



**uni'kon**

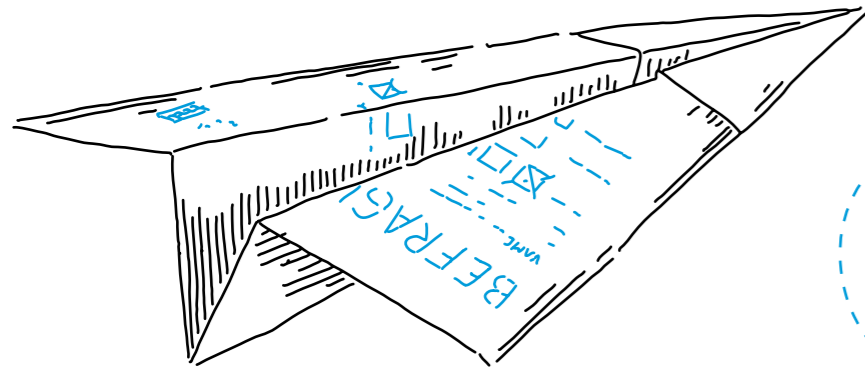
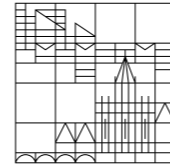
# 70

2019  
Das Magazin der Universität Konstanz  
– *uni.kn/unikon*



# Künstliche Intelligenz

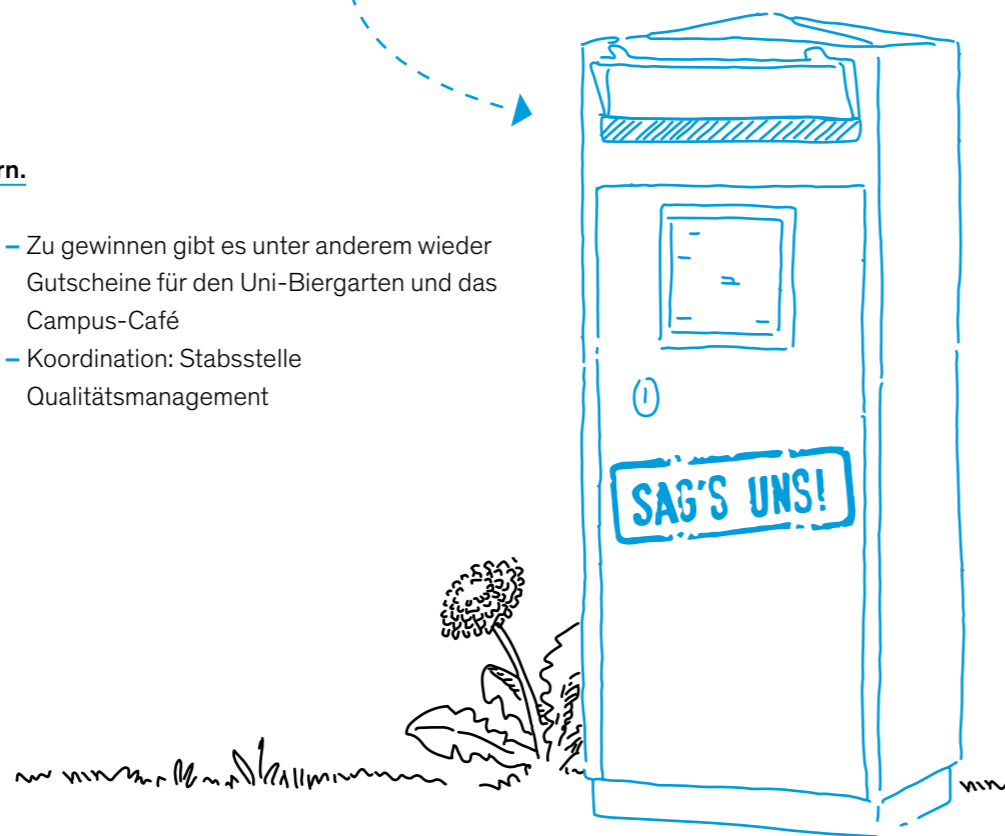
Was ist KI? – Welche Chancen bietet sie? –  
Wo liegen ihre Grenzen? –  
Wie autonom darf ein KI-System sein?



# „Sag’s uns!“ Studierendenbefragung ab 17. Juni 2019

## Helft uns, Studium und Lehre zu verbessern.

- Themen: Studium, Lehre, Betreuung
- Schwerpunkt 2019: Digitalisierung
- Persönlicher Teilnahmelink in Eurem E-Mail-Postfach ab 17. Juni 2019
- Macht mit – jede Stimme hilft uns weiter.
- Zu gewinnen gibt es unter anderem wieder Gutscheine für den Uni-Biergarten und das Campus-Café
- Koordination: Stabsstelle Qualitätsmanagement



## Herr Professor Scholl, was sind die Herausforderungen Künstlicher Intelligenz für die Wissenschaft?

Künstliche Intelligenz (KI), Machine Learning, Algorithmen: Das sind Vokabeln aus der Informatik, die heute beinahe jeden Tag in den Medien diskutiert werden. Das freut mich als Informatiker, haben wir uns doch jahrzehntelang bemüht, unsere Disziplin und ihre Inhalte in die Öffentlichkeit zu tragen. In dieser Ausgabe von uni\*kon kommen Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Disziplinen zu Wort. Sie setzen sich zum einen mit dem Potenzial dieser (gar nicht so) neuen IT-Themen, zum anderen mit deren Grenzen auseinander.

Wie schon in einer früheren Welle der KI-Begeisterung in den 1960er/1970er Jahren wird auch heute häufig projiziert, dass Computer mit der Hilfe der KI demnächst „alles“ leisten, gar den Menschen überflügeln können. Die Erkennung von Sprachkommandos durch digitale Assistenten à la Alexa, Siri und Co., Fahrerassistenz- oder Bilderkennungssysteme haben heute tatsächlich eine erstaunliche Qualität erreicht, da es uns möglich ist, sehr große Neuronale Netze mit sehr großen Datenmengen zu trainieren.

Vom Verständnis des Antrainierten und der Entwicklung wirklichen Lernens sind wir damit jedoch noch weit entfernt. Autonomes Fahren beispielsweise wird oft als „Next Big Thing“ und/oder Lösung unserer Mobilitätsprobleme gehandelt. Ohne Techniken des Machine Learning ist es kaum vorstellbar. Allerdings erlauben es die heutigen Verfahren nicht nachzuvollziehen, wie und warum ein solches KI-gesteuertes System seine Entscheidungen trifft. Darin werden große ethische, wirtschaftliche, gesellschaftliche, politische und rechtliche Probleme erkennbar, etwa wenn es um die Bewertung von Fehlverhalten geht.

Die technischen Methoden hinter der KI werden sich zweifelsfrei rasant weiter-

entwickeln, es bleibt unsere Aufgabe als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus beinahe allen Disziplinen sicherzustellen, dass ein informierter und verantwortungsvoller Umgang mit Chancen und Risiken gepflegt wird. Keine einfache Aufgabe, wenn wir uns vergegenwärtigen, welchen breiten Raum solche (teil-)automatisierten Prozesse heute bereits in vielen Lebensbereichen einnehmen. Umso wichtiger ist es für eine international erfolgreiche Universität, dass ihre Mitglieder den State-of-the-art kennen, ihn vermitteln und prägen helfen.

Prof. Dr. Marc Scholl  
ist Prorektor für Information und Kommunikation  
an der Universität Konstanz



### Prof. Dr. Marc Scholl ist als Prorektor für Information und Kommunikation für IT-Themen zuständig

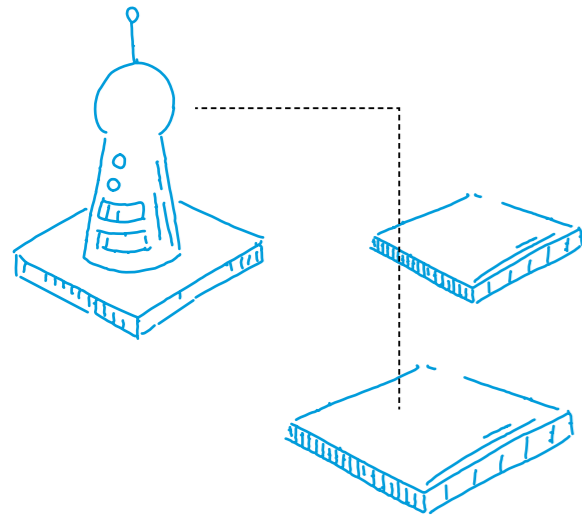
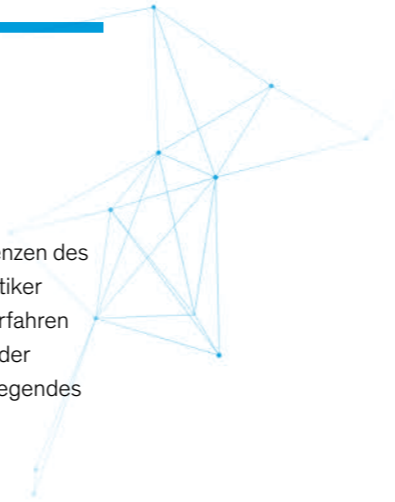
Die Universität Konstanz hat einen vierten Prorektor. Der Informatiker Marc Scholl wird in den kommenden drei Jahren das Amt des Prorektors für Information und Kommunikation (IuK) mit der Funktion eines CIO (Chief Information Officer) ausüben. Der Senat der Universität Konstanz hatte am 30. Januar 2019 im Zuge der Änderung seiner Grundordnung die Einführung des vierten Prorektors beschlossen.

Marc Scholl war bereits von 1998 bis 2004 Prorektor für Allgemeine Vertretung des Rektors der Universität Konstanz. Seit 2012 ist er IT-Verantwortlicher/CIO der Universität Konstanz. Er ist seit 1994 Professor für Computer Science an der Universität Konstanz. Zuvor war er von 1989 bis 1992 Professor an der Universität Ulm und von 1989 bis 1992 Oberassistent an der ETH Zürich. Der Wissenschaftler arbeitet auf dem Gebiet der Datenbanksysteme, mit Schwerpunkten auf der Entwicklung (neuer) Datenbankmodelle und -sprachen und deren effizienter Umsetzung. In der Vergangenheit wurden durch seine Arbeit Beiträge zur Weiterentwicklung relationaler Datenbanken in Richtung auf objektorientierte, XML- und Graphdatenbanken geleistet sowie Datenbankfunktionen auch für die Verarbeitung von Datenströmen nutzbar gemacht.



## Wie lernen Maschinen?

S. 4  
Was sind die Möglichkeiten und Grenzen des maschinellen Lernens? Der Informatiker Prof. Dr. Bastian Goldlücke nutzt Verfahren des Deep Learning auf dem Gebiet der Computer Vision und erklärt Grundlegendes zur Künstlichen Intelligenz.

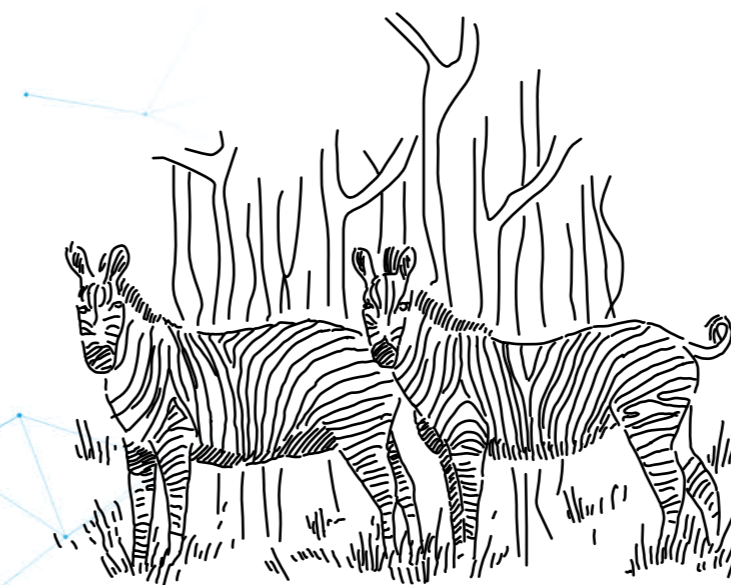


## Lernend handeln

S. 32  
Das KI-Modell „Projective Simulation“ ist dem Modell eines Agenten nachempfunden. Der Philosoph Prof. Dr. Thomas Müller und der Physiker Prof. Dr. Hans Briegel nutzen es für die Beantwortung der Frage, was eine Handlung ist.

## Eine neue Ära in der Verhaltensforschung

S. 22  
WissenschaftlerInnen der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Iain Couzin lehren Computer, das zu erkennen, was Menschen nicht erkennen können: Muster innerhalb der unglaublich großen Komplexität im Verhalten von Tierkollektiven.



- S. 1 **Editorial**
- S. 4 **Wie lernen Maschinen?**
- S. 14 **Die Angst vor der Künstlichen Intelligenz**
- S. 18 **Künstliche Intelligenz erleben**
- S. 22 **Eine neue Ära in der Verhaltensforschung**
- S. 28 **Die Komplexität des Smalltalks**
- S. 32 **Lernend handeln**
- S. 36 **Ausstellung „(Learning) the Grammar of the Act“**
- S. 38 **Moralische Maschinen?**
- S. 42 **Rechner ohne Rechenkunst?**
- S. 46 **Daten intelligent verwalten**
- S. 50 **Personalia**
- S. 52 **Impressum**



## Künstliche Intelligenz erleben

S. 18  
In einer hochschul- und disziplinübergreifenden Lehrveranstaltung entsteht die Ausstellung „Link – zur Künstlichen Intelligenz“. Sie hat das Ziel, die Verbindung zwischen Mensch und Künstlicher Intelligenz aufzuzeigen.

### uni'kon #70

Das Thema Künstliche Intelligenz (KI) ist allgegenwärtig. An der Universität Konstanz forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus allen drei Sektionen zu den vielfältigen Aspekten von KI. Um ein informatives repräsentatives Bild davon zu vermitteln, ist uni'kon #70 als Besonderheit ausschließlich diesem Thema gewidmet.

uni'kon erscheint zweimal jährlich als Printmagazin der Universität Konstanz. Es ist eng verlinkt mit CAMPUS.KN, dem Digitalmagazin der Universität Konstanz, das seit Wintersemester 2018/2019 von jeder Website der Universität zu erreichen ist (über die Hauptnavigation). Mit diesem Magazin ist die Universität in der Lage, die Öffentlichkeit und weitere Interessierte schneller über Themen und Entwicklungen auf ihrem Campus zu informieren. Print- und Online-Magazin sind eng miteinander verknüpft und ergänzen sich sowohl thematisch als auch durch die unterschiedlichen Medien.

Online-Version von uni'kon #70 unter:

– [uni.kn/broschueren/unikon/70/](http://uni.kn/broschueren/unikon/70/)

zum Onlinemagazin campus.kn:  
– [uni.kn/campus](http://uni.kn/campus)

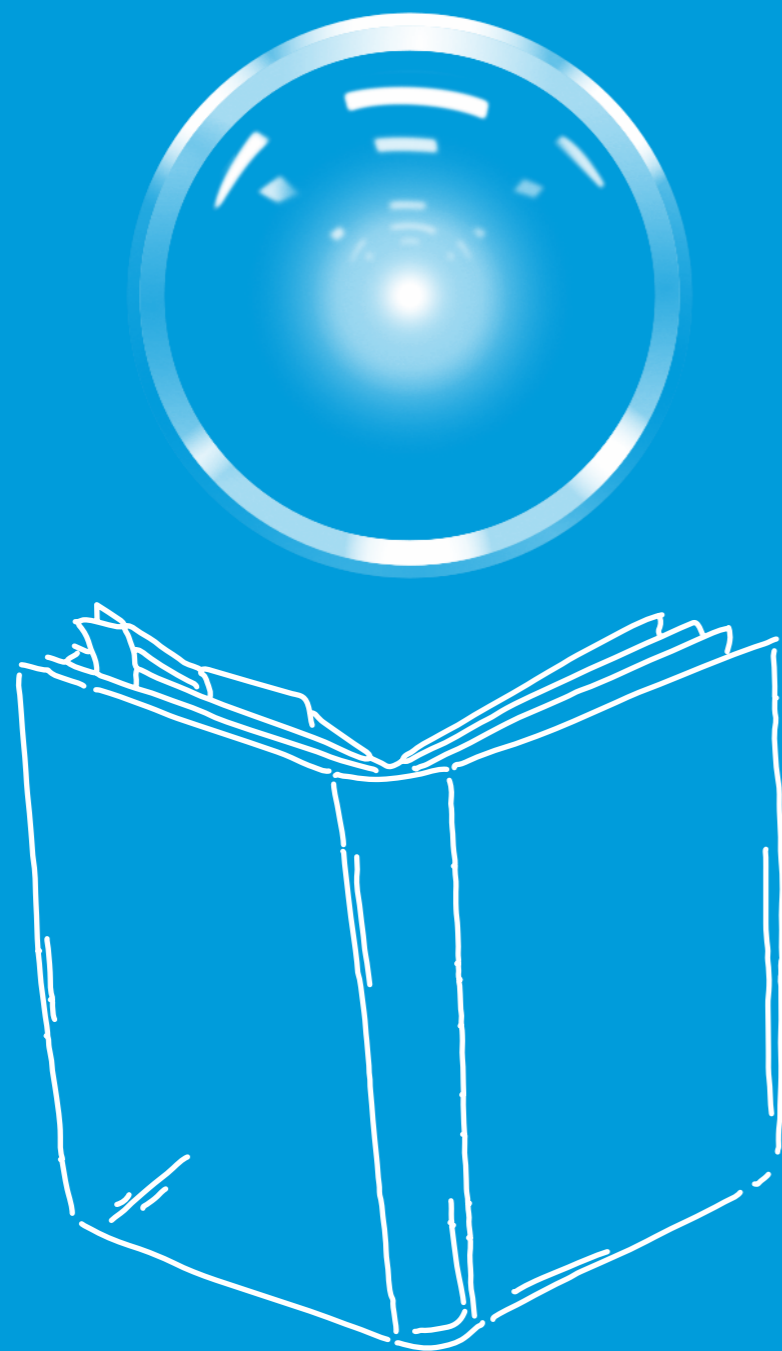
# Wie lernen Maschinen?

Intelligente Systeme sind heutzutage allgegenwärtig. Doch wie sie die Welt wahrnehmen und was genau sie lernen, lässt sich oft nicht sagen. Der Konstanzer Informatiker Prof. Dr. Goldlücke nutzt Verfahren des maschinellen Lernens, insbesondere des Deep Learning, auf dem Gebiet der Computer Vision. uni'kon hat mit ihm über die Möglichkeiten und Grenzen des maschinellen Lernens gesprochen.

Wir alle kennen, lieben und fürchten sie vielleicht auch ein wenig: Aus dem kollektiven (pop-)kulturellen Gedächtnis der jüngeren Gegenwart sind fiktionale Supercomputer wie HAL 9000 („2001: Odyssee im Weltraum“, 1968), Skynet („Terminator“, 1984) oder die Matrix („Die Matrix“, 1999) nicht mehr wegzudenken. Diese körperlosen Superintelligenzen lassen das ursprüngliche Konzept der Künstlichen Intelligenz (KI) weit hinter sich, um ein eigenes Bewusstsein und eine ganz eigene Sichtweise auf die Welt, aus der sie hervorgegangen sind, zu entwickeln. In Film und Roman führt dies meist unweigerlich zur radikalen globalen Umsetzung KI-gestützter Allmachtsfantasien – mit tödlichen Folgen für die zum Abfallprodukt maschineller Vormacht degradierten menschlichen Schöpfer. Die düsteren, dem Cyberpunk entlehnten Dystopien des späten zwanzigsten Jahrhunderts sagen dabei mehr über den vorherrschenden Zeitgeist als über den jeweiligen Stand der Technik aus. Was sie vereint ist der Glaube daran,

dass Technologie die Welt verändern kann – zum Guten oder zum Schlechten.

