

# ITZ NO DRAMA, BABY!

SPIELZEITSTART 12. OKTOBER 2019



**ZEITGENÖSSISCHES THEATER  
MITTEN IN DER TÜBINGER ALTSTADT  
IMMER DONNERSTAGS-SAMSTAGS  
UM 20 UHR.**

*Mittwochs sITZung*  
Get together mit Künstler\*innen und Referent\*innen  
*Theaterbar und Abendkasse* ab 19 Uhr

#### *Open Space*

Immer mittwochs und samstags von 11–13 Uhr  
und donnerstags und freitags 16–18 Uhr  
sind Theaterfoyer und Terrasse zum Lesen,  
Recherchieren und Diskutieren geöffnet.



[www.itz-tübingen.de](http://www.itz-tübingen.de)



**INSTITUT FÜR THEATRALE  
ZUKUNFTSFORSCHUNG**  
IM ZIMMERTHEATER TÜBINGEN

# ATTEMPTO!

Ausgabe Issue → 51 | 2019  
Forschungsmagazin der  
Universität Tübingen  
University of Tübingen magazine

**Der Schlaf der Schnecken**  
How Slugs Sleep

**Mittelalter trifft  
auf Virtual Reality**  
Medieval Music Arrives  
in Virtual Reality

**Die Black Box hat ausgedient**  
An End to the Black Box

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



# Die Black Box hat ausgedient

## An End to the Black Box

TEXT  
Judith Rauch

**Der Siegeszug der Künstlichen Intelligenz hat dazu geführt, dass Forscher und Firmen Algorithmen einsetzen, deren Funktionsweise sie nicht wirklich verstehen. Wer sich damit nicht abfinden will, wendet sich an Philipp Hennig, Experte für Maschinelles Lernen in Tübingen.**

// The success of artificial intelligence has led researchers and companies to use algorithms that they do not really understand. Philipp Hennig, an expert in machine learning at the University of Tübingen, wants to change this situation.



”  
**Mich treibt die Frage an:  
 Wie kann der Mensch  
 dem Computer helfen, besser  
 zu werden?**

**I'm driven by the question:  
 How can humans help  
 the computer to improve?**

“

> deutsch

// \_\_\_\_\_ „Mensch und Maschine – wer programmiert wen?“, so hatte Ranga Yogeshwar, Wissenschaftsjournalist, seinen Vortrag bei der Tübinger Mediendozentur 2019 überschrieben. 1.200 Menschen strömten in die Neue Aula, um Yogeshwars Überlegungen zu hören. Viele fanden wohl, dass er ihr Unbehagen am rasanten Siegeszug intelligenter Computer treffend auf den Punkt brachte. „Wir verwenden immer mehr Maschinen, die wir immer weniger verstehen“, beschrieb Medienwissenschaftler Bernhard Pörksen einleitend das Dilemma und beklagte ein weit verbreitetes „Black-Box-Gefühl“.

