.

Faire Algorithmen:

In Zukunft werden Computer immer häufiger bei Entscheidungsprozessen eingesetzt werden, die Auswirkungen auf Menschen haben. Solche Entscheidungen basieren dabei auf bestimmten Variablen, beispielsweise der finanziellen Vorgeschichte eines Kreditanwärters oder der beruflichen Vorerfahrung bei der Auswahl von geeigneten Bewerbern. Forscher*innen der Abteilung beschäftigen sich mit der Frage, wie Algorithmen fair, verantwortungsbewusst und transparent sein können, wenn sie mithilfe riesiger Datenmengen Entscheidungen treffen sollen.

Faire Algorithmen zu entwickeln ist sehr anspruchsvoll. Jede Diskriminierung eines mit Milliarden an Daten gefütterten Systems ist anders und muss zunächst analysiert werden. Nur so findet man heraus, wo und wie Daten erhoben werden, wo das System eventuell falsche Schlussfolgerungen zieht und wie das Problem in einer mathematische Formel beschrieben werden kann. Je weitreichender maschinelle Lernverfahren zum Einsatz in unserer Gesellschaft kommen, desto wichtiger wird, dass diese fair sind.



Haptische Intelligenz

Katherine J. Kuchenbecker, Ph.D.

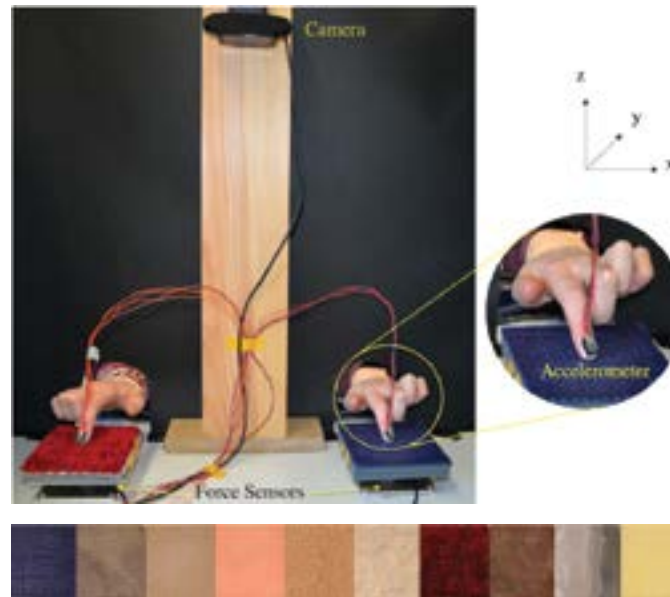
Die Abteilung „Haptische Intelligenz“ hat es sich zum Ziel gesetzt, haptische Interaktion besser zu verstehen und darauf aufbauend Mensch-Computer- und Mensch-Roboter-Systeme zu entwickeln, welche die einzigartigen Fähigkeiten des Tastsinns nutzen. Die Abteilung verfolgt dieses Ziel, indem sie sich auf vier Forschungsbereiche konzentriert:

- das Verständnis des taktilen Kontakts bei physischen Interaktionen von Mensch und Roboter,
- die Entwicklung und Charakterisierung von haptischer Schnittstellen-Technologie,
- die Weiterentwicklung und Evaluierung von Teleoperationsschnittstellen und
- das Design von Kontakt-basierten Mensch-Roboter-Interaktionssystemen.

Zu den *Forschungshighlights* der Abteilung gehören:

Taktile Kontakte:

Die Mechanismen, die der haptischen Wahrnehmung, der Handlung und dem Lernen zugrunde liegen, sind in der Wissenschaft bei Weitem noch nicht so gut erforscht wie die gleichen Prozesse für das Sehen oder das Hören. Daher widmen sich die Forscher*innen der Abteilung dem grundlegenden Verständnis des taktilen Kontakts: Ein Mensch oder ein Roboter interagiert dabei mit einem physischen Objekt und fühlt gleichzeitig die daraus resultierenden kutanen und kinästhetischen Empfindungen. Yasemin Vardar, eine der Post-Doktorandinnen der Abteilung, verglich jüngst, wie Menschen visuell und haptisch reale Oberflächen wahrnehmen; der Sehsinn wurde dabei bisher als dominierend angesehen. Durch einen sorgfältig gewählten Versuchsaufbau konnten Vardar und ihre Kolleg*innen zeigen, dass Menschen Oberflächen durch Sehen und durch Berühren auf ganz ähnliche Art und Weise wahrnehmen. Zudem stimmen die Wahrnehmungsempfindungen der Proband*innen mit den wesentlichen haptischen Eigenschaften der Oberflächen, nämlich ihrer Haftung, Härte und Rauheit, überein.



Der experimentelle Aufbau, den Vardar, Wallraven und Kuchenbecker verwendeten, um physikalische Interaktionssignale einzufangen, während die Teilnehmer unterschiedliche Paare von Oberflächen berührten, die aus dem abgebildeten Satz von zehn verschiedenen, realen Materialien stammen.

Haptische Schnittstellen:

Haptische Schnittstellen sind mechatronische Systeme, mit denen Menschen physisch interagieren. Sie vermitteln den Benutzer*innen die Illusion, Dinge zu berühren, die sich tatsächlich an einem anderen Ort befinden (in einer entfernten Umgebung) oder die gar nicht real existieren (in einer virtuellen Umgebung). Ein Team unter der Leitung der Post-Doktorandin Hasti Seifi initiierte das Projekt Haptipedia, um zum besseren Verständnis der vielfältigen Bandbreite solcher Instrumente beizutragen. Haptipedia bietet eine Online-Taxonomie, Datenbank und Visualisierung von bisher entwickelten haptischen Schnittstellen. Die Forscher*innen analysierten mehr als 2000 Veröffentlichungen und sammelten Beiträge von über 100 Personen. Indem es nun all dies vereint, bietet Haptipedia so die Möglichkeit, die Entwicklung haptischer Schnittstellen zu beschleunigen und die Nutzung haptischer Rückmeldungen für Interaktionsdesigner zu erleichtern. Die Plattform ist öffentlich zugänglich unter haptipedia.org.



Teleoperationsschnittstellen:

Mittels Fernsteuerung eines Roboters können Menschen heute Aufgaben ausführen, ohne am selben Ort zu sein. Der Roboter kann sich beispielsweise auf der anderen Seite des Zimmers, tief im Meer oder im Weltall über der Erdoberfläche befinden. Die Aufgabe des ferngesteuerten Roboters besteht darin, die Handlungen des Nutzers an anderer Stelle umzusetzen. Der Nutzer übermittelt zu diesem Zweck die entsprechenden Signale über eine Teleoperationsschnittstelle und empfängt über diese ein multimodales Feedback. Ein Forschungsteam der Abteilung befasst sich mit der Weiterentwicklung medizinischer Teleoperationssysteme, die bereits Anwendung finden. Durch die Kontaktinteraktionen des Roboters werden 3D-Beschleunigungsdaten generiert, durch die dem Benutzer ein realistisches haptisches Feedback gegeben werden kann. Dieses wird typischerweise zur Vereinfachung mit einem einachsigen Schwingungs-Aktuator erzeugt. Einer der Postdocs der Abteilung, Gunhyuk Park, analysierte, wie in den bestehenden Ansätzen diese 3D-Beschleunigungsdaten in der Regel auf eindimensionale Signale reduziert werden. Durch den objektiven und subjektiven Vergleich der in diesen Ansätzen verwendeten Algorithmen konnte erstmals gezeigt werden, dass die konkrete Wahl des Ansatzes einen wesentlichen Einfluss auf die wahrgenommene Qualität der daraus resultierenden Wellenform hat. Zudem entwickelte das Team neue, quantitative Metriken zur Bestimmung der Signalqualität, die mit der menschlichen Wahrnehmung korrelieren.



Der großflächige, taktile Sensor auf Gewebebasis, der von Lee, Park, Kim und Kuchenbecker erfunden wurde. Hochleitfähige Gewebeflicken und leitfähige Fadenelektroden, die über ein Gewebeblatt mit niedriger Leitfähigkeit verteilt sind, ermöglichen die Echtzeitlokalisierung mehrerer Kontaktpunkte.



Alle Mitglieder der Abteilung für Haptische Intelligenz im Juli 2019, darunter unsere Direktorin, Abteilungsassistentin, ein Forschungswissenschaftler, sieben Post-Doktorand*innen, neun Doktorand*innen, vier Masterstudent*innen, eine Gastprofessorin, zwei Gast-Doktorand*innen, sechs Praktikant*innen und vier technische Mitarbeiter*innen.

Mensch-Roboter-Interaktion:

Menschen in ihrem Alltag zu unterstützen, hat großes Anwendungspotenzial für die Robotik. Da alltägliche Umgebungen aber unstrukturiert sind und sich stetig verändern, bedarf es neuer Ansätze, damit Roboter künftig zuhause oder in Krankenhäusern so erfolgreich genutzt werden können wie in Fabriken. Um die Erledigung nützlicher Aufgaben für Menschen zu ermöglichen, widmet sich ein Forschungsbereich der Abteilung der physischen Mensch-Roboter-Interaktion. Die meisten Roboter besitzen jedoch keine haptische Sensorik, da kommerziell verfügbare taktile Sensoren in der Regel teuer sind und in Größe, Robustheit, Empfindlichkeit und/oder Zuverlässigkeit Einschränkungen unterliegen. In einer Arbeit unter der Leitung des Post-Doktoranden Hyosang Lee und des Gast-Doktoranden Kyungseo Park entwickelt die Abteilung taktile Sensoren, die so leicht und effizient hergestellt werden können, dass sie alle exponierten Oberflächen eines Roboters abdecken und Informationen über physische Kontakte liefern. Das Forscherteam stellt diese Sensoren aus künstlichen Gewebeschichten mit unterschiedlicher Leitfähigkeit her und rekonstruiert – ähnlich der Geoelektrik (ERT) – eine „Landkarte“ der Kontakte mittels schnellen, elektrischen Messungen, die paarweise gemacht werden, und entsprechenden mathematischen Methoden. Die daraus resultierenden taktilen Sensoren haben das Potenzial, kostengünstig, zuverlässig, empfindlich, schnell und präzise zu sein. Künftige Robotergenerationen können so einen Tastsinn erhalten.



Moderne Magnetische Systeme

Prof. Dr. Gisela Schütz

Die Forschung der Abteilung „Moderne Magnetische Systeme“ widmet sich der Erforschung von nanomagnetischen Strukturen, der Entwicklung von nano- oder mikrometerkleinen neuartigen Bauteilen und dem Verständnis ihrer Spin-Dynamik. Dabei spielen die Anwendung und die kontinuierliche Verbesserung der röntgenbasierten Bildgebungsverfahren eine wesentliche Rolle. Durch den Einsatz modernster Nanodrucktechniken entwickelten die Forscher*innen der Abteilung neuartige, nur wenige Mikrometer kleine Kunststofflinsen, die Röntgenstrahlen exzellent fokussieren können. Für dieses und andere Projekte setzt das Team das Röntgenmikroskop MAXYMUS am BESSY II ein – eine 80 Meter breite Synchrotronstrahlungsquelle am Helmholtz-Zentrum Berlin, durch das die Magnetisierung selbst kleinster Strukturen sichtbar gemacht werden kann.

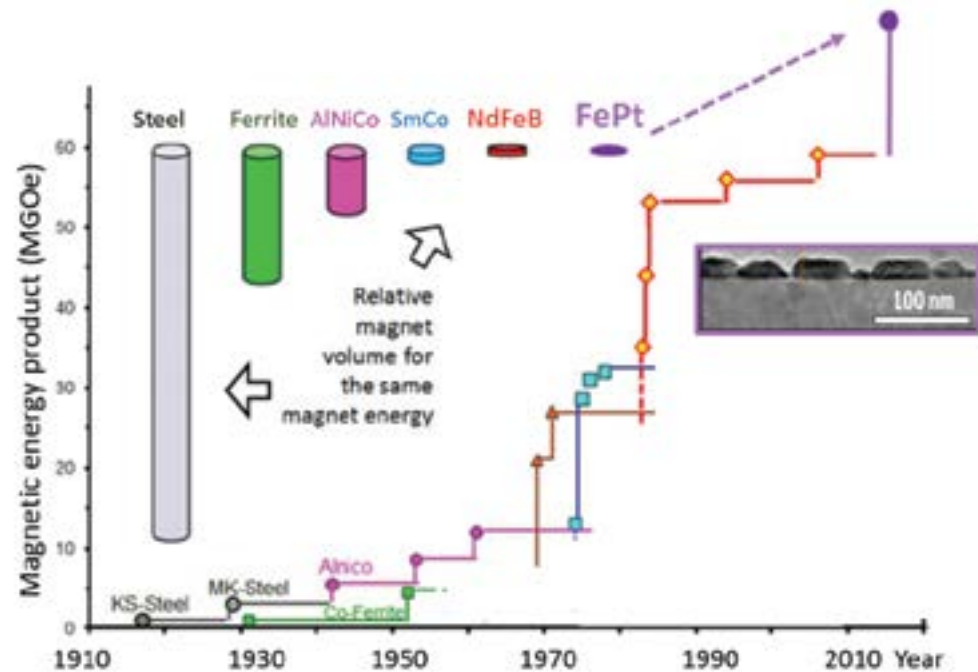
Ein weiterer Forschungsschwerpunkt der Abteilung ist die Entwicklung neuartiger Supermagnete im Nano- bis Mikrometerbereich, die die Leistung konventioneller Magnete weit übertreffen.

Zu den Forschungshighlights der Abteilung gehören:

Neue Supermagnete:

Dem Team um Gisela Schütz gelang es, die magnetische Energie von Feststoffen zu erhöhen und einen neuen Magneten auf Eisen-Platin-Basis (FePt) zu entwickeln, der etwa 30% stärker ist als der Neodym-(Nd)-Magnet. Letzterer wurde im Jahr 1984 entdeckt und galt seitdem als der stärkste kommerziell erhältliche Dauermagnet. Der neue Supermagnet könnte eines Tages in Mikrometer kleine Sensoren, Motoren oder Generatoren eingebaut werden. Das Team arbeitet derzeit an der Verdichtung der Materialien und an neuen kunststoffgebundenen Hochleistungs-Magnetstrukturen. Diese sollen zukünftig auch für Mikroroboter eingesetzt werden.

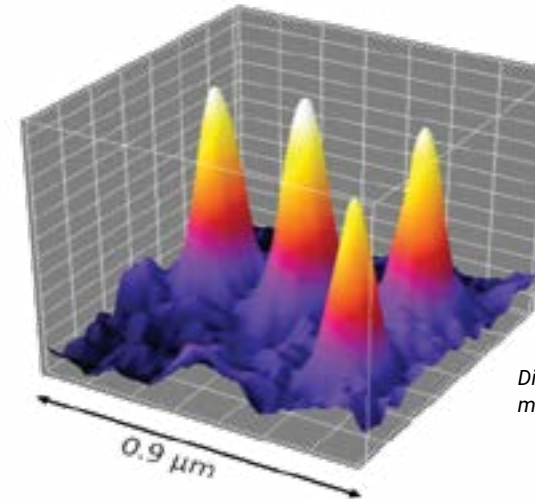
Die Steigerung der magnetischen Energie verschiedener Materialien vor 110 Jahren bis heute. Die Eisen-Platin-(FePt)-Nanopartikel haben die höchste magnetische Energie pro Volumen, die je gemessen wurde.



Skyrmione werden zum ersten Mal sichtbar:

Skyrmione sind dreidimensionale Strukturen, die in magnetischen Materialien vorkommen. Sie sind topologisch geschützt, d.h., ihre Form kann nicht verändert werden und ihre dreidimensionale Struktur ist weniger als hundert Nanometer klein. Es war bis heute nicht möglich, die Struktur von Skyrmionen sichtbar zu machen. Mit dem hochauflösenden Röntgenmikroskop MAXYMUS am Teilchenbeschleuniger BESSY II konnten die Forscher*innen der Abteilung erstmals die dreidimensionale Struktur von Skyrmionen abbilden.

Diese magnetischen Strukturen zu verstehen, ist wichtig für die Entwicklung und zukünftige Herstellung von sogenannten Spintronik-Speichergeräten – hocheffiziente Datenspeicher der Zukunft. Informationen in Skyrmionen zu speichern gilt als weniger störanfällig. Aber um Skyrmione als Datenspeicher nutzen zu können, muss man zunächst ihre Struktur verstehen.