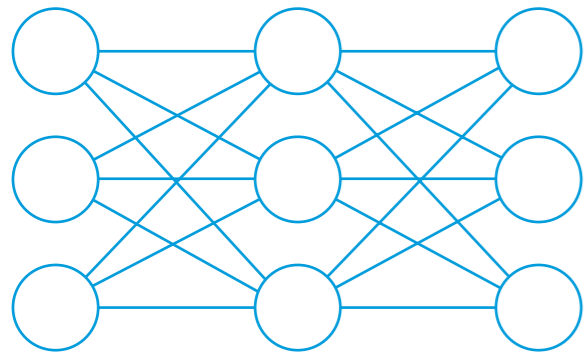
Und das tut sie. Algorithmischer Wertpapier- oder Hochfrequenzhandel, personalisierte Online-Werbung, medizinische Diagnosetools und Gesichtserkennungsdienste, wie sie etwa bei Facebook zum Einsatz kommen: Algorithmen prägen weite Teile unseres Lebens, auch wenn ihr Einsatz oftmals unbemerkt bleibt. Von der sogenannten „Singularität“, dem angenommenen Punkt, an dem die maschinelle Intelligenz die menschliche Intelligenz hinter sich lässt, sind wir allerdings noch weit entfernt, versichert der Konstanzer Informatiker Prof. Dr. Bastian Goldlücke, der intelligente Verfahren – sowohl Machine Learning als auch Deep Learning – bei der Erforschung von klassischen Problemen in der Computer Vision, dem maschinellen Sehen, anwendet: „Das Schlimmste, was im Moment passieren kann ist, dass ein autonomes Fahrerassistenzsystem versagt.“ Das kann zwar auch Menschenleben kosten, aber



dass eine Militärdrohne ein Bewusstsein entwickelt und die Weltherrschaft an sich reißt, hält er für eher unwahrscheinlich: „Es gibt kein System, das seinen Code selbstständig verändern könnte, um plötzlich etwas vollkommen anderes zu tun als das, wofür es vorgesehen ist.“

#### Ein Paradigmenwechsel

Machine Learning (ML) ist ein Untergebiet der Künstlichen Intelligenz (KI), „das Computer in die Lage versetzen soll zu lernen, ohne explizit darauf programmiert zu sein“, so der US-amerikanische KI-Pionier Arthur L. Samuel, der bereits Ende der 1950er Jahre den noch heute gebräuchlichen Begriff des „Machine Learning“ prägte. Machine Learning-Verfahren werden im weitesten Sinne eingesetzt, um künstlich Wissen aus Erfahrungen zu generieren. Dabei lernen herkömmliche künstliche Systeme mithilfe von Algorithmen Muster, Gesetzmäßigkeiten oder Querverbindungen zwischen Daten zu identifizieren und diese zu verallgemeinern. Auch auf Grundlage des Erlernten Aussagen über unbekanntes Daten zu machen gehört mit zum Aufgabenspektrum. „Eine Riesenexplosion auf dem Gebiet des maschinellen Lernens – ein regelrechter Paradigmenwechsel – fand in den letzten Jahren aufgrund der Durchbrüche im Deep Learning statt, besonders in der Bildverarbei-



tung und Computer Vision“, erzählt Bastian Goldlücke. Angefangen hat alles mit dem 1958 von Frank Rosenblatt vorgestellten Perzeptron. Bei einem einschichtigen Perzeptron sind künstliche Eingabeneuronen mit einem oder mehreren Ausgabeknoten verknüpft. Zwei Eingabeneuronen, die mit einem Ausgabeneuron verknüpft sind, können beispielsweise ein „Und“, ein „Oder“ sowie ein „Nicht“ realisieren. Durch die Kopplung verschiedener Perzeptren lassen sich heutzutage eine Reihe vielschichtiger und hierarchischer Netzstrukturen herstellen, die beispielsweise auch auf die Erkennung von lokalen Mustern bei der Bildverarbeitung und Mustererkennung spezialisiert sind.

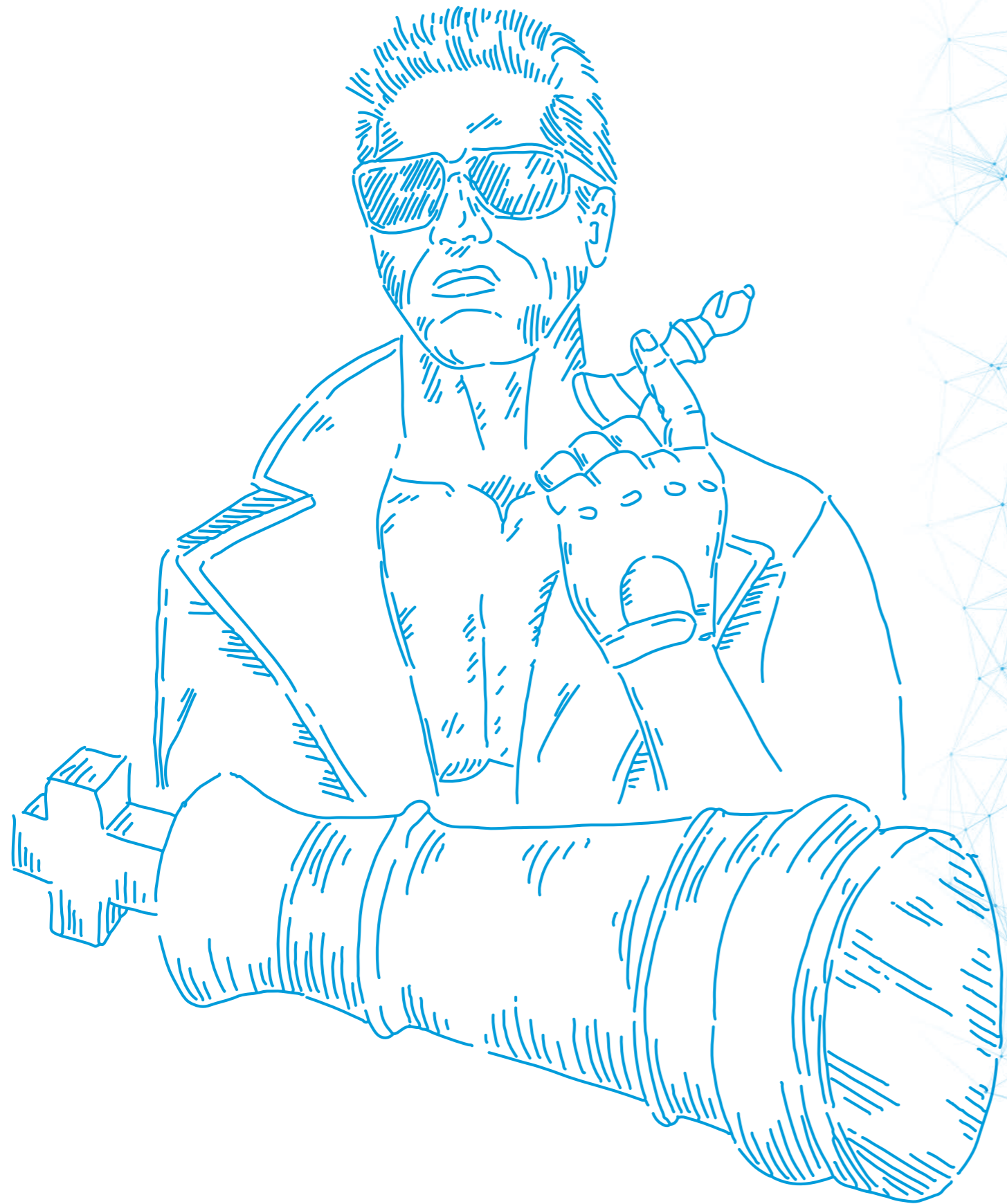
#### Des Pudels Kern

Im Gegensatz zu früheren Architekturen neuronaler Netzwerke können mit der wachsenden Leistungsfähigkeit der Computer heute zahlreiche Zwischenlagen (Hidden Layers) zwischen Eingabeschicht und Ausgabeschicht realisiert werden. Die Eingabe wird von der ersten sichtbaren Schicht weiter an die nächste, unsichtbare Schicht des Netzes weitergegeben und dort verarbeitet. Dabei wird auf jeder Schicht eine Repräsentation der eingegebenen Informationen erstellt, die eine Abstraktion der Eingangssignale darstellt. Dieser Prozess erstreckt sich über alle Schichten des neuronalen Netzes hinweg und wird dabei zunehmend abstrakter: Werden zum Beispiel in der ersten Schicht zunächst einfache Merkmale eines Bildobjektes wie Linien oder Bögen identifiziert, kann das System in den tieferen Schichten anhand dieser Informationen komplexere Strukturen erkennen, die schlussendlich zur Identifizierung des Zielobjektes führen. Künstliche Netze sind so in der Lage, abstrakte Konzepte aus Daten zu extrahieren und diese zur Lösung eines Problems zu verwenden.

Warum ist Deep Learning so erfolgreich? „Es kommen zwei Faktoren zusammen“, erklärt Goldlücke. „Zum einen haben wir jetzt die Rechenkapazität, um in Echtzeit riesige neuronale Netze ausführen und für praktische Anwendungen nutzen zu können. Die Struktur gerade auch von Bilddaten ist so komplex, dass man die vielen Parameter und verschiedenen Schichten in den Netzwerken für eine erfolgreiche Analyse tatsächlich braucht. Zum anderen sind heute die unglaublich großen Datenbestände verfügbar, die benötigt werden, um Modelle mit Millionen von Parametern trainieren zu können.“ Gerade weil sich mithilfe von Deep Learning der Aufbau hierarchi-



Von einem trainierten künstlichen neuronalen Netz zufällig erzeugte Gesichter.



scher Features besonders gut abbilden lässt, hat es auf den Gebieten der Bild- und Sprachverarbeitung andere Machine Learning-Verfahren weitestgehend verdrängt. Diese Entwicklung wird zusätzlich dadurch beflügelt, dass wichtige Deep Learning-Frameworks quelloffen zur Verfügung stehen, darunter zum Beispiel TensorFlow von Google.

#### Wie funktioniert Machine Learning?

Die Umsetzung von maschinellen Lernprozessen lässt sich auf verschiedene Arten bewerkstelligen. Dazu gehören das überwachte Lernen (Supervised Learning), das unüberwachte Lernen (Unsupervised Learning) und das bestärkende Lernen (Reinforcement Learning, siehe dazu auch Artikel S. 32). Beim überwachten Lernen werden dem Computer bestimmte Ein- und Ausgabewerte vorgegeben, auf Basis derer er lernt, Assoziationen herzustellen. Die Trainingsdaten sind dabei bereits markiert und klassifiziert. „Im Prinzip handelt es sich um eine Art Mustererkennungssystem“, erklärt Bastian Goldlücke. „Es geht um eine Abbildung von Eingabe auf Ausgabe. Man zeigt dem System ganz viele Beispiele von Eingabe zusammen mit gewünschter Ausgabe. Damit passt man ein Template für eine Funktion an die Daten an, das in aktuellen Netzwerken, die beispielsweise bei der Objekterkennung in Bildern eingesetzt werden, von mehreren Millionen Parametern abhängt.“

Beim unüberwachten Lernen werden dem System nur die Eingabewerte zur Verfügung gestellt. Es muss diese eigenständig kategorisieren und lernen, Beziehungen zwischen den Daten zu erkennen. „In der Computer Vision ist ein beliebtes Beispiel die Codierung von Gesichtern: Im Computer ist ein Gesicht einfach Pixel für Pixel gespeichert, als unstrukturierte Sammlung von farbigen Bildpunkten. Die menschliche Wahrnehmung gruppiert diese einzelnen Bildpunkte mühelos zu Gesichtern und deren Bestandteilen, wie verschiedene Arten von Augen, Nasen und Mündern. Das Ziel beim unüberwachten Lernen ist, dass der Algorithmus diese Grundmuster selbstständig in den Daten entdeckt“, erklärt Bastian Goldlücke (Zu Computer Vision siehe auch Artikel S. 22).

Dem menschlichen Lernvorgang vielleicht am nächsten kommt das bestärkende Lernen. Anders als beim überwachten Lernen werden hier keine markierten Eingabe- beziehungsweise Ausgabepaare vorgegeben. Man gibt dem System Trainingsdaten ein und weist es beispielsweise an, das Bild eines Hundes zu identifizieren. Gibt es ein richtiges Ergebnis aus,

erhält es ein positives Feedback dazu, auf dessen Grundlage es lernt, korrekte Assoziationen herzustellen. Diese Methode wurde unter anderem beim von Google DeepMind entwickelten System „AlphaGo“ eingesetzt, das 2015 den amtierenden Europameister im Go-Spiel schlug – was aufgrund der Komplexität und der großen Anzahl möglicher Züge bis dahin als besondere Herausforderung gegolten hatte. Das Nachfolger-System „AlphaZero“ aus dem Jahr 2017 ging einen entscheidenden Schritt weiter: Es war in der Lage, ohne auf menschliche Erfahrungswerte zurückzugreifen, innerhalb weniger Stunden nur anhand der Spielregeln sowie durch intensives Spielen gegen sich selbst gleich mehrere Brettspiele zu meistern, darunter Schach und die wesentlich komplexeren fernöstlichen Spiele Shōgi und Go.

#### Was sehen Maschinen?

Bastian Goldlücke wendet intelligente Verfahren auf dem Gebiet der Computer Vision an, das auch mit den deutschen Begriffen maschinelles Sehen oder Computersehen umschrieben wird. Im Kern beschäftigt sich die Computer Vision damit, wie sich die menschliche Wahrnehmung der realen Welt im Computer reproduzieren lässt – wie aus zweidimensionalen Kamerabildern die dreidimensionale Welt künstlich rekonstruiert werden kann. Dieser Aspekt der Computer Vision wird gerade im Alltag immer wichtiger: Selbstfahrende Autos lernen beispielsweise mithilfe von Kameras und Sensoren, die Umwelt zu erfassen, den Verkehr zu navigieren und dabei Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmern zu vermeiden. Auch bei der medizinischen Diagnostik kommt die Computer Vision zum Einsatz, ebenso bei industriellen Qualitätsmanagementprozessen, wo es beispielsweise gilt, Defekte an fertigen Produkten zu erkennen. Und sie findet neue Lösungen für die computerbasierte Erkennung von Gesichtern, Gesichtsausdrücken oder Gesten, die von besonderer Bedeutung für Mensch-Maschine-Interaktionen ist: Während ein Mensch gewohnheitsmäßig in der Lage ist, vertraute Gesichter zu erkennen und einem Gesicht eine bestimmte Gemütslage zuzuordnen, tut sich ein Computer besonders schwer damit, denn die zugrundeliegenden Regeln sind nicht offensichtlich und damit nur schwer berechen- und reproduzierbar.

Bastian Goldlücke trägt mit seiner Forschung zur Lösung klassischer Probleme bei der Tiefenrekonstruktion von Stereo-Bildpaaren und bei der Bildseg-

mentierung bei – beides Teilgebiete der digitalen Bildverarbeitung. Hier geht es darum zu bestimmen, welche Pixel auf einem Bild zusammengehören – also welche Bildpunkte Objekte im Bild formen und wie diese voneinander abzugrenzen sind. Unter anderem wird der Abstand jedes einzelnen Bildpunktes zum Betrachter ermittelt – eine datenintensive Aufgabe, bei deren Bewältigung maschinelles Lernen helfen kann: „Wir nutzen Algorithmen, um einen pixelgenauen, direkten Vergleich zwischen zwei Bildern eines Bildpaares vorzunehmen. Strukturen, die im linken Kamerabild sichtbar sind, müssen dabei im rechten Kamerabild wiedergefunden werden.“

Deep Learning-Verfahren werden unter anderem bei der Analyse von Lichtfeldern eingesetzt, die aus zwanzig oder sogar fünfzig von einer einzelnen Kamera aufgenommenen Bildern bestehen. Der Vorteil eines Deep Learning-Systems im Gegensatz zu einem herkömmlichen Algorithmus besteht darin, dass man mit genug Trainingsdaten dem neuronalen Netz auch die Analyse sehr komplexer Szenen beibringen kann, die physikalisch korrekt nur schwer zu modellieren sind. „So versuchen wir, die 3D-Geometrie sehr schwieriger Szenen zu bestimmen – darunter auch Szenen, die spiegelnde Oberflächen beinhalten“, sagt Goldlücke, denn in diesem Fall verändert sich die gespiegelte Oberfläche auf sehr komplexe Art und Weise, wenn man den Blickpunkt darauf ändert. Die grundlegende Frage ist also, wie man sowohl die Bewegung einer Kamera als auch die Struktur der beobachteten Welt in Relation zu einander berechnen kann. Die auf diesem Gebiet zum Einsatz kommenden künstlichen neuronalen Netze werden auch mit künstlichen Testdaten und -szenen trainiert, die aus der Computergrafik stammen. Während das Training eines solchen Deep Learning-Systems oft mehrere Tage in Anspruch nimmt, ist die Lösung des Problems dann in Zehntelsekunden berechnet.

Im Falle des an der Universität Konstanz angesiedelten Exzellenzclusters Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour, für den Bastian Goldlücke ebenfalls KI-Lösungen entwickelt, kann Deep Learning die Untersuchung von großen Tierkollektiven erleichtern: Die Künstliche Intelligenz setzt dort an, wo das menschliche Auge bei der Identifizierung von Individuen versagt. Man denke an ein Bienenvolk oder an einen Vogelschwarm – unmöglich für das menschliche Auge, auf einem Bild mit bloßem Auge alle Tiere zu erfassen, geschweige denn ein Individuum vom anderen zu unterscheiden oder Aussagen da-

rüber zu machen, in welche Richtung einzelne Tiere gerade sehen oder sich bewegen.

#### Die Grenzen des Möglichen

Als es 1996 dem von der IBM entwickelten Computer „Deep Blue“ in einer aufsehenerregenden Schachpartie gelang, den amtierenden Schachweltmeister Garri Kasparow zu schlagen, ging ein kollektives Raunen um die Welt. Was würden Computer in Zukunft leisten können? War „Deep Blue“ intelligent – intelligenter vielleicht, als sein menschlicher Gegenspieler? Gab es Grenzen für das, was sich mit der richtigen Kombination aus Software und Hardware erreichen lassen würde? Dabei hatte der Erfolg von „Deep Blue“ zunächst einmal wenig mit Künstlicher Intelligenz zu tun. Es waren vielmehr neue Entwicklungen auf dem Gebiet des „Massively Parallel Processing“, die es dem System erlaubten, eine Unmenge von komplexen Kalkulationen gleichzeitig durchzuführen.

Dennoch wird das Können von Computern gern mit dem von Menschen verglichen. Und die Performance der besten Systeme im Bereich der Objekterkennung auf Bildern lässt sich tatsächlich ungefähr mit der von Menschen vergleichen, bestätigt Bastian Goldlücke.

Tatsache ist aber auch, dass sich künstliche Systeme leicht täuschen lassen. Ein wichtiges Stichwort ist hier das sogenannte „Adversarial Example“: Es reicht beispielsweise aus, einige wenige Pixel auf einem Bild zu verändern – also ein künstliches Rauschen herbeizuführen – um das System so aus dem Konzept zu bringen, dass es etwas völlig anderes erkennt, als eigentlich abgebildet ist. „Ein Fehler, den Menschen nie machen würden“, resümiert Bastian Goldlücke.

Ein aktuelles Beispiel für die verschiedenen Herausforderungen, mit denen Künstliche Intelligenzen in der Praxis fertig werden müssen, sind die Upload-Filter, die im Zuge der jüngst vom europäischen Parlament verabschiedeten Urheberrechtsreform eingesetzt werden sollen. Algorithmen stoßen an ihre Grenzen, wenn der Kontext eines Uploads einbezogen werden muss. Um eine Urheberrechtsverletzung feststellen zu können, müsste der Algorithmus in der Lage sein, zwischen erlaubter Nutzung – etwa im Kontext von Parodien oder Zitaten – und unerlaubter Nutzung zu unterscheiden. Der jetzige Stand der Technik lässt solch feine Unterscheidungen allerdings nicht zu, was im Resultat zu „Overblocking“ führen könnte.

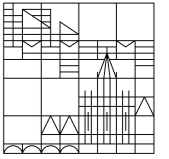


„Im Prinzip handelt es sich um eine Art Mustererkennungssystem. Es geht um eine Abbildung von Eingabe auf Ausgabe.“

Prof. Dr. Goldlücke



**Prof. Dr. Bastian Goldlücke** ist seit 2014 Professor für Computer Vision und Image Analysis an der Universität Konstanz. Zuvor forschte er an der Universität Heidelberg, der TU München sowie der Universität Bonn. Er beschäftigt sich mit der Kombination von Deep Learning mit Variationsverfahren und Anwendungen in der Computer Vision, insbesondere für inverse Probleme bei der 3D-Szenenanalyse. 2013 wurde Bastian Goldlücke mit dem ERC Starting Grant „Light Field Imaging and Analysis“ ausgezeichnet. Seine Forschung wird durch den SFB-TRR 161 „Quantitative Methods for Visual Computing“ und den Exzellenzcluster „Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour“ der Universität Konstanz unterstützt.



Ist der Unterschied zwischen menschlichem und maschinellern Erkenntnisvermögen somit in der menschlichen Intuition begründet oder einem anderen entscheidenden Moment, das wir vielleicht noch nicht identifiziert haben? „Das ist die Frage“, lacht Goldlücke. „Es liegt aber auch nahe, dass wir einfach noch nicht das richtige künstliche Modell gefunden haben. Auf dem Gebiet der Computer Vision hat man zwar versucht, neuronale Netze nach dem Vorbild des visuellen Systems beim Menschen zu modellieren, aber offensichtlich funktionieren diese künstlichen Netze doch noch anders.“

#### Ghost in the Shell?

Die Frage liegt auf der Hand, inwieweit man künstlichen neuronalen Netzen auf dieser Grundlage vertrauen kann. Gerade in sicherheitsrelevanten Kontexten wie dem autonomen Fahren ist die Verlässlichkeit des Systems besonders wichtig. Ein großes Thema ist deshalb die sogenannte „Explainable AI“. Bislang lassen sich neuronale Netze am besten mit dem Bild der „Black Box“ umschreiben. Man kann sie zwar mit Testdaten trainieren, es fehlt allerdings „eine explizite deklarative Wissensrepräsentation“, wie die Gesellschaft

für Informatik (GI) feststellt. Dies gilt selbst dann, wenn die zugrundeliegenden mathematischen Prinzipien bekannt sind. Es lässt sich mit anderen Worten bislang nicht genau sagen, was künstliche neuronale Systeme eigentlich genau lernen beziehungsweise wie der Lernprozess auf den Hidden Layers abläuft.