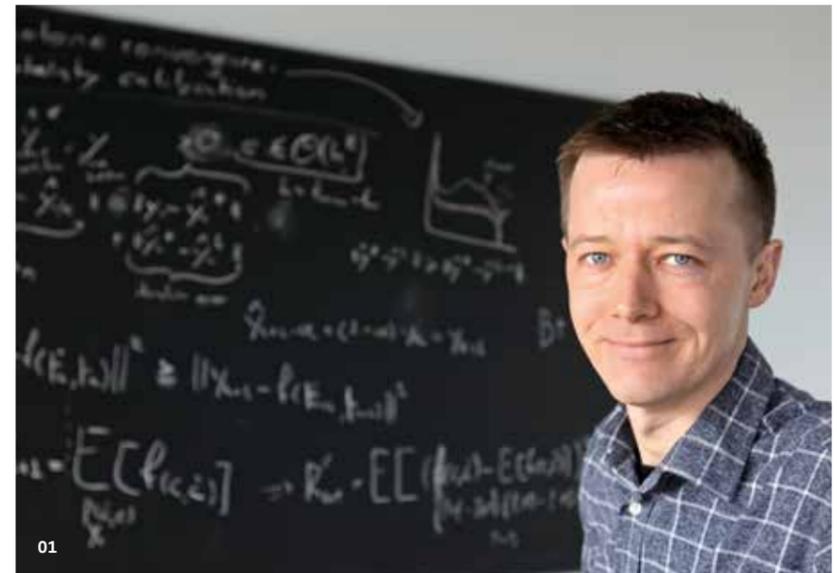
Philipp Hennig, Professor für die Methoden Maschinellen Lernens an der Universität Tübingen, ist sozusagen der Gegenentwurf zu diesem Gefühl. Und für eine wachsende Zahl von Kollegen wird er sogar zum Gegenmittel. Bodenkundler Thomas Scholten beispielsweise setzt bei seiner Forschung bereits seit 15 Jahren sogenannte neuronale Netze ein, um hochkomplexe Daten zu bewältigen: Dabei geht es etwa um die Vorhersage von Dürren oder die Speicherfähigkeit des Bodens für das Klimagas Kohlendioxid. „Die Systeme, die man sozusagen von der Stange kaufen kann, liefern gute Ergebnisse“, gesteht er zu, „doch man kann nur schwer in sie hineinsehen. Die Ergebnisse sind somit nur bedingt interpretierbar.“ Seit es in Tübingen das Exzellenzcluster Maschinelles Lernen gibt, die Cyber Valley Initiative (siehe Kasten „Cyber Valley und Science Notes“) und damit eine Vielzahl gut vernetzter Experten, sieht Scholten die Zeit gekommen, seine Werkzeuge transparenter zu gestalten. „Es ist eine große Chance, mit den Leuten zusammenzuarbeiten, die diese Algorithmen entwickeln.“

01 Professor Dr. Philipp Hennig

Photo: *Friedhelm Albrecht*

02 Wissenschaft in Club-Atmosphäre: Die Science Notes sprechen ein junges Publikum an. // Science in a club-atmosphere: Science Notes appeal to a young audience.

Photo: *Patrick Gerstorfer*



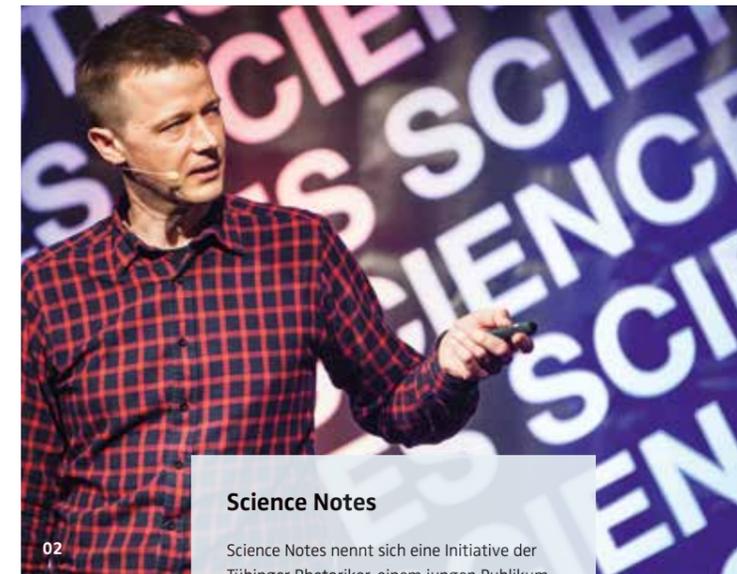
01

**Die Optimierung**  
 der Mathematik

Sein Kooperationspartner Philipp Hennig, ausgebildeter Physiker, ist noch keine 40 Jahre alt. Er wirkt jugendlich-locker und schafft es auch bei Disco-Atmosphäre, konzentriert über sein Fachgebiet zu referieren (siehe Kasten). Gleichzeitig ist er angenehm unaufgeregt. Und das mitten im Hype seines Metiers, der für ihn selbst „eine Überraschung“ darstellt, mit dem er nicht gerechnet hat.