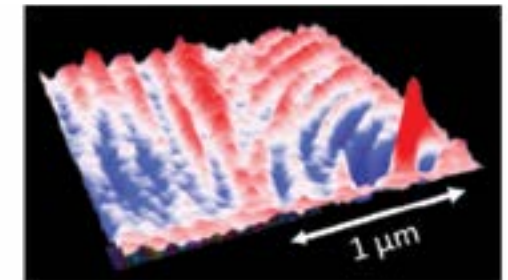


Die Magnetisierungsverfahren in einem magnetischen Skyrmion.

Entstehung und Ausbreitung von Spinwellen erstmals sichtbar:

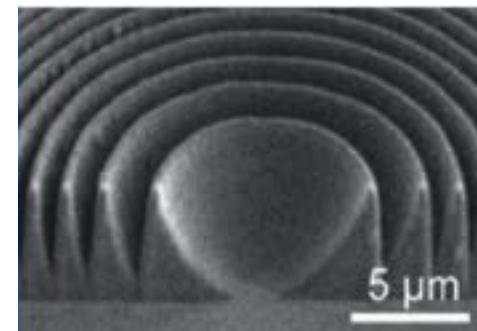
Die Magnonik befasst sich mit magnetischen Phänomenen in Kristallen und ist ein neues Forschungsfeld im Bereich der Materialwissenschaften und Informationstechnologie. Im Vordergrund stehen dabei Spinwellen; magnetische Gegenstücke zu elektromagnetischen Wellen mit zehnmal größeren Wellenlängen. Das Forscherteam um Schütz ist bisher weltweit das einzige, das die Entstehung und Ausbreitung von Spinwellen in Raum und Zeit dank des Röntgenmikroskops MAXYMUS direkt visualisieren kann.

Momentaufnahme von Spinwellen an der Ecke eines magnetischen Plättchens.



Neuartige Kunststofflinsen für Röntgenmikroskope:

Röntgenmikroskope sind faszinierende bildgebende Werkzeuge. Sie kombinieren eine hohe Auflösung im Nanometerbereich mit einer großen Bildtiefe, wodurch verborgene Strukturen plötzlich sichtbar werden. Die Fokussierung von Röntgenstrahlen erfordert jedoch aufwändige optische Geräte. Eine Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen Moderne Magnetische Systeme und Physische Intelligenz führte zur Erfindung eines neuen, schnellen und kostengünstigeren 3D-Nanodruckverfahrens zur Herstellung von Kinoformen – konvergierenden Linsen, die in der Lage sind, Röntgenstrahlen effizient zu fokussieren.



Eine Mikrometer große Röntgenlinse, hergestellt aus Plastik im 3D-Druckverfahren, mit optimalen Fokussierungseigenschaften.



Perzeptive Systeme

Dr. Michael J. Black

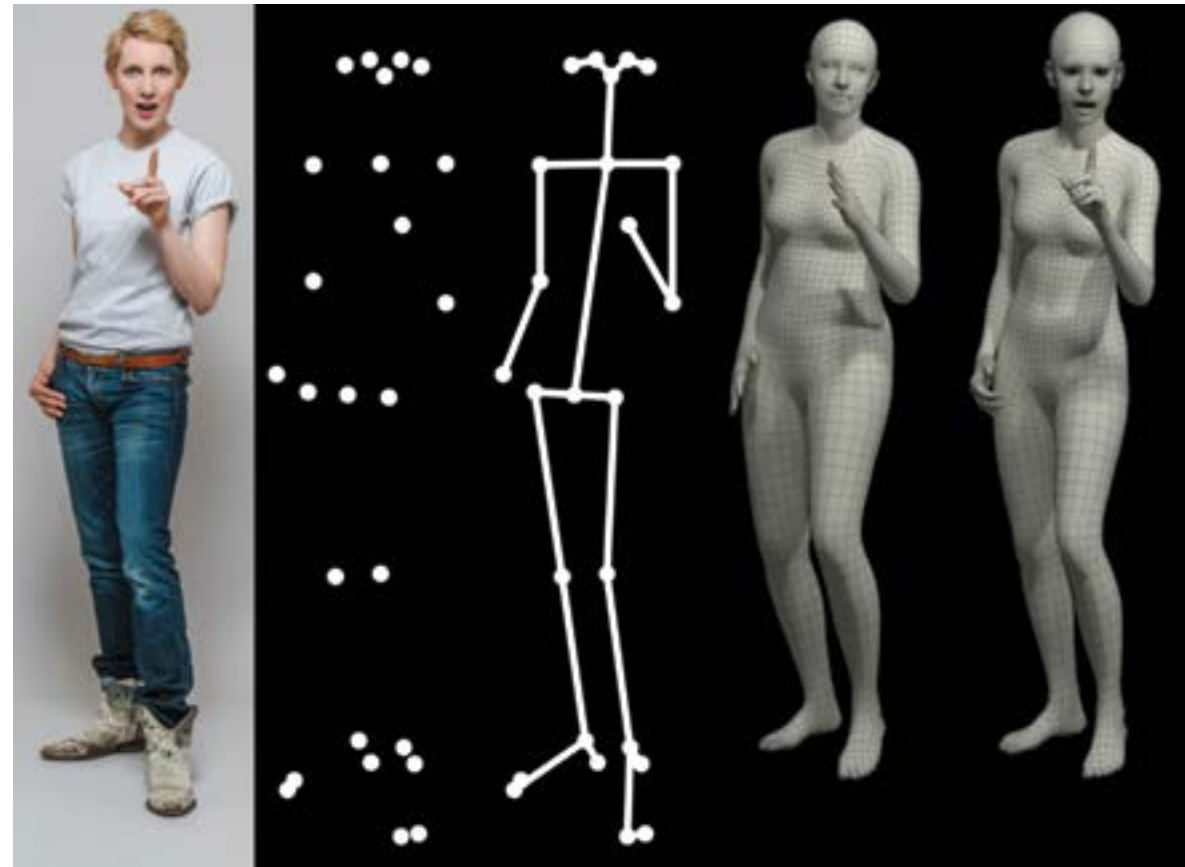
Lernen, ein digitaler Mensch zu sein:

Die Abteilung „Perzeptive Systeme“ kombiniert Computer Vision, maschinelles Lernen und Computergrafik mit dem Ziel Computern beizubringen, Menschen und ihr Verhalten in Bildern und Videos zu verstehen. Der Ansatz der Abteilung ist einzigartig, da mathematische Modelle der menschlichen 3D-Form und Bewegung mittels maschinellem Lernen erstellt und mit vergleichsweise wenigen Parametern beschrieben werden. Diese Modelle werden herangezogen, um das Bewegungsverhalten von Menschen aus 3D-Szenen zu extrahieren und zu analysieren. Die Abteilung beschäftigt rund 45 Mitarbeiter*innen und Student*innen sowie weitere angegliederte Forscher*innen. Sie verfügt über spezielle 4D-Scanner, die mit 60 Bildern pro Sekunde hochpräzise und detaillierte 3D-Netze von Körpern, Gesichtern, Händen und Füßen erzeugen. Darüber hinaus werden auch tragbare Motion Capture-Systeme, Flugroboter und hochspezialisierte Kamerasysteme zur Aufzeichnung eingesetzt.

Zu den Forschungshighlights der Abteilung gehören:

Ausdrucksstarke Körpermodelle:

Der Mensch nutzt seinen Körper, um sich in der Welt fortzubewegen, um Objekte anzufassen und um zu kommunizieren; anders gesagt, der 3D-Körper des Menschen interagiert mit der 3D-Welt. Einer der Schwerpunkte der Abteilung liegt auf der Modellierung der 3D-Körperform als trianguliertes 3D-Netz, wodurch Rückschlüsse auf den physischen Kontakt zwischen Menschen und Objekten möglich sind. Die Körperform kann darüber hinaus Informationen über das Alter, die Fitness, den Gesundheitszustand oder die Kleidergröße einer Person liefern. Um die Analyse von menschlichen (Inter-)Aktionen und Emotionen zu erleichtern, konnte mittels tausender 3D- und 4D-Scans ein neuartiges mathematisches 3D-Modell des menschlichen Körpers mit voll beweglichen Händen und expressivem Gesichtsausdruck kreiert werden. Dazu wurden neue Methoden entwickelt, um diese Modelle aus Bildern und Videos automatisch zu extrahieren; ein weiterer Schritt hin zum maschinellen Erkennen des Bewegungsverhaltens des Menschen.

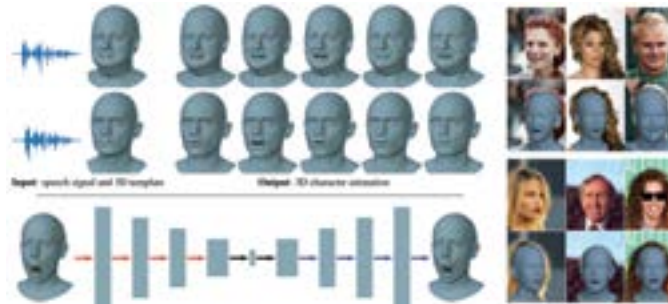


Entwicklung von realistischen, virtuellen Avataren aus Einzelbildern durch Erlernen eines Körpermodells mit ausdrucksstarken Gesichtern und Händen mittels Erkennung der Modellparameter aus einem Bild.



Gesichter:

Gesichtsform und Mimik sind für die menschliche Kommunikation essenziell. Um Computern beizubringen, Menschen besser zu verstehen, sind detaillierte 3D-Modelle der Form und der Bewegung des Gesichts erforderlich. Computer-Vision-Algorithmen werden mittels maschinellem Lernen darauf trainiert, diese Modelle aus Bildern und Videos zu extrahieren. Im Laufe des letzten Jahres haben Forscher*innen der Abteilung mehrere neue Technologien zur Modellierung und Analyse von Gesichtern entwickelt: CoMA ist ein neuronales Netzwerkmodell, das eine nichtlineare Darstellung eines Gesichts mittels sogenannter spektraler Faltung erlernt. CoMA bietet damit einen neuen Ansatz zum Erlernen von Faltungsmodellen in 3D-Netzen. VOCA ist ein audiovisuelles 4D-Gesichtsanimationsmodell, das ein beliebiges Sprachsignal als Input nimmt und damit realistische Mund- und Gesichtsbewegungen von Erwachsenen animieren kann. RingNet berechnet die 3D-Gesichtsform aus einem einzigen Bild.



Gewinnung detaillierter Gesichtsbewegungen und -ausdrücke aus Bildern durch Erlernen von Gesichtsmodellen und deren Ausdruck aus 4D-Scans; Trainieren neuronaler Netzwerke zur Vorhersage von 3D-Gesichtern aus Bildern.

Hände und Objekte:

Hände sind für den Menschen unerlässlich, um zu signalisieren, zu kommunizieren und mit der physischen Welt zu interagieren. Die Hand-Objekt-Manipulation zu untersuchen, ist daher essentiell um die Handlungen von Menschen zu interpretieren und nachzuahmen. Trotz der jüngsten Fortschritte stellt die Rekonstruktion von isolierten Handhaltungen und Objekten eine Herausforderung dar, wenn sich Hand und Objekt gegenseitig zumindest teilweise verdecken. Um dies zu beheben, hat die Abteilung ein lernfähiges End-to-End-Modell entwickelt, das auf Basis eines einzigen Bildes durch Hände ausgeführte Aktionen erkennen und rekonstruieren kann.



Rekonstruktion von realistischen Hand- und Objektinteraktionen durch Erlernen eines Modells, welches die Handhaltung und -form zusammen mit der Objektform durch Einhaltung physikalischer Einschränkungen erkennt.

Medizin und Gesundheit:

Die medizinischen und gesundheitsbezogenen Projekte der Abteilung basieren auf dem Konzept, dass die Körperform und Gesundheit oft eng miteinander verflochten sind. In Zusammenarbeit mit Ärzten und Psychologen haben die Forscher*innen der Abteilung mit Hilfe von Modellen und VR-Technologien – wie dem Virtual Caliper – herausgefunden, wie Patient*innen mit Anorexia nervosa ihren Körper wahrnehmen. Die Körperform spielt auch bei Krankheiten wie Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen eine wichtige Rolle. Die Modelle der Abteilung bieten einen nicht-invasiven Ansatz, um das Risiko, an derartigen Krankheiten zu erkranken, anhand der Körperform zu bestimmen. Die Forscher*innen entwickelten auch Methoden, mit denen die Gestalt und die Bewegung von Säuglingen analysiert werden kann; dies wird bei der Früherkennung von infantiler Zerebralparese und bei der Früherkennung von untergewichtigen Säuglingen angewandt.



3D-Körperform und menschliche Gesundheit in Beziehung bringen durch Anwendung unserer 3D-Körpermodelle in der Erforschung von Essstörungen und bei der Fettgewebemessung, sowie in den Sozialwissenschaften.



Physische Intelligenz

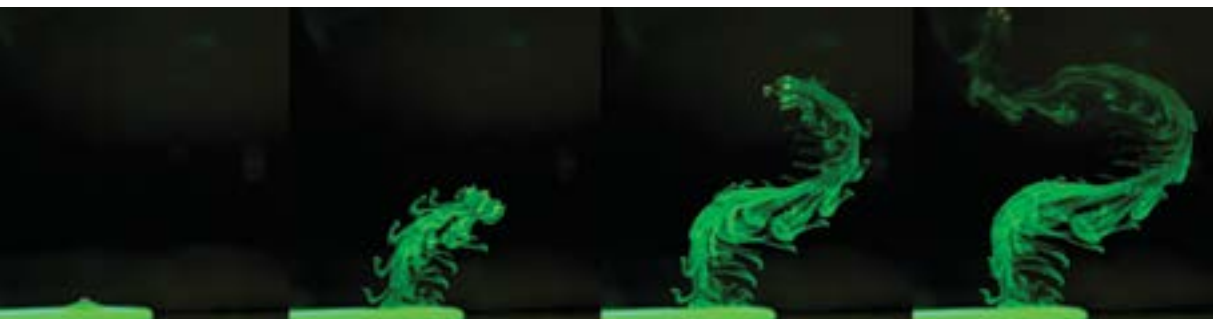
Dr. Metin Sitti

Die Forscher*innen der Abteilung „Physische Intelligenz“ nehmen sich die Natur als Vorbild, um kleine mobile Roboter aus intelligenten und weichen Materialien zu entwickeln. Verschiedene biologische Systeme dienen den Mikro- und Millimaschinen als Vorlage. Aufgrund der Größe beruht die Intelligenz der in der Abteilung entwickelten Roboter nicht auf einer eingebauten Rechenleistung, wie es bei größeren Robotern möglich ist, sondern hauptsächlich auf dem Design, dem verwendeten Material, der Anpassungsfähigkeit der Kleinstmaschinen sowie der Fähigkeit, sich selbst zu organisieren. Diese physische Intelligenz von Milli- und Mikrorobotern ist unentbehrlich, da aufgrund der Größe die Rechen-, Antriebs-, Leistungs-, Wahrnehmungs- und Steuerungsmöglichkeiten an Bord sehr eingeschränkt bis gar nicht vorhanden sind. Das Team konzentriert sich auf medizinische Anwendungen dieser neuartigen kleinen Robotersysteme, um künftig die Gesundheitstechnologien zu revolutionieren, indem es neue minimal-invasive medizinische Eingriffe im menschlichen Körper ermöglicht.