Ein aktuelles übergreifendes Forschungsvorhaben besteht deshalb darin, Systeme zu entwickeln, bei denen der Entscheidungsprozess nachvollzogen werden kann. Laut GI ist einer der wichtigsten Beiträge von „Explainable AI“ deshalb „aufzuklären, was Ursache ist und was Wirkung (und welches nur Korrelation) – um zu vermeiden, dass man fälschlich Artefakte und Surrogate miteinbezieht“. Diese Öffnung der „Black Box“ wird auch im juristischen Kontext immer wichtiger, gerade vor dem Hintergrund der Europäischen Datenschutzgrundverordnung (DS-GVO), die unter anderem fordert, dass Erklärungen für bestimmte Entscheidungen oder Risikobewertungen nachvollziehbar und erklärbar sein müssen. Diese und weitere Sachverhalte gilt es nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in Wirtschaft und Gesellschaft zu verhandeln.

| tg.



# Migration



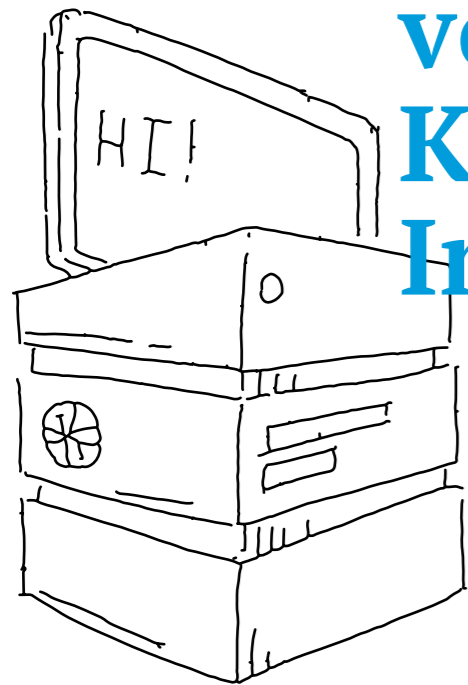
„Migration“ findet sowohl im Mensch- als auch Tierreich statt und kann aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet und analysiert werden. So fokussieren die Wissenschaftler\*innen am Zukunftskolleg der Universität Konstanz auf andere Aspekte von „Migration“ als die beiden Konstanzer Exzellenzcluster „Politics of Inequality“ und „Collective Behaviour“ oder das „Zentrum für kulturwissenschaftliche Forschung“. Umso spannender, wenn alle Facetten im Rahmen einer gemeinsamen Veranstaltungsreihe beleuchtet und neue Forschungsfelder entdeckt werden. Zentraler Bestandteil der Kooperation sind wissenschaftliche Kurzvorträge und eine Ausstellung von George Butler. Der Künstler George Butler beschränkt Migration nicht auf die humane Migration, sondern weitet sie auf die Tiermigration aus und betrachtet die Interaktion beider Migrationsarten.

**Lightning Talks & Discussion zu „Migration“**  
im Rahmen des Jour Fixe des Zukunftskollegs  
**25. Juni 2019**

**Ausstellung „Anima Mundi“**  
von Illustrator George Butler  
im Foyer der Bibliothek,  
Universität Konstanz  
**11. Juni bis 12. Juli 2019**







# Die Angst vor der Künstlichen Intelligenz

**Wozu ist Künstliche Intelligenz in der Lage, was sind ihre Grenzen und wie können wir verantwortungsvoll mit ihr umgehen? Ein Interview mit dem Konstanzer Informatiker Prof. Dr. Michael Grossniklaus.**

**uni'kon:** Prof. Grossniklaus, in gesellschaftlichen Debatten wird die „Macht des Algorithmus“ diskutiert, der Einfluss von Künstlicher Intelligenz auf unser Leben – nicht selten mit bangem Unterton. Herrscht eine Schiefelage in der öffentlichen Wahrnehmung?

**Michael Grossniklaus:** Ja, ich denke schon. Die medialen Debatten neigen zu Interpretationen, die über die tatsächlichen Möglichkeiten von Algorithmen und Künstlicher Intelligenz hinausgehen. Es herrscht eine diffuse Vorstellung, wozu sie in der Lage sind. Da ist es wichtig, dass Aufklärungsarbeit geleistet wird.

**Woran liegt diese Unsicherheit?**

Wir sind momentan ein wenig in einem Vakuum. Die Informatik entwickelt sich schnell weiter, und die Gesetzgebung hinkt der technischen Entwicklung hinterher – ein aktuelles Beispiel ist das stark diskutierte Urheberrecht in der Europäischen Union. Oft fehlt es am technischen Verständnis, um solche Fragestellungen zu Ende zu denken.

Es ist völlig klar, dass ein unglaubliches Potenzial in diesen Technologien steckt – so wie uns die Industrialisierung weitergebracht hat, so wie die Elektrizität nicht mehr wegzudenken ist. In der Gesellschaft gibt es immer wieder Prozesse, in denen Bekanntes über den Haufen geworfen

wird. Während das passiert, ist es ganz natürlich, dass eine gewisse Unsicherheit besteht. In solchen Zeiten ist es wichtig, dass man den Menschen zeigt: Die Regeln der Gesellschaft und des Staates bestehen nach wie vor – und können erweitert werden, um mit diesen neuen Entwicklungen umzugehen.

**Wo genau liegen die Missverständnisse?**

Die Technologien werden nicht richtig verstanden. Es beginnt bereits damit, dass Algorithmen und Künstliche Intelligenz über einen Kamm geschoren werden. Algorithmen sind lediglich ausführbare Spezifikationen. Es handelt sich bei ihnen um klar definierte Handlungsvorschriften. Die

Entscheidungswege eines Algorithmus kann ich mir im Detail anschauen. Wenn ich mich frage, wie sein Ergebnis zustande gekommen ist, kann ich den Algorithmus genau in seinen Schritten nachvollziehen – und, wenn ich will, auf Papier selbst durchspielen.

**Und Künstliche Intelligenz?**

Künstliche Intelligenz ist eine ganz andere Geschichte. Der Begriff wird heute häufig gleichgesetzt mit Machine Learning (Maschinelles Lernen) und neuronalen Netzwerken, ursprünglich war der Begriff aber breiter gefasst.

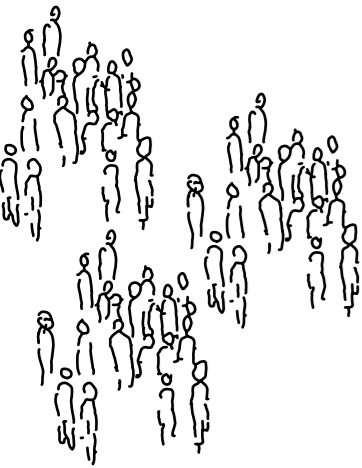
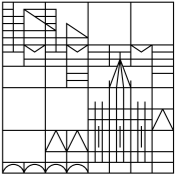
Machine Learning (siehe dazu auch Artikel S. 32) ist ein „Meta-Algorithmus“. Er wird nach dem Vorbild eines neuronalen

Netzes aufgebaut und dann trainiert, indem man ihm Daten vorsetzt. Ein Beispiel: Wenn ich einem solchen neuronalen Netzwerk hundert Bilder von Giraffen und hundert Bilder von Vögeln gezeigt habe, wird es beim Auswerten eines neuen Bildes mit hoher statistischer Relevanz sagen können, ob es sich um eine Giraffe oder einen Vogel handelt. Das Ganze ist im Grunde aber „nur“ sehr fortgeschrittene Statistik. Das Lernen in einem neuronalen Netzwerk führt einfach dazu, dass bestimmte Verbindungen und Zusammenhänge in seinem Datensatz ein stärkeres Gewicht erhalten als andere. Es kann eine Giraffe und einen Vogel zwar unterscheiden. Es hat aber keinerlei Verständnis entwickelt, was eine Giraffe oder ein Vogel ist. Es führt

einfach nur einen statistischen Prozess durch. Ein gutes Beispiel ist ein lernender Schachcomputer. Das trainierte neuronale Netzwerk wird irgendwann besser spielen als der Mensch, ganz klar, aber Stand heutiger Technik wird es nie ein Verständnis für das Spiel entwickeln oder strategisch zu denken beginnen. Es bewegt zum Beispiel einen Läufer, weil dies nach statistischer Auswertung der erfolgversprechendste Zug ist. Ein Schachspieler wie Kasparow würde hingegen eher sagen: Ich habe den Läufer bewegt, um meinen Gegenspieler zu verleiten, einen bestimmten Zug zu machen, damit ich wiederum seine Figur schlagen kann.

**Prof. Dr. Michael Grossniklaus** ist Professor für Datenbanken und Informationssysteme an der Universität Konstanz. In seiner Forschung befasst er sich schwerpunktmäßig mit Anfrageoptimierung in Datenbanksystemen sowie mit der Verarbeitung großer Datenströme.





schätzt. Was sich das neuronale Netz an dem Foto anschaut, das weiß man nicht. Das müssen nicht unbedingt die Maßstäbe sein, nach denen wir das Alter eines Menschen einschätzen würden. Eine Hypothese: Es könnte ja sein, dass in der Fotosammlung, mit der das neuronale Netz trainiert wurde, die Fotos von älteren Menschen mit qualitativ besseren Kameras gemacht wurden als die Fotos von Teenagern. Vielleicht hat sich das neuronale Netzwerk aus allen Features, die ein Bild hat – Farbverteilung, Gesichtserkennung, Haarfarbe – ausgerechnet die Auflösung als das Unterscheidungskriterium herausgegriffen, das sich bei der vorliegenden Stichprobe als am erfolgreichsten erwiesen hat. Dann ist der Effekt, den wir zu beobachten glauben, gar nicht der Prozess, wie das neuronale Netz zu einer Entscheidung kommt – das kann grundverschieden sein.

#### Können wir das Problem lösen?

Der Anspruch an die Informatik wäre für mich schon, dass wir an einen Punkt kommen, an dem wir die Vorgänge eines neuronalen Netzes formal verifizieren können. Die Arbeitsgruppe von Daniel Keim (Professor für Datenanalyse und Visualisierung an der Universität Konstanz, Anm. d. Red.) entwickelt unter anderem Verfahren, um mit Hilfe von Visualisierungen der Vorgänge ein Verständnis

herzustellen, wie diese neuronalen Netzwerke zu Entscheidungen kommen. Dies wird, so denke ich, zu mehr Akzeptanz für diese Verfahren führen und auch bei juristischen Fragen für mehr Klarheit sorgen.

#### Welche Verantwortung liegt bei uns?

Mit der Möglichkeit zu programmieren können wir wahnsinnig schnell einschneidende Veränderungen herbeiführen. Wenn wir dieses Potenzial verantwortungsvoll nutzen wollen, dann müssen wir alle etwas von Informatik verstehen. Wir müssen fachfremden Menschen Kompetenzen in Informatik vermitteln, und wir müssen Informatikern die gesellschaftliche Tragweite ihres Handelns verdeutlichen. Das ist auch eine Verantwortung, die eine Universität hat. Ich denke, dass der geplante Advanced Data and Information Literacy Track (siehe Infokasten) der Universität Konstanz hierzu einen großen Beitrag leisten wird. Wir möchten mit diesem Angebot allen Studierenden – unabhängig von ihrer Fachrichtung – die Kompetenzen vermitteln, um kritisch, informiert und verantwortungsvoll mit Daten umzugehen. Dieses Bewusstsein zu schaffen, ist immens wichtig – damit wir alle die Entscheidungen, vor denen wir stehen, mit ein wenig offeneren Augen treffen. Mit diesem Track haben wir eine unglaubliche Chance.

| Das Gespräch führte Jürgen Graf.

#### Worin besteht dann das Problem mit der Künstlichen Intelligenz?

Die Ergebnisse eines neuronalen Netzes sind nicht garantiert vorherzusagen. Stand heutiger Technik ist es sehr schwierig nachzuvollziehen, wie es zu seinem Ergebnis kam. Die Entscheidungswege eines normalen Algorithmus kann ich mir, wie gesagt, im Detail anschauen. Bei der Künstlichen Intelligenz kann ich hingegen nicht in die Black Box reinschauen. Das heißt, ich kann das neuronale Netz schon analysieren und sehe dann seine Gewichtungen im Datensatz. Aber ich kann das neuronale Netz nicht fragen, warum es jetzt genau dieses Bild als Giraffe oder Vogel klassifiziert hat. Man findet nicht wirklich eine Beschreibung des Lösungsweges, sondern nur ein statistisches Verfahren.

#### Wir können also nicht mit Gewissheit sagen, wie neuronale Netze bei der Bearbeitung einer Aufgabe vorgehen?

Ja, genau. Die ETH Zürich hat in einem Projekt versucht, ein neuronales Netzwerk so zu trainieren, dass es anhand des Fotos einer Person eine Alterseinschätzung geben kann. Zusammen mit meinem Kollegen Prof. Dr. Bela Gipp habe ich einfach mal getestet, was passiert, wenn ich bei einem der Fotos die Auflösung senke. Das Ergebnis: Das neuronale Netz hat die abgebildete Person nun als jünger einge-

#### Der Advanced Data and Information Literacy Track

Der Advanced Data and Information Literacy Track ist ein geplantes Angebot der Universität Konstanz für Studierende aller Fachrichtungen. Der Track wird Schlüsselkompetenzen in Datenanalyse und zu damit verbundenen ethischen, rechtlichen, sozialen und theoretischen Gesichtspunkten vermitteln: Wie Computer programmiert werden, wie Daten gesammelt, analysiert und zur Anwendung gebracht werden, welche gesellschaftliche Fragestellungen Datenanwendungen mit sich bringen. Der praxisorientierte Track wird im selben Maße für wissenschaftliche und gesellschaftliche Anwendungsbereiche von Daten qualifizieren.

# Professor Elizabeth Schmidt

Loyola University Maryland

## Foreign Intervention in Africa after the Cold War: The Role of Outsiders in the Current Crisis

June 4, 2019 | 3.15 pm

Room G 227 | University of Konstanz

Lecture Series of the MA-Program "International Administration and Conflict Management"



CENTER OF EXCELLENCE  
Cultural Foundations of Social Integration  
UNIVERSITY OF KONSTANZ

Contact:  
[iacm@uni-konstanz.de](mailto:iacm@uni-konstanz.de)  
[www.peaceandconflict.de](http://www.peaceandconflict.de)

# Künstliche Intelligenz erleben

In einer einrichtungs- und disziplinübergreifenden Lehrveranstaltung der Universität Konstanz, der Hochschule Technik, Wirtschaft und Gestaltung Konstanz und der Musikhochschule Trossingen entsteht die Ausstellung „Link – zur Künstlichen Intelligenz“. Sie ist ab 3. Juli 2019 im Konstanzer Turm zur Katz zu sehen.

„Das Erlebnis der Ausstellung steht klar im Fokus“, so die einleitenden Worte in der Dokumentation zum interdisziplinären Ausstellungsprojekt „Link“, durch welche ich blättere, um mir als Gast des Seminars Überblick zu verschaffen. Auf über 200 Seiten sind die Ergebnisse des ersten Semesters der hochschulübergreifenden Lehrveranstaltung aufgezeigt: Ein unverkennbares Corporate Design, kreative Marketingmaßnahmen, ausgefeilte Konstruktionspläne, Raumgestaltung, inhaltliche Konzepte und technische Details – diese Ausarbeitung zeugt von interdisziplinärer Zusammenarbeit. Für das Ausstellungsprojekt „Link – zur Künstlichen Intelligenz“ kooperieren Studierende aus der Geschichte, Architektur, Informatik, den Studiengängen Literatur-Kunst-Medien, Kommunikationsdesign und Musikdesign zusammen. Sie kommen von der Universität Konstanz, der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG) und der Staatlichen Hochschule für Musik Trossingen. Das gemeinsame Ziel: Eine innovative und interaktive

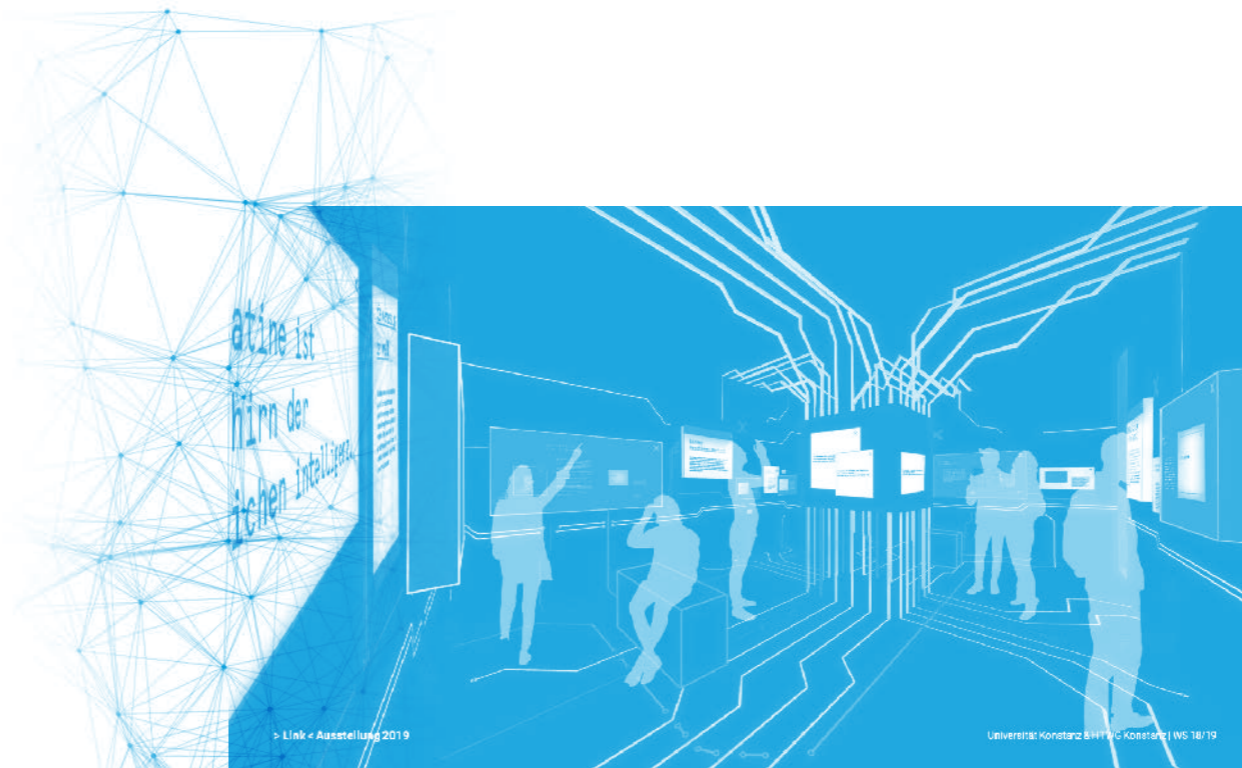
Ausstellung, die den Besucherinnen und Besuchern die Verbindung zwischen Mensch und Künstlicher Intelligenz nahebringt. Ein Raum für Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft – mit Erlebnischarakter, versteht sich.

Jan Behnstedt-Renn, Dozent für Medien und Geschichte an der Universität Konstanz und einer der Projektverantwortlichen (siehe Infokasten), erklärt: „Die Zusammenarbeit zwischen der Universität und der HTWG zur Realisierung einer Ausstellung besteht bereits seit einigen Jahren. Im Zwei-Jahres-Rhythmus erarbeiten Studierende aus verschiedenen Fachrichtungen Konzept und Umsetzung einer Ausstellung und erlernen dabei Kenntnisse der Ausstattungs-gestaltung und Kuratierung sowie wichtige kommunikative Fähigkeiten.“ Das Potenzial dieser Lehrkooperation zeigte das Vorgängerprojekt „Rebuild Palmyra?“ aus dem Jahr 2017, das von dem Archäologen Prof. Dr. Stefan Hauser von der Universität Konstanz betreut wurde. Das Konzept für „Link“ konnte bereits die Jury des Hoch-

schulwettbewerbs des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zum Wissenschaftsjahr 2019 überzeugen und wird mit 10.000 Euro gefördert.

