

AMPERE

4.2017

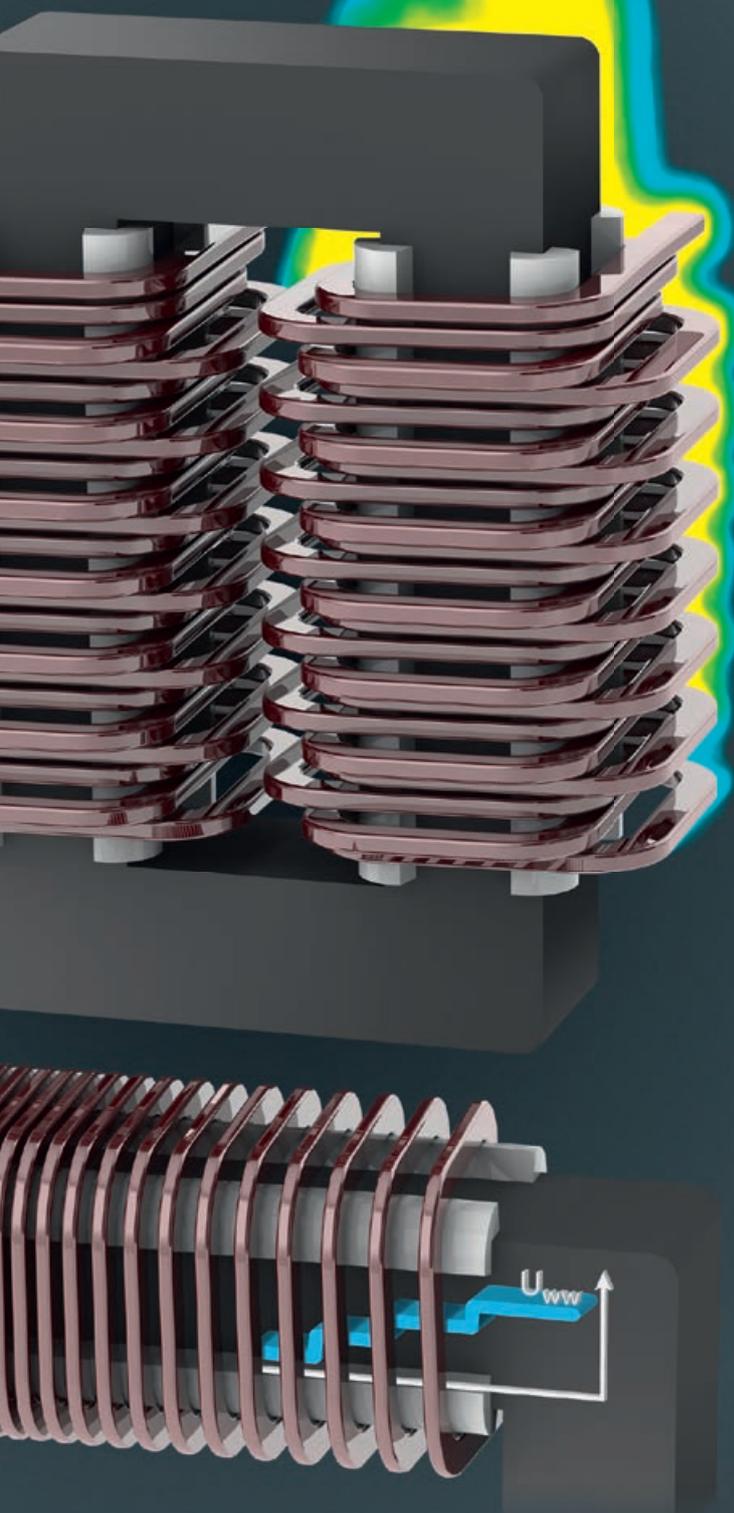
DAS MAGAZIN DER ELEKTROINDUSTRIE

**Künstliche
Intelligenz:**
Vom Rechnen
zum Denken



Future Winding

for next power generation



Inductive solutions for
SiC, GaN – Wide Band
Gap technology

COOL *

exceptional heat dissipation achieved
by our all new winding technology

LOW LOSSES η^+

reduced proximity effect losses, due to
space between adjacent turns

FREE STYLE $\Delta \square \diamond$

BLOCK winding technology
allows free geometrical shaping

LONG LIFE ∞

self-supporting coil structure
with a minimum of isolating materials

POTENTIAL CONTROL $\square \uparrow$

controlled voltage polarity
for low partial discharge

FORCED COOLING $\infty \uparrow$

highest current densities achievable,
due to an expanded winding surface

Wir müssen sicherstellen, dass der Mensch versteht, wie KI funktioniert – nicht im Detail, wohl aber grundsätzlich.