Zu den Forschungshighlights der Abteilung gehören:

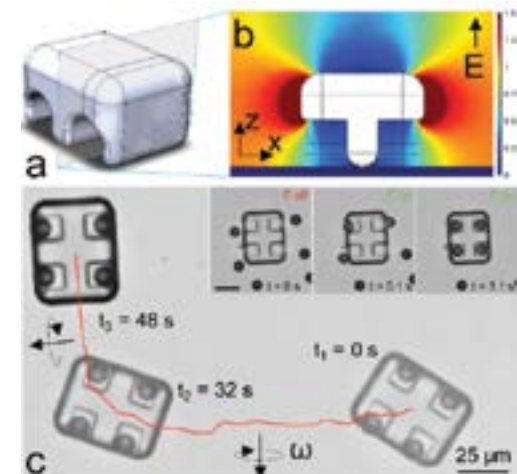
Ein Quallen inspirierter Roboter:

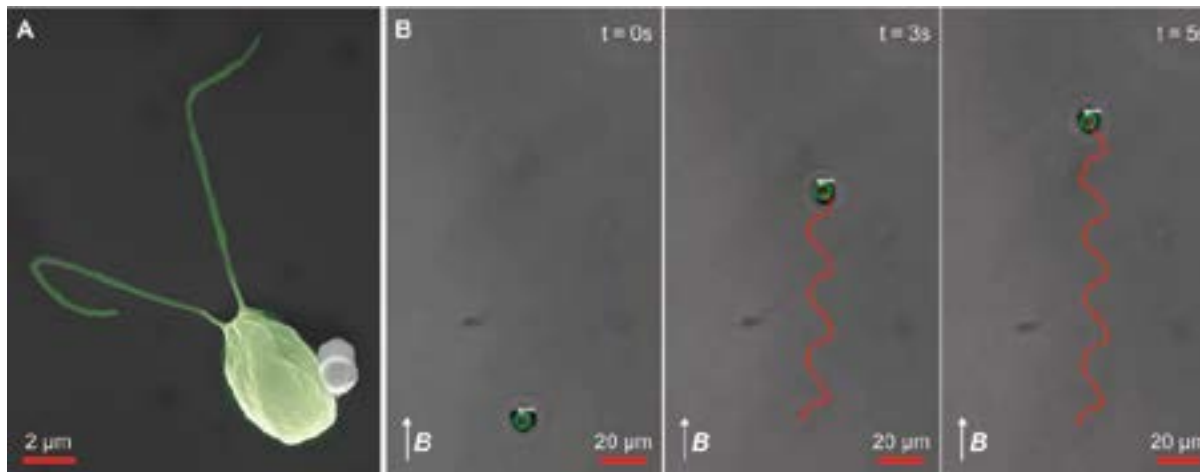
Quallen bestehen fast ausschließlich aus Wasser und haben einen eigentümlichen Körperbau. Die Nesseltiere spielen eine wichtige Rolle im Ökosystem des Ozeans, indem sie das Wasser aufwirbeln und Strömungen erzeugen. Wie sie das machen, fasziniert die Forscher*innen der Abteilung. Sie nahmen sich die Natur als Vorbild und bauten Jellyfishbot – einen Roboter, der einer natürlichen Babyqualle nachempfunden ist und sich auch so bewegt. Das winzige Konstrukt hat einen Durchmesser von fünf Millimetern und verfügt wie sein natürliches Vorbild über eine schirmförmige Glocke und Tintakel. In die mehrgliedrigen, weichen Lappen betteten die Forscher*innen Magnetpartikel ein. So kann der Kleinstroboter von außen über ein oszillierendes Magnetfeld gesteuert werden. Es gelang den Wissenschaftler*innen, den weichen Körper des Roboters in einer Flüssigkeit wie eine echte Babyqualle in einer schlangenartigen Bewegung nach oben schweben zu lassen. Die Wissenschaftler*innen sind davon überzeugt, dass ihre Forschung zu vielfachen Anwendungen führen könnte. So könnten diese kleinen Roboter eines Tages das Ökosystem der Meere erforschen.



Mikromaschinen, die sich selbst montieren:

Der Bau eines Roboters mit vielen verschiedenen Komponenten ist höchst komplex, vor allem dann, wenn er nur einige Mikrometer klein ist. Wissenschaftler*innen der Abteilung forschen deshalb an Mikromaschinen, die sich selbst montieren. Sie machen sich zum einen magnetische Partikel zunutze, die sich unter rotierenden Magnetfeldern selbst zusammensetzen; zum anderen nutzen sie Komponenten, die sich durch chemische Reaktionen miteinander verbinden. Das Forscherteam konnte so nicht nur eine, sondern viele unterschiedlich geformte und nur wenige Mikrometer große Maschinen konstruieren. Diese Forschungsleistung zeigt auf, dass eine programmierbare Selbstmontage von Mikromaschinen durch das Design und die Struktur der einzelnen Komponenten im Zusammenspiel mit sogenannten dielektrophoretische Kräften, die sich unter Einwirkung eines elektrischen Feldes um die einzelnen Teile herum bilden, möglich ist.





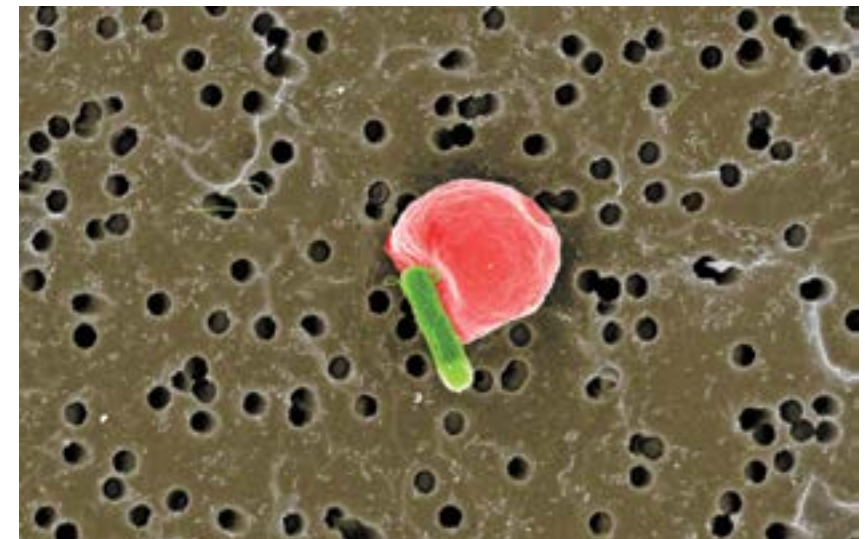
Mit Algen angetriebener Mikroschwimmer:

Eine weitere Untergruppe der Abteilung forscht an einem biohybriden Mikroschwimmer, der von einer Süßwassergrünalge angetrieben wird. Das Team erforscht, wie sich das Schwimmverhalten dieses kleinen Objektes in Gegenwart eines Magnetfeldes und unter verschiedenen Bedingungen verändert. Ein möglicher Einsatz von Mikroschwimmern als Transportmittel für Medikamente ist ein vielversprechender Ansatz, um Therapeutika minimal-invasiv an Orte im Körper zu transportieren, die sonst nur schwer zugänglich sind. Das könnte zukünftige Therapieansätze maßgeblich verändern.

Mit einem roten Blutkörperchen angetriebener Mikroschwimmer:

Die gleiche Idee steckt hinter einem frei beweglichen Mikroschwimmer, der in der Lage ist, Medikamente zu transportieren, die in einem roten Blutkörperchen eingekapselt sind. Ein angedocktes Bakterium – ein sehr effizienter in der Natur vorkommender Schwimmer – dient als Propeller, um den Mikroschwimmer vorwärts zu bewegen. Als Hauptkomponente wählten die Forscher*innen rote Blutkörperchen, da sie eine hohe Tragkraft aufweisen und sich leicht verformen können: Selbst durch schmale, halb so große Kapillaren quetschen sie sich mit Leichtigkeit.

In die roten Blutkörperchen verkapselten die Forscher*innen ein Krebsmedikament sowie Eisen-Nanopartikel, so dass der Mikroschwimmer von außen magnetisch gesteuert werden kann. Am Ziel angekommen, zum Beispiel an einer Krebszelle, greift das saure Milieu des Tumors die Membran der roten Blutkörperchen an, macht sie spröde und setzt das Krebsmedikament sozusagen vor der Haustür der Krebszelle ab. Sobald diese Aufgabe erfüllt ist, können die Forscher*innen den Mikroschwimmer zerstören, indem sie ihn mit Infrarotlicht erwärmen und er sich dann zersetzt.





Theorie inhomogener kondensierter Materie

Prof. Dr. Siegfried Dietrich

Wissenschaftliche Zielsetzung:

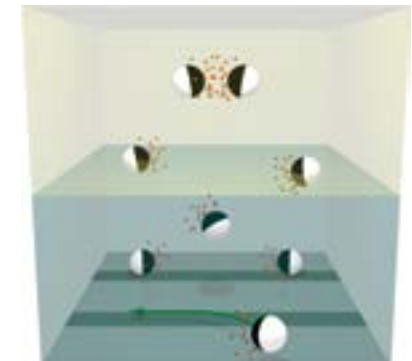
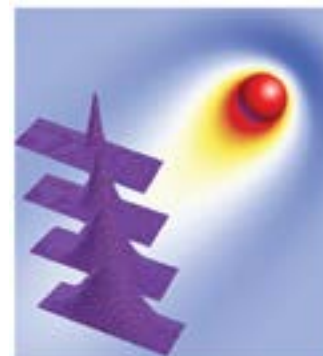
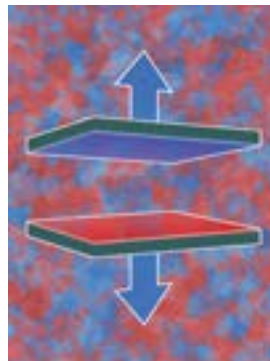
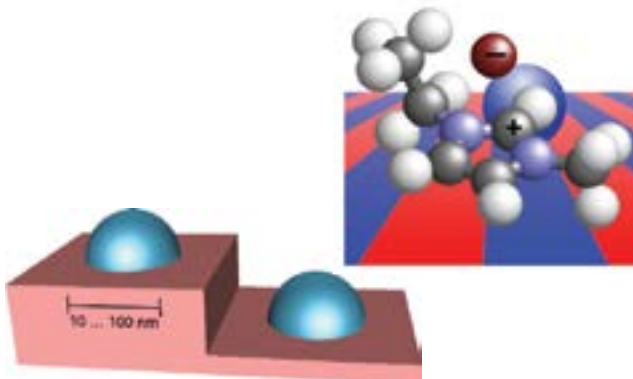
Das Forschungsziel der Abteilung „Theorie inhomogener kondensierter Materie“ ist darauf ausgerichtet, makroskopische Eigenschaften von Flüssigkeiten und Feststoffen durch die Analyse des kollektiven Verhaltens der mikroskopischen Bestandteile der Materie zu verstehen. Die Forschungsgruppe umfasst zudem in Personalunion einen Lehrstuhl für Theoretische Physik an der Universität Stuttgart.

Basierend auf Methoden der statistischen Physik konzentriert sich die Forschung in der Abteilung auf räumlich inhomogene Systeme wie z.B. an Grenzflächen zwischen unterschiedlicher Materie auf sogenannten „mesoskopischen“ Längenskalen zwischen einem Nanometer und einigen Mikrometern. Solche Systeme weisen eine Vielzahl von physikalischen Phänomenen auf, die nur an solchen Grenzflächen entstehen, und welche Perspektiven für eine Vielzahl von Anwendungen eröffnen.

Insbesondere werden in der Abteilung die folgenden Forschungsthemen untersucht:

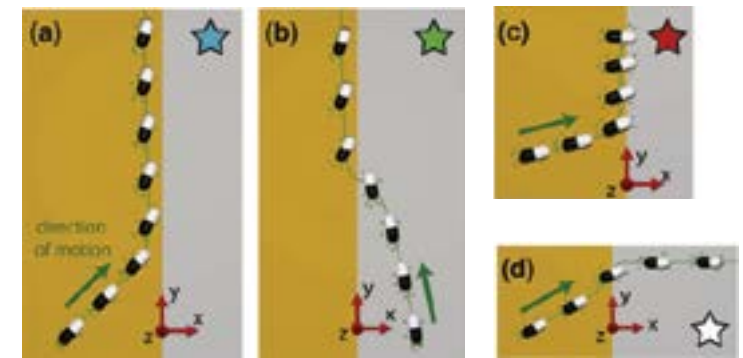
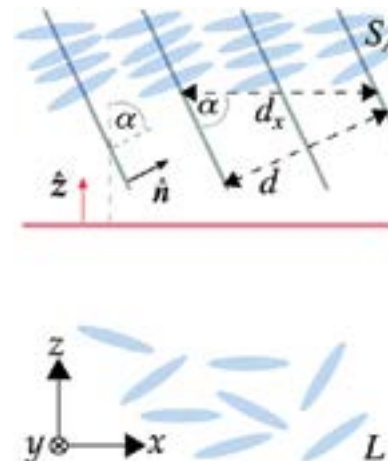
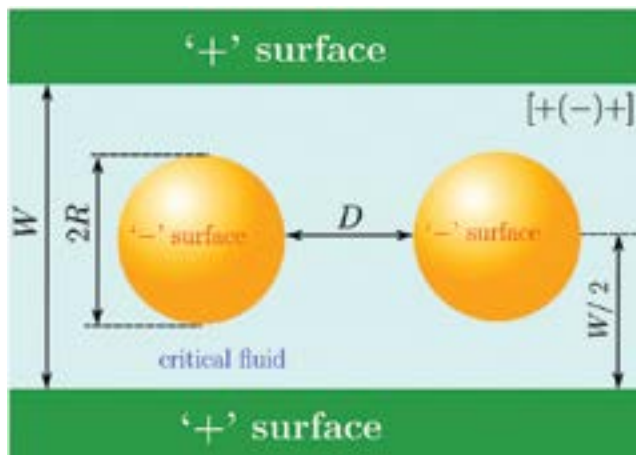
- Benetzung durch Flüssigkeiten; Kapillarkräfte,
- kritische Phänomene und kollektive Dynamik,
- aktive Materie,
- weiche Materie an Grenzflächen und komplexe Fluide.

Dieses breite Spektrum an Forschungsgebieten verbindet, dass in all diesen Bereichen Benetzungsphänomene und Phasenübergänge eine wichtige Rolle spielen.



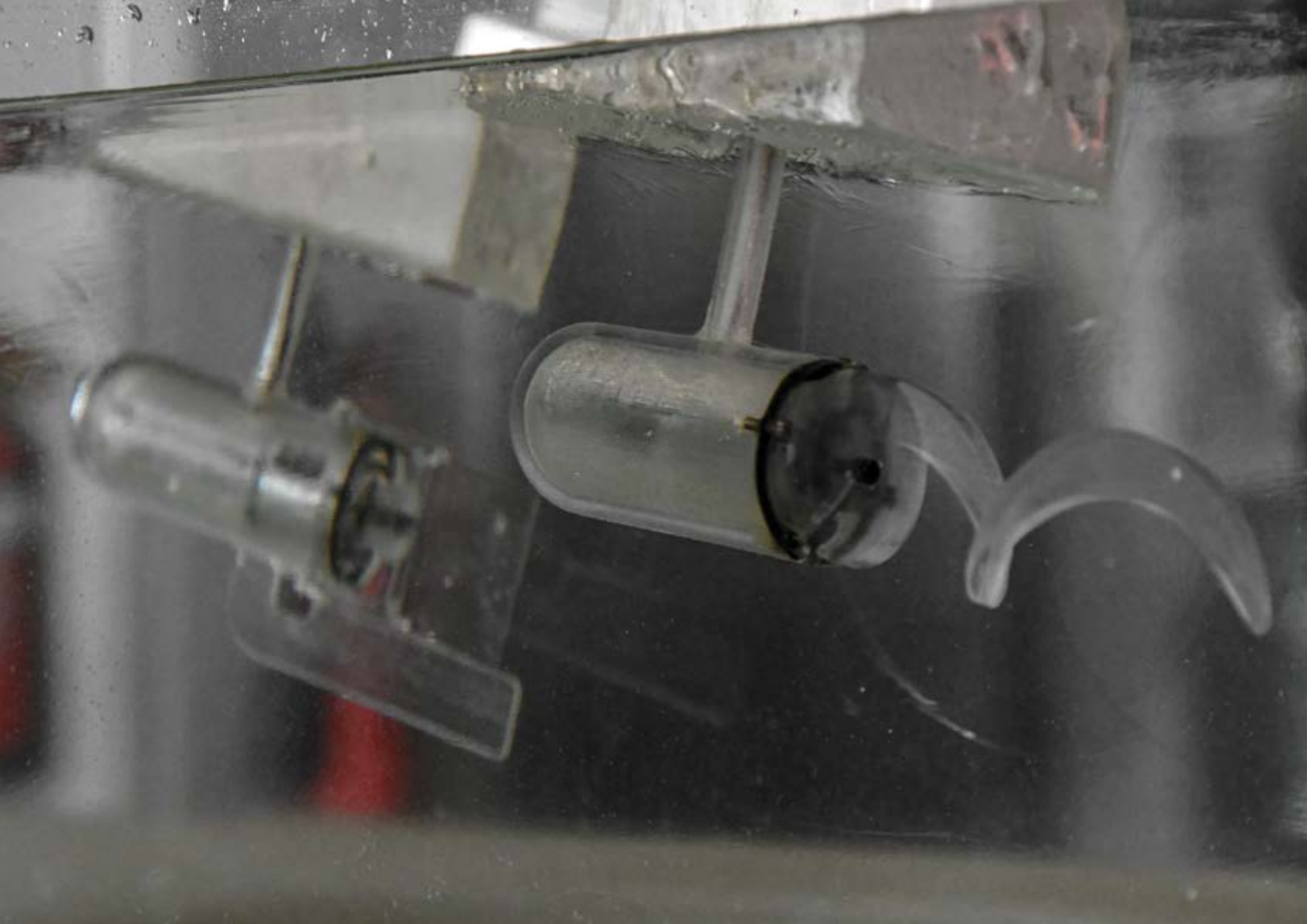
Zu den Forschungshighlights der Abteilung gehören:

- Forscher und Forscherinnen der Abteilung untersuchen das Zusammenspiel unterschiedlicher physikalischer Wechselwirkungen auf mesoskopischer Skala. Für Mikroteilchen, sog. Kolloide, die sich in einer Flüssigkeit zwischen zwei Grenzflächen befinden, kann durch die Wahl der Oberflächen und der Temperatur der Flüssigkeit das Zusammenspiel zwischen van der Waals-Kräften und kritischen Casimir-Kräften nahezu beliebig zwischen anziehend und abstoßend gesteuert werden. Dieses Phänomen eröffnet Perspektiven für eine Vielzahl von Anwendungen, denn es ermöglicht die Einwirkung auf eine große Zahl solcher Teilchen, die mit anderen Methoden nicht möglich ist. Dies kann, z.B., zur Verhinderung der Ausflockung in kolloidalen Suspensionen und zum Handhaben, Zuführen, Einfangen und Fixieren von Mikroteilchen in Lösung verwendet werden.
- Flüssigkristalle bestehen aus Molekülen deren Struktur zu richtungsabhängigen (anisotropen) physikalischen makroskopischen Eigenschaften des Flüssigkristalls führt, und kommen heute beispielsweise in allen gängigen Flachbildschirmen zur Anwendung. Forscher und Forscherinnen der Abteilung untersuchen sogenannte ionische Flüssigkristalle, deren Moleküle zusätzlich elektrische Ladungen tragen. Diese Kombination von richtungsabhängigen Wechselwirkungen, zwischen den Flüssigkristall-Molekülen auf der einen Seite und der Wechselwirkung zwischen den Ladungen, die sie tragen, auf der anderen Seite, führt zu komplexen physikalischen Eigenschaften der Substanz, die diejenigen von Flüssigkristallen und ionischen Flüssigkeiten kombinieren. Unter Verwendung von Methoden der statistischen Physik analysieren und charakterisieren Forscher und Forscherinnen der Abteilung die Grenzflächen solcher Flüssigkeiten, die sich zwischen verschiedenen Zuständen des Flüssigkristalls bilden.
- Kleine Mikroteilchen, deren Oberfläche so präpariert wird, dass sie unterschiedliche chemische Eigenschaften auf ihren beiden Hälften besitzt, werden als Janus-Teilchen nach dem doppelgesichtigen Gott der römischen Mythologie benannt. Taucht man entsprechend chemisch aktiv präparierte Janus-Teilchen in Lösung ein, kann die chemische Reaktion eine Eigenbewegung der Teilchen auslösen. In der Regel lagern sich solche Teilchen in der Nähe einer begrenzenden Wand an und bewegen sich an dieser entlang. In der Forschung der Abteilung konnte gezeigt werden, dass durch die Wahl geeigneter chemischer Musterungen der begrenzenden Wand die Bewegung von kugel- und stabförmigen Janus-Teilchen in eine definierte Richtung geleitet werden kann oder die Mikroteilchen sogar eingefangen werden können. Dies eröffnet neue räumliche Steuerungsmöglichkeiten für die Bewegung aktiver Materie.





Highlights der Forschungsgruppen



Forschungsgruppen

Zur Zeit zählt das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme 14 Forschungsgruppen mit einem breiten Spektrum an Forschungsaktivitäten. Damit gehört unser Institut innerhalb der Chemisch-Physikalisch-Technischen-Sektion der Max-Planck-Gesellschaft zu denjenigen mit der höchsten Anzahl an Forschungsgruppen. Die Gruppenleiter sind hervorragende junge Wissenschaftler*innen mit langjähriger Forschungserfahrung.

Die Gruppenleiter*innen erhalten für fünf Jahre Forschungsmittel, um Doktorand*innen, Postdocs und weitere Mitarbeiter*innen beschäftigen zu können. In dieser Zeit treiben sie in Zusammenarbeit mit den Gruppenleiter*innen das eigene Forschungsthema voran und machen sich einen Namen in der Forschungsgemeinschaft. Die Position als Gruppenleitung ist oftmals das Sprungbrett für eine Professorenstelle.

Einige unserer Gruppenleiter*innen haben gleichzeitig einen Lehrstuhl inne. So fördert das Max-Planck-Fellowprogramm die Zusammenarbeit zwischen herausragenden Universitätsprofessoren*innen und Forschern*innen der Max-Planck-Gesellschaft. Die Ernennung zum Max-Planck-Fellow ist auf fünf Jahre befristet und beinhaltet die Betreuung einer kleinen Arbeitsgruppe an einem Max-Planck-Institut.

Andere von Professor*innen geführte Arbeitsgruppen werden überwiegend von der Europäischen Union finanziert, zum Beispiel durch ERC Starting Grants. Weitere Finanzierungsquellen sind das Institutsbudget, die Max-Planck-Gesellschaft und das Cyber Valley.



Autonomes Lernen

Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Georg Martius



Autonomes Maschinelles Sehen

Max-Planck-Forschungsgruppe - Prof. Dr. Andreas Geiger



Dynamische Lokomotion

Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Alexander Badri-Spröwitz



Embodied Vision

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Jörg Stückler



Intelligente Regelungssysteme

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Sebastian Trimpe



Locomotion in Biorobotic and Somatic Systems

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Ardian Jusufi



Mikro, Nano, und Molekulare Systeme

Max-Planck-Forschungsgruppe - Prof. Dr. Peer Fischer



Bewegungsgenerierung und -steuerung

ERC-Forschungsgruppe - Dr. Ludovic Righetti



Physical Reasoning and Manipulation

Max Planck Fellow-Gruppe - Prof. Dr. Marc Toussaint



Physik für Inferenz und Optimierung

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Caterina De Bacco



Probabilistisches Lernen

Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Isabel Valera



Rationality Enhancement

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Falk Lieder



Intelligente Nanoplasmonik

ERC-Forschungsgruppe - Prof. Dr. Laura Na Liu



Statistische Lerntheorie

Max Planck Fellow-Gruppe - Prof. Dr. Ulrike von Luxburg



Der Max-Planck-Campus Stuttgart.



Der Tübinger Neubau des MPI für Intelligente Systeme.



Autonomes Lernen

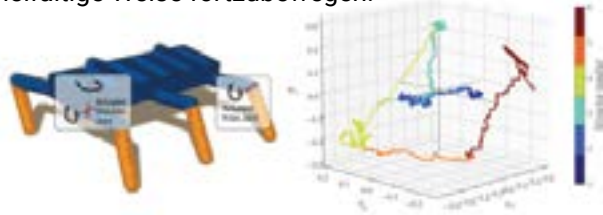
Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Georg Martius

Das Ziel der Forscher*innen um Georg Martius ist, Roboter zu erforschen, die ihre Bewegungsmöglichkeiten und ihre Umwelt auf ähnliche Art und Weise wie ein Mensch während seiner frühkindlichen Entwicklung erkunden und lernen, mit ihrer Umgebung zu interagieren. Diese Fähigkeit wird es Robotern ermöglichen, erfolgreich in einer komplexen und sich ständig verändernden Umgebung zu agieren.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

Selbstbestimmtes Lernen von Verhaltensweisen:

Die Forscher*innen untersuchen am Beispiel eines Hexapod-Roboters, wie dieser ohne programmierte Vorkenntnisse über seinen Körper und seine Umwelt eine sensor-motorische Koordination aus einfachen Mechanismen heraus selbst entwickeln kann. Sie haben eine grundlegende Methode entwickelt, wie eine selbstorganisierte Suche nach potenziell nützlichen Verhaltensweisen funktioniert. Das Team um Martius hat dafür eine grundlegende Methode entwickelt, die das systematische Erkunden aller Bewegungsmuster, die zur Kopplung von Gehirn, Körper und Umwelt passen, durchführt. Auf diese Weise kann der Roboter vergleichsweise schnell – innerhalb einer halben Stunde Interaktionszeit – lernen, sich auf vielfältige Weise fortzubewegen.



Der Hexapod-Roboter (links) lernt sich fortzubewegen. Nach 30 Minuten kann er sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und in verschiedene Richtungen bewegen und zwischen den Verhaltensweisen wechseln (rechts).



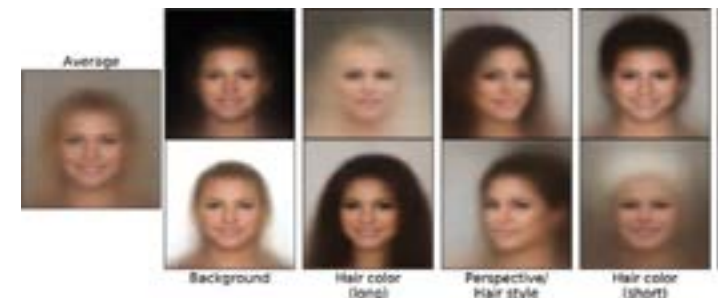
Das neue Gliedmaß (links) des Poppy Roboters (Mitte) ist mit wenigen Verformungssensoren ausgestattet. Maschinelles Lernen ermöglicht die Stärke der Kraft und deren Position präzise zu erkennen.

Repräsentationslernen:

Für autonom lernende Roboter ist es wichtig, aus einzelnen Beobachtungen auf fundamentale Zusammenhänge schließen zu können. Die Wissenschaftler*innen der Forschungsgruppe untersuchen dies am Beispiel von Gesichtern. Durch die Faktoren Geschlecht und Haarfarbe können bereits viele Unterschiede in Bildern von Gesichtern erklärt werden. Sogenannte Autoencoder, eine Methode des Maschinellen Lernens, meistern dies bereits erstaunlich gut – warum sie so gut darin sind, ist bisher jedoch unklar. Die Forschungsgruppe um Martius konnte kürzlich eine mathematische Erklärung dafür finden und Parallelen zu anderen Methoden des Maschinellen Lernens ziehen. Die Gruppe hofft, diese Erkenntnisse auch für weitere Fortschritte in der allgemeinen Datenanalyse nutzen zu können.

Effizienter Tastsinn:

Bisher haben Roboter, wenn überhaupt, nur einen sehr begrenzten Tastsinn. Zudem sind die meisten gängigen Sensoren, die es Robotern erlauben, Berührungen zu erkennen, sperrig, teuer und fragil. Das Team hat ein effizientes Verfahren entwickelt, um haptische Kräfte auf der Oberfläche von Robotergliedmaßen robust und hinreichend präzise zu messen. Der Trick besteht darin, einige wenige Sensoren im Inneren der Gliedmaßen anzubringen, die dort Verformungen messen und damit externen Kräften an mehreren Berührungspunkten des Körpers rekonstruieren können. Dies ist möglich durch die Verwendung fortschrittlicher maschineller Lernmethoden, mit denen sich Sensormuster externen Stimulation zuordnen lassen. Dadurch werden deutlich weniger Sensoren benötigt, um Robotern einen Tastsinn zu verleihen, als durch bisherige Methoden.



Das durchschnittliche Gesicht (links) zusammen mit Bildpaaren, bei denen jeweils einer der gelernten maßgeblichen Faktoren variiert wurde.



Autonomes Maschinelles Sehen

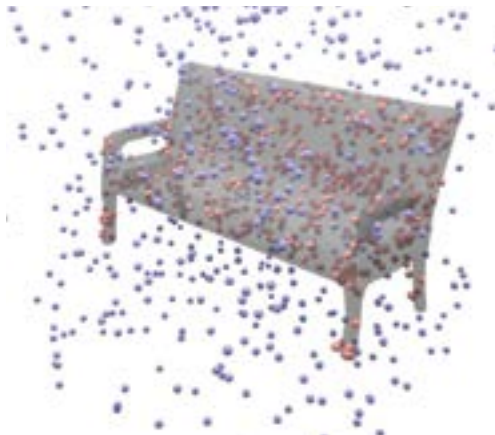
Max-Planck-Forschungsgruppe - Prof. Dr. Andreas Geiger

Die Forschungsgruppe „Autonomes Maschinelles Sehen“ am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme und der Universität Tübingen bearbeitet Fragestellungen der Robustheit und Methoden, die es ermöglichen, leistungsfähige maschinelle Lernmodelle wie tiefe neuronale Netzwerke mit nur wenigen Daten zu trainieren. Die Gruppe konzentriert sich insbesondere darauf, wie autonome Agenten, v.a. autonome Fahrzeuge, ihre Umgebung möglichst fehlerfrei (d.h. robust) wahrnehmen können. Die Forschungsaktivitäten der Gruppe reichen von sensorbasierter Wahrnehmung (3D-Rekonstruktion, Bewegungsschätzung, Objekterkennung) über ganzheitliche Szeneninterpretation (3D-Fahrbahn- und Kreuzungsschätzung) bis hin zu Ansätzen, die Sensorwahrnehmung und Motorsteuerung integrieren.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

Erlernen der 3D-Rekonstruktion:

Bestehende maschinelle Lernansätze zur Rekonstruktion von 3D-Formen aus 2D-Bildern beschränken sich auf grobe 3D-Geometrie oder spezifische Domänen, da ihnen eine kompakte, speichereffiziente 3D-Darstellung fehlt. Die Forscher*innen um Geiger entwickeln neuartige mathematische Darstellungen, die dieses Lernproblem im 3D-Raum erleichtern. Die von der Forschungsgruppe entwickelten Modelle ermöglichen den Rückschluss auf hochaufgelöste dreidimensionale Formen auf Basis von zweidimensionalen Bildern oder spärlichen 3D-Punktwolken.



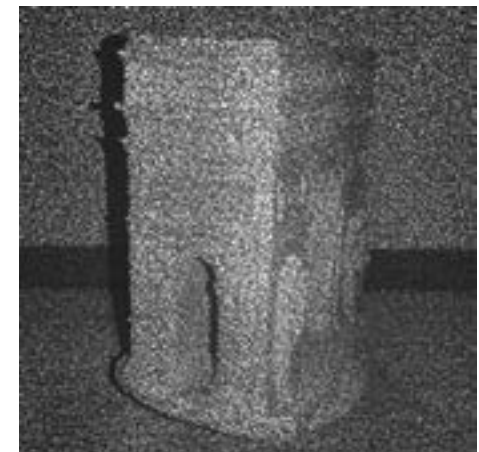
Abstraktion von 3D-Formen:

Die Abstraktion komplexer 3D-Formen, d.h. deren Beschreibung mit nur wenigen Parametern, ist seit Langem ein Ziel des maschinellen Sehens. Die Forscher*innen der Gruppe suchen Lösungen dieses Problems mittels maschinellern Lernen. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass Darstellungen, die auf sogenannten „superquadratischen“ Formen basieren, 3D-Szenen aussagekräftig und kompakt beschreiben können. Diese neuen Modelle können auf eine breite Palette von Objektkategorien, u.a. auch Menschen, angewendet werden und separieren die Bestandteile komplexer Formen.



Unüberwachte aktive Tiefenschätzung:

Die Forscher*innen untersuchen Techniken zur Tiefenschätzung mit monokularen Strukturlichtkameras, die aus einer Videokamera und einem Laserprojektor bestehen. Das Ziel ist, Geometrie und Materialien mit sehr feinen Details zu erfassen. Solche detaillierten Informationen über Entfernung und Form der umliegenden Objekte sind für autonome Agenten, wie beispielsweise Autos, unerlässlich, um in ihrer Umgebung erfolgreich agieren zu können.