## Das Konzept entwickeln

Alle konzeptionellen Überlegungen aus dem vorangegangenen Semester sind in der umfangreichen Dokumentation zusammengefasst. Sie bildet damit die Basis für das Sommersemester, in welchem die Ausstellung realisiert werden wird. Dass diese Pläne zwar gedruckt, aber noch lange nicht in Stein gemeißelt sind, wird mir schnell deutlich. Im Seminar, zu dem die Studierenden in Projektgruppen eingeteilt erscheinen, um ihre Aufgabenbereiche mit den Professoren zu diskutieren, werden sowohl Inhalte als auch Methoden ständig hinterfragt, überarbeitet und weiterentwickelt. Welche technischen Details zu KI lassen sich verständlich aufbereiten? Mit welcher Erwartung betreten sie die Ausstellungsräume? Wohin richten sie als erstes ihre Aufmerksamkeit? Wie kann man sich dies zunutze machen? Lassen sich



einzigste Vorgabe war das Thema Künstliche Intelligenz, die Herangehensweisen reichten von kritischen über erklärende Ansätze bis hin zur Präsentation von KI-verursachten Dystopien. Studierende und Professoren stimmten darüber ab, welche Idee weiterverfolgt werden sollte. Gewonnen hat ein vierstufiges Ausstellungskonzept, das sich an der Ästhetik von Computer- und Netzwerkarchitektur orientiert. Auf den Ebenen „Desktop“, „Platine“, „Server“ und „Chatroom“ sollen die Besucherinnen und Besucher mit Eindrücken und Erwartungen an KI in der popkulturellen Darstellung konfrontiert werden, über historische Kontexte und Systeme der Mensch-Maschine-Interaktion informiert werden, sich mit aktuellen Anwendungen, Entwicklungen und gesellschaftlichen Fragestellungen auseinandersetzen und am Diskurs teilnehmen. Die Verbindungen – die Links – zwischen Mensch und Maschine, zwischen Forschung und Alltag, aber auch zwischen Menschen untereinander werden so beleuchtet und reflektiert.

die interaktiven Elemente intuitiv bedienen? Informationen und Anwendungen müssen vereinfacht, alle Eventualitäten berücksichtigt und Umsetzungsmöglichkeiten geklärt werden. Es sei Herausforderung und Bereicherung zugleich, in solch diversen Projektgruppen zu arbeiten, so Seminarteilnehmerin Theresa Haugg.

Auch bei der Konzeption im Wintersemester war Teamfähigkeit gefragt: In fünf Gruppen arbeiteten die Studierenden je ein Konzept aus, welches sie anschließend in einem Pitch präsentierten. Die

## Eine Ausstellung realisieren

Für jeden der vier Ausstellungsräume sowie für weitere Aufgabenbereiche wie beispielsweise Marketing und Sponsoring wurden Projektteams eingeteilt und so-



mit Verantwortlichkeiten vergeben. „Trotzdem wird es am Ende darauf hinauslaufen, dass all diejenigen, die Kapazitäten haben, den anderen helfen werden, weil die Ausstellung dann einfach stehen muss“, mutmaßt Theresa Haugg. Diese Verantwortung sei neu, und viele Aufgaben würden per „Learning by Doing“ gemeistert: Wirtschaftlich zu denken, Kooperationen aufzubauen, Deals auszuhandeln und gemeinsam zu prüfen, welche Ideen in Zeit und Budget umsetzbar sind – all diese Dinge sieht die Studentin als Chance, sich für das Arbeitsleben zu wappnen. Ihr Team kümmert sich um das Marketing, was auch Öffentlichkeitsarbeit, Finanzierung und Projektmanagement einbezieht. Die Eröffnung der Ausstellung in Konstanz, die Planung des Rahmenprogramms und die Organisation weiterer Ausstellungsorte fallen damit in ihren Aufgabenbereich.

#### Künstliche Intelligenz erleben

Die Thematik des Wissenschaftsjahres 2019 – Künstliche Intelligenz „Zeigt eure Forschung!“ – macht deutlich, wie relevant sowohl die aktuellen Entwicklungen im Bereich KI als auch eine durchdachte Vermittlung dieser Entwicklungen sind. „Wir möchten den Besucherinnen und Besuchern ermöglichen, sich auf spielerische Weise mit intelligenten Systemen, ihren Anwendungsbereichen und Auswirkungen auf unser alltägliches Leben auseinanderzusetzen. Neben klassischen Inhalten der Wissensvermittlung ist es uns wichtig, die interaktiven Stationen als Einheit aus technischer Anwendung, Inhaltsvermittlung und Meinungsbildung zu gestalten“, fasst Jan Behnstedt-Renn zusammen. Auch Thesesa Haugg vertritt eine ähnliche Ansicht: „Letztendlich soll eine Ausstellung natürlich informieren und bereichern, ich glaube aber, sie sollte auch immer ein Erlebnis sein.“ Ihrer Meinung nach seien die Zeiten von Glasvitrinen und langen Texten im Museum vorbei, jedenfalls wenn ein breites Publikum angesprochen werden soll. Ich bin gespannt, was uns stattdessen erwarten wird – in welchen blau-roten Formaten, mit welchen multimedialen Eindrücken, überraschenden Informationen und neuartigen Interaktionen uns „Link“ in ihren Bann ziehen wird.

| jts.

#### Das Ausstellungsprojekt

##### „Link – zur Künstlichen Intelligenz“

ist eine gemeinsame Lehrveranstaltung der Universität Konstanz, der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG) und der Staatliche Hochschule für Musik Trossingen. Letztere ist zum ersten Mal Kooperationspartner in der langjährigen Zusammenarbeit der Konstanzer Hochschulen zur Ausstellungsgestaltung, die von Harald Reiterer, Professor für Informatik und Informationswissenschaft an der Universität Konstanz, und Eberhard Schlag, Professor für Architektur und Design an der HTWG, geleitet wird. Maßgeblich am Projekt beteiligt sind zudem Falk Schreiber, Professor für Computational Life Sciences, Daniel Klinkhammer, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Human-Computer Interaction Group, Ulf Hailer, Dozent für alte Geschichte, und Jan Behnstedt-Renn, Dozent für Medien und Geschichte an der Universität Konstanz.

Das Ausstellungsprojekt wird im Rahmen des Hochschulwettbewerbs des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zum Wissenschaftsjahr 2019 mit 10.000 Euro gefördert.

„Link – zur Künstlichen Intelligenz“ wird ab 3. Juli 2019 im Turm zur Katz für drei Monate gezeigt werden. Öffentliche Vorträge und Diskussionsrunden mit prominenten KI-ForscherInnen, UnternehmerInnen, PublizistInnen, dem Konzert einer KI-Sinfonie, Open-Air Kino-Abende und Vertiefungsworkshops sollen die Ausstellung bereichern und diverse Perspektiven auf Künstliche Intelligenz präsentieren. Im Anschluss soll „Link“ als Wanderausstellung in weitere deutsche Städte reisen.



# Eine neue Ära in der Verhaltensforschung

Durch die Nutzung Künstlicher Intelligenz revolutioniert die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Couzin die Kollektivforschung: Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler lehren Computer, das zu erkennen, was Menschen nicht erkennen können – Muster innerhalb der unglaublich großen Komplexität im Verhalten von Tierkollektiven.



Der immens schnelle technologische Fortschritt hat dazu geführt, dass die Beobachtung großer Gruppen von Wildtieren in ihrer natürlichen Umgebung auch unter schwierigsten Bedingungen möglich ist. Hier wird das Verhalten und die Bewegung von wild lebenden Buntbarschschwärmen verfolgt, während sie im Tanganjikasee in Afrika jagen und gejagt werden.

Foto: Alex Jordan

Wie viele Ameisen er akribisch beobachtet hatte, ehe ihm klar wurde, dass er die Hilfe einer Maschine benötigte, weiß Prof. Dr. Iain Couzin nicht so genau. Es war Mitte der 1990er Jahre, und Couzin wollte herausfinden, wie Ameisen sich selbst organisieren. Bei Koloniegrößen ab 300 bis 400 und mehr Tieren war es eine riesige Herausforderung für ihn. „Ich gab mein Bestes, indem ich die Ameisen filmte, das Video dann 400 Mal ansah und mich jedes Mal auf eine andere einzelne Ameise konzentrierte“, erinnert er sich.

Aber Couzins Interesse galt nicht dem einzelnen Tier. Er untersucht kollektives Verhalten: Das Phänomen der Schwarmbildung bei Vögeln, Fischen und Heuschrecken. Um die Mechanismen von Kollektiven wirklich zu verstehen, benötigte er ein weitaus besseres Sensorsystem, das anstelle von einzelnen Tieren den gesamten Schwarm erfassen konnte. Er hatte die Idee, seine Sinne mit künstlichen Sinnen zu verstärken.

Heute ist er Professor für Biodiversität und Kollektives Verhalten an der Universität Konstanz, Leiter des 50-köpfigen Department of Collective Behaviour am Max-Planck-Institut in Radolfzell, aus dem Anfang Mai 2019 das neue, eigenständige Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie in Konstanz hervorgegangen ist, und einer der Sprecher des Konstanzer Exzel-

lenzclusters Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour. Die Forschung seiner Arbeitsgruppe ist weltweit führend beim Einsatz des maschinellen Lernens in der Verhaltenswissenschaft. Durch die Nutzung der Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz, insbesondere des Deep Learning, mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen, revolutioniert seine Arbeitsgruppe die Kollektivforschung: Die WissenschaftlerInnen lehren die Computer, das zu erkennen, was Menschen nicht können, Muster innerhalb der unglaublich großen Komplexität im Verhalten von Tierkollektiven wahrzunehmen.

## Computerprogramm zur Beobachtung von Tieren im Labor

Aber erst noch einmal zurück in die 1990er Jahre und zu den Ameisen: Da es mit traditioneller Beobachtung unmöglich

war, die Daten aller Ameisen gleichzeitig zu erfassen, wollte Couzin das Problem mit Computer Vision (zu Computer Vision siehe auch Artikel S. 5), mit maschinellem Sehen, lösen. Er hatte erkannt, dass ein Computer Individuen viel besser und schneller lokalisieren kann, als Menschen das können. Er schrieb ein Computerprogramm, das die Position und Ausrichtung aller Ameisen innerhalb einer Kolonie verfolgen konnte. Das Programm funktionierte so gut, dass es in den nächsten zwei Jahrzehnten auch für die Beobachtung von anderen Tieren im Labor, wie Heuschrecken und Fischen, eingesetzt wurde. Allerdings hatte die Software ihre Grenzen. Das Programm funktionierte nur richtig in Situationen mit klar definierten Regeln (dunkle Pixel = Tier; helle Pixel = Hintergrund), also zum Beispiel im Labor. Für den natürlichen Lebensraum der Tie-

„Wir können Fisch A einfach nicht von Fisch B unterscheiden, aber Computer können das.“

Tristan Walter

re trifft das nicht zu. Hintergründe sind niemals einheitlich weiß, sondern voller Vegetation; Individuen sind selten allein anzutreffen, sondern bewegen sich in einer Gruppe.

„Lange Zeit änderte sich nichts an den Daten, die wir aufzeichnen konnten“, sagt Couzin. Die Computer wurden schneller, die Kameraauflösung verbesserte sich, aber der nächste wirkliche Durchbruch gelang erst in jüngster Zeit mit dem Aufkommen von Deep Learning.

Deep Learning, ein Bereich der Künstlichen Intelligenz, ist eine Methode, mit der Computermodelle anhand von realen Daten lernen. Angelehnt an die Neuronen im Gehirn werden künstliche Neuronen benutzt, um grundlegende logische Funktionen auszuführen und wie Menschen zu lernen: Durch Erfahrung (das heißt, durch Daten) und nicht durch vorprogrammierte Regeln (das heißt, traditionelle Algorithmen). So wie die Neuronenverbindungen beim Kleinkind entsprechend der Nutzung stärker oder schwächer werden, kann auch

ein künstliches neuronales Netz durch Ausprobieren die Neuronenverbindungen, die zu einem richtigen Ergebnis führen, stärken. Je mehr Neuronenschichten gebildet werden, desto besser kann die Maschine Muster in riesigen Datenmengen genau vorhersagen.

Couzin hatte zuvor Schwierigkeiten, Tiergruppen im Labor zu beobachten. Bei zwei Fischen beispielsweise, die sich teilweise verdeckten, kapitulierte das herkömmliche Trackingprogramm, und ein Mensch musste versuchen, die einzelnen Bewegungen zu rekonstruieren. Deep Learning hat diese Probleme gelöst. Doktorand Tristan Walter implementierte eine Software, die einzelne Fische aufgrund von minimalen, für Menschen unsichtbare Unterschiede im Farbmuster identifizieren kann. „Die Technik kann für Menschen bislang unlösbare Probleme lösen, Phänomene wie etwa, dass sich einzelne Tiere für längere Zeit zusammen in einem Versteck befinden oder Individuen aus dem Blickfeld geraten oder sich teilweise verdecken“, erklärt Walter.

„Ich gab mein Bestes, indem ich die Ameisen filmte, das Video dann 400 Mal ansah und mich jedes Mal auf eine andere einzelne Ameise konzentrierte.“

Prof. Dr. Iain Couzin

„Wir können Fisch A einfach nicht von Fisch B unterscheiden, aber Computer können das.“

#### Daten von Wildtieren ohne Sensoren oder GPS-Halsbänder

Der Goldstandard in der Kollektivforschung war jedoch immer die Beobachtung von wildlebenden Tiergruppen. Durch die Fähigkeit künstlicher Netzwerke, sich auf Aufgaben zu spezialisieren, die weit über die Fähigkeiten des Menschen hinausgehen, können detaillierte Daten von Wildtieren gewonnen werden, ohne dass Sensoren oder GPS-Halsbänder angebracht werden müssen. Zum ersten Mal kann das Verhalten von wildlebenden Tieren in Echtzeit, objektiv und mit hoher zeitlicher Auflösung erfasst werden. Deep Learning vergrößert nicht nur die Datenmenge, sondern kann diese hochkomplexen Datenreihen auch analysieren. Eine neue Ära in der Verhaltensforschung beginnt – an der Universität Konstanz eingebettet in das Exzellenzcluster Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour: Wenn Handlungen quantifiziert werden, werden subjektive Verzerrungen beseitigt und das Verborgene wird endlich sichtbar.

In Kenia setzt Konstanz Postdoc Dr. Blair Costelloe verschiedene Deep Learning-Techniken ein, um die kollektiven Erkennungsprozesse und Informationstransfers bei wildlebenden Grevy-Zebras zu untersuchen. „Die Prozesse, die wir untersuchen, wurden schon vor Jahrzehnten beschrieben, aber es gibt nur sehr wenige Studien in wildlebenden Tiergruppen. Es war früher einfach nicht möglich, die nötigen Daten zu erfassen“, sagt Costelloe.

#### Programm kann Zebras nahezu überall erkennen

Der erste Schritt zur Datenerfassung ist, die Zebras aufzuspüren. Costelloe zeichnet mit einer Drohne, die 80 Meter



Ein langanhaltendes Flossenspiel zwischen zwei wild lebenden Eretmodus cyanostictus deutet auf eine Art soziale Bindung hin - aber was bedeutet das? Das Erfassen von riesigen Datenmengen von Tausenden Tierverhaltensweisen mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz ermöglicht es ForscherInnen, Muster zu sehen, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind.

Foto: Alex Jordan

**Prof. Dr. Iain Couzin** wechselte 2014 von der Princeton University als Professor für Biodiversität und Kollektives Verhalten an die Universität Konstanz sowie als Direktor und Wissenschaftliches Mitglied ans Max-Planck-Institut für Ornithologie in Radolfzell, aus dem Anfang Mai 2019 das neue, eigenständige Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie in Konstanz hervorgegangen ist. Er erhielt zahlreiche Auszeichnungen für seine wissenschaftlichen Durchbrüche in der Entschlüsselung des Gruppenverhaltens, unter anderem den Popular Science's "Brilliant 10" Award, den National Geographic Emerging Explorer Award sowie die Scientific Medal der Zoological Society of London.

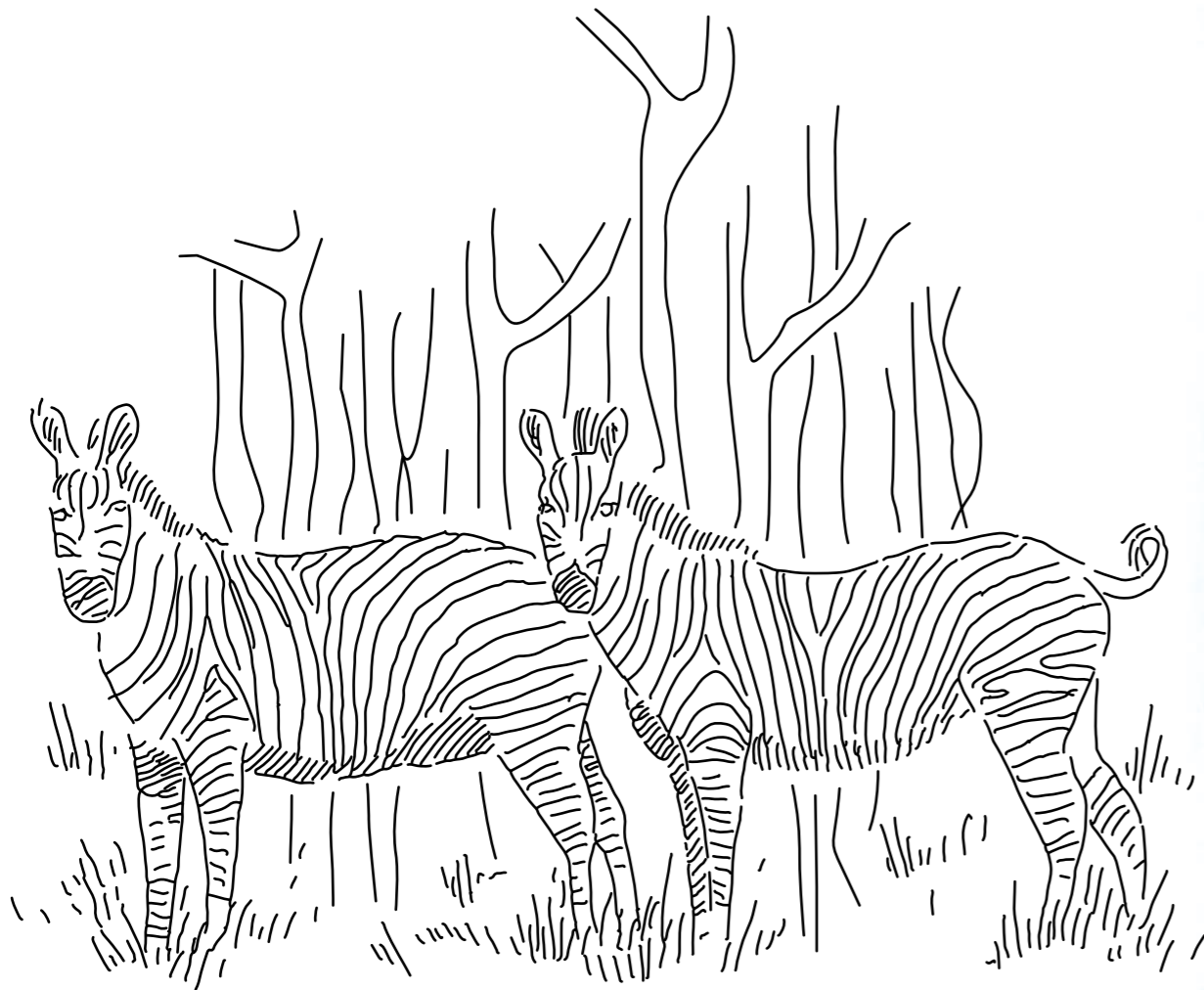


„Die Prozesse, die wir untersuchen, wurden schon vor Jahrzehnten beschrieben, aber es gibt nur sehr wenige Studien in wildlebenden Tiergruppen.“

Dr. Blair Costelloe

über den Grasebenen der Mpala Conservancy fliegt, Videos von freilebenden Herden auf. Um die Tiere im Video dann zu identifizieren, verwendet Doktorand Ben Koger ein vortrainiertes „Convolutional Neural Network“, das ursprünglich von Microsoft-Programmierern entwickelt wurde und das er mit beschrifteten Bildern feinabstimmt. So lernt das Programm, die Zebras nahezu überall zu erkennen – sogar wenn sie sich halb verborgen unter Bäumen befinden. „Mit der herkömmlichen Trackingmethode, die auf vorprogrammierten Regeln basiert, könnte man niemals jede Regelkombination für alle denkbaren Situationen in der Natur programmieren“, sagt Koger. „Deep Learning bietet den Vorteil, dass die Modelle Millionen von Parametern haben und folglich ein Zebra in jeder Art von Szene erkennen können, vorausgesetzt, sie wurden mit genügend Trainingsbildern gefüttert.“

Sobald das Zebra lokalisiert ist, muss erfasst werden, was es gerade tut. Das heißt, gebraucht werden Informationen über seine Körperhaltung, denn nur so



„Für den Menschen ist es fast unmöglich, die kleinen Unterschiede im Verhalten zu erkennen, die den Rohstoff für Selektion enthalten.“

Dr. Alex Jordan

wissen wir, ob das Zebra aufschreckt, der Fisch gerade flüchtet oder der Vogel sich putzt. Um dies umzusetzen, arbeitet Costelloe mit Doktorand Jake Graving zusammen, der eine hochmoderne Lernmethode entwickelt hat, mit der man die Körperhaltung von Tieren im Labor oder in der Natur abschätzen kann. Graving setzt Deep Learning-Techniken ein, um zu verstehen, wie Verhalten durch verschiedene sensorische Reize übertragen wird und folglich koordinierte Wanderungen bei Wüstenheuschrecken ausgelöst werden. Mit seiner Methode wird ein Netzwerk trainiert, das die Position von Teilen des Tierkörpers direkt von Bildern erkennen kann. Bei Zebras gibt es neun Hauptpunkte (oder „Dimensionen“), bei Wüstenheuschrecken sogar 35. Daraus ergeben sich natürlich äußerst komplexe Datensätze, die von Wissenschaftlern als „hochdimensionale Daten“ bezeichnet werden. Deshalb ist Gravings nächster Schritt die Anwendung weiterer Algorithmen des maschinellen Lernens, bekannt als Dimensionalitätsreduktion und Clustering, um diese Daten in kleinere Reihen zu komprimieren, die eine grundlegendere, interpretierbare Beschreibung dessen enthalten, was das Tier im Laufe der Zeit tut.