Liebe Leserin, lieber Leser,

Künstliche Intelligenz ist neuerdings ein bestimmendes Thema in vielen Medien und auf Messen. Dabei ist sie nicht neu. Schon lange meistert sie viele Aufgaben: Sie erkennt Sprache im Smart Home, Bilder in der Medizin, steuert Maschinen in der Industrie und findet vielfältige Anwendung in allen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft. In unseren Fabriken haben zum Beispiel hochautomatisierte Produktionsanlagen besonders monotone und körperlich stark belastende Routinetätigkeiten übernommen. Ohne Künstliche Intelligenz wären viele Dinge nicht möglich, die für uns heutzutage selbstverständlich sind. Von einer menschenähnlichen, selbstlernenden Intelligenz wie wir sie mitunter von Science-Fiction-Filmen vorgeführt bekommen, sind wir allerdings noch weit entfernt.

Trotzdem: Künstliche Intelligenz entwickelt sich in rasendem Tempo fort und es ist an der Zeit, dass wir uns stärker mit ihr befassen. Damit wir Vertrauen in diese Technik setzen können, sollte eine Voraussetzung erfüllt sein: Wir müssen sicherstellen, dass der Mensch versteht, wie sie funktioniert – nicht im Detail, wohl aber grundsätzlich. Dazu will diese Ausgabe von AMPERE einen Beitrag leisten. Wir haben Künstliche Intelligenz umfassend beleuchtet, blicken zurück auf die „Urväter“, haben mit führenden Forschern und Entwicklern gesprochen und schauen auch – wie Sie das von der AMPERE erwarten dürfen – nach vorn.

AMPERE erscheint in dieser Form seit fünf Jahren. Von Ihnen haben wir viel positiven Zuspruch erhalten. Das gibt uns Anlass, im kommenden Jahr, in dem wir das 100-jährige Bestehen des ZVEI feiern, unser Magazin grundlegend zu überarbeiten. Wir freuen uns auf die nächste Ausgabe am 21. Juni 2018, die nach einer kurzen Pause als Sonderheft zum Abschluss des Festzyklus erscheinen wird.

Ihr

MICHAEL ZIESEMER
Präsident des ZVEI

Denken statt Rechnen

Künstliche Intelligenz weckt viele Erwartungen, aber auch Ängste. Doch was können wir erwarten? Und was bleibt Science-Fiction? Versuch einer Erklärung.

Editorial..... 3

EINST & JETZT
Vom Schach- zum Poker-Weltmeister 6

INFOGRAFIK
ANATOMIE DES LERNENS
Maschinen lernen anders als Menschen, aber sie tun es 8

AUFTAKT
AUTOMATISCH GUT?
Häuser, Verkehr, Produktion – Künstliche Intelligenz hält überall Einzug 10

CHEFSACHE
„GEWALTIGE FORTSCHRITTE ERZIELT“
Bosch-Forschungschef Michael Bolle macht Künstliche Intelligenz zum Kernthema 16

FORSCHUNG
KLUGE MENSCHEN, KLUGE MASCHINEN
Deutschland im Wettbewerb um die klügsten Köpfe 20

PRAXIS
KLUG-STARTER
Immer mehr Start-ups gründen ihr Geschäftsmodell auf Künstlicher Intelligenz ... 24

STANDPUNKTE
„HERR DER ENTWICKLUNG BLEIBEN“
Am DFKI arbeiten Frank und Elsa Kirchner an lernenden Maschinen 30

ESSAY
KANT IN BITS UND BYTES
Wirtschaftswoche-Redakteur Andreas Menn fordert Ethik für Roboter ... 34