Dynamische Lokomotion

Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Alexander Badri-Spröwitz

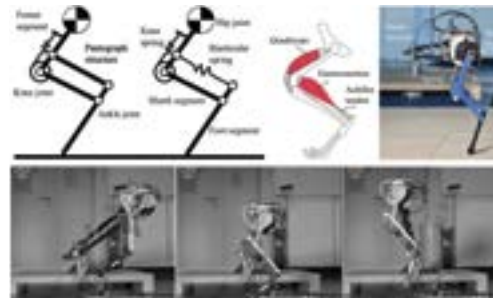
Tiere laufen nicht nur dynamisch, effizient und elegant, sondern passen sich dabei auch dem jeweiligen Terrain, in dem sie sich fortbewegen, an. Ihre Fortbewegung ist ein sorgfältig orchestriertes Zusammenspiel der Muskeln und Sehnen, das im Laufe der Evolution immer weiter optimiert wurde. Alexander Badri-Spröwitz und sein Team nutzen Roboter und Simulationen, um die Fortbewegung von Tieren und deren Bewegungsabläufe zu verstehen. Sie untersuchen, warum ein Tier einen Muskel aktiviert, welche Kräfte dafür sorgen, dass sich das Tier fortbewegen kann oder warum nicht alle Muskeln und Sehnen gleich sind. Diese im Laufe der Evolution angepassten Bauteile dienen den Forscher*innen als Vorlage für Roboter-Modelle, die den Vorteil haben, dass die Funktion der einzelnen Teile individuell getestet werden kann. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen helfen, die Entwicklung von Laufrobotern, Prothesen oder von Exoskelett-Technologien – äußere Stützstrukturen für den Körper – zu verbessern.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

Ein dreisegmentiges Roboterbein, inspiriert von der Natur:

Die Anatomie der Beine verschiedener vierbeiniger Säugetiere ist überraschend ähnlich: Die Hinterbeine weisen drei Beinsegmente und mehrere Gelenke im Fuß auf. Die Segmente sind durch Muskeln und Sehnen verbunden, die wie Federn und Seilzüge agieren. Es gibt monoartikuläre und biartikuläre Muskeln. Von monoartikulär spricht man, wenn sich der Muskel über ein, von biartikulär, wenn er sich über zwei Gelenke erstreckt. Was in der Wissenschaft bisher kaum untersucht wird, ist die Funktion und der Nutzen von Muskeln, die sich über zwei Gelenke erstrecken. Um ihre Funktion beim Laufen oder Gehen zu verstehen, haben die Forscher*innen ein dreigliedriges von der Natur inspiriertes Roboterbein entworfen.

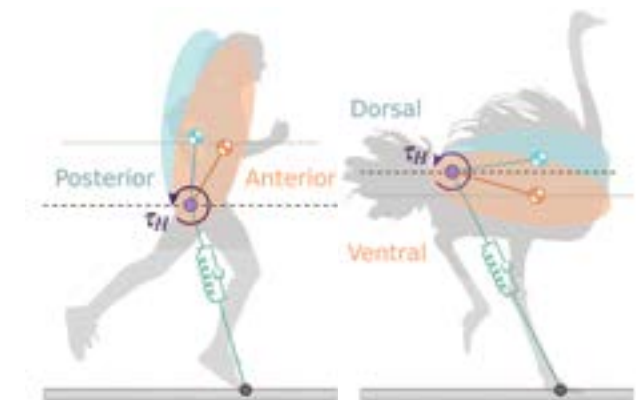
Mit Hilfe des Roboterbeins können die Wissenschaftler*innen sowohl mono- als auch biartikuläre Muskeln und Sehnen testen. Ihre Ergebnisse zeigen, wie insbesondere die biartikulären Muskeln und Sehnen dazu beitragen, dass das Bein beim Laufen besser vorwärtskommt und sich effektiver nach hinten abdrückt. Würde das Bein lediglich hüpfen, wären monoartikuläre Muskeln ausreichend. Ein Bein, das zusätzlich mit biartikulären Muskeln ausgestattet ist, speichert Energie in der Anfangsphase des Standes besser und gibt die Energie als Geschwindigkeit und Kraft in der Endphase des Standes ab. Ein überraschendes Ergebnis der Forschung ist die Erkenntnis, dass ein heutiger Laufroboter mit diesen biartikulären Muskeln und Sehnen eine höhere Energieeffizienz aufweisen kann als sein natürliches Vorbild. Zudem zeigt die Forschung, wie das Roboterbein laufen kann, ohne dass ein Sensor nötig ist, der den Zustand des Beines und der Umgebung misst.



Die Gestalt von Tierbeinen kann an biologisch inspirierten Roboterbeinen getestet werden. Die Forscher*innen zeigen die vorteilhaften Eigenschaften von Muskeln und Sehnen, die mehrere Gelenke überspannen, für die Fortbewegung und Steuerung.

Positionierung des virtuellen Zielpunktes:

Um die Gangart von Zweibeinern unter Ausnutzung der natürlichen Dynamik des Rumpfes zu untersuchen, legt das Forscherteam besonderes Augenmerk auf die Hüftmuskulatur. Diese bewegt das Bein und stabilisiert gleichzeitig den Oberkörper, damit der Rumpf nicht wegkippt. Diesen Bewegungsablauf simulieren die Forscher*innen in einem Rumpf-Modell bestehend aus einem Oberkörper und einem gefederten Teleskopbein. Die Bodenreaktionskräfte, die entstehen, wenn der Rumpf in Schwingung kommt, bündeln sich sowohl bei menschen- als auch bei vogelartigen Rumpf-Morphologien im sogenannten „virtuellen Zielpunkt“. So konnten die Wissenschaftler*innen zum Beispiel zeigen, dass die Positionierung des virtuellen Zielpunktes unter oder über dem Masseschwerpunkt zur besseren Ausnutzung der vorhandenen Kraft- oder Energiereserven führt.



Menschen und Vögel sind ausgezeichnete zweibeinige Läufer. Eine unterschiedliche Positionierung des virtuellen Zielpunktes verschiebt die Ausnutzung der Hüftdrehmomente und Hüftmuskelleistung, die zur zweibeinigen Fortbewegung nötig sind.



Embodied Vision

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Jörg Stückler

CyberValley



Intelligente Systeme wie beispielsweise Roboter müssen in der Lage sein, in ihrer Umgebung zu lernen und sich anzupassen. Die Forschungsgruppe „Embodied Vision“ erforscht neuartige Methoden, durch die dynamische 3D-Szenen verstanden werden können. Dieses Wissen ist notwendig dafür, dass künstliche intelligente Systeme komplexe Aufgaben wie autonome Navigation oder die Manipulation von Objekten meistern können.

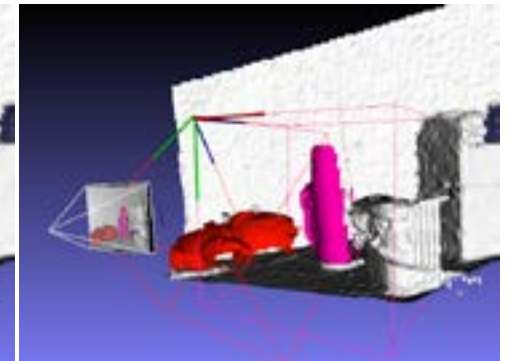
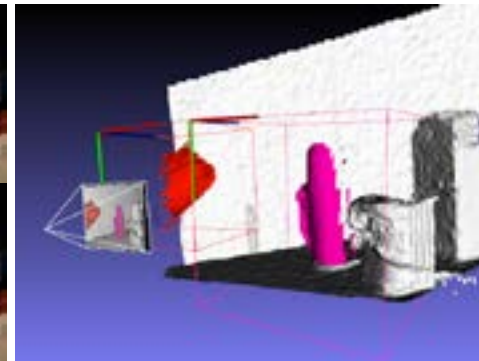
Die meisten bisher verbreiteten Ansätze, um Roboter bestimmte Aufgaben bewältigen zu lassen, basieren auf separaten Komponenten für Wahrnehmung und Steuerung, die spezifisch für einzelne Szenarien angepasst werden. Das Forscherteam um Stückler entwickelt hingegen ganzheitliche Methoden, die Roboter lernen lassen, wie sie mit der Umgebung interagieren und Aufgaben ausführen können. Dafür sollen die Roboter lernen aus Sensordaten von Kameras und Berührungssensoren ein Modell ihrer Umgebung zu entwickeln, das einen Bezug zu ihrer Aufgabe hat. Zudem sollen die Roboter lernen, vorherzusagen, welche unmittelbaren Effekte ihre Handlungen haben werden. So kann das gelernte Modellwissen wiederum in der Robotersteuerung verwendet werden.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

Dynamische Szenenrekonstruktion:

Verfahren, die mit Hilfe von Kameras mehrere sich bewegende Objekte gleichzeitig orten, dreidimensional rekonstruieren und verfolgen, haben ein großes Potenzial für Anwendungen in der Robotik und der Augmented Reality. Die meisten bisherigen Verfahren zur Szenenrekonstruktion bilden allerdings nur den statischen Teil der Umgebung ab und bestimmen den Standpunkt der Kamera innerhalb der Szene. Andere Verfahren filtern dynamische Objekte als Ausreißer aus den Messungen heraus. Dabei können gerade diese Objekte in einer Szene interessant sein; man kann mit ihnen interagieren und muss dazu ihre Form und Bewegung einschätzen können.

Die Gruppe hat eine neuartige Methode entwickelt, die Objekte in der abgebildeten Szene erkennt und gleichzeitig deren Bewegung und Form im dreidimensionalen Raum schätzt. Im Beispiel stehen ein Plastikeimer und eine Thermoskanne nebeneinander auf einem Tisch. Ein Teddybär wird von links dazu gelegt. Der Algorithmus muss dabei aus fehlerbehafteten Tiefenmessungen bestimmen, welche Pixel im Bild zu den verschiedenen Objekten in der Szene gehören. Er erstellt aus den Messungen dreidimensionale Karten der Objekte und schätzt ihre Bewegungen. Eine wesentliche Neuerung des Verfahrens ist eine zuverlässigere Zuordnung von Pixeln zu Objekten, die auch Verdeckungen berücksichtigt. Dadurch erzielt der Algorithmus genauere und robustere Szenenrekonstruktionen als bisherige Verfahren.



Das neue Verfahren erkennt Objekte und schätzt deren Bewegung und Form im dreidimensionalen Raum aus Bildern einer Tiefenkamera.



Intelligente Regelungssysteme

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Sebastian Trimpe

Die Forschung der Gruppe „Intelligente Regelungssysteme“ konzentriert sich auf grundlegende Fragen zukünftiger intelligenter Systeme, die in der Lage sind, selbstständig mit ihrer Umgebung zu interagieren. Dazu müssen sie die Welt wahrnehmen, einer Zielvorgabe entsprechend handeln und aus Erfahrungen lernen können. Trimpe und sein Team untersuchen zum Beispiel, wie eine Maschine aus Daten lernen und dabei zuverlässig (robust), sicher und effizient sein kann. Die Gruppe untersucht auch, wie Kollektive von intelligenten Systemen eine Aufgabe gemeinsam ausführen können - zum Beispiel mehrere Roboter, die zusammen eine Kiste tragen oder autonom fahrende Autos, die in einer Kolonne unterwegs sind. Hierzu ist ein hochkomplexer Entscheidungsalgorithmus notwendig.

Die Forschung des Teams basiert auf grundlegenden mathematischen Problembeschreibungen und deren Lösungen, deren Ergebnisse in vielen verschiedenen Systemen eingesetzt werden können. Das Forscherteam validiert seine Forschung in Laborexperimenten, zum Beispiel mit einem humanoiden Roboter, der lernt, einen Stab zu balancieren. Die dabei entwickelten Algorithmen kommen auch in Forschungsprojekten mit Cyber Valley Industriepartnern zum Einsatz.

Die Forschung der Gruppe ist interdisziplinär und umfasst Ingenieurwissenschaften, Informatik, Mathematik und Maschinelles Lernen. Die Forschungsschwerpunkte liegen derzeit in den Bereichen lernbasierte Regelung, verteilte und vernetzte Systeme sowie ressourceneffiziente Algorithmen.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

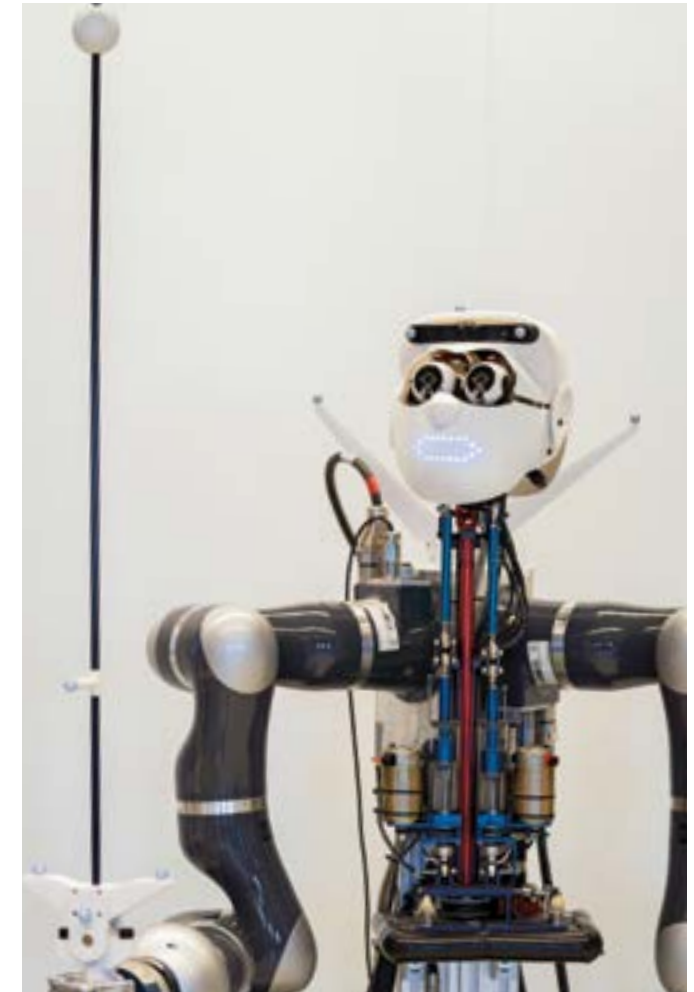
Drahtlose Regelung vieler Systeme:

Den Forscher*innen ist es gelungen, neue Ansätze für die Regelung mehrerer, miteinander vernetzter intelligenter Systeme zu entwickeln. Solche Systeme tauschen Informationen über drahtlose Netzwerke miteinander aus, wobei jeder Agent bei seinen Entscheidungen auf die Informationen der anderen angewiesen ist. Ein Beispiel dafür ist ein intelligenter Produktionsprozess mit vielen mobilen Robotern. Die Publikation „Feedback Control goes Wireless“ ist ein gemeinsames Forschungsprojekt mit der TU Dresden und der ETH Zürich.

Leistung, Einfachheit, Praktikabilität – vor allem aber Sicherheit:

Gemeinsam mit dem Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik der Universität Stuttgart entwickelt das Team um Trimpe neuartige Ansätze zur Regelung komplexer Systeme, wie humanoider Roboter. In ihrer Forschung kombinieren die Wissenschaftler*innen neue Methoden optimierungsbasierter Regelung mit Deep Learning, einer Methode des Maschinellen Lernens. Im Mittelpunkt stehen dabei Leistung, Einfachheit und Praktikabilität – vor allem aber Sicherheit, die auch dann gewährleistet sein muss, wenn eine Störung auftritt oder wenn Daten ungenau sind. Diese „Robustheit“ ist unerlässlich für die künftige Entwicklung intelligenter Systeme.

CyberValley





Locomotion in Biorobotic and Somatic Systems

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Ardian Jusufi

CyberValley

Die Wissenschaftler*innen der „Locomotion Biorobotic and Somatic Systems“ erforschen die Bewegungsabläufe sowie die von der Natur perfektionierte physische Struktur von Tieren. Ihre Erkenntnisse wenden sie beim Bau bewegungsnatürlicher Roboter an. Die Forschung der Gruppe bewegt sich an der Schnittstelle zwischen Ingenieurwissenschaften und Biologie – ein relativ neues, vielversprechendes Forschungsgebiet.

Ein Forschungsschwerpunkt der Gruppe ist die Soft Robotik. Die meisten Roboter bestehen heutzutage immer noch aus festen Komponenten. Die Soft Robotik hat das Ziel weiche Roboter zu entwickeln und nutzt dazu sowohl die in die Körperstruktur eingebaute sogenannte morphologische Intelligenz als auch die daraus resultierende effiziente Fortbewegung von lebenden Organismen. Ziel ist, dass weiche Roboter wie ihr natürliches Vorbild laufen oder schwimmen können. Die Wissenschaftler*innen studieren dafür die natürlichen Konstruktionsprinzipien und wenden dieses Wissen auf Roboter an. Wichtig sind dabei die Charakteristika und das Zusammenspiel von festen, steifen, weichen oder biegbaren Geweben. Jusufi und sein Team sind sich sicher, dass Roboter besser mit ihrer Umgebung zurechtkommen und Hindernisse leichter bewältigen, wenn man ihnen eine morphologische Intelligenz einbaut.