#### Ziel sind noch leistungsfähigere Methoden zur Positionsabschätzung

Das klingt ziemlich kompliziert, ist aber erst der Anfang. Das Ziel des Doktoranden Hemal Naik ist, noch leistungsfähigere Methoden zur Positionsabschätzung zu entwickeln. Im „Imaging Barn“ des heutigen Max-Planck-Instituts für Verhaltensbiologie nutzt Naik Deep Learning, um ein Netzwerk zu trainieren, 3D-Körperpositionen von Vögeln direkt aus 2D-Videoaufzeichnungen abzuleiten – das erste Werkzeug, das Informationen über die 3D-Körperposition von nichtmenschlichen Lebewesen bietet.

Wenn dann die grundlegenden Verhaltensbeschreibungen vorliegen, können Fragen zum Tierverhalten beantwortet werden, die zuvor außerhalb des Erreichbaren lagen. Dr. Alex Jordan, Principal Investigator in Department of Collective Behaviour am Max-Planck-Institut in Konstanz und Forschungsgruppenleiter an der im Team von Iain Couzin, erschließt das Potenzial des maschinellen Lernens, um Aufschluss über die eigentlichen Ursachen des Verhaltens zu geben. „Natürliche Selektion, die große Tüftlerin, ist ein Vergleichsprozess, bei dem eine Variation endlos mit einer anderen verglichen wird“, sagt Jordan. „Für den Menschen ist es fast unmöglich, die kleinen Unterschiede im Verhalten zu erkennen, die den Rohstoff für Selektion enthalten.“ Aber Maschinen und neuronale Netzwerke können das sehen, was Wissenschaftlern verborgen bleibt. Jordans Team nutzt kontrolliertes und unkontrolliertes maschinelles Lernen, um enorme Vergleichsdatsätze für jegliches Verhalten der Fischarten in „Darwins Traumseen“ in Afrika zu generieren, wo es unzählige Körperformen, Farben und, am wichtigsten, Verhaltensweisen bei den Fischen gibt.

Mit dem maschinellen Lernen steht ein deutlich objektiveres und quantifizierbares Werkzeug zur Verfügung, um Kollektivverhalten in der Natur zu verstehen – an einem chaotischen und unkontrollierbaren Ort, der so ganz anders ist als sterile Petrischalen. „Hier ist maschinelles Lernen jedem anderen Ansatz überlegen und bringt so das Verhalten in der Wildnis ins moderne Datenzeitalter“, sagt Jordan. „Früher war die große Aufgabe, passende Daten für die Verhaltensforschung zu sammeln, jetzt stehen wir vor einem ganz anderen, weitaus interessanteren Problem: Was bedeutet das alles?“

| ca. (anschließend übersetzt)



Umfangreiche Informationen über das neue Max-Planck-Institut im Digitalmagazin campus.kn: [– uni.kn/mpj-verhaltensforschung](https://uni.kn/mpj-verhaltensforschung)



# Die Komplexität des Smalltalks

Intelligente Maschinen entwickeln, um Sprache zu erforschen – Sprache erforschen, um intelligente Maschinen zu entwickeln. Die Konstanzer Linguistin Prof. Dr. Miriam Butt zu den Wechselwirkungen zwischen Sprachwissenschaft und KI.

„Siri, Alexa und Co. agieren bereits sehr natürlich, in ihrem tatsächlichen Verständnis von Sprache sind sie allerdings noch sehr begrenzt.“ Prof. Dr. Miriam Butt erklärt ihre Skepsis den Sprachassistenten gegenüber anhand eines Ted Ed-Videos zum Turing-Test. Der britische Computerforscher Alan Turing stellte folgende These auf: Eine Maschine sei dann intelligent, wenn sie so natürlich kommuniziert, dass das Gegenüber sie nicht von einer menschlichen Gesprächsperson unterscheiden kann. Maschinen wurden daraufhin so programmiert, dass ihre Sprache natürlich wirkt, ohne dass von einer Intelligenz im eigentlichen Sinne die Rede sein kann. Sie werten riesige Datenmengen aus, empfinden bereits geführte Interaktionen nach und erkennen Muster, verfügen aber nicht über Intuition und können nur in sehr begrenztem Maße auf Unbekanntes reagieren.

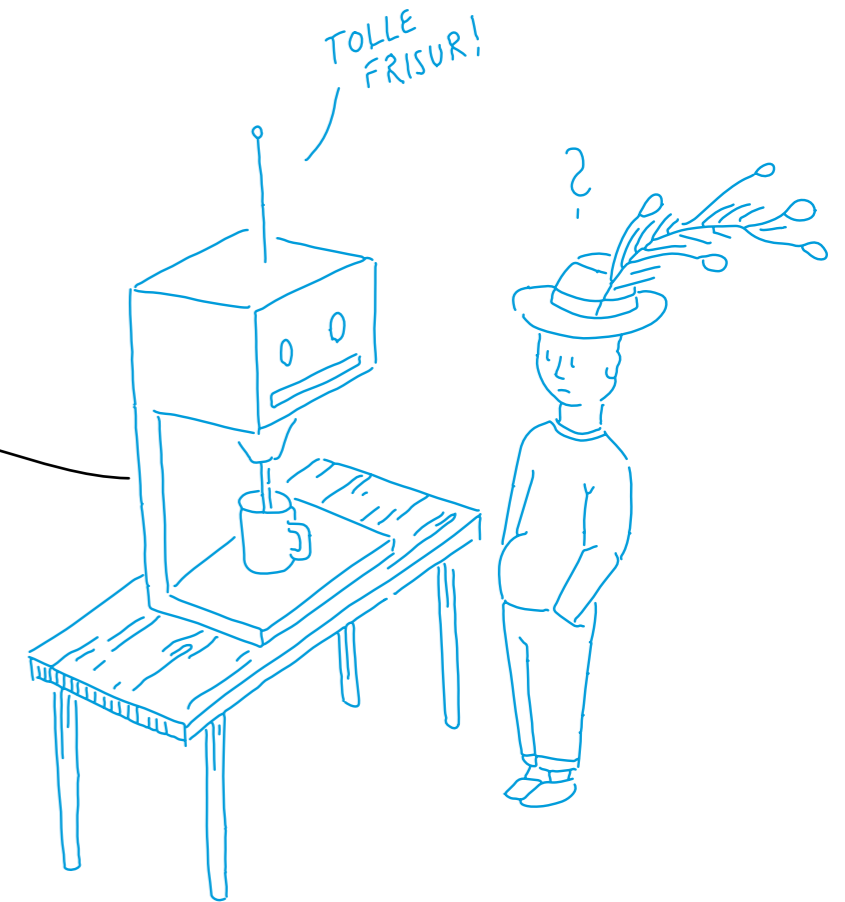
„Today’s computers can pilot space craft, perform delicate surgeries, and solve massive equations but still struggle with the most basic small talk. Human language turns out to be an amazingly complex phenomenon that can’t be captured by even the largest dictionary“, heißt es im Video.

Die menschliche Sprache sei so vielschichtig, dass riesige Speicher und hohe Rechenleistungen nötig seien, um Konversationen natürlich und intelligent zu simulieren. Was somit trotz der Erfolge durch maschinelles Lernen nicht vernachlässigt werden darf, ist das Bestreben, Sprache grundlegend zu verstehen. Und hier kommt Miriam Butt, Professorin für Allgemeine Linguistik und Computerlinguistik an der Universität Konstanz, ins Spiel.

Miriam Butt arbeitet regelbasiert, das heißt, sie schreibt auf Basis ihrer Erkenntnisse aus den linguistischen und computerlinguistischen Untersuchungen Algorithmen, die dem Computer Regeln und

**„Siri, Alexa und Co. agieren bereits sehr natürlich, in ihrem tatsächlichen Verständnis von Sprache sind sie allerdings noch sehr begrenzt.“**

Prof. Dr. Miriam Butt



Systematiken vorgeben. Diese können anschließend wiederum als Teil eines intelligenten Systems umgesetzt und systematisch getestet werden. Erst das Wissen darüber, wie Sprache funktioniert, erlaube ihr, Systeme mit „Natural Language Understanding“ (NLU) zu programmieren. „Ich möchte verstehen, wie Sprache funktioniert. Ich möchte es für mich verstehen, so dass ich ein Regelwerk aufschreiben und dieses in den Computer eingeben kann. Er soll es nicht selber lernen, sondern ich möchte die Regeln der Sprache herausfinden und sie anschließend dem Computer beibringen, damit er sie verarbeitet“, erklärt Miriam Butt. Sie fahre mit dieser Herangehensweise „die alte Schiene“, die in den 1970er Jahren als Weg zur Künstlichen Intelligenz (KI) betrachtet wurde.

Heutzutage haben viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Hoffnung, diesen Schritt mithilfe von maschinellem Lernen wie etwa Deep Learning umgehen zu können. In den Medien wird diese Methode mit KI gleichgesetzt, doch dabei wird häufig vergessen, dass beide Ansätze parallel verlaufen, sich ergänzen und auf dasselbe Ziel hinarbeiten:



„Natürlich sind diese Signale äußerst schwierig zu identifizieren, doch die aktuelle gesellschaftliche Situation und medialen Debatten zeigen, wie wichtig eine kritische Bewertung von Informationen und die Identifikation von Falschinformationen sind.“

Prof. Dr. Miriam Butt

Einen Roboter zu bauen, der einerseits so menschenähnlich ist, dass man mit ihm natürlich kommunizieren kann, und andererseits Datenmengen in so kurzer Zeit verarbeiten kann, wie es für einen Menschen schier unmöglich ist.

#### Es geht ums Prinzip

Butt bestreitet keinesfalls die Erfolge und Möglichkeiten des Einsatzes von maschinellem Lernen. Dennoch betont sie, dass die Prozesse, durch welche die Maschine zu ihren Ergebnissen kommt, nicht nachzuvollziehen sind. Sie möchte die Geheimnisse der Sprache nicht den Computern überlassen und ist vor allem an dem interessiert, was hinter den Kulissen passiert: „Ich würde gerne tatsächlich aufdecken, wie die Struktur der Sprache ist und warum wir reden wie wir reden.“ Das sei nicht nur eine vielversprechende Methode, tatsächlich intelligente Roboter zu bauen, sondern in bestimmten Fällen auch die einzige Möglichkeit, Sprache zu analysieren. Genau dann, wenn die Daten, die für maschinelles Lernen in großem

Maße essentiell sind, nicht vorliegen. Beispiele aus Miriam Butts Forschungsalltag sind zum einen Sprachen Südasiens, die zwar von Millionen Menschen gesprochen, aber kaum dokumentiert sind. Zum anderen nutzt sie regelbasierte Ansätze, um Argumentationen zu analysieren.

#### Bloße Behauptung oder stichhaltiges Argument?

In einem aktuellen Projekt arbeitet die Linguistin zusammen mit ExpertInnen der Politikwissenschaft und der Informatik darauf hin, ein intelligentes System zu schreiben, das Informationen einordnen und bewerten kann. Um eine Wertung abgeben zu können, muss das System verstehen, wie Informationen verpackt wurden – somit nicht nur, was gesagt, sondern auch wie argumentiert wurde. Die WissenschaftlerInnen möchten damit auf aktuelle Debatten um Fake News, Hate Speech und gezieltes Framing, also der Einbettung von Informationen in subjektiven Deutungsmustern, reagieren. Die Idee: Die Maschine soll automatisch Argumente identifizieren, eva-

**Prof. Dr. Miriam Butt** promovierte an der Stanford University, war als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Tübingen, der Universität Stuttgart und der Universität Konstanz sowie als Lecturer an der University of Manchester Institute of Science and Technology tätig. Seit 2003 ist sie Professorin für theoretische Linguistik und Computerlinguistik an der Universität Konstanz.



ALGORITHMEN  
SPRACHE  
REGELN  
KÜNSTLICHE  
INTELLIGENZ  
SYSTEME

luieren und verstehen. Falschinformationen im Internet könnten so in Zukunft viel einfacher ausgemacht werden. Doch wie argumentieren wir? Nach welchen Regeln funktioniert „Framing“?

Das Projektteam „Visuelle Analyse und Linguistik für die Interpretation Deliberativer Argumentation“ (VALIDA) an der Universität Bielefeld, das zum dortigen Exzellenzcluster Kognitive Interaktionstechnologie gehört, untersucht dazu den Austausch von Argumenten in politischen Debatten, um die Aussagen auf ihren Typ, ihren Inhalt und ihre Stichhaltigkeit zu analysieren. Auch implizite Argumente und die Beziehungen zwischen verschiedenen Aussagen sollen untersucht werden. „Natürlich sind diese Signale äußerst schwierig zu identifizieren, doch die aktuelle gesellschaftliche Situation und die medialen Debatten zeigen, wie wichtig eine kritische Bewertung von Informationen und die Identifikation von Falschinformationen sind“, erklärt Butt die Beweggründe.

#### KI ist Teamarbeit

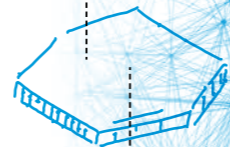
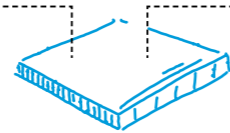
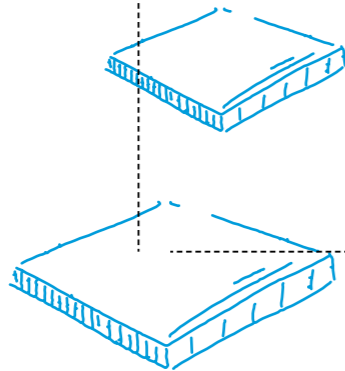
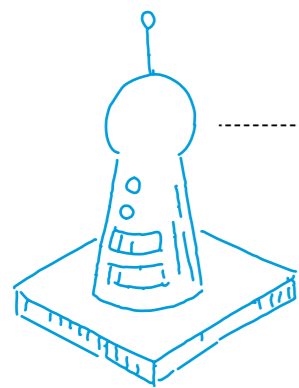
Ähnliche Interessen werden auch mit Methoden des maschinellen Lernens verfolgt. Dort muss der erste Schritt die umfangreiche Datenakquise sein, um den Computer mit Informationen füttern zu können. „Dort, wo es Daten gibt, muss man das maschinelle Lernen auf jeden Fall verfolgen“, so Butt. „Man braucht beides: Regelbasierte Ansätze, um Sprache zu verstehen und die Erkenntnisse nachhaltig nutzen zu können, und maschinelles Lernen, um große Datenmengen bearbeiten zu können.“ Ohnehin sei KI ein interdisziplinäres Ziel. Bereits in den 1980er Jahren schrieb der US-amerikanische Philosoph John Haugeland: „If Artificial Intelligence really has little to do with computer technology and much more to do with abstract principles of mental organization, then the distinctions among AI, psychology, and even philosophy of mind seem to melt away. One can study those basic principles using tools and techniques from computer science, or with the methods of experimental psychology, or in traditional philo-

sophical terms – but it’s the same subject in each case.“

Von der Ausschreibung der Juniorprofessur für Künstliche Intelligenz, welche noch 2019 besetzt werden soll, erhofft sich Miriam Butt, dass an der Universität Konstanz verschiedene Ansätze verfolgt werden können und WissenschaftlerInnen aus Linguistik, Philosophie, Psychologie und Informatik von umso besseren Synergieeffekten profitieren können. „Mit dieser Kombination hätten wir in Konstanz etwas Einzigartiges zu bieten“, sagt Miriam Butt und betont die Notwendigkeit von interdisziplinärer Forschungsarbeit zur Künstlichen Intelligenz, um im internationalen Vergleich konkurrenzfähig zu sein.

|jts.

# Lernend handeln



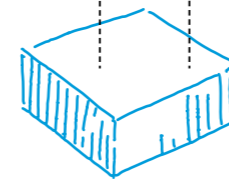
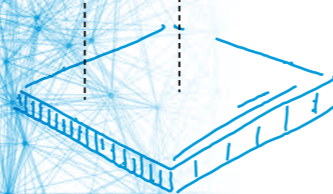
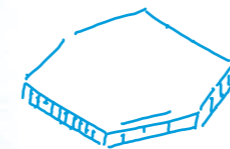
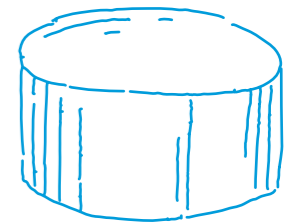
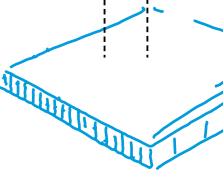
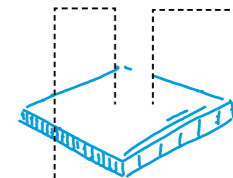
Bedarf für einen klaren Handlungsbegriff. „Offensichtlich handeln wir, wenn wir Experimente machen. In Zukunft werden aber auch künstliche, lernfähige Systeme im Labor Experimente durchführen und selbst entwerfen“, sagt Hans Briegel. Auch hier stellt sich die Frage: Ab wann handelt ein solches System, so dass ihm gegebenenfalls die Entdeckung eines neuen Phänomens zugeschrieben werden könnte? „Das Zusammenspiel von künstlicher Intelligenz und Grundlagenforschung wirft gerade im Bereich der Quantenphysik eine Reihe von philosophischen Fragen auf. Das macht unsere Zusammenarbeit besonders“, sagt Hans Briegel.

## Handlung braucht den Zufall

Das KI-Lernmodell „Projective Simulation“ hat für den Philosophen Müller, gerade weil es im quantenphysikalischen Kontext entwickelt wurde, einen großen Vorteil. Im Lernprozess von PS spielen Zufallsprozesse, wie sie in der Quantenphysik genutzt werden, eine zentrale Rolle. „Das

Modell ist eigentlich ein Hüpfprozess wie bei einem Brettspiel. Je nachdem, wie ich würfeln, gehe ich dahin und dorthin. Im Gedächtnis des Agenten eines PS-Modells finden solche assoziativen Hüpfprozesse statt, die von einem perzeptuellen Input zu einem motorischen Output, zu einer Handlung führen“, so beschreibt es Thomas Müller. Hat der Agent diese Prozesse einige Male durchgespielt und sich so an die Umgebung angepasst, entwickelt er eine eigene Verhaltensdisposition. Er handelt. Damit wäre auch ein Ansatz zur Beantwortung der grundlegenden philosophischen Frage gegeben, wie Gründe eine Handlung hervorbringen. Das Modell zeigt auch, dass Handeln mit gewissen Arten von Zufall verträglich ist. Wäre alles determiniert, so das philosophische Argument hier, wäre autonomes Handeln nicht möglich.

Das PS-Modell bedient sich des handlungstheoretischen Prinzips des bestärkenden Lernens (Reinforcement Learning, siehe dazu auch Artikel S. 5), das die beiden Wissenschaftler erst



**Was ist eine Handlung? Für Prof. Dr. Thomas Müller und Prof. Dr. Hans Briegel eine entscheidende Frage. Für deren Beantwortung entwickeln der Philosoph von der Universität Konstanz und der Physiker von der Universität Innsbruck ein Modell für Künstliche Intelligenz, das zeigt, dass Handeln viel mit Lernen zu tun hat.**

wie das Lernen bei autonomen Systemen funktioniert. Führt dieses Lernen zum Handeln? Sind solche Systeme autonome Agenten, denen ich etwas beibringen kann, wie ich einem Hund etwas beibringen kann?“ Was macht eine absichtliche Handlung aus? Und wie unterscheidet sie sich von einem unabsichtlichen Reflex, wenn etwa ein Körper auf mich zuschießt und sich meine Augen unwillkürlich schließen?