VISION 2030
TAXI W/O DRIVER
Eine Fahrt durch Berlin in einem Roboter-Taxi 36

FAKTEN STATT VORURTEILE 40

HEISSES EISEN
MÜLLVERMEIDUNG IN DER ATMOSPHÄRE
Getec-Geschäftsführer Peter Eilers über Energieeffizienz und Contracting 42

VORAUSSGEDACHT
„STROM KOMMT NICHT AUS DER STECKDOSE“
Technikhistoriker Frank Dittmann stellt sich dem AMPERE-Schülerreporter 44

AUS DEM KOFFER
HABEN WIR ETWAS VERGESSEN?
Die Kolumne von Johannes Winterhagen 46

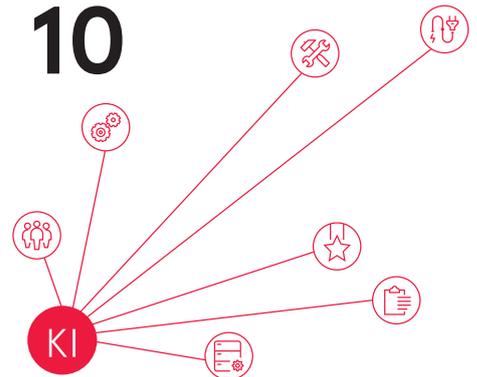


Die neue Serie „Watts On“ auf dem Youtube-Kanal der Elektroindustrie präsentiert Themen, die das Leben verändern. Zum Beispiel Künstliche Intelligenz.

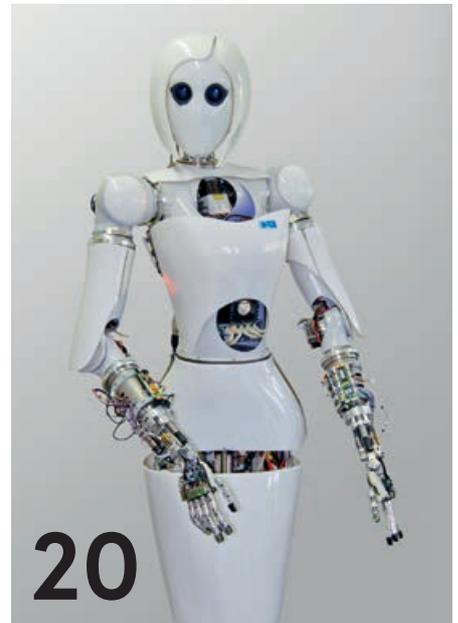
www.youtube.com/user/ZVEIorg



Infografik: Lernen ist ein komplexer Prozess. Das menschliche Gehirn beherrscht ihn seit jeher. Maschinen jetzt auch.



Auftakt: Klassische Automatisierung gerät immer häufiger an ihre Grenzen. Künstliche Intelligenz bietet einen Ausweg.



Forschung: Wo steht Deutschland im internationalen Wettbewerb um die Forschung an Künstlicher Intelligenz?

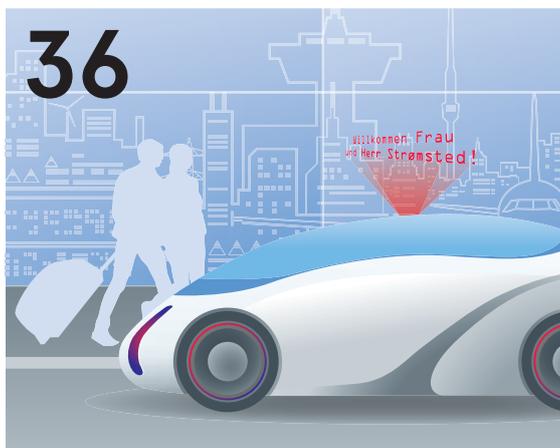


Download & Bestellung
Sie können die Ausgabe von AMPERE über den QR-Code downloaden oder unter zsg@zvei-services.de bestellen. QR-Code Reader im App Store herunterladen und Code mit Ihrem Smartphone scannen.
ISSN-Nummer 2196-2561
Postvertriebskennzeichen 84617



30

Standpunkte: Frank und Elsa Andrea Kirchner diskutieren darüber, wie ähnlich Maschine und Mensch werden.