Dabei ist Rechnen sein Metier, vor allem das Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten, die Probabilistische Numerik. Hennig kennt viele mathematische Verfahren bis hinein in ihre Verästelungen, bis tief zu ihren historischen Wurzeln hinab, und er hat auch einen Hang zur Philosophie. Die Denker, auf die er sich bezieht und deren Köpfe er im Hörsaal wie im Disco-Geflimmer projiziert, umfassen große Namen wie Pierre-Simon Laplace und Carl-Friedrich Gauß. Sie reicht zurück zum Philosoph William von Ockham, der im 13. Jahrhundert argumentierte, Erklärungen sollten nicht unnötig kompliziert sein. Dieses Prinzip setzt Hennig auf dem Feld des Maschinellen Lernens um.

Hennig hat nicht nur von historischen Vorbildern gelernt, sondern auch in seiner Ausbildung Mentoren gewählt, die die Dinge etwas grundsätzlicher angehen. Seine Diplomarbeit verfasste er beim Heidelberger Max-Planck-Forscher Winfried Denk, der ein ehernes Gesetz der Optik umstieß, um die Leistung des Lichtmikroskops zu verbessern. Diplomand Hennig half ihm bei der Optimierung des Raster-Elektronenmikroskops. Seinen Doktorvater, den Schotten David MacKay, beschreibt Hennig als vielseitig interessierten Wissenschaftler und „Naturphilosoph“. Dafür ging er ins britische Cambridge, wo er auch ein Praktikum im Forschungslabor der Firma Microsoft absolvierte. Bereits seit 2011 forscht Hennig in Tübingen: erst am hiesigen Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme als Postdoc und Forschungsgruppenleiter, seit 2018 auf einer Professur der Universität. →



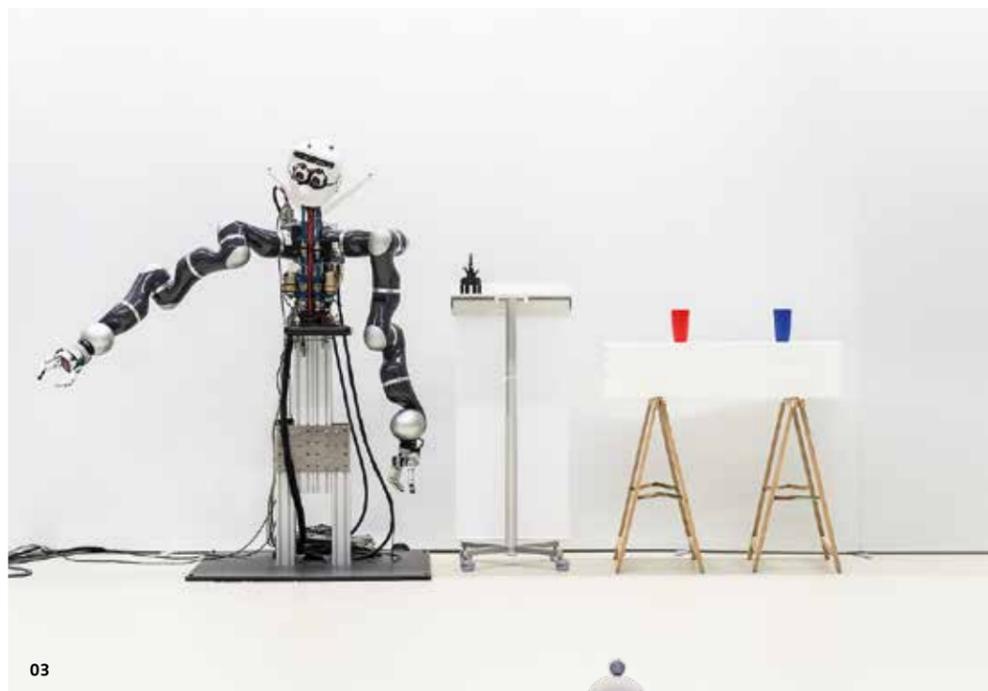
02

**Science Notes**

Science Notes nennt sich eine Initiative der Tübinger Rhetoriker, einem jungen Publikum Wissenschaftsthemen schmackhaft zu machen. Kurzvorträge wechseln sich dabei ab mit elektronischer Musik in Club-Atmosphäre. Die Präsentationen zum Thema „Künstliche Intelligenz“, live dargeboten im Januar 2019 im Tübinger Schlachthaus, kann man auf YouTube nacherleben, darunter auch den Vortrag von Philipp Hennig. Ebenfalls auf YouTube: der balancierende Roboter Apollo.