Eine Frage, die angesichts einer Zukunft, in der autonome Roboter mit den Menschen interagieren werden, neue Relevanz erhält. Thomas Müller, der 2013 mit einem vom Europäischen Forschungsrat geförderten ERC-Projekt zum Thema Indeterminismus und Willensfreiheit, grundlegenden Begriffen der Handlungstheorie, von der Universität Utrecht nach Konstanz kam, hat zu deren Beantwortung einen ungewöhnlichen Weg eingeschlagen.

## Das KI-Modell „Projective Simulation“

Ein Zusammentreffen im Jahr 2011 auf einer Konferenz im portugiesischen Ponta Delgada stellte sich als entscheidend heraus. Dort präsentierte Prof. Dr. Hans

Briegel von der Universität Innsbruck sein damals neues Lernmodell „Projective Simulation“ (PS). Dabei handelt es sich um ein maschinelles Lernmodell, das der Künstlichen Intelligenz (KI) zuzurechnen ist. Das Besondere daran: Es ist nicht dem Modell eines neuronalen Netzwerks nachempfunden, wie die meisten Lernmodelle, sondern dem eines Agenten, einer handelnden Instanz. Von da an wurde das KI-Modell der projektiven Simulation für Thomas Müller Grundlage seiner handlungstheoretischen Überlegungen: „Ich habe damals erkannt, wie wichtig Lernen für Handlung ist. Ich wage die These: Ein System, das nicht lernen kann, nicht adaptiv mit der Welt interagieren und sie sich nicht aneignen kann, kann auch nicht handeln. Lernen ist die Voraussetzung für Handeln.“

Seither arbeiten der Konstanzer Philosoph und der Physiker in Sachen Handlungstheorie zusammen. Thomas Müller verspricht sich vom KI-Modell ein besseres Verständnis der Begrifflichkeit von Handeln im Unterschied zur unwillkürlichen Körperreaktion. Der Quantenphysiker Hans Briegel sieht selbst in der Grundlagendiskussion zur Quantenmechanik

**Prof. Dr. Thomas Müller und Prof. Dr. Hans Briegel** konnten gemeinsam mit der Innsbrucker Physikerin Dr. Katja Ried zeigen, dass das KI-Modell „Projective Simulation“ (PS) auch auf biologische Systeme anwendbar ist. Im Wissenschaftsjournal PLoS One ist nachzulesen, wie mit dem Lernmodell ein bestimmtes Schwarmverhalten von Heuschrecken modelliert und reproduziert werden kann.

Die interdisziplinäre Kooperation beruht auf Daten des Konstanzer Exzellenzclusters Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour, dessen Forschung zu Schwarmverhalten führend ist und der seit Anfang 2019 im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder gefördert wird. Die WissenschaftlerInnen aus Konstanz und Innsbruck haben das Lernmodell auf ein gut erforschtes Schwarmverhalten von Heuschrecken übertragen. Für die Modellierung wurden noch keine Rohdaten, sondern eine qualitative Beschreibung des Verhaltens der Heuschrecken herangezogen. Den WissenschaftlerInnen ging es zunächst darum, das Lernmodell zu testen. Tatsächlich konnten sie damit das Verhalten der Heuschrecken qualitativ reproduzieren.

Für die Zukunft kann sich Thomas Müller allerdings vorstellen, auch mit großen Datensätzen zu arbeiten, etwa mit Fischschwärmen und ihren reichhaltigen Verhaltensmustern. Thomas Müller: „Wahrscheinlich wären Fische ein guter, aber auch sehr komplizierter nächster Schritt, um unser Lernmodell immer realistischer zu machen.“

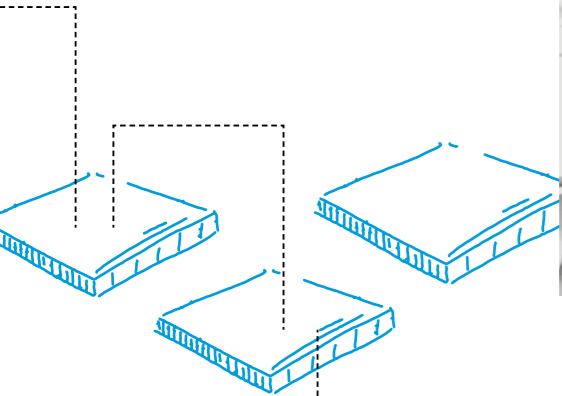
Katja Ried, Thomas Müller, Hans J. Briegel: Modelling collective motion based on the principle of agency: General framework and the case of marching locusts. February 20, 2019.

Link zur Veröffentlichung:  
– [doi.org/10.1371/journal.pone.0212044](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212044)



**Prof. Dr. Thomas Müller** (links) ist seit 2013 an der Universität Konstanz Professor für Philosophie unter besonderer Berücksichtigung der theoretischen Philosophie. Seine Hauptforschungsgebiete sind Metaphysik, Handlungstheorie, Wissenschaftstheorie, Philosophie der Physik und Logik.

**Prof. Dr. Hans Briegel** (rechts) ist seit 2003 Professor für Theoretische Physik an der Universität Innsbruck. Seine Hauptforschungsgebiete sind Quanteninformation, Quantencomputer, Autonome Agenten und Künstliche Intelligenz. Seit 2017 bekleidet er an der Universität Konstanz eine sogenannte „XXX“-Gastprofessur des Landes Baden-Württemberg.

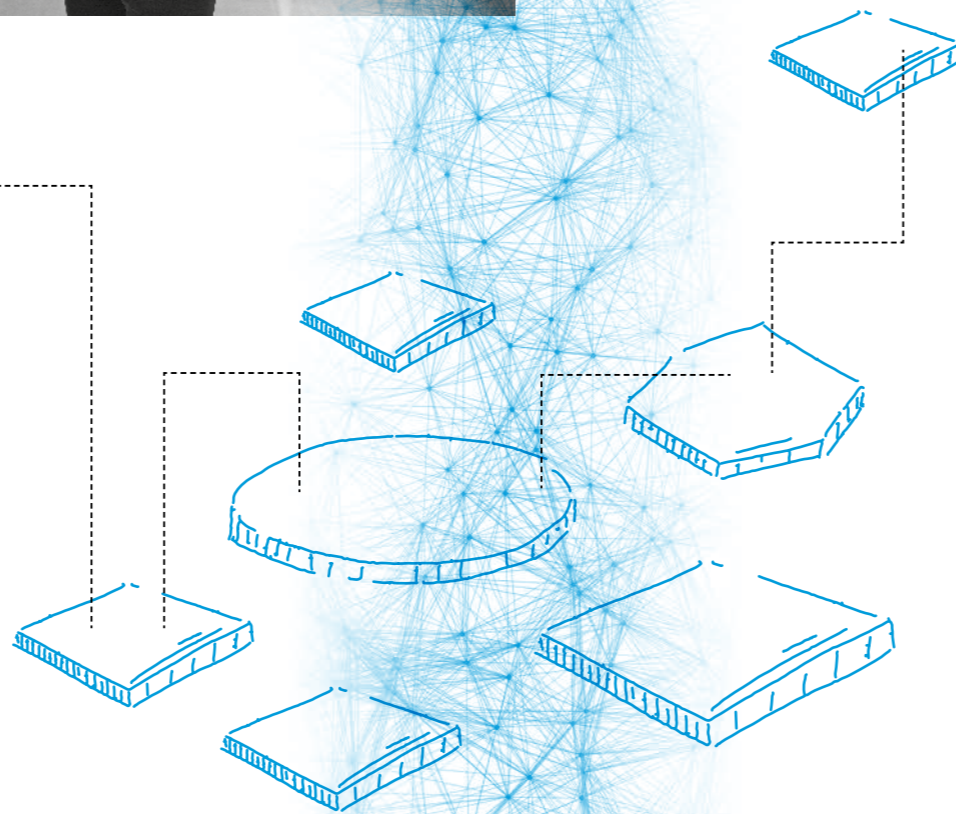


jüngst erfolgreich bei der Modellierung von Schwarmverhalten bei Heuschrecken eingesetzt haben (siehe Kasten S. 33). Bestärkendes Lernen funktioniert über ein Belohnungssystem. Damit wird nicht vorgegeben, was in welcher Situation richtig ist, sondern was im Sinne des Belohnungssystems besser ist. Der Riesen-Teilchenbeschleuniger im Kernforschungszentrum CERN zum Beispiel sammelt Mengen an Daten, die wegen ihrer schiereren Größe nicht gespeichert werden können. In jeder Sekunde muss deshalb ein Großteil der Informationen gelöscht werden. Das System entscheidet, welche Daten das betrifft. „Natürlich hat die Forschung ein Interesse daran, dass die richtigen Daten erhalten bleiben. Aber wie bringe ich dieses Interesse der Maschine bei?“, ist für Thomas Müller die entscheidende Frage. Was alles bei der Bewertung von Daten eine Rolle spielen kann, deutet eine kursierende Geschichte aus einem nicht näher bestimmten Biologielabor an. Immer wenn der Chef während einer Messung mit seinem schweren Schritt die Treppe zum Labor hochstieg, wussten seine Mitarbeiter, dass sie die gemessenen Daten wegschmeißen konnten.

#### Den Beobachter durch einen Agenten ersetzen

„Projektive Simulation“ ist nicht nur ein KI-Modell, das aus der Quantenphysik stammt, sondern in der Quantenphysik selbst auch in einem wissenschaftstheoretischen Sinn sehr gute Dienste leistet. Hier ist der Begriff des Beobachters nicht in dem Maß verstanden wie in der Relativitätstheorie. Deshalb argumentiert Hans Briegel dafür, den Begriff des Beobachters durch den eines Agenten zu ersetzen: „Der experimentierende und lernende Umgang mit Quantensystemen ist nichts Passives. Eine moderne handlungstheoretische Sicht auf die Quantentheorie wird uns auch erlauben, die künftige Rolle von KI in der Grundlagenforschung besser zu verstehen.“

Wann lernen autonome Systeme, etwa wie ein Hund lernt, und wann werden sie einfach programmiert, wie etwa eine Fräsmaschine, die ein Treppengeländer herstellen soll? Das sind Grundfragen des maschinellen Lernens. „Wir müssen an dieser Begrifflichkeit arbeiten und dazu Modelle bauen, um zu testen, was möglich ist“, sagt Thomas Müller. Ihm schwebt als Idealvorstellung so etwas wie das Turing-



#### Neue Juniorprofessur für Künstliche Intelligenz

Die Universität Konstanz hat im Rahmen der Ausschreibung „Künstliche Intelligenz Baden-Württemberg (KI-BW)“ den Zuschlag für eine Juniorprofessur für Künstliche Intelligenz (KI) erhalten. Damit ist sie eine von sieben baden-württembergischen Universitäten, die vom geplanten Ausbau der Forschung zur Künstlichen Intelligenz profitieren. Die neue Juniorprofessur ist im Themenfeld Linguistik und Philosophie angesiedelt und beschäftigt sich mit Aspekten des maschinellen Sprachverstehens zusammen mit einer kritischen Reflexion des Handelns künstlicher Agenten, inklusive ethischer Fragestellungen. Mit der erfolgreichen Einwerbung der Professur ist für die ersten vier Jahre ab Besetzung eine jährliche Förderung von 150.000 Euro durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg verbunden.

maschinen-Modell für Computer vor, das den Goldstandard für klassische Berechenbarkeit abgibt (zur Turingmaschine siehe auch Artikel S. 28). „Wir hätten ein Modell dafür, was Lernbarkeit ist: Lernbar ist etwas, wenn es dieses Referenzsystem erlernen kann.“ Dabei geht es ihm weniger um die technische Seite der KI, sondern um Grundlagenfragen. „Ich finde es schön, wenn ich formale Modelle anschauen kann. Natürlich wird da immer etwas zurechtgeschnitten, natürlich fehlt da immer etwas, aber dafür hat man eine griffige Sache, die untersucht werden kann.“

#### Systeme wie eine Black Box

Das KI-System „Projective Simulation“ hat eine „sehr durchsichtige Struktur“, wie Thomas Müller es ausdrückt. Das ist für ihn auch in praktischer Hinsicht wichtig. Derzeit werden Lernsysteme gebaut, deren Arbeitsweise selbst ihre Erbauer nicht mehr verstehen können. „Wenn Sie in Systeme, wie sie heute gebaut werden, reinschauen, verstehen Sie nichts. Sie gleichen einer Black Box.“ Bei Maschinen, die Briefe sortieren, dürfte das kein Problem darstellen. Anders ist es etwa bei be-

sagten selbstfahrenden Autos. „Da hätten wir schon gern, dass die KI-Systeme, die hier zum Einsatz kommen, eine Struktur haben, die wir in jeder Phase verstehen können“, sagt Thomas Müller.

Der Grundlagenforschung wird eine wichtige Rolle dabei zukommen, Methoden zur Verfügung zu stellen, um komplexe Modelle einschätzen zu können, die durch selbstständiges Lernen noch komplexer werden. „Wir haben es in der Hand, wie die Systeme der Zukunft aussehen werden. Dazu müssen wir aber erst einmal wissen, worauf es ankommt: Wann ein System handelt, wie autonom es sein darf und wie transparent es sein muss. Das Verständnis dieser Fragen ist hier sehr wichtig“, so Hans Briegel. | msp.



# Ausstellung

## „(Learning) the Grammar of the Act“

In ihrem Text „Brushstrokes in the Digital Age“ schrieb die Künstlerin Liat Grayver 2016: „We are basically defining and categorizing singular parameters within a library of painterly acts and perceptions, in order to create a grammatical structure for the language of robotic painting.“ Sie bezieht sich damit auf die Anfänge der Zusammenarbeit mit dem E-David-Projekt von Prof. Dr. Oliver Deussen, Professor für Visual Computing an der Universität Konstanz. E-David, „Electronic Drawing Apparatus for Vivid Image Display“, ist einer der ersten Malroboter mit optischem Feedback und wird derzeit von Mitarbeiter und Doktorand Marvin Gülzow weiterentwickelt. Nach nunmehr drei Jahren der Kooperation stellen die interdisziplinäre Malerin und Medienkünstlerin und der Malroboter gemeinsam mit dem Videokünstler Marcus Nebe kollaborative Werke aus. Die Ausstellung „(Learning) The Grammar of the Act“, die noch bis zum 24. Mai 2019 im Café der Bibliothek an der Universität Konstanz gezeigt wird, untersucht das Verhältnis zwischen biologischen und künstlerischen Praktiken und maschinellen Systemen. Die ausgestellten Werke vereinen Robotik, Motion Tracking, Video, Druck und Malerei und denken so die Methoden von menschlichem Ausdruck und digitaler Informationsvisualisierung neu. Pinsel und Papier spielen nach wie vor eine zentrale Rolle; Materialien, Medien und physische Prozesse nehmen aber im digitalen Zeitalter neue Positionen ein und werden in ihrem Verhältnis zum dargestellten Objekt verändert betrachtet. Das Kernstück der Ausstellung bildet ein mobiler Malroboter, der die Bewegungen der Besucherinnen und Besucher im Ausstellungsraum in kalligrafischen Gemälden interpretiert und die Ausstellung so von Tag zu Tag weiterentwickelt.

| jts.

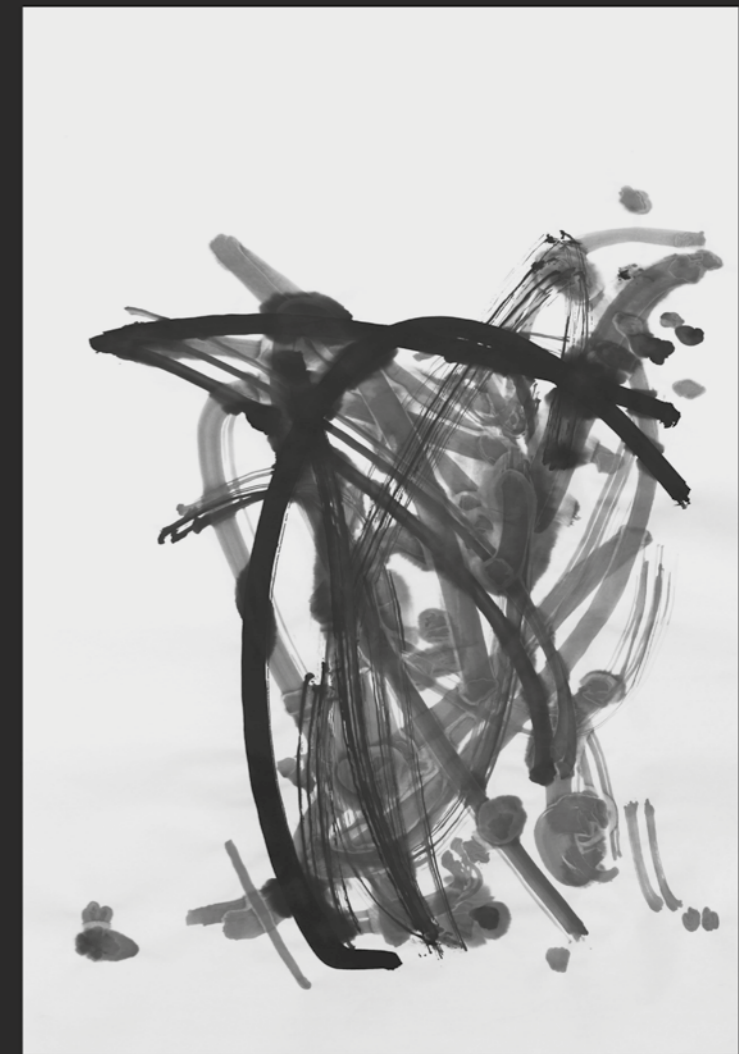


– [uni.kn/grammar-of-the-act](http://uni.kn/grammar-of-the-act)

# (Learning) The Grammar of the Act

May 2 – 24  
Mo – Fr 10 – 17

Liat Grayver  
& e-David  
(painting robot)



Mid-Exhibition Event  
May 16, 2019

Talk  
17 – 18

Movement Computing to Model a Class of Visual-Art Productions  
*Prof. Dr. Frederic Fol Leymarie and Daniel Berio*  
Goldsmiths University of London, Department of Computing

Reception  
18 – 20

Universität Konstanz  
BibCafé  
Universitätsstraße 10  
78457 Konstanz (DE)

In collaboration and with the support of the Visual Computing Department, Prof. Dr. Oliver Deussen and the Cluster of Excellence Cultural Foundations of Integration, University of Konstanz.



# Moralische Maschinen?

In den Medien wird für die kritische Auseinandersetzung mit Algorithmen und deren Entscheidungen plädiert. Doch wie sind maschinelle Entscheidungen überhaupt zu bewerten? Lassen sich menschliche Moralvorstellungen auf Maschinen übertragen? Der Konstanzer Soziologe Dr. Werner Reichmann nimmt Stellung.

„Noch herrscht in der Bevölkerung große Unkenntnis: Mehr als die Hälfte der Deutschen weiß kaum etwas über Algorithmen. So wie der Buchdruck zur Alphabetisierung führte, muss jetzt mit den Algorithmen eine ‚Algorithmic Literacy‘ einhergehen. Unabhängig von Bildungsstand und Beruf sollte jeder in der Lage sein, den Einsatz solcher Systeme zu erkennen, versiert mit ihnen umzugehen und sich im Zweifel gegen fragwürdige maschinelle Entscheidungen wehren (sic).“ Die Journalisten Jörg Dräger und Ralph Müller-Eiselt rufen in dem Artikel „Wir Ahnungslosen“ in DIE ZEIT vom 11. April 2019 zur digitalen Bildungsreform bezüglich Algorithmen auf. So weit, so gut. Doch was sind eigentlich „fragwürdige maschinelle Entscheidungen“? Sind Algorithmen tatsächlich dazu in der Lage, eigenständig Entscheidungen zu treffen?

Wenn ja, auf welcher moralischen Basis treffen sie die Entscheidungen? Dr. Werner Reichmann, Privatdozent für Soziologie an der Universität Konstanz, erklärt: „Im Prinzip sind wir schon seit vielen Jahren in alltäglichen Situationen von Algorithmen umgeben. Bei einer Waschmaschine beispielsweise würde aber niemand auf die Idee kommen, Fragen nach Moral und Ethik zu stellen.“ Die Algorithmen, mit denen heutzutage gearbeitet wird, seien allerdings um ein



PD Dr. Werner Reichmann ist seit 2016 Privatdozent am Fachbereich Soziologie der Universität Konstanz. Von 2012 bis 2017 forschte er in Konstanz zudem im DFG-Schwerpunktprogramm „Mediatisierte Welten“.

Vielfaches komplexer und agierten in Umgebungen, die von externen Informationen und Interaktionen mit anderen Algorithmen geprägt sind. Mit gesteigerter Komplexität gingen auch tiefergehende moralische Fragen einher. Für Reichmann ist Technik ohnehin nie etwas Neutrales; sie greife in die Sozialität der Situation ein und sei daher immer wertegeladen.