Durch den Bau solcher Roboter gewinnen die Forscher*innen darüber hinaus auch Erkenntnisse über das Tier und seine dem jeweiligen Terrain angepasste Fortbewegung. Sie können die Frage beantworten, warum die Evolution einen bestimmten Aufbau hervorgebracht hat. Im Ergebnis erlangen die Wissenschaftler*innen ein tieferes Verständnis für Tier und Maschine.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

Geckos, die über Wasser rennen:

In mehreren Experimenten haben Jusufi und sein Kollegen gezeigt, wie Geckos vierfüßig über Wasser rennen, ohne im Vergleich zum Rennen an Land wesentlich an Geschwindigkeit einzubüßen. In einem Experiment ließen sie einen Gecko in einem Wassertank von einer Seite zur anderen rennen. Mit Hilfe von Hochgeschwindigkeitskameras konnten sie genau beobachten, welche Technik ein Gecko dabei anwendet und die angewandten Kräfte abschätzen. Die Forscher*innen entdeckten, dass die Oberflächenspannung unerlässlich ist. Aber auch ohne Oberflächenspannung können sich Geckos durch Schlägen der Wasseroberfläche mit den Füßen – eine Art Paddelbewegung der Beine – über Wasser halten. Die Beinschläge erzeugen Luftkissen unter den Füßen, die dazu beitragen, dass ihre Körper nicht untertauchen. Zudem nutzen die Reptilien ihre glatte, wasserabweisende (superhydrophobische) Haut, um über die Oberfläche zu gleiten. Sie benutzen darüber hinaus auch ihren Schwanz, um das Wasser wie ein Alligator schwunghaft nach hinten wegzudrücken. Das erzeugt einen Schub nach vorne, schafft Auftrieb und stabilisiert das Tier. Wenden Geckos all diese Mechanismen gleichzeitig an, können sie sich mit erstaunlicher Geschwindigkeit auf einer Wasseroberfläche fortbewegen.

Weiche Sensoren in einem Roboterfisch:

Aufbauend auf den Erkenntnissen in Bezug auf die Fortbewegung von Geckos über Wasser haben die Forscher*innen einen aus Silikon gefertigten Softroboter entwickelt, der einem Fisch nachempfunden ist. Wie sein natürliches Vorbild bewegt er sich in einem Wassertank schlängelnd vorwärts. Wichtig bei der Konstruktion eines solchen Roboters ist das Material, denn es muss leicht biegsam sein und sich stark krümmen können.

Die Wissenschaftler*innen verwendeten mit Druckluft betätigte Silikonstrukturen. Diese Stellglieder wurden auf jeder Seite einer flexiblen Platte angebracht. Die Steifheit aller Komponenten ist mit der eines Fischkörpers vergleichbar. Hyper-elastische, mit flüssigem Metall versehene Soft-Sensoren, die die Krümmung messen können, wurden an zwei Stellen des Roboter-Fischkörpers angebracht. Die elektrische Leitfähigkeit des flüssigen Metalls nimmt proportional zur Krümmung ab. Messen zu können, wann ein Fisch seine Schwanzflosse beim Schwimmen wie krümmt, hilft den Forschern dabei, noch detailliertere Schwimmroboter bauen zu können.



Mikro, Nano und Molekulare Systeme

Max-Planck-Forschungsgruppe - Prof. Dr. Peer Fischer

Die „Mikro, Nano und Molekulare Systeme“ unter der Leitung von Peer Fischer erforscht die physikalischen und chemischen Eigenschaften aktiver Materie, entwickelt einzigartige Nanofabrikationsmethoden, und baut nanorobotische Systeme, die kleiner sind als die menschliche Zelle. Die Gruppe arbeitet beispielsweise an Mikroschwimmern, an durch chemische Reaktionen angetriebenen Nanomotoren sowie an Nanopropellern, die sich durch biologisches Gewebe bewegen können. Solche „Nanobots“ bergen großes Anwendungspotential für die minimal-invasive Medizintechnik der Zukunft. Eine Erfindung der Forschungsgruppe ist auch das akustische Hologramm, mit dem sich Ultraschallwellen dreidimensional formen, und die bislang genauesten Ultraschallfelder generieren lassen.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

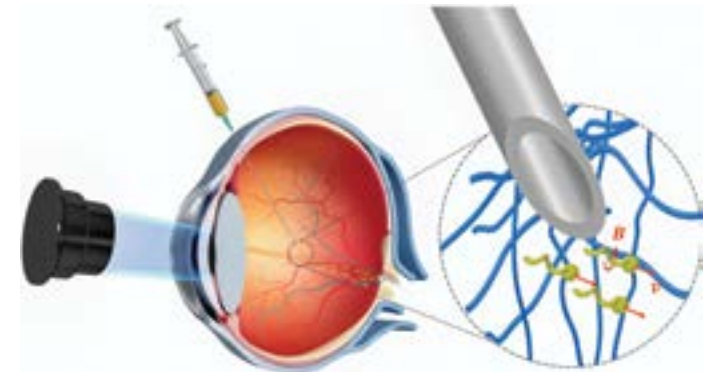
Biomedizinische Anwendung von Nanopropellern:

Die Forschungsgruppe entwickelt propellerförmige Nanoroboter, die als weltweit erste solche Systeme in der Lage sind, dichtes Gewebe, wie es im Inneren des Augapfels vorkommt, zu durchdringen. Die Forscher*innen trugen dafür eine Antihafbeschichtung auf die kleinen Propeller auf, die nur 500 Nanometer breit und damit etwa 40 mal kleiner als eine menschliche Zelle sind; so klein, dass sie durch die enge molekulare

Matrix der gelartigen Substanz im Glaskörper des Auges passen. Die Beschichtung ist der der fleischfressenden Kannenpflanze (Nepenthes) nachempfunden. Die Kombination aus schraubenförmiger Struktur, Größe und gleitfähiger Beschichtung ermöglicht es den Nanopropellern, sich relativ ungehindert durch ein Auge bewegen zu können. Die Forscher sind damit dem Ziel einige Schritte nähergekommen, Nanopropeller eines Tages als Transportmittel für Therapeutika nutzen zu können – nicht nur im Auge wäre das ein Quantensprung.

Akustische Hologramme:

Die Erfindung von akustischen Hologrammen, durch die Schallwellen dreidimensional modelliert werden können, ist ein weiteres Highlight der Forschungsgruppe. Die Wissenschaftler*innen konnten Schallbilder entstehen lassen, die um Größenordnungen detaillierter waren als es bislang möglich war. Kleine Partikel lassen sich mit dem Ultraschall bewegen und anordnen, so dass sich mit ihnen ein Objekt formen lässt. Die Forscher*innen zeigten zudem, dass sich mit ihren Ultraschallfeldern auch ganze Objekte mit nur einer Aufnahme herstellen lassen. Die Erkenntnisse sind für die medizinische Ultraschall-Diagnostik von großer Relevanz. So ist es mit dem akustischen Hologramm zum Beispiel möglich, Ultraschallwellen effizienter durch die Schädelwand zu transportieren und präziser im Gehirn auszurichten.



Nanopropeller werden magnetisch durch ein Auge gesteuert.



Mit Hilfe des akustischen Hologramms wurde das Profil des Ultraschalldrucks so geformt, dass sich Partikel als Picassos Friedenstaube anordnen.



Bewegungsgenerierung und -steuerung

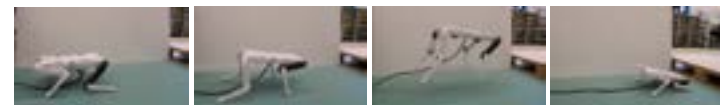
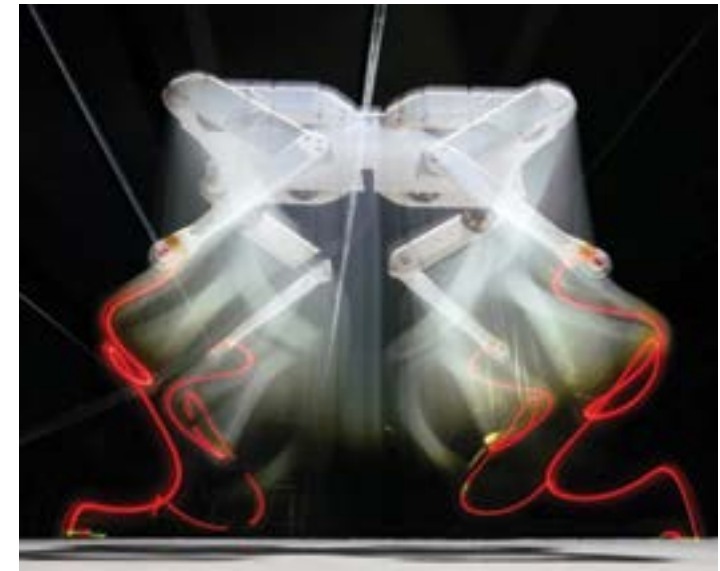
ERC-Forschungsgruppe - Dr. Ludovic Righetti

Komplexe Handlungsabläufe, wie das Laufen in unebenem Terrain, sind für Menschen relativ einfach, bergen für Roboter aber immer noch große Herausforderungen. Die Forschungsgruppe „Bewegungserzeugung und -steuerung“ um Ludovic Righetti erforscht die mathematischen Prinzipien, die es humanoiden Robotern erlauben, komplexe Bewegungsabläufe – beispielsweise das Anheben eines Kissens bei gleichzeitigem Greifen nach einem darunterliegenden Objekt – durchzuführen. Ziel der Forschung ist, Grundprinzipien der Bewegung und der Manipulation von Objekten zu entwickeln, um dadurch Robotern die nötige Anpassungsfähigkeit zu verleihen, sich effizient und autonom in einer unbekannten und sich verändernden Umgebung zurechtfinden zu können.

Herausfordernd ist dabei, dass Roboter schnell auf unvorhersehbare Ereignisse reagieren müssen, um stabil und sicher unterwegs zu sein. Den Wissenschaftler*innen der Forschungsgruppe ist es gelungen, den bisher schnellsten Algorithmus zu entwickeln, der optimale Bewegungen in weniger als einer Sekunde berechnen kann. Damit konnten neuartige Methoden für die Robotik entwickelt werden, die den physischen Kontakt der Roboter mit ihrer Umgebung deutlich stabiler machen.

In Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe „Dynamische Lokomotion“ des MPI-IS konnte der leichteste kraftgesteuerte vierbeinige Roboter der Welt geschaffen werden. Dieser Roboter kann sich äußerst dynamisch bewegen, was ihn zu einer idealen Plattform macht, neue Steuerungs- und Lernalgorithmen auszuwerten. Mit dem Vierbeiner können die Forscher*innen experimentell die Fähigkeiten ihres Bewegungs-Planungs-Algorithmus für Geh- und Sprungaufgaben testen. Diese Bewegungen sind sehr robust gegenüber äußeren Störungen; selbst dann, wenn der Roboter geschubst wird, oder sich der Untergrund bewegt.

Das Forscherteam untersucht auch, wie Roboter aus früheren – als positiv und negativ bewerteten – Erfahrungen lernen können. In einer Zusammenarbeit mit weiteren Forschungsteams hat die Gruppe eine neue Erkundungsstrategie entwickelt. Diese Strategie erlaubt es, Bewegungen hin zu unbekannten, erreichbaren Orten oder Objekten zu verallgemeinern und zu optimieren.



Vierfach-Roboter Solo (oben) und Beispiel für humanoide Bewegungen, berechnet mit einem Algorithmus (unten).



Physical Reasoning and Manipulation

Max Planck Fellow-Gruppe - Prof. Dr. Marc Toussaint



Marc Toussaint begann seine fünfjährige Tätigkeit als Max-Planck-Fellow im November 2018. Toussaint ist Professor für Informatik an der Universität Stuttgart, wo er seit 2012 das Machine Learning and Robotics Lab leitet. Seine Gruppe am MPI-IS trägt den Namen „Physical Reasoning and Manipulation Lab“.

Toussaint forscht an den Schnittstellen zwischen Künstlicher Intelligenz, Robotik und Maschinellem Lernen. Seine Forschungsinteressen umfassen die Frage, wie Roboter ihre physische Umgebung manipulieren können, um zu lernen. Dies erforscht er beispielsweise in einem Versuchsaufbau mit zwei Roboterarmen, die mit Objekten auf einer Tischplatte interagieren. Die Manipulation von Objekten fällt Menschen leicht, aber die Logik hinter solchen Aktionen zu erkennen, übersteigt derzeit die Fähigkeit von Robotern bei Weitem.

Toussaint arbeitet des Weiteren daran, Robotern beizubringen, Probleme geometrisch und physikalisch zu lösen. Sein Ziel ist, einen Roboter mit einer Art Gefühl zu programmieren, das Toussaint „intuitive Physik“ nennt. Er arbeitet an der Programmierung von Algorithmen, durch die der Roboter voraussehen kann, was in Abhängigkeit von seiner Handlung physikalisch passiert. Dazu benötigt er neben dem grundlegenden physikalischen Verständnis auch ein kreatives Gespür. In Zukunft könnte ein Wissenschaftler dann beispielsweise einen Roboter fragen, wie man am besten ein Baumhaus baut. Der Roboter würde dem Forscher Ideen zu Baumaterial, Aussehen des Hauses und der idealen Lage liefern und ihm gleichzeitig auch eine Bauanleitung an die Hand geben. Der Roboter verfügt über eine „angeborene“ Kreativität und ein grundlegendes Verständnis der physikalischen Prozesse.



Physik für Inferenz und Optimierung

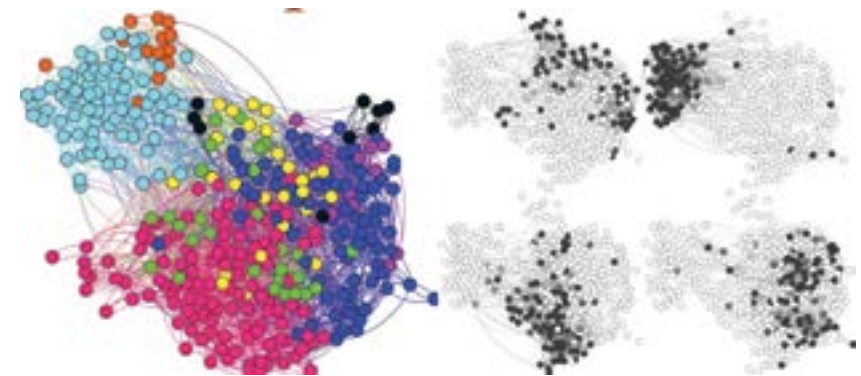
Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Caterina De Bacco

Die Gruppe „Physik für Inferenz und Optimierung“ fokussiert ihre Forschung auf das Verständnis der Zusammenhänge zwischen mikroskopischen und makroskopischen Eigenschaften komplexer und großer interagierender Systeme wie beispielsweise Netzwerken. In Zusammenarbeit mit Expert*innen aus anderen Disziplinen entwickelt das Team um De Bacco Modelle und Algorithmen, die auf Prinzipien der statistischen Physik basieren. Dieses Wissen könnte sowohl dafür genutzt werden, Interaktionen auf der Ebene einzelner Komponenten zu modifizieren, um dadurch die Gesamteigenschaften eines Netzwerks zu optimieren, als auch dafür, den Zusammenhang zwischen komplexen Interaktionen innerhalb eines Großsystems vorherzusagen.

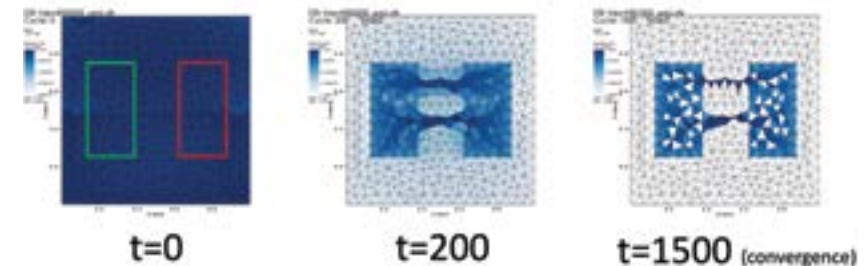
Eines der Forschungsinteressen der Gruppe ist die Optimierung von Navigationsrouten. Durch die Erhebung von Daten einzelner Fahrer und Daten von Fahrzeugen in ihrer unmittelbaren Nähe können Forscher Rückschlüsse auf die Verhaltensmuster dieser Gruppe ziehen und daraus Fahrverhaltensweisen verallgemeinern. Die Forscher*innen zoomen also einen Teil des Ganzen heran, beobachten die Verhaltensmuster in diesem Ausschnitt genau und projizieren ihre Ergebnisse auf das Gesamtbild. Mit diesem Wissen können individuelle Routen für alle Verkehrsteilnehmenden berechnet werden, die das gesamte Verkehrsmanagement optimieren und so Staus vermeiden, auch wenn dies für den Einzelnen unter Umständen eine längere Strecke bedeuten kann. In Zusammenarbeit mit dem Mathematischen Institut der Universität Padua entwickelte De Baccos Gruppe einen effizienten Algorithmus, der in der Lage ist, die optimale Lösung für viele solcher Routingprobleme zu finden.