// Science Notes is the name of an initiative at the University of Tübingen to make science topics more appealing to a young audience, combining short lectures with electronic music in a club atmosphere. The presentations on the subject of “Artificial Intelligence”, presented live in January 2019 at the Tübingen venue Schlachthaus, are on YouTube, including the lecture by Philipp Hennig. The balancing robot Apollo can also be seen on YouTube.

[youtube.com/watch?v=gQyoGIG8dmU](https://youtube.com/watch?v=gQyoGIG8dmU)  
[youtu.be/TrGc4qp3pDM](https://youtu.be/TrGc4qp3pDM)



03



zophysiker Mark Bangert, hatten sie die Idee entwickelt, die Strahlentherapie mit energiereichen atomaren Teilchen (Protonen oder Schwerionen) könne präziser werden, indem man maschinelle Lernverfahren einsetze. Sie entwickelten dafür einen neuen Algorithmus. Das allein ist schon kein Kinderspiel, gilt es doch, bei der Therapieplanung 30.000 bis 80.000 Parameter zu berücksichtigen, damit der Teilchenstrahl optimal gesteuert wird. Hennig half ihnen, die Rechenzeit etwa um einen Faktor 1.000 zu reduzieren – durch Verbesserungen am Code, den Einsatz von Fachwissen und mathematischer Tricks.

Ein anderer „Kollege“, der sich verbessert hat, ist der Roboter Apollo am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme. Sebastian Trimpe, Cyber-Valley-Forschungsgruppenleiter und Spezialist für Regelungs- und Automatisierungstechnik, nimmt die Sache mit dem maschinellen Lernen wörtlich: Er will erreichen, dass Roboter und andere intelligente Maschinen künftig ohne menschliche Aufsicht lernen können, dass sie die Experimente, mit denen sie ihre Fähigkeiten verbessern, selber planen. „Um möglichst effizient und schnell zu lernen, soll aus jedem Experiment möglichst viel Information herauskommen“, fordert Ingenieur Trimpe. „Wie viel verrät mir das nächste Experiment darüber, wie ich das Optimum erreiche?“, so formuliert es Vorhersage-Spezialist Hennig. Zusammen haben sie dem Roboter Apollo ein Trainingsprogramm verordnet, bei dem er selbstständig lernte, auf seiner Hand möglichst ruhig einen Stab zu balancieren. Das Ergebnis kann man im Video sehen (siehe Kasten).

Ist das noch typische Laborforschung, konnte Sebastian Trimpe diese Forschung mit einem Industriepartner weiterentwickeln: Derselbe Algorithmus, den Apollo beim Jonglieren verwendet, stellt automatisch die Regelung von Drosselklappen ein – Ventile, die den Zufluss von Luft in einen Automotor steuern. Neue Fragen, die sich aufgetan haben, untersucht nun sein Doktorand Alonso Valle: Wie kann man die Fehlversuche des Roboters beim weiteren Lernen berücksichtigen? Wie experimentelle Daten und physikalisches Vorwissen besser integrieren? Und: Wie können sich Computersimulationen und Laborexperimente gegenseitig befruchten – wie bringt man die Daten zusammen? „Mich treibt die Frage an: Wie kann der Mensch dem Computer helfen, besser zu werden?“, sagt Hennig.

Dass Maschinen dies nötig haben, findet übrigens auch Ranga Yogeshwar. In seinem Vortrag zeigte er es anhand vieler Beispiele – von rassistischen Bilderkennungssystemen bis hin zu tödlichen Unfällen autonomer Fahrzeuge. Am Ende kam er zu einem ermutigenden Schluss: „Unsere Chance in Deutschland ist die Dummheit der derzeitigen Künstlichen Intelligenz.“ \_\_\_\_\_//

”  
**Unsere Chance in Deutschland  
 ist die Dummheit  
 der derzeitigen Künstlichen  
 Intelligenz.**

**We need to see our chance  
 in the current stupidity of  
 Artificial Intelligence.**

“

&gt; english

//\_\_\_\_\_ “Man and machine – who programs whom” was the title of the talk held by science journalist Ranga Yogeshwar as part of the Tübingen Media Lectureship 2019. Many at the event probably recognized their own discomfort in Yogeshwar’s summary of the implications of rapidly developing machine intelligence. Media scientist Bernhard Pörksen also noted this widespread black box phenomenon in his opening remarks to the event: “We use more and more machines, which we understand less and less.”