Wenn es – wie bei Algorithmen – zudem denkbar ist, dass sie uns als Interaktionspartner gegenüber treten und Entscheidungen treffen, deren Folgen gesellschaftliche Relevanz haben, nehmen diese Werte beträchtlich größere Dimensionen an. Beispiele dafür sind Bots am Finanzmarkt oder Mechanismen im Auswahlverfahren von Bewerbenden. Sie werden ein maßgeblicher Teil des sozialen Miteinanders, weswegen ihre Ergebnisse möglicherweise moralische Fragen tangieren. Dies dürfe allerdings keinesfalls damit gleichgesetzt werden, dass der Algorithmus als die handelnde Instanz ein Moralbewusstsein habe. „Algorithmen sind gewissenhaft gewissenlos“, so formuliert es Reichmann. Er erklärt:

„Sie sind einerseits sehr brave, sehr gewissenhafte, sehr präzise und verlässliche Partner, die genau das tun, was man ihnen vorschreibt. Sie sind gleichzeitig gewissenlos, in dem Sinn, als dass sie eben nicht auf eine moralische Grundordnung zurückgreifen können, um ihre Entscheidungen zu überprüfen.“

Die Möglichkeit des Ungehorsams den vorprogrammierten Befehlen gegenüber sei ihnen nicht gegeben. Genauso wenig hätten Algorithmen die Fähigkeit, in einen Dialog mit sich selbst zu treten, um sich und ihr Handeln zu reflektieren. Selbst Prinzipien von Moral, die auf den ersten Blick simpel erscheinen, wie etwa der Utilitarismus – maximaler Nutzen bei



„Ärzte haben den hippokratischen Eid und Journalisten den Pressekodex. Programmierer brauchen ebenfalls eine Professionsethik.“

Die Journalisten  
Jörg Dräger und  
Ralph Müller-Eiselt

(DIE ZEIT vom 11. April 2019)

minimalem Schaden – ließen sich nur eingeschränkt auf Maschinen übertragen: „Wir müssten definieren, was Schaden und was Nutzen ist. Das lässt sich in einigen Fällen nicht quantifizieren. Ist das Leben eines Kindes wertvoller als das eines alten Menschen?“ Werner Reichmann kommt zum Schluss, dass eine Maschine nur dann moralisch sein könne, wenn sie das Ergebnis ihrer Handlungen anhand moralischer Maßstäbe selbst überprüfen kann – und das kann sie nicht: „Wenn man davon ausgeht, dass Moral etwas ist, das aus dem Menschsein hervorgeht, dann kann es eigentlich keine moralischen Maschinen geben.“

Muss also der Mensch, der den Algorithmus geschrieben hat, die Verantwortung übernehmen? Jörg Dräger und Ralph Müller-Eiselt schreiben: „Ärzte haben den hippokratischen Eid und Journalisten den Pressekodex. Programmierer brauchen ebenfalls eine Professionsethik.“ Ganz ähnlich argumentiert Reichmann, noch immer sei der Mensch derjenige, der das System erzeugt, in Betrieb hält und nicht zuletzt auch nutzt. Programmiererinnen und Programmierer könnten bei moralischen Bedenken auf gewisse

Techniken verzichten oder Notbremsen einbauen, wie es beispielsweise bei den „Autopiloten“ im voll automatisierten Finanzmarkt gemacht wird. Ein Teil der Verantwortung läge aber auch bei den Nutzerinnen und Nutzern, die ihre Daten zur Verfügung stellen oder mit gezielten Informationen versuchen, den Algorithmus zu lenken und zu manipulieren. „Nur weil es möglich ist, muss man einen Twitterbot nicht zu rassistischen Aussagen verleiten. Die User sind in einem solchen Fall mitverantwortlich.“

Der Soziologe hält eine Verteufelung des Algorithmus für unpassend, aktuelle Diskussionen seien emotional aufgeheizt. Trotzdem halten es die ZEIT-Autoren für notwendig, eine kritische Haltung den Algorithmen gegenüber zu fördern.

Sie weisen darauf hin, dass „Software uns in fast allen Bereichen des Lebens begegnet, bei der Jobsuche, bei der Versicherung, bei Geldanlagen oder auf Dating-Plattformen“. Reichmann grenzt ein: Das Moralische betreffe Technologien erst dann, wenn sie menschliche Fähigkeiten in einem Ausmaß erweitern, wie es ohne diese Technologien nicht möglich wäre; wenn

sie mehr als Werkzeuge sind und eine gewisse Selbstständigkeit erlangen. In eine Situation, in der ein Algorithmus sich verselbständigen kann, nicht klar zu identifizieren ist und uns tatsächlich täuschen kann, gelange niemand ohne weiteres:

„Die Welt, in der uns ein Algorithmus als tatsächlicher Interaktionspartner gegenübertritt, ist hochgradig synthetisch, im Sinne von künstlich hergestellt. Das funktioniert nur, wenn beide Seiten quasi ausschließlich über Computer miteinander interagieren. Eine Augenhöhe und die Unsicherheit, ist das Gegenüber Mensch oder ein Bot, können gewissermaßen nur in einer virtuellen Welt funktionieren. Solche extremen Umwelten finden wir bisher kaum.“

Zwar seien skopische Medien, also solche Medien, die soziale Situationen synthetisieren, indem sie zusätzliche Informationen präsent machen, immer mehr in den Alltag integriert und werfen neue moralische Fragen auf. Mit radikal komplexen synthetischen Umwelten, in denen sich Situationen unkontrolliert entwickeln können und die Unterscheidung zwischen Mensch und Maschine schwerfällt, seien wir im Alltag aber so gut wie nie konfrontiert: „Diese Augenhöhe müssen wir selbst herstellen, wir müssen uns erst in diese synthetische Welt begeben.“ Die Möglichkeiten der Maschine hängen somit nach wie vor maßgeblich von den aktiven Entscheidungen des Menschen ab – auf Basis welcher Moralvorstellungen diese gefällt werden, ist eine andere Frage.

| jts.



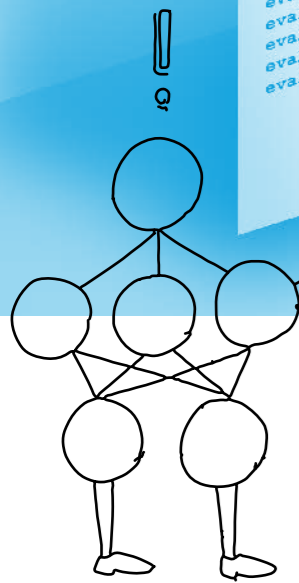
„Wenn man davon ausgeht, dass Moral etwas ist, das aus dem Menschsein hervorgeht, dann kann es eigentlich keine moralischen Maschinen geben.“

Dr. Werner Reichmann



# Rechner ohne

# Rechen- kunst?

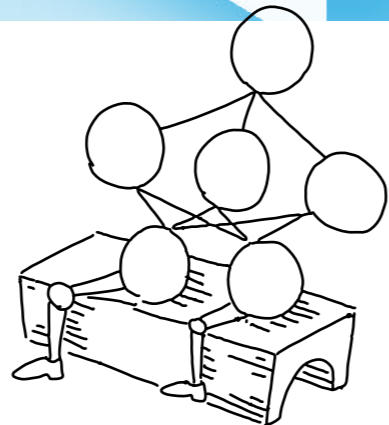


```

eval(t).
eval(not(f)).
eval(X or _) :- eval(X).
eval(_ or X) :- eval(X), eval(Y).
eval(X and Y) :- eval(X), eval(Y).
eval(not(X or Y)) :- eval(not(X)),
eval(not(Y)).
eval(not(X and _)) :- eval(not(X)).
eval(not(_ and X)) :- eval(not(X)).
  
```

```

eval(not(not(X))) :- eval(X).
bool(t).
bool(f).
  
```



„In der Mathematik geht es darum, eine Aussage zu tätigen und diese Aussage anschließend zu beweisen. Mathematische Kreativität besteht darin, einen möglichst schnellen und eleganten Lösungsweg zu finden, den andere nachvollziehen können.“

Lothar Sebastian Krapp

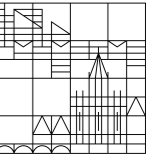
**Mathematik scheint ein geradezu zwangsläufiges Anwendungsfeld von Künstlicher Intelligenz zu sein. In der Praxis besitzt sie für die Mathematik jedoch kaum Relevanz, schildert Lothar Sebastian Krapp. Ein Blick auf die gegenwärtigen Schwierigkeiten und Potenziale der Künstlichen Intelligenz im Bereich der Mathematik.**

Computer sind in gewisser Weise mathematische Geschöpfe. Alles, was sie tun, basiert auf den Prozessen eines binären Zahlencodes – nicht umsonst nennen wir sie Rechner. Niemand würde sich wundern, wenn Künstliche Intelligenz (KI) eine Schlüsselrolle in der Mathematik spielte. Erstaunlicherweise ist aber eher das Gegenteil der Fall: Künstliche Intelligenz besitzt zum jetzigen Zeitpunkt kaum Relevanz für die Mathematik. Intelligente Rechenmaschinen, die mathematische Beweise erbringen und zu wichtigen Erkenntnissen beitragen, sind fern vom Alltag der mathematischen Forschung und eher Zukunftsmusik. Warum sich Künstliche Intelligenzen mit mathematischen Beweisen derzeit noch so schwer tun, hat vor allem drei Gründe: „Relevanz, Anschaulichkeit und mathematische ‚Schönheit‘“, erläutert Lothar Sebastian Krapp, Doktorand am Fachbereich Mathematik und Statistik der Universität Konstanz.

#### Relevanz, Anschaulichkeit, Schönheit

„In der Mathematik geht es darum, eine Aussage zu tätigen und diese Aussage anschließend zu beweisen. Mathematische Kreativität besteht darin, einen

möglichst schnellen und eleganten Lösungsweg zu finden, den andere nachvollziehen können“, schildert Krapp. Genau damit tun sich Künstliche Intelligenzen schwer. Zwar können sie bekannte Lösungswege zueinander ins Verhältnis setzen und erfolgreiche Strategien antizipieren. „Dem Computer fehlt aber der Sinn dafür, was relevant für uns ist“, bemängelt Krapp und führt aus: „Er kann nur sehr schwer mathematische ‚Schönheit‘ erzeugen, also elegante und prägnante Beweisführungen.“ Zweifellos kann eine Künstliche Intelligenz formale Prozesse sehr viel schneller und umfangreicher auswerten als der Mensch. Jedoch gelingt es ihr aktuell noch nicht zu erfassen, welche Ausschnitte aus dem „Zeichenstrom“ ihrer Auswertungen tatsächlich relevant sind und welche einfach nur „Spam“. Selbst wenn die Künstliche Intelligenz auf der richtigen Spur ist, sind ihre Ergebnisse für uns häufig nicht verwertbar: Der KI fehlt derzeit noch die „argumentative Sprache“, die Mathematiker auszeichnet – das Vermögen, mathematische Zusammenhänge sinnvoll und für andere nachvollziehbar zu formulieren.



### Der „Sprachkurs Mathematik“ für die KI

Es scheint somit in gewisser Weise ein Verständigungsproblem zwischen Mensch und KI zu sein, das den Durchbruch der Künstlichen Intelligenz im Bereich der mathematischen Beweisführung verhindert. Die KI-Forschung reagiert bereits darauf: Lothar Sebastian Krapp beobachtet vermehrt Forschungsprojekte im Bereich des Machine Learning, die vorwiegend an der Kommunikationsfähigkeit mathematischer KI arbeiten. Ein Etappenziel ist zunächst, eine mathematische Diskussion zwischen zwei neuronalen Netzen zu schaffen: Eine Künstliche Intelligenz, die ihre eigene mathematische Argumentation einer anderen Künstlichen Intelligenz begreifbar macht. Der Sprung zur mathematischen Diskussion zwischen KI und Mensch ist von dort aus greifbar.

### Hohes Potenzial trotz aller Zweifel

Die Nachhilfe im „Sprachkurs Mathematik“ ist aussichtsreich: Ironischerweise steckt das vielleicht größte Potenzial der KI für Theorembeweise ausgerechnet im Feld der mathematischen Übersetzung, zeigt Krapp auf. Jeder Mathematiker hat seinen eigenen Stil, seine eigene Intuition, die von seinem mathematischen Ge-

biet geprägt ist – und somit in gewisser Weise seine eigene „Sprache“. Nicht immer ist es für Mathematiker aus anderen Forschungsgebieten einfach, diesen Stil nachzuvollziehen. Eine künstliche Intelligenz, die die vielseitigen „Sprachen“ und Stile der Mathematiker versteht, könnte Ergebnisse und Zusammenhänge aus sehr unterschiedlichen Bereichen zusammenbringen. „Das ist die Stärke der Künstlichen Intelligenz gegenüber dem Menschen“, führt Krapp aus: „Die Vergangenheit hat gezeigt, dass die Fields-Medaille (offizieller Name: International Medal for Outstanding Discoveries in Mathematics, Anm. d. Red.) häufig an Menschen verliehen wurde, die es geschafft haben, zwei Gebiete zusammenzubringen, die vorher als unvereinbar galten – woraus eine Schwemme an neuen Resultaten und Theorien hervorging. Der Computer hat das Potenzial, genau dies zu leisten und einen Prozess zwischen den mathematischen Feldern anzuregen.“ Gute Aussichten somit für die maschinell unterstützte Mathematik. Bis die Fields-Medaille erstmals an eine Künstliche Intelligenz verliehen wird, wird wohl dennoch etwas Zeit verstreichen. | gra.

**Lothar Sebastian Krapp** ist Doktorand am Fachbereich Mathematik und Statistik der Universität Konstanz. Neben seinem Dissertationsprojekt befasst er sich auch mit den Möglichkeiten und Grenzen von Künstlicher Intelligenz im Bereich der Mathematik. Zur Frage „Können Computer denken?“ referierte er 2018 im Rahmen der Sommerakademie der Studienstiftung des deutschen Volkes in Leysin in der Schweiz.

# Representing Television under Communism

**Public Event: Thursday, 6 June 2019**

Y 326, 15:00

**Maria Kapajeva** (Estonia/UK), book presentation:  
You can call him another man

**Georgi Gospodinov** (Bulgaria) reads from  
“The Physics of Sorrow”:  
Fish on Wednesday, Russian TV on Friday. Our  
TV Bildungsroman in the 70s – 80s

Discussion with students from the blockseminar “Photography Representing  
Television in East and West: From Theory to Praxis”



Zukunftskolleg

Supported by the Zukunftskolleg, “Transfer Lehre”, International Office

Organisation and  
Contact:

Dr. Maria Zhukova  
maria.zhukova@uni.kn

Dr. Innokentij Urupin  
innokentij.urupin@uni.kn



# Daten intelligent verwalten

Bei Open Science geht es darum, den wissenschaftlichen Prozess über das Internet offen zugänglich, nachvollziehbar und nachnutzbar zu machen, um so Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft neue Möglichkeiten im Umgang mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zu eröffnen. Welche Rolle Forschungsdaten dabei spielen und wie intelligente Systeme bei deren Verwaltung helfen können, erklären Petra Hätscher, Direktorin des Kommunikations-, Informations-, Medienzentrums (KIM) der Universität Konstanz, und der stellvertretende Direktor Bernd Schelling, Fachgebiet IT-Anwendungsdienste, im Interview mit uni'kon.

**Petra Hätscher**, Direktorin des Kommunikations-, Informations-, Medienzentrums (KIM) der Universität Konstanz, und der stellvertretende Direktor **Bernd Schelling**, KIM-Fachgebiet IT-Anwendungsdienste.

**uni'kon: Der Umgang mit Forschungsdaten spielt eine wichtige Rolle, gerade im Hinblick auf Themen wie Verantwortung in der Wissenschaft und Open Science. Was versteht man unter Forschungsdaten?**

**Petra Hätscher:** Wenn geforscht wird, entstehen immer Daten. Auch wenn ein Geisteswissenschaftler oder eine Geisteswissenschaftlerin ein Buch liest, es exzerpiert und daraus Erkenntnisse gewinnt, sind Daten entstanden, nämlich dieses Exzerpt. Besonders viele Daten resultieren natürlich aus elektronischen Messverfahren, wie sie in den Naturwissenschaften zum Einsatz kommen, aber auch in den Sozialwissenschaften oder Wirtschaftswissenschaften, Beispiel durch Erhebungen, Befragungen, die Analyse von Wirtschaftsdaten und so weiter.

**Welche Rolle spielt das Forschungsdatenmanagement (FDM)?**

**Petra Hätscher:** Beim Forschungsdatenmanagement geht es darum, Arbeitsabläufe im Umgang mit Daten effizient zu organisieren, um diese mittel- und langfristig auffindbar, reproduzierbar und nachnutzbar zu machen. Man kommt gar nicht darum herum, wenn Wissenschaft betrieben wird. Den Anfang hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) 1998 mit ihren Empfehlungen zur Sicherung

guter wissenschaftlicher Praxis gemacht, die seitdem mehrfach angepasst und überarbeitet wurden. Im Kern fordern diese Empfehlungen, dass Forschung nachvollziehbar sein soll. Deshalb müssen die Daten, auf denen sie basiert, aufgehoben werden – und zwar für mindestens zehn Jahre – und bei Überprüfungsbedarf zugänglich gemacht werden. Mittlerweile erwarten fast alle Fördereinrichtungen, dass ein Forschungsdatenmanagementplan erstellt wird der genaue Informationen darüber beinhaltet, welche Daten erhoben werden, für welche Zwecke sie erhoben werden, wie sie archiviert, weiterverarbeitet und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Es geht auch darum festzulegen, welche Daten wann vernichtet werden dürfen. Gerade auf EU-Ebene ist das Forschungsdatenmanagement auf dem Vormarsch.

**Wie können Daten sinnvoll verwaltet werden? Kommen auch Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) zum Einsatz?**

**Bernd Schelling:** Es gibt Schnittstellen. Die Herausforderung im Forschungsdatenmanagement besteht darin, Forschungsdaten „verarbeitbar“ zu halten. Das heißt, dass die Daten auf eine geordnete Weise entstehen und verarbeitet werden müssen, dass genau beschrieben

sein muss, um was für Daten es sich handelt, wie man darauf zugreifen kann, unter welchen Bedingungen sie gespeichert werden, wie lange sie wo abgelegt werden und so weiter. Systeme, die Künstliche Intelligenz anwenden – ich nenne das eigentlich lieber intelligente Verfahren, weil normalerweise statistische Methoden genutzt werden –, können anschließend auf diese Datenbestände zugreifen und maschinell aus einer Beschreibung ableiten, was darin enthalten ist. Dadurch lassen sich entsprechend relevante Ergebnisse generieren. Das Management an sich ist demgegenüber aber neutral. Es geht nur um die Bereitstellung, bei der unsere Aufgabe die nachhaltige Pflege der Daten und ihrer Metadaten ist. Die eigentliche Verarbeitung ist Sache der Wissenschaft.

**Je nach Disziplin entstehen Forschungsdaten in großen Mengen. Welche Unterschiede bei den Anforderungen und technischen Lösungen sehen Sie mit Blick auf die einzelnen Fachdisziplinen und welche Herausforderungen sind damit für Sie verbunden?**

**Bernd Schelling:** Wir müssen sehr fallbezogen reagieren und agieren können. In den Geisteswissenschaften besteht eher Bedarf, auf elektronische Textkorpora zuzugreifen, die anschließend unter ganz spezifischen Forschungsfragen



untersucht werden. Man kann zum Beispiel Fragen nach Häufungen bestimmter Sprachzusammenhänge stellen, wofür ein für diese Zwecke geschriebenes Stück Software benötigt wird. In den Naturwissenschaften wiederum entstehen teilweise sehr große Datenmengen. Hier besteht die Herausforderung sehr viel stärker darin, Suchen auf diese großen Datenmengen zu ermöglichen, ohne schon zum Zeitpunkt der Publikation die genauen Suchaspekte zu kennen. Wir verstehen uns deshalb im ersten Schritt als Beratungseinrichtung und dann auch als Service Provider. Wenn wir einen Service nicht leisten können, weil er zu umfangreich oder zu spezifisch ist, dann leiten wir an entsprechende Fachgesellschaften weiter oder verhandeln mit externen Stellen.