Die Untersuchung von Inferenz in Netzwerken ist ein weiterer Schwerpunkt des Forscherteams um De Bacco. Inferenz schätzt die Parameter eines Modells, von dem angenommen wird, dass es bestimmte Daten generiert hat. De Bacco untersucht beispielsweise, wie wahrscheinlich es ist, dass Mitglieder eines sozialen Netzwerks miteinander interagieren. Ihre Gruppe hat dazu ein Modell entwickelt, durch das die Bedeutung eines Knotens in einem Netzwerk, die sogenannte Eigenvektorzentralität, abgeschätzt werden kann. Die Möglichkeit, dies abzuschätzen, ist besonders dann relevant, wenn es nicht möglich ist, diese Informationen auf Grund der Größe eines Netzwerks zu erhalten, wie beispielsweise bei sozialen Netzwerken.

CyberValley



Beispiel für die Ergebnisse der mehrschichtigen Erkennung von Netzwerk-Communities. Links: Farben bezeichnen Werte von Knotenattributen; rechts: graue Knoten bezeichnen Gemeinschaften, die durch den Algorithmus abgeleitet werden.



Beispiel für optimale Routingtopologien in einem unbegrenzten Raum.



Probabilistisches Lernen

Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Isabel Valera

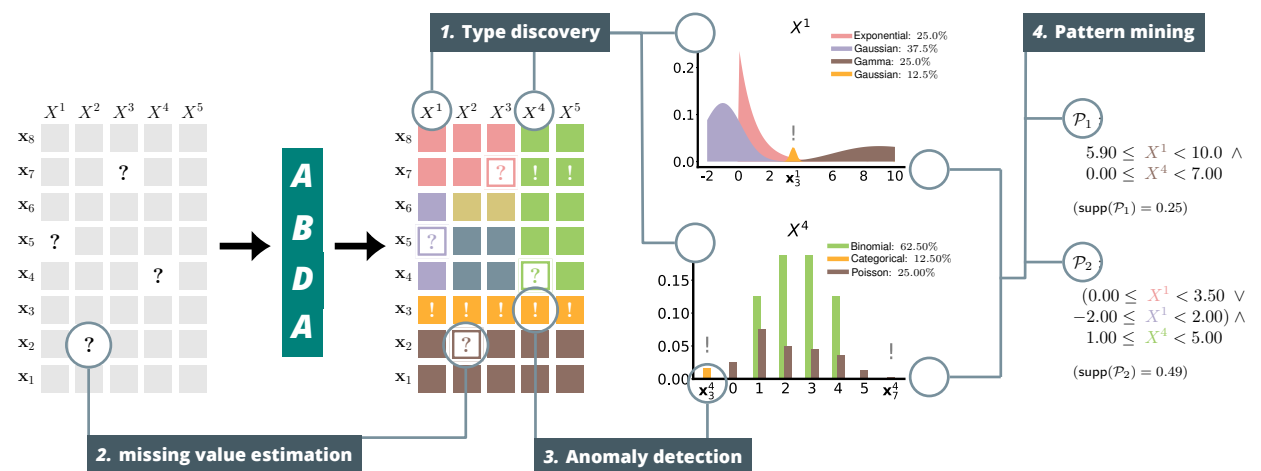
Die Forschungsgruppe „Probabilistisches Lernen“ wurde zum 1. Juli 2019 als eigenständige Forschungsgruppe gegründet; die Gruppe war zuvor Teil der Abteilung „Empirische Inferenz“.

Isabel Valera und ihr Team konzentrieren sich auf die Entwicklung maschineller Lernmethoden, die flexibel, robust und fair sind. Flexible Methoden sind solche, die in der Lage sind, komplexe reale Daten, die über einen bestimmten Zeitraum gesammelt wurden, zu modellieren. Robust ist ein Algorithmus dann, wenn er in der Lage ist, auf fehlende Informationen hinzuweisen. Das bedeutet, dass der Algorithmus nicht nur Vorhersagen macht, sondern auch angibt, wie wahrscheinlich sie sind. Die Forschungsergebnisse haben zu neuen Methoden und Softwareimplementierungen für die automatische Vorverarbeitung von Daten geführt.

Des Weiteren erforscht die Gruppe, wie Algorithmen, die Teil von Entscheidungsprozessen sind, fairer gestaltet werden können. Zu diesem Zweck beschäftigen sich Valera und ihre Gruppe damit, normative Definitionen von Fairness in mathematischen Formeln auszudrücken. Valera und ihr Team entwickeln so neue Algorithmen, die sowohl exakt als auch fair sind und mit Hilfe von Beobachtungsdaten quantifiziert werden können.

Die Forscher*innen der Gruppe konnten bereits mehrere Ergebnisse dieser neuen Forschung zu Fairness und Maschinellem Lernen erzielen. Veröffentlichungen der Gruppe befassen sich mit der Frage, wie Entscheidungsfindung durch Menschen besser und fairer gestaltet werden kann. Ein anderes Forschungsthema ist die Entwicklung von effizienten Lernverfahren, die aus einem ursprünglich unfairen Klassifikator einen fairen machen.

Die Forschung der Gruppe hat großes Anwendungspotenzial in Bereichen wie Medizin und Psychiatrie, aber auch in anderen gesellschaftlich relevanten Bereichen. Ein Schwerpunkt der Forschung von Valera liegt daher besonders auf den ethischen Herausforderungen bei Entscheidungen, die von Algorithmen unterstützt werden, und potenziell weitreichende Konsequenzen für die Betroffenen haben. Diese Fragestellungen sind von großer Bedeutung, wenn Algorithmen beispielsweise bei der Personalgewinnung oder der Kreditvergabe zum Einsatz kommen.



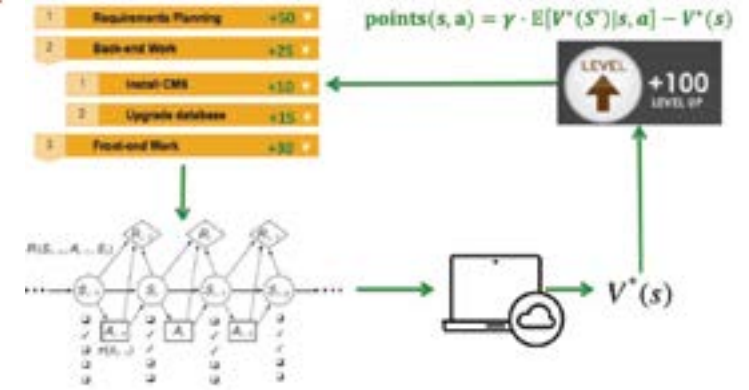
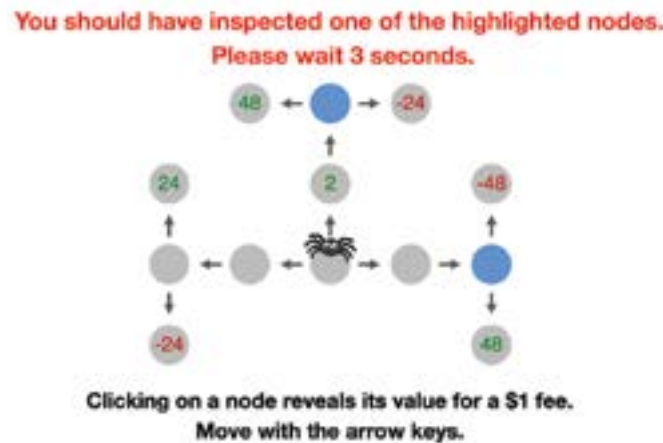
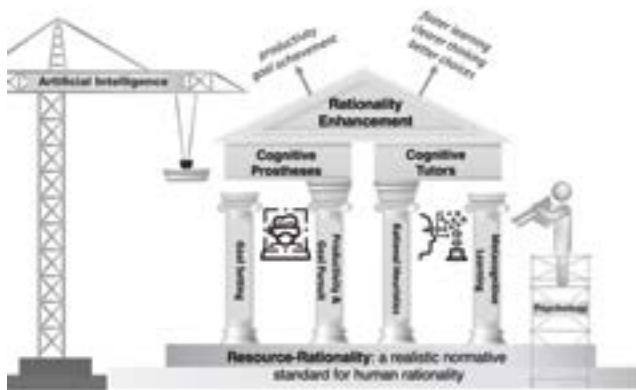
Visualisierung der automatischen Bayes'schen Dichteanalyse (ABDA): ABDA führt eine automatische Vorverarbeitung von tabellarischen Datensätzen durch, die Proben aus gemischten, kontinuierlichen und diskreten Merkmalen umfassen und möglicherweise fehlende Werte und Ausreißer enthalten.



Rationality Enhancement

Cyber Valley Max-Planck-Forschungsgruppe - Dr. Falk Lieder

CyberValley



Überblick:

Das Ziel der Forschungsgruppe um Falk Lieder ist es, Menschen zu ermöglichen, bessere Entscheidungen für sich selbst zu treffen. Dafür erforscht die Gruppe das Erlernen von Entscheidungsstrategien von grundlegender Forschung zu rationaler Entscheidungsfindung bis hin zu Prototypen für interaktive Lernsysteme. Das Team um Lieder erforscht dabei maschinelle Lernalgorithmen zur Entdeckung effektiver Entscheidungsstrategien. Darauf aufbauend entwickelt sie ein intelligentes Tutorsystem, das Menschen darin unterstützen soll, solche Strategien effizient zu erlernen.

Kognitiver Tutor:

Die Forschungsgruppe strebt an, die wissenschaftlichen Grundlagen für intelligente Technologien zu legen, die Menschen darin unterstützen sollen, effektiver rationale Entscheidungen zu treffen und schneller zu lernen. Dazu erforschen die Wissenschaftler*innen, wie Menschen lernen, sich Ziele setzen und diese Ziele verfolgen. Darauf aufbauend entwickeln die Forscher*innen intelligente Apps, die diese Fähigkeiten unterstützen oder trainieren. Die Ergebnisse der Forschung könnten damit Grundlage für innovative Anwendungen in Lernsoftware, Gehirntraining, Selbstmanagement-Apps oder der Behandlung psychischer Störungen sein.

Gamification für Produktivität:

Zusätzlich zum kognitiven Tutor entwickelt die Forschungsgruppe eine intelligente Produktivitäts-App, die Menschen dabei unterstützt, sogenannte Prokrastination – d.h. extremes Aufschieben, Vertagen oder Unterbrechen von Aufgaben – zu überwinden und Projekte nach Wichtigkeit zu priorisieren.

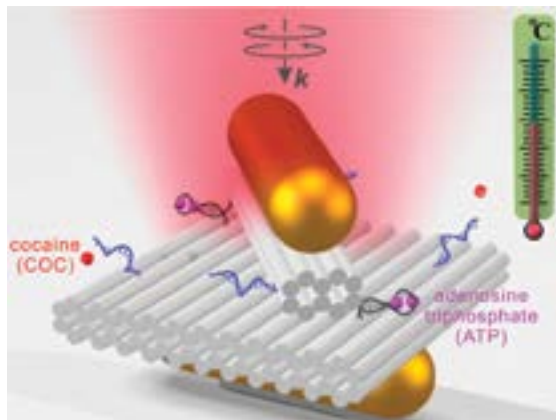


Intelligente Nanoplasmonik

ERC-Forschungsgruppe - Prof. Dr. Laura Na Liu

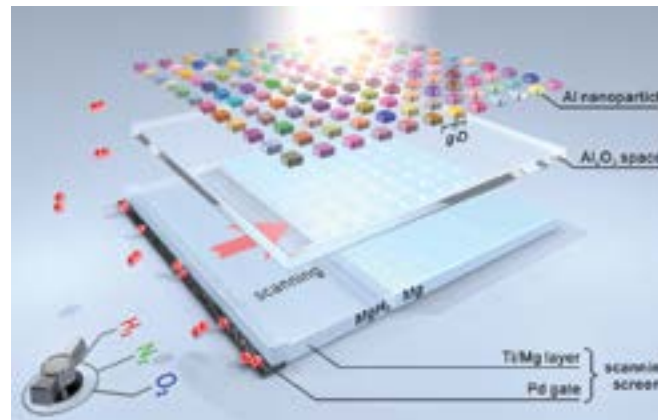
Trifft Licht auf metallische Nanostrukturen, beginnen freie Elektronen zu schwingen. Es entstehen sogenannte Plasmonen. Die Wissenschaftler*innen der Forschungsgruppe „Intelligente Nanoplasmonik“ setzen Plasmonen als Sonde ein, um chemischen Reaktionen und Strukturänderungen von Biomolekülen auf die Spur zu kommen. Hierzu werden metallische Nanostrukturen hergestellt und teilweise mit Molekülen oder DNA-Bausteinen versehen. Darüber hinaus verwenden die Forscher*innen Nanostrukturen, um intensive, kräftige Farben zu erzeugen. Solche Strukturen könnten eines Tages in Farbbildschirmen Standard werden.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:



Die Kunst des Faltens auf der Nanometerskala:

Die Wissenschaftler*innen der Forschungsgruppe falten schlaffe DNA-Stränge – ähnlich des Origami, also der Kunst, Papier in Objekte zu verwandeln – und können damit nur wenige Nanometer große „DNA-Origami“-Bündel erzeugen. In einer aktuellen Studie gelang es den Wissenschaftler*innen, solche DNA-Origamistrukturen zu modifizieren und mit metallischen Nanopartikeln zu versehen. Durch das Hinzufügen von organischen Molekülen oder durch Temperaturveränderung können die Forscher*innen nicht nur Strukturänderungen dieser DNA-Bündel beobachten, sondern diese auch kontrollieren.



Plasmonische Farbbildschirme:

Beleuchtet man metallische Nanostrukturen mit Licht, können je nach Größe, Form und Material der Struktur intensive, kräftige Farben wahrgenommen werden. Die Forscher*innen verwenden diese Nanostrukturen, um winzige Bilder zu erstellen. Der Einsatz von Phasenwechsellmaterialien anstelle von Metallen ermöglicht es, dynamische Bilder zu erzeugen. Dadurch entsteht ein plasmonischer Mikro-Farbbildschirm, dessen Größe mit dem Durchmesser eines Haares vergleichbar ist.



Sichere Verschlüsselung mit Meta-Oberflächen:

Ordnet man Nanostrukturen in bestimmten Mustern auf Oberflächen an, so können völlig neue Licht-Phänomene, wie sie in der Natur sonst nicht vorzufinden sind, beobachtet werden; man spricht von Meta-Oberflächen. Die Forscher*innen um Laura Na Liu machen sich solche Meta-Oberflächen zu Nutze, um optische Hologramme zu erzeugen. Die Verwendung des Phasenwechsellmaterials Magnesium erlaubt darüber hinaus, mehrere Hologramme in einer Meta-Oberfläche zu kodieren. Dies könnte beispielsweise in der optischen Informationsverschlüsselung Anwendung finden.



Statistische Lerntheorie

Max Planck Fellow-Gruppe - Prof. Dr. Ulrike von Luxburg

Das Ziel der Gruppe um Ulrike von Luxburg ist es, Algorithmen des maschinellen Lernens auf eine solide mathematische Basis zu stellen und diese zu analysieren. Die Wissenschaftler*innen wollen erkunden, ob die Ergebnisse solcher Algorithmen vertrauenswürdig sind, wann sie funktionieren und wann nicht, oder wie komplex sie hinsichtlich der benötigten Daten oder der benötigten Rechenzeit sind.