Philipp Hennig, Professor for the Methods of Machine Learning at the University of Tübingen, offers an alternative perspective which is helping his colleagues to put an end to the black box. Soil scientist Thomas Scholten has been using neural networks in his research to process highly complex data for over 15 years. “Existing systems deliver good results”, he admits, “but it is difficult to see what is happening under the hood and the results can therefore only be interpreted to a limited extent.” Since the establishment of the Machine Learning Excellence Cluster in Tübingen, Scholten believes that the time has come for greater transparency.

**Mathematical  
 optimization**

Physicist Philipp Hennig is not yet 40 years old. He seems pleasantly calm in the middle of the hype currently associated with his field, which came as a surprise to him. Hennig specializes in probabilistic numerical methods. He is familiar with many mathematical methods but also has an interest in philosophy. Past great minds that have inspired him include William of Ockham, who argued in the 13th century that explanations should not be unnecessarily complicated. Hennig applies this principle in the field of machine learning. →

Er sei immer „auf der Suche nach den großen Fragen“ gewesen, beschreibt er seinen Lebensweg, „Fragen, die es sich lohnt, langfristig zu untersuchen.“ Dabei sei ihm ein tiefer innerer Zusammenhang aufgefallen – zwischen der Welt des Maschinellen Lernens, einem Zweig der Informatik, und der Welt der Mathematik. „Lernende Maschinen sind von der Struktur her ähnlich wie mathematische Problemlösungen, etwa Optimierungs- oder Vorhersage-Verfahren.“ Das geht so weit, dass Hennig die Rechenverfahren selbst als „lernende Maschinen“ begreift, die vom Menschen zur Verfügung gestellte grobe Vorabinformationen durch ihre eigenen elektronischen Schritte nach und nach verfeinern.

**Strahlentherapie  
 präziser einsetzen**

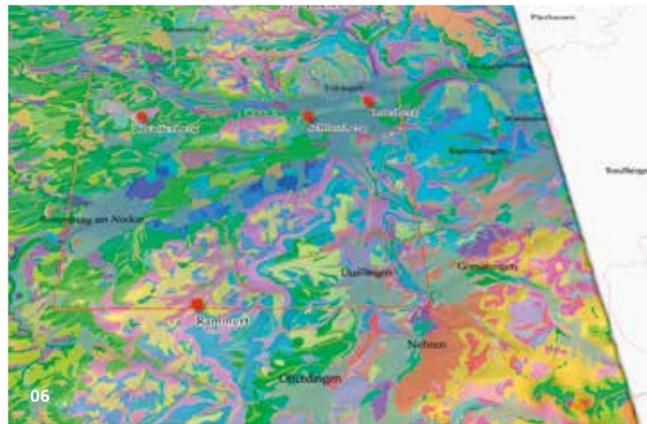
Der Physiker demonstriert das gern mithilfe einer Kurve, die mit ihren drei Gipfeln wie der Querschnitt durch ein Gebirge aussieht. „Die Formel für diese Funktion ist recht einfach“, erklärt er, „dennoch kann man die Fläche unter der Kurve, das Integral, nicht auf direktem Weg berechnen.“ Es gibt Annäherungswege dafür, die man teils bereits in der Schule lernt. Diese könne man verbessern, indem man „Vorwissen“ in die Formeln hineinstecke – etwa, dass die Kurve nie negativ wird und dass sie keine Sprünge macht. „Wenn der Mensch dem Computer diese Art von Information mitgibt, dann muss der solche Wahrheiten nicht erst selber entdecken. Er spart sich Arbeit und kann seine Berechnungen früher beenden.“

Die Optimierung der Mathematik hat ganz praktische Folgen: Beim Einsatz maschineller Lernverfahren spart man eine Menge Rechenzeit. Zwei Doktoranden des Deutschen Krebsforschungszentrums in Heidelberg haben bereits davon profitiert. Zusammen mit ihrem Heidelberger Betreuer, dem Medi-