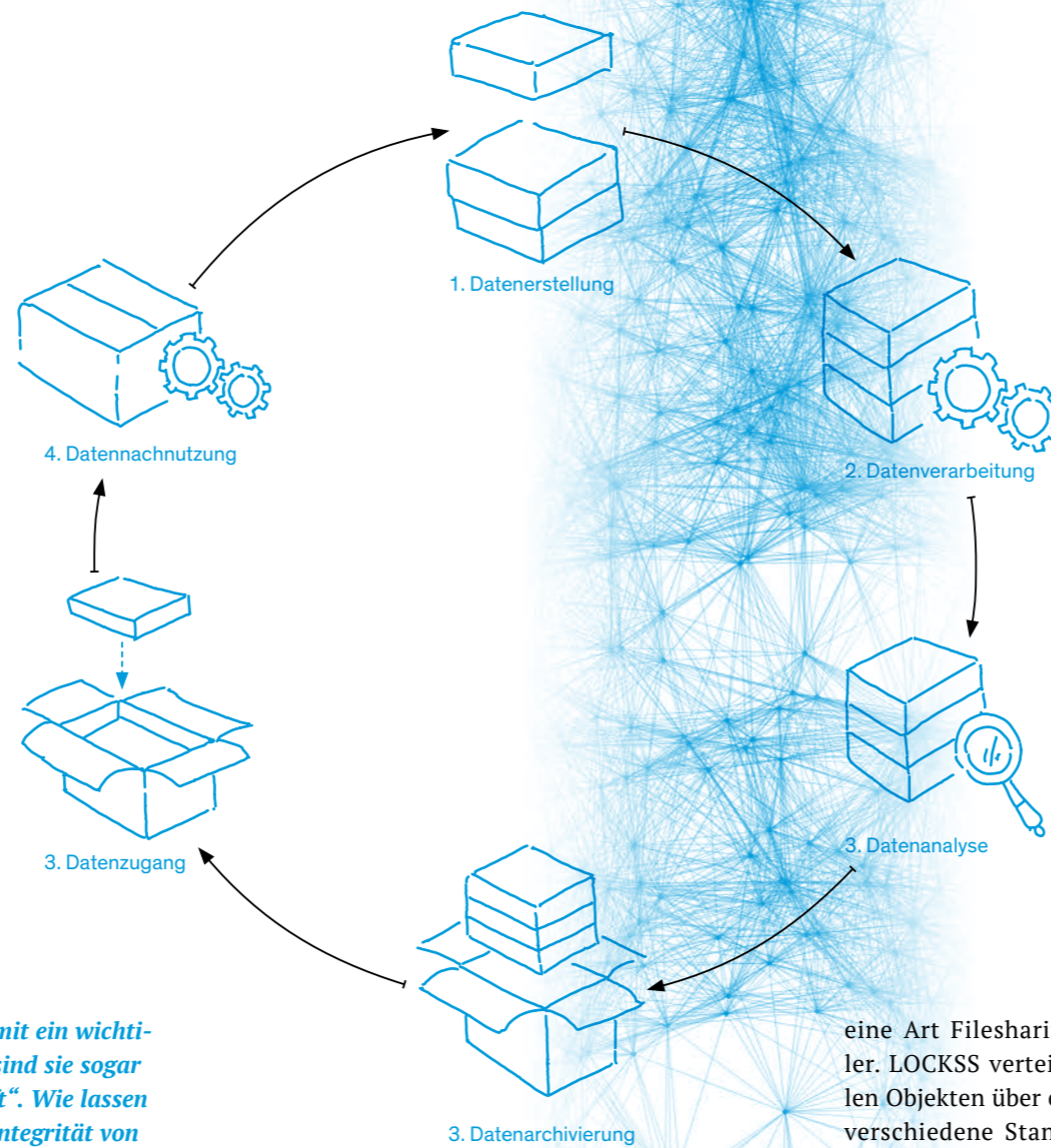
**Petra Hätscher:** Das ist eine ganz wichtige Aussage. Wir müssen nicht alles vor Ort lösen. Es gibt übergreifende Infrastrukturen von großen Anbietern aus der Wissenschaft, auf die wir zurückgreifen können. Wenn zum Beispiel sehr große Rechenkapazitäten gebraucht werden, dann nutzen wir Infrastrukturen im Land wie zum Beispiel bwHPC im Bereich des High Performance Computing. In den Sozialwissenschaften gibt es für Umfragen und Ergebnisse von Befragungen und Studien die Plattform GESIS, auf der Daten eingestellt, aber auch recherchiert werden können. Es ist ein Geben und Nehmen. Gerade entsteht in Deutschland außerdem eine Initiative der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) von Bund und Ländern mit dem Namen Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI). Es sollen dauerhaft Infrastrukturen entstehen, in denen Forschungsdaten sowohl erhoben als auch gespeichert und so systematisch für das deutsche Wissenschaftssystem erschlossen werden können.

**Forschungsdaten sind somit ein wichtiger Rohstoff. Laut GWK sind sie sogar „der Rohstoff der Zukunft“. Wie lassen sich die Provenienz und Integrität von Forschungsdaten über lange Zeiträume hinweg sicherstellen?**

**Bernd Schelling:** Da kann ich als Informatiker mit den klassischen Werkzeugen der Revision, Archivierung und Signierung antworten, das sind alles etablierte technische Verfahren der Informatik. Man bekommt für einen bestimmten Datensatz eine Art Zertifikat ausgestellt, das aussagt, dass genau dieser Datensatz zu einer bestimmten Zeit mit bestimmten Bestandteilen vorgelegen hat. Auf Grundlage dieses Zertifikats lässt sich stets überprüfen, ob der Datensatz vollständig beziehungsweise integer ist und ob er in sich unverändert ist. Datenverluste können vermieden werden, indem man Redundanzen schafft. Dafür gibt es Systeme wie LOCKSS von Stanford Libraries, das generisch in der Lage ist...

**Petra Hätscher:** Lots Of Copies Keep Stuff Safe, das ist die Abkürzung (*lacht*).

**Bernd Schelling:** Es handelt sich um



eine Art Filesharing für Wissenschaftler. LOCKSS verteilt Kopien von digitalen Objekten über einen Algorithmus auf verschiedene Standorte. Ich kann zum Beispiel vorgeben, dass ein Datensatz immer in der eigenen Institution gespeichert wird, sofern das technisch möglich ist, und mindestens noch in ein, drei oder fünf weiteren. Die Aufteilung der Dokumente in einzelne Blöcke und deren Verteilung geschieht vollautomatisch. Ein hochentwickeltes Back-Up-System.

**Die Blockchain ist ein solches auf Blöcke verteiltes Datensystem. Gibt es einen Zusammenhang mit der Blockchain?**

**Bernd Schelling:** Es gibt gewisse Parallelen. In einer Blockchain habe ich einen verteilten Speicher, allerdings werden in der Blockchain sozusagen Unterschriften gelagert. Mit diesen Unterschriften lassen sich Transaktionen nachvollziehen. Das Gute an der Blockchain ist, dass sie keine zentrale Verwaltung braucht. Deswegen ist sie auch – näherungsweise – nicht korrumpierbar. Wobei das natürlich auch möglich ist (*lacht*). Bei der Blockchain geht es in erster Linie darum, Transakti-

onen beweisbar zu machen, und zwar öffentlich, ohne dass es eine zentrale Kontrollinstanz gibt.

**Petra Hätscher:** Das ist die technische Antwort auf Ihre Frage nach der Integrität von Daten. Die organisatorische Antwort ist, dass solche Materialien dauerhaft in sogenannten Gedächtnisorganisationen gelagert und eben nicht bei privatwirtschaftlich organisierten Anbietern verbleiben sollen, die Pleite gehen oder verkauft werden können. Das gilt beispielsweise auch für Publikationen. Wir möchten als Bibliotheken in der Lage sein, Publikationen oder Daten, die bei Datenjournalen von Elsevier, Springer oder Wiley liegen, selbst zu speichern, damit wir auch dann noch darauf zugreifen können, wenn einzelne Journale oder Verlage den Betrieb einstellen. Gedächtnisorganisationen können so dabei helfen, Daten langfristig zu sichern.

**Was sind die großen Herausforderungen im Forschungsdatenmanagement in den kommenden Jahren?**

**Petra Hätscher:** Es kommt viel auf uns zu. Viel im Sinne von großen Datenmengen, viel aber auch im Sinne von vielen

Fachgebieten. Mittlerweile produzieren fast alle Disziplinen jede Menge Daten. Wir bauen deshalb unser Open Science-Team aus, in dem wir Forschungsdatenmanagement, Open Access, alles, was in Richtung Open Science geht, bündeln. Das Wachstum von Infrastrukturen wird ein Thema sein, ebenso wie die Erkenntnis, dass Bibliotheken und Rechenzentren, eben Einrichtungen wie das Informationszentrum der Universität Konstanz, eine Bedeutung haben. Dass die Wissenschaft das Thema Daten nicht allein angehen kann, sondern nur im Austausch mit geeigneten Infrastruktureinrichtungen.

**Bernd Schelling:** Die Kuratierung von Daten wird eine Daueraufgabe sein. Dementsprechend wird es für uns schwierig sein zu verdeutlichen, dass es eine Daueraufgabe ist. Die Fachcommunity entwickelt Standards „on the go“, die sich verändern und mit denen KIM nicht nur Schritt halten muss: KIM muss vielmehr das, was schon da ist, mitnehmen und das, was noch kommen könnte, vorhersehen. In diesem Spannungsfeld zu bestehen, verlangt einen nachhaltigen Fundus an Kompetenzen.

| Das Gespräch führte Tullia Giersberg.



#### Seniorprofessor in Tübingen

Der Konstanzer Philosoph Prof. Dr. Wolfgang Spohn wurde am 1. Januar 2019 zum Seniorprofessor an der Universität Tübingen ernannt. Er wird die kommenden drei Jahre als Principal Investigator am dortigen Exzellenzcluster „Machine Learning: New Perspectives for Science“ mitwirken. Im Cluster nehmen Wissenschaftsethik und Wissenschaftsphilosophie eine entscheidende Rolle ein. Während die Wissenschaftsethik an der Universität Tübingen vertreten ist, fehlte die Wissenschaftstheorie, deren Part nun Wolfgang Spohn am Exzellenzcluster übernehmen wird. Der Frege-Preisträger von 2015 hatte bis zu seiner Emeritierung 2018 an der Universität Konstanz die Professur für Philosophie und Wissenschaftstheorie inne.



## Promotionen

### Doktor der Naturwissenschaften:

**Dr. rer. nat. Kathrin Götz,**

New Tools to Study ApnAs in Eukaryotic and Prokaryotic Systems.

**Dr. rer. nat. Verena Goldbach,**

Isomerizing Carbonylation as a Direct Route to Lang-Chain Dicarboxylic Acids and Probe for the Role of Metal Nanoparticles in Catalysis.

**Dr. rer. nat. Sebastian Gruler,**

The strength of pseudo-expectations – A detailed analysis of the work of Lee, Raghavendra and Steurer on the psd rank of the family of correlation polytopes.

**Dr. rer. nat. Andrea Huppke,**

Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der International Federation of Psychoanalytic Societies (IFPS) zwischen 1960 und 1980 im Kontext der internationalen, insbesondere der deutschen Psychoanalyse.

**Dr. rer. nat. Mohsen Jenadeleh,**

Blind Image and Video Quality Assessment.

**Dr. rer. nat. Hannes Leicht,**

Stereoregular Functionalized Poly(dienes) from Catalytic Polymerization.

**Dr. rer. nat. Thomas Lorenz,**

Wechselspiel von Vielteilchen-Transport und Ladungseffekten in supraleitenden Einzelelektronentransistoren.

**Dr. rer. nat. Tahereh Orang,**

Continuous Intimate Partner Violence. Mental health consequences and feasibility of psychological interventions: the case of Iran.

**Dr. rer. nat. Julia Stifel,**

Design and characterization on synthetic riboswitches for the conditional control of gene expression.

**Dr. rer. nat. Florian Stoffel,**

Transparency in Interactive Feature-based Machine Learning: Challenges and Solutions.

**Dr. rer. nat. Martin Streckfuß,**

Conditional Variational Analysis and Path-dependent Optimization.

**Dr. rer. nat. Wei Wang,**

Sb2S3/Sb2Se3 Nanostructures and Applications.

**Dr. rer. nat. Xiaoman Xie,**

Anaerobic degradation of phenol and aniline by sulfate-reducing bacterium Desulfatiglanis aniline.

### Doktor der Philosophie:

**Dr. phil. Moritz Bensch,**

Fundament bei Descartes, Kant, Fichte und Heidegger. Beobachtungen an einer prekären Metapher.

**Dr. phil. Alexander Pahl,**

Herrscher und Schriftsteller. Das ZK der KPdSU der Brežnev-Ära als literarische Agentur.

**Dr. phil. André Gustavo**

**Da Rosa Riberio,**

A Hobbesian Theory of Justice.

**Dr. phil. Pascale Siegrist,**

Putting Anarchism in its Place: A Global Intellectual History of the Encounter Between Anarchy and Geography, c. 1870 – 1905.

### Doktor der Sozialwissenschaften:

**Dr. rer. soc. Johannes**

**Philipp Tratzmiller,**

Die Kehrtwende in der deutschen Atompolitik nach Fukushima – Detailanalyse eines politischen Entscheidungsprozesses.

### Doktor der Rechtswissenschaft:

**Dr. jur. Michael Busching,**

Der Schutz „privater“ Informationen bei Cloud Computing. Eine Untersuchung straf-, datenschutz-, und berufsrechtlicher Sanktionsrisiken für Ärzte und Rechtsanwälte bei der Nutzung von Cloud-Diensten.

**Dr. jur. Alexander Raphael Eggers,**

Die gerichtliche Kontrolle von Vergleichen im kollektiven Rechtsschutz – Eine Untersuchung zur US-amerikanischen class action im Vergleich mit dem niederländischen und deutschen Recht.

**Dr. jur. Adrian Hemler,**

Die Methodik der „Eingriffsnorm“ im modernen Kollisionsrecht – zugleich ein Beitrag zum Internationalen Öffentlichen Recht und zur Natur des ordre public.

**Dr. jur. Nadine Otz,**

Intertemporalität und schwere Menschenrechtsverletzungen.

**Dr. jur. Fabian Stitz,**

Class actions in Australien – Class closure und Vergleichungsgenehmigungen als Perspektive für Deutschland.

### Doktor der Wirtschaftswissenschaften:

**Dr. rer. pol. Fuzhen Wang,**

Three Essays on Macroeconomics.

### Lehrbefugnis:

**Dr. rer. soc. Michael Herrmann** hat die Lehrbefugnis für das Fach Politikwissenschaft erhalten.

**Dr. phil. nat. Cordian Riemer** hat die Lehrbefugnis für das Fach Mathematik erhalten.

## Berufungen

### Einen Ruf nach Konstanz haben angenommen:

**Prof. Dr. Meg Crofoot,**

University of California, Davis, USA, auf die W3-Professur für Organismische Interaktionen/Organismal Interactions (Alexander-von-Humboldt-Professur).

**Jun.-Prof. Dr. Sebastian Findeisen,**

Universität Mannheim, auf die W3-Professur für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Politische Ökonomik.

**Dr. Anke Elisabeth Hoeffler,**

University of Oxford, Großbritannien, auf die W3-Professur für Entwicklungspolitik (Alexander-von-Humboldt-Professur).

**Dr. Timo Müller,**

Universität Regensburg, auf die W3-Professur für Amerikanistik.

**Prof. Dr. Fridtjof Nußbeck,**

Universität Bielefeld, auf die W3-Professur für Methoden für intensive Daten in der Psychologie.

**PD Dr. Liane Wörner,**

Universität Gießen, auf die W3-Professur für Strafrecht mit Nebengebieten.

### Einen Ruf nach Konstanz haben erhalten:

**Dr. Sebastian Arnold,**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, auf die W3-Professur für Entwicklungsbiologie.

**PhD Julia Höng,**

Philip Morris International, Schweiz, auf die W3-Professur für Systems Toxicology.

**Prof. Dr. Leon Horsten,**

University of Bristol, Großbritannien, auf die W3-Professur für Theoretische Philosophie unter besonderer Berücksichtigung der Metaphysik, der Erkenntnistheorie und der Logik.

**Prof. Dr. Anna-Bettina Kaiser,**

Humboldt-Universität zu Berlin, auf die W3-Professur für Öffentliches Recht mit Schwerpunkt Verwaltungsrecht.

**Prof. Dr. Igor Klep,**

Universität Ljubljana, Slowenien, auf die W3-Professur für Geometrie mit Schwerpunkt Reelle Geometrie und Algebra.

**Prof. Dr. Philip Jung,**

TU Dortmund, auf die W3-Professur für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Makroökonomik.

**PD Dr. David Schleheck,**

FB Biologie, Universität Konstanz, auf die W3-Professur für Limnische Mikrobiologie.

### Einen externen Ruf haben erhalten:

**Prof. Dr. Tanja Gaich,**

FB Chemie, auf die Professur für Organische Chemie an die TU Dresden.

**Prof. Dr. Thomas Götz,**

Fach Empirische Bildungsforschung, hat einen Ruf an die Universität Wien erhalten.

**Prof. Dr. Sebastian Polarz,**

FB Chemie, auf die Professur für Festkörperchemie: Anorganische Funktionsmaterialien an die Leibniz Universität Hannover.

### Einen Ruf nach Konstanz haben abgelehnt:

**Prof. Dr. Sebastian Arnold,**

Universität Freiburg, auf die W3-Professur für Entwicklungsbiologie.

**Prof. Dr. Georg Dürnecker,**

LMU München, auf die W3-Professur für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Makroökonomik.

**Prof. Dr. Christian Ernst,**

Bucerius Law School Hamburg, auf die W3-Professur für Öffentliches Recht mit Schwerpunkt Verwaltungsrecht.

**Prof. Dr. Antonio Lerario,**

Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Triest, Italien, auf die W3-Professur für Geometrie mit Schwerpunkt Reelle Geometrie und Algebra.

### Einen externen Ruf haben abgelehnt:

**Prof. Dr. Christian Breunig,**

FB Politik- und Verwaltungswissenschaft, an die Martin-School an der University of Kentucky.

**Prof. Dr. Marius Busemeyer,**

FB Politik- und Verwaltungswissenschaft, an die Humboldt-Universität zu Berlin.

**Prof. Dr. Christina Wald,**

FB Literaturwissenschaft, an die Universität Zürich.

## Jubiläum

### 25-jähriges Dienstjubiläum

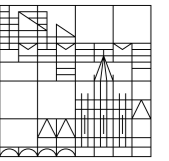
Renate Bauer-Soto y Perez, Haushaltsabteilung (15.10.2018), Angelika Burghardt, Kanzlerbüro (1.12.2018), Prof. Dr. Regine Eckardt, FB Sprachwissenschaft (1.1.2019), Silvia Grupe, Wissenschaftliche Werkstätten (15.6.2019), Christiane Hoffmann, Wissenschaftliche Werkstätten (15.12.2018), Prof. Dr. Peter Kroth, FB Biologie (9.6.2019), Christof Maienberger, Bibliotheksservice-Zentrum Baden-Württemberg (4.5.2019), Dagmar Moret, FB Psychologie (16.5.2019), Prof. Dr. Volker Schneider, FB Politik- und Verwaltungswissenschaft (18.11.2018), Prof. Dr. Gabriela Signori, FB Geschichte und Soziologie (11.2.2019), PD Dr. Wolfgang Tönshoff, Sprachlehreinstitut (3.12.2018), Eva Wiese, KIM (1.5.2019).

### 40-jähriges Dienstjubiläum

Gertrud Albrich, Stabsstelle Kommunikation und Marketing (1.12.2018), Ursula Lütze, Bibliothekservice-Zentrum Baden-Württemberg (5.1.2019).



Videos zu den Humboldt-Professorinnen  
Margaret Crofoot und Anke Hoeffler:  
– [uni.kn/zwei-neue-humboldt-professorinnen](https://uni.kn/zwei-neue-humboldt-professorinnen)



# Impressum

## Herausgeber

Prof. Dr. Kerstin Krieglstein,  
Rektorin der Universität Konstanz

## Verantwortlich

Julia Wandt, Leitung Kommunikation  
und Marketing, Pressesprecherin

## Redaktion

Dr. Maria Schorpp (msp., Leitung),  
Carla Avolio (ca.), Helena Dietz (hd.),  
Dr. Tullia Giersberg (tg.), Dr. Jürgen Graf (gra.),  
Dr. Paul Töbelmann (pt.), Janne Tüffers (jts.)

## Druck

raff media group

## Bildmaterial

Alex Jordan, Inka Reiter,  
Kommunikation und Marketing.  
Illustrationen: dreisatz

## Gestaltung

dreisatz – büro für gestaltung, Fellbach

Online-Version uni'kon #70

– [uni.kn/broschueren/unikon/70](http://uni.kn/broschueren/unikon/70)



# Gemeinsame Vorstellung der Exzellenzcluster

## Einladung zur öffentlichen Vorstellung

Dienstag, 9. Juli 2019, 17.00 Uhr, Audimax

## The Politics of Inequality &

## Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour

- Diskussions- und Fragerunde
- Anschließender Umtrunk im Foyer
- Anmeldung nicht erforderlich!

– [inequality.uni.kn](http://inequality.uni.kn)  
– [uni.kn/collective-behaviour](http://uni.kn/collective-behaviour)

# CAMPUS FESTIVAL



31. MAI & 1. JUNI 2019 KONSTANZ

RIN • MIGHTY OAKS  
OK KID • MEUTE

FIL BO RIVA • MONKEY SAFARI

GIORGIA ANGIULI \*LIVE

MAVI PHOENIX • LAING • AMILLI

HEIMLICH KNÜLLER • BLOND

... UND VIELE MEHR

Klimbin & Firtelanz  
STAGE

COLOURS  
Electro Stage

Poetry  
Slam

Zaubershow  
Siegfried & Joy