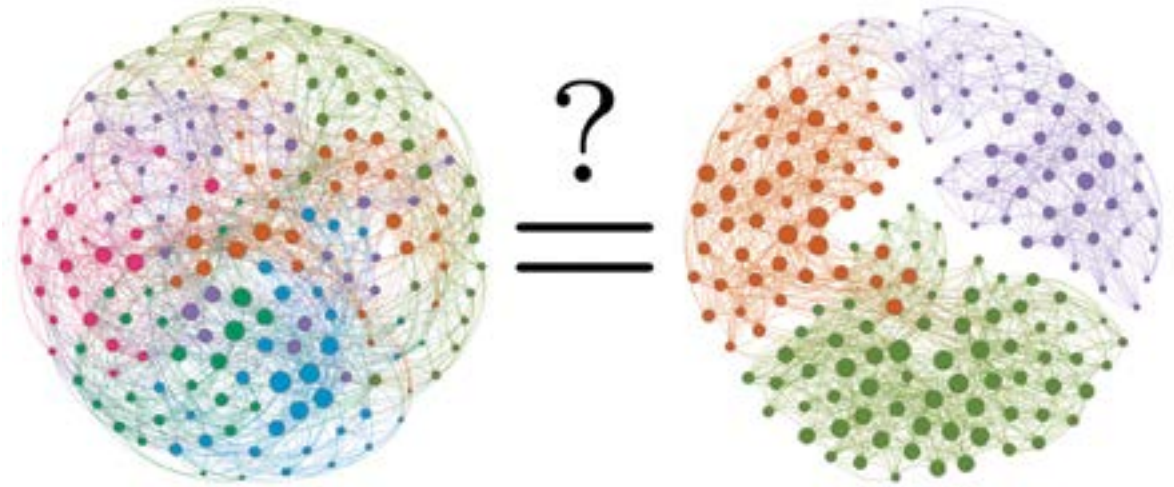
Die Forscher*innen der Gruppe konzentrieren sich auf das sogenannte vergleichsbasierte maschinelle Lernen, einen Teilbereich des maschinellen Lernens. Dafür betrachtet die Gruppe ein bestimmtes Szenario, das den Input zu einem maschinellen Lernalgorithmus von Personen auf eine auf diese zugeschnittene Art sammelt. Die Nutzer*innen bewerten dabei nicht in Form von Ähnlichkeitswerten („auf einer Skala von 0 bis 1 beträgt die Ähnlichkeit zwischen Bild A und Bild B 0,8“), sondern in Form von Entfernungsvergleichen („Bild A ist Bild B ähnlicher als Bild C“). Viele psychologische Studien belegen, dass Menschen solche qualitativen Vergleiche viel einfacher treffen können als quantitative Ähnlichkeitswerte.

Zu den Forschungshighlights der Gruppe gehören:

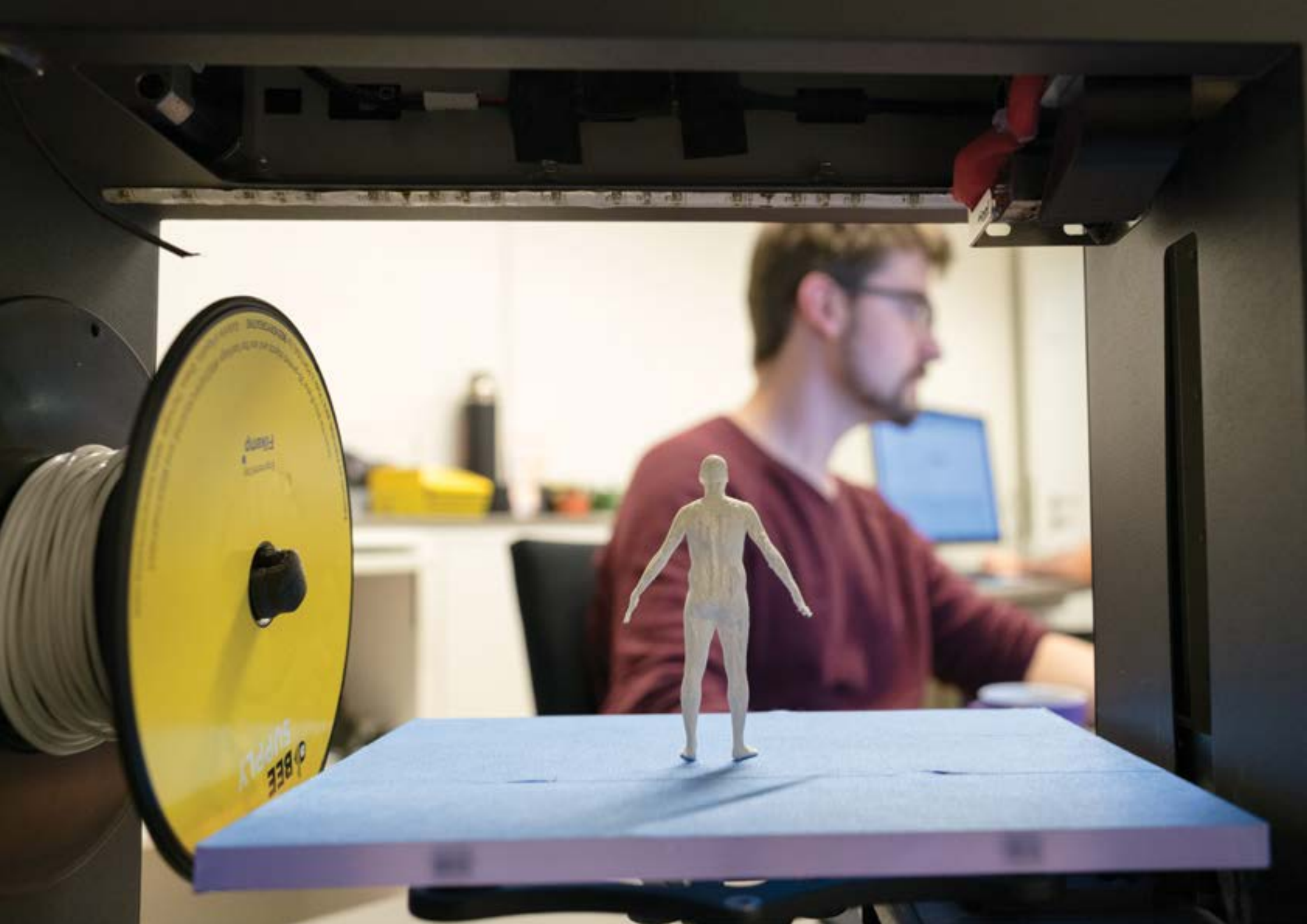
Statistische Lerntheorie in der Alzheimer-Forschung:

Ein weiteres Forschungsgebiet der Gruppe behandelt Statistik auf komplexen Netzwerken. Solche Netzwerke werden in vielen angewandten Forschungsfeldern genutzt. Mediziner*innen untersuchen beispielsweise, ob sich die Struktur des Gehirns zwischen gesunden Personen und Alzheimer-Patient*innen unterscheidet. Das Netzwerk beschreibt hier die Interaktionen zwischen Nervenzellen im Gehirn. Es wird angenommen, dass die Alzheimer-Erkrankung mit zu vielen „falschen“ Verbindungen zwischen Nervenzellen im Gehirn einhergeht; nun soll diese Hypothese anhand von Daten bestätigt oder verworfen werden. Die Struktur der Nervenzellen im Gehirn von Alzheimer-Patient*innen und von gesunden Probanden wird gemessen; es ergibt sich ein „Netzwerk“ – Nervenzellen, die mit anderen Nervenzellen verbunden sind –, das bei jedem Menschen individuell verschieden ist. So entsteht eine große Menge von Daten, die zu umfassend sind, um mit herkömmlichen Methoden analysiert zu werden; man braucht maschinelles Lernen.

Hier setzt die Max-Planck-Fellow-Gruppe an. Es geht um die Fragestellung, ob die „Gehirnnetzwerke“ von Alzheimer-Patient*innen sich auf systematische Art und Weise von denen der anderen Probanden unterscheiden. Hierzu hat die Gruppe eine Reihe von statistischen Tests entwickelt, die auf solche Fragestellungen anwendbar sind. Sie beruhen auf Methoden, die einerseits aus der Statistik, andererseits aus dem Bereich des maschinellen Lernens stammen. Sie zeigen, wie maschinelles Lernen wissenschaftliche Hypothesen aus anderen Anwendungsgebieten stützen oder verwerfen kann.







Wissenschaftlicher Fachbeirat & Kuratorium

Fachbeirat:

Jedes Max-Planck-Institut wird regelmäßig durch einen unabhängigen Fachbeirat begutachtet, um exzellente wissenschaftliche Qualität zu gewährleisten. Die wissenschaftlichen Mitglieder des Fachbeirats, Expert*innen von weltweit führenden Forschungseinrichtungen und Universitäten, werden durch den Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft berufen.

Mitglieder:

Prof. Dr. Dario Floreano (EPFL, Lausanne, Schweiz)
Prof. Dr. William T. Freeman (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA)
Prof. Dr. Zoubin Ghahramani (University of Cambridge, GB)
Prof. Dr. Danica Kragic (Royal Institute of Technology, Stockholm, Schweden)

Prof. Dr. Barbara Mazzolai (Istituto Italiano di Tecnologia - IIT, Pontedera, Italien)
Prof. Dr. Massimiliano Pontil (University College London, GB)
Prof. Dr. Helge Ritter (Universität Bielefeld, Deutschland)
Prof. Dr. Yair Weiss (The Hebrew University of Jerusalem, Israel)

Kuratorium:

Das Kuratorium stellt eine Verbindung zwischen dem Institut und der Öffentlichkeit her. Die Mitglieder des Kuratoriums sind Vertreterinnen und Vertreter aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Medien.

Mitglieder:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart)
Gerhard Borho (Leiter Corporate Development & Business Unit Electric Automation, Festo AG & Co.KG, Esslingen)
Christoph Dahl (Geschäftsführer Baden-Württemberg Stiftung gGmbH, Stuttgart)
Dr. Siegfried Dais (Gesellschafter der Robert Bosch Industrietreuhand KG, Gerlingen)
Prof. Dr. Bernd Engler (Rektor der Eberhard-Karls-Universität Tübingen)
Christian O. Erbe (Geschäftsführer der ERBE Elektromedizin GmbH, Tübingen)
Prof. Dr. Holger Hanselka (Präsident Karlsruher Institut für Technologie)
Dr. Ralf Herbrich (Geschäftsführender Direktor und Direktor für Maschinelles Lernen Amazon Development Center Germany GmbH, Berlin)
Prof. Dr. Thomas Hofmann (Stellvertretender Vorsitzender) (Professor für Datenanalytik, Department Informatik, ETH Zürich, Zürich, Schweiz)
Dr. Stefan Kaufmann, MdB (Mitglied des Deutschen Bundestages, Stuttgart)
Fritz Kuhn (Oberbürgermeister der Landeshauptstadt Stuttgart)
Boris Palmer (Oberbürgermeister der Universitätsstadt Tübingen)
Prof. Dr.-Ing. Wolfram Ressel (Rektor der Universität Stuttgart)
Dr. Jeanne Rubner (Vorsitzende) (Redaktionsleiterin Wissenschaft und Bildungspolitik, Bayerischer Rundfunk, München)
Theresa Schopper (Staatssekretärin, Staatsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart)
Dr. Simone Schwanitz (Abteilungsleiterin im Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Stuttgart)
Dr.-Ing. Michael Steiner (Mitglied des Vorstandes für Forschung und Entwicklung, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Stuttgart)
Prof. Dr. Eberhart Zrenner (Leiter Pathophysiologie des Sehens an der Eberhard Karls Universität Tübingen)

Bildquellen:

Titelbild : Robot Solo@AMD Robotik Labor © Wolfram Scheible, **S. 3:** Institutsgebäude Tübingen © Patrick Junker; **S. 4:** Dünnschichtlabor Stuttgart © Alejandro Posada; **S. 4/5:** White Board@MPI-IS © Wolfram Scheible; **S. 5 links:** PS Abteilung © Wolfram Scheible; **S. 5 rechts:** 3D-Druck / DLG Gruppe © Alejandro Posada; **S. 7:** Roboter Apollo@MPI-IS © Wolfram Scheible; **S. 8 oben:** AMD Robotik Labor © Patrick Junker; **S. 8 unten:** PI Abteilung © Linda Behringer; **S. 9 links:** AMD Robotik Labor © Patrick Junker; **S. 9 rechts:** PS Abteilung © Wolfram Scheible; **S. 10 links:** MNMS Gruppe © Wolfram Scheible; **S. 10 rechts:** PS Capture Hall © Wolfram Scheible; **S. 11 links:** © Valérie Callaghan; **S. 11 rechts:** © Universität Stuttgart; **S. 12 links:** © Universität Stuttgart / ICD; **S. 12 rechts:** © Universität Tübingen / Christoph Jäckle; **S. 13 oben:** PS Capture Hall © Patrick Junker; **S. 13 unten:** PS Abteilung © Wolfram Scheible; **S. 15 beide Bilder:** © Jörg Abendroth; **S. 17:** EI Abteilung © Patrick Junker; **S. 18 links:** PS Abteilung © Wolfram Scheible; **S. 18 rechts:** EI Abteilung © Patrick Junker; **S. 19 oben:** PS Abteilung © Wolfram Scheible; **S. 19 unten links:** MPI-IS retreat © Alejandro Posada; **S. 19 unten rechts:** Robotic Learning Lab © Wolfram Scheible; **S. 20:** MPI-IS retreat © Alejandro Posada; **S. 21 links:** PS Abteilung © Wolfram Scheible; **S. 21 oben:** IMPRS-IS Bootcamp © Linda Behringer; **S. 21 unten:** HI Abteilung © Alejandro Posada; **S. 22:** Max-Planck-Haus Tübingen © MPI-IS; **S. 23 oben Mitte:** © Wolfram Scheible, **alle anderen Bilder** © Alejandro Posada; **S. 24 links:** EI Abteilung © David Ausserhofer; **S. 24 rechts:** EI Abteilung © Patrick Junker; **S. 25 links:** MPI-IS © Linda Behringer; **S. 25 rechts:** PS Abteilung © Wolfram Scheible; **S. 27:** Minerva@MPI-IS Stuttgart © Alejandro Posada; **S. 28 von links nach rechts:** Science Notes © Patrick Gerstorfer; BCI Gruppe © Wolfram Scheible; HI Abteilung © Alejandro Posada; MNMS Gruppe © Wolfram Scheible; DLG Gruppe © Alejandro Posada; **S. 29 oben:** Athena Meet & Greet © Alejandro Posada; **S. 29 von links nach rechts:** PI Abteilung © Alejandro Posada, DLG Gruppe © Alejandro Posada, PI Abteilung © Alejandro Posada, Athena Gruppe Stuttgart © Alejandro Posada; **S. 30 links:** Siyu Tang © Wolfram Scheible; **S. 30 rechts:** Marc Toussaint © Alejandro Posada; **S. 31:** Körber-Preisträger Bernhard Schölkopf © Körber-Stiftung / David Ausserhofer; **S. 31 Mitte:** Laura Na Liu © Alejandro Posada; **S. 31 unten:** Metin Sitti © Alejandro Posada; **S. 33 links:** AICon@Bosch © Linda Behringer; **S. 33 Mitte:** Bundespräsident Van der Bellen und Ministerpräsident Kretschmann@Cyber Valley © Alejandro Posada; **S. 33 rechts:** Logo Vortragsreihe © Hertie Stiftung; **S. 34 oben links:** Girls Day@MPI-IS Stuttgart © Alejandro Posada; **S. 34 oben Mitte:** Wirtschaftsministerin Nicole Hoffmeister-Kraut@AMD Robotik Labor © Linda Behringer; **S. 34 oben rechts:** AMD Robotik Labor © Claudia Däfler; **S. 34 unten von links nach rechts:** © Alejandro Posada, © Linda Behringer, © Claudia Däfler, © Claudia Däfler, © Universität Tübingen, © Universität Stuttgart, © Claudia Däfler, © Linda Behringer; **S. 35 oben:** OSLabor © Claudia Däfler; **S. 35 unten:** Tafel@MPI-IS © Wolfram Scheible; **S. 37:** PS Abteilung Capture Hall © Wolfram Scheible; **S. 38 links:** HI Abteilung © Alejandro Posada; **S. 38 rechts:** PI Abteilung © Alejandro Posada; **S. 39 von oben nach unten:** © Annette Cardinale, © HI Abteilung, © MMS Abteilung, © Wolfram Scheible, © PI Abteilung, © Wolfram Scheible; **S. 40:** Muskel-Roboter © Wolfram Scheible; **S. 41:** BCI Gruppe © Wolfram Scheible; **S. 43:** HI Abteilung © Alejandro Posada; **S. 53:** MNMS Gruppe © Alejandro Posada; **S. 55 oben:** Campus Stuttgart von oben © MPHIS Stuttgart; **S. 55 unten:** Campus Tübingen von oben © Manfred Grohe; **S. 59 oben:** © EV Gruppe; **S. 60:** Roboter Apollo © Patrick Junker; **S. 63 oben:** Quadruped Solo © Wolfram Scheible; **S. 64:** Marc Toussaint © Universität Stuttgart; **S. 71:** PS Abteilung © Wolfram Scheible.

Alle anderen Bilder und Abbildungen © MPI-IS.

Impressum:

Herausgeber:

Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme

Scientific Coordination Office

Heisenbergstr. 3
70569 Stuttgart
+49 711 689-3552

Max-Planck-Ring 4
72076 Tübingen
+49 7071 601-1767

Email: info@is.mpg.de
www.is.mpg.de

Redaktion:

Linda Behringer, Valérie Callaghan, Claudia Däfler,
Eva Lämmerhirt, Dr. Matthias Tröndle

Gestaltung:

Alejandro Posada Boada

Dezember 2019