03 Dank eines Algorithmus kann Roboter Apollo balancieren.  
 // The Apollo robot learns to balance using an algorithm.  
 Photo: Patrick Junker/MPI-IS

04 Professor Dr. Thomas Scholten  
 Photo: Hilde Jensen

05 Dr. Sebastian Trimpe  
 Photo: Patrick Junker/MPI-IS



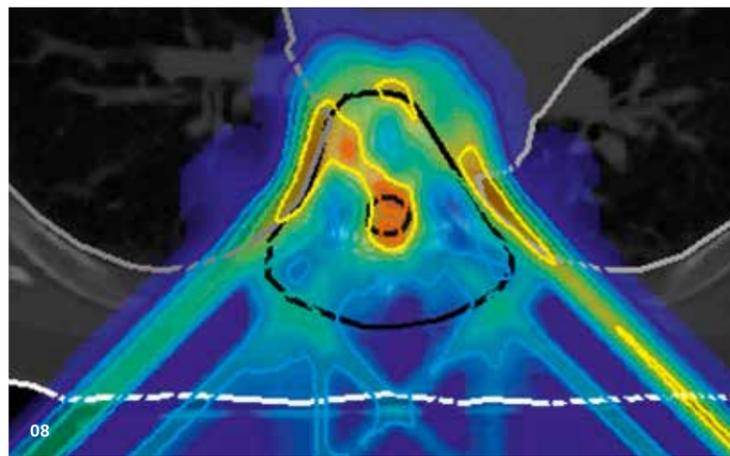
In his academic education, Hennig has chosen mentors who take a more fundamental approach. He wrote his graduate thesis with the Heidelberg Max Planck researcher Winfried Denk, who overturned the iron law of optics in order to improve the performance of the optical microscope. Hennig helped him optimize the scanning electron microscope. After graduation, Hennig's research led him to Cambridge, UK, where he did his PhD under the supervision of the late Sir David MacKay, a polymath and natural philosopher. During this time, Hennig also spent time at Microsoft's research laboratory in Cambridge. He came to Tübingen in 2011: first at the Max Planck Institute for Intelligent Systems as a postdoctoral researcher and research group leader. He was appointed to a professorship at the University of Tübingen in 2018.

Searching for a big question for himself to address, Hennig came across a deep connection between the decades-old algorithms of numerical mathematics and contemporary machine learning: "Optimization or integration methods and learning machines solve essentially the same problem", he explains. "They estimate an unknown quantity from data." This insight led him to describe calculation methods themselves as learning machines that take in rough initial guesses of the human operator and gradually refine them into an increasingly precise answer.

#### Greater precision in radiotherapy

To visitors in his office, physicist Hennig likes to demonstrate machine learning with the help of a curve which, with its three peaks, looks like a cross-section through a mountain range. "The formula for this function is quite simple", he explains, "yet you can't calculate the area under the curve, the integral, directly." There are ways to approach this, some of which are taught in school. These can be improved by applying prior knowledge to the formulas – for example, that the curve never becomes negative and that it does not have any jumps. "If humans give information to a computer, the computer can work more efficiently and finish its calculations earlier."

Mathematical optimization has significant practical applications. In an extended collaboration, Hennig helped two doctoral students and medical physicist Mark Bangert at the German Cancer Research Center in Heidelberg to reduce the computing time of their investigation into radiotherapy precision by a factor of 1,000.



**06** Algorithmen berechnen, wo bei anhaltendem Klimawandel mit Trockenheit zu rechnen ist (gelbbraun) und wo ausreichend Wasser im Boden gespeichert werden kann (blau). // Algorithms calculate where drought can be expected due to climate change (yellow-brown) and where sufficient water can be stored in the soil (blue).  
**Photo: Th. Scholten**

**07** Algorithmen können dazu beitragen, eine Strahlentherapie präziser einzusetzen. // Algorithms can contribute to a more precise use of radiotherapy.  
**Photo: Jörg Jäger**

**08** CT-Schnittbild eines Krebspatienten: Dank optimierter Rechenverfahren können Mediziner die Strahlendosis zielgenauer platzieren. // CT sectional view of a cancer patient: Thanks to optimized calculation methods, the radiation dose can be targeted more precisely.  
**Photo: M. Bangert**

#### Cyber Valley

Die Cyber Valley Initiative gilt als das größte KI-Projekt Europas und verbindet Akteure aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft im Bereich Künstliche Intelligenz: Beteiligt sind die Universitäten Tübingen und Stuttgart, das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme sowie die Unternehmen Amazon, BMW, Daimler, IAV, Porsche SE, Robert Bosch und ZF Friedrichshafen. Unterstützt wird das Cyber Valley zudem von der Christian Bürkert Stiftung, der Gips-Schüle-Stiftung, der Vector Stiftung sowie der Carl-Zeiss-Stiftung. Es gibt aber auch Kritik: Weil sie um die Freiheit der Wissenschaft fürchten, protestieren unter anderem Studierende unter dem Motto „No Cyber Valley“ gegen den Zusammenschluss.

// The Cyber Valley Initiative is considered to be the largest AI research collective in Europe, connecting stakeholders from politics, business and science in the field of Artificial Intelligence: The universities of Tübingen and Stuttgart, the Max Planck Institute for Intelligent Systems and the companies Amazon, BMW, Daimler, IAV, Porsche SE, Robert Bosch and ZF Friedrichshafen are involved in the project. The Cyber Valley is also supported by the Christian Bürkert Foundation, the Gips-Schüle Foundation, the Vector Foundation and the Carl Zeiss Foundation. However the project also has its opponents: Fearing the decline of scientific independence, students have protested against the project in the campaign "No Cyber Valley".

[cyber-valley.de](http://cyber-valley.de)

Sebastian Trimpe, Cyber Valley research group leader specializing in control and automation, is another of Hennig's collaborators. He takes machine learning literally, his work aims to ensure that robots and other intelligent machines can learn and design experiments to improve their own abilities without human supervision. Trimpe and Hennig designed a training program for the Apollo robot at the Max Planck Institute for Intelligent Systems, in which it independently learned how to balance a pole as smoothly as possible on its hand.

Trimpe is working with a partner from industry to develop this research: The same algorithm that Apollo uses to juggle is also used to automatically control throttle valves which control the flow of air into a car engine. Doctoral candidate Alonso Marco Valle is now investigating new questions that have arisen from this project: How can the failed attempts made by the robot be taken into account in further learning? How can experimental data and prior physical knowledge be better integrated? And: How can computer simulations and laboratory experiments interact?

Ranga Yogeshwar agrees that machines need to improve. In his lecture, Yogeshwar highlighted areas where machines have much to learn, pointing to racist image recognition systems and fatal accidents involving autonomous vehicles. In the end, he came to an encouraging conclusion: "We need to see our chance in the current stupidity of Artificial Intelligence." \_\_\_\_\_//



## GESUNDHEIT STEHT IM MITTELPUNKT

ARBEITEN BEI DEN SRH KLINIKEN LANDKREIS SIGMARINGEN GMBH

Die SRH Kliniken Landkreis Sigmaringen GmbH ist einer der größten Arbeitgeber im Landkreis Sigmaringen und von Focus Money als Top Arbeitgeber ausgezeichnet.



Wir sind akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen und können somit im **Praktischen Jahr** ausbilden. Außerdem unterstützen wir **Medizin-Studenten**, zum Sammeln von Praxiserfahrung, durch das **Förderprogramm Klinikstudent**.

Am Standort Pfullendorf befindet sich ein Ausbildungsinstitut für die Gesundheits- und Krankenpflege, sie hat ein Gütesiegel von Focus Money erhalten und zählt zu den besten Ausbildungsbetrieben.

Zudem bilden wir in folgenden Berufen aus (w/m/d):

- Medizinische Fachangestellte,
- Medizinisch-Technische-Radiologie-Assistenz,
- Medizinisch-Technische-Labor-Assistenz,
- Operationstechnische Assistenz,
- Anästhesietechnische Assistenz,
- Kaufmann im Gesundheitswesen.

Bei Interesse zu einem der aufgeführten Arbeitsbereiche melden Sie sich bei:  
**Julia Waßer, Tel. +49 (0) 7571 100-2466**  
oder per Mail unter [personal@srh.de](mailto:personal@srh.de)