36

„Wir können Frau und Herr Strömstedt!“

Vision 2030: Roboter-Taxis verstoßen nie gegen die Regeln. Deshalb muss der Mensch manchmal eingreifen.



44

Vorausgedacht: Frank Dittmann, Kurator am Deutschen Museum, über die Geschichte der Elektrotechnik.



16

Chefsache: Bosch-Forschungschef Michael Bolle will das Leben durch Künstliche Intelligenz besser machen.

Impressum

CHEFREDAKTEUR
Thorsten Meier

HERAUSGEBER
ZVEI-Services GmbH
Dr. Henrik Kelz, Patricia Siegler
(Geschäftsführung)
Lyoner Straße 9,
60528 Frankfurt am Main
Telefon +49 69 6302-412
E-Mail: zsg@zvei-services.de
www.zvei-services.de

ZSG ist eine 100-prozentige Servicegesellschaft des ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

ANSPRECHPARTNER ZVEI E.V.
Thorsten Meier
(Abteilungsleiter Kommunikation und Marketing),
meier@zvei.org
Karen Baumgarten, Stella Loock
(Referenten Kommunikation und Marketing),
baumgarten@zvei.org,
loock@zvei.org
www.zvei.org

VERLAG, KONZEPT & REALISIERUNG
publish-industry Verlag GmbH, München
Projektleitung: Sabrina Quente,
s.quent@publish-industry.net

Inhalt: Redaktionsbüro delta eta
Paschek & Winterhagen GbR

Art-Direktion: Barbara Geising

ANZEIGEN
Dr. Henrik Kelz, kelz@zvei-services.de

DRUCK
SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG

Der Bezug des Magazins ist im ZVEI-Mitgliederbeitrag enthalten. Alle Angaben sind ohne Gewähr, Änderungen vorbehalten. Nachdruck, Vervielfältigung und Onlinestellung nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet. Alle Rechte vorbehalten.

Stand: 11/2017.

ClimatePartner 
**klimaneutral
gedruckt**

Schach matt

1997

Ein Jahr zuvor hatte Garri Kasparov den von IBM entwickelten Computer „Deep Blue“ noch geschlagen. Doch dieses Mal verlor der amtierende Schachweltmeister nach zwei Niederlagen, drei Remis und nur einem Sieg das komplette Match. Am Boden zerstört, bemerkte Kasparow, „Deep Blue“ würde gar nicht wie ein Computer spielen.



Foto: Reuters/Peter Morgan

Showdown in Vegas

2017

Für Pokerspieler gelten nicht nur Logik und Wahrscheinlichkeitsrechnung. Erfolg hat, wer darüber hinaus an der richtigen Stelle blufft. Auch das können Computer mittlerweile, wie „Libratus“, ein von der Carnegie Mellon Universität programmiertes System, bei einem 20-tägigen Marathon gegen vier der besten Pokerspieler der Welt bewies.

IT'S BACK!

BRAINS VS. ARTIFICIAL INTELLIGENCE RE-MATCH!

WE ARE UPping THE ANTS!
220,000 HANDS THE-LIMIT WORLD 50!

JANUARY 11 - 30
11AM - 7PM • POKER ROOM

DONG KIM JASON LES JIMMY CHOU DANIEL MCAULAY

PARTNERS
Carnegie Mellon University School of Computer Science PITTSBURGH SUPERCOMPUTING CENTER RIVERS CASINO UNIVERSITY OF PITTSBURGH

SPONSORS
BANK OF AMERICA TNG CITIBANK

Be sure to Tweet @WinBigRivers and @SCSatCMU using #BrainsvsAI

GAMBLING PROBLEM? CALL 1-800-GAMBLER.

Anatomie des Lernens

Künstliche Intelligenz nimmt sich das menschliche Lernen zum Vorbild. Als eine Art Nachbau des Gehirns sollen neuronale Netze die Computer dazu befähigen, die Außenwelt so wahrzunehmen und sich darin so zu verhalten, wie es ein Mensch tun würde. Um das zu erreichen, werden Algorithmen mit Methoden des Deep Learning wieder und wieder trainiert. Sie lernen dazu – genauso wie dies unser Gehirn tut, wenn wir Dinge wiederholt tun.

Text: Laurin Paschek

1 SEHEN

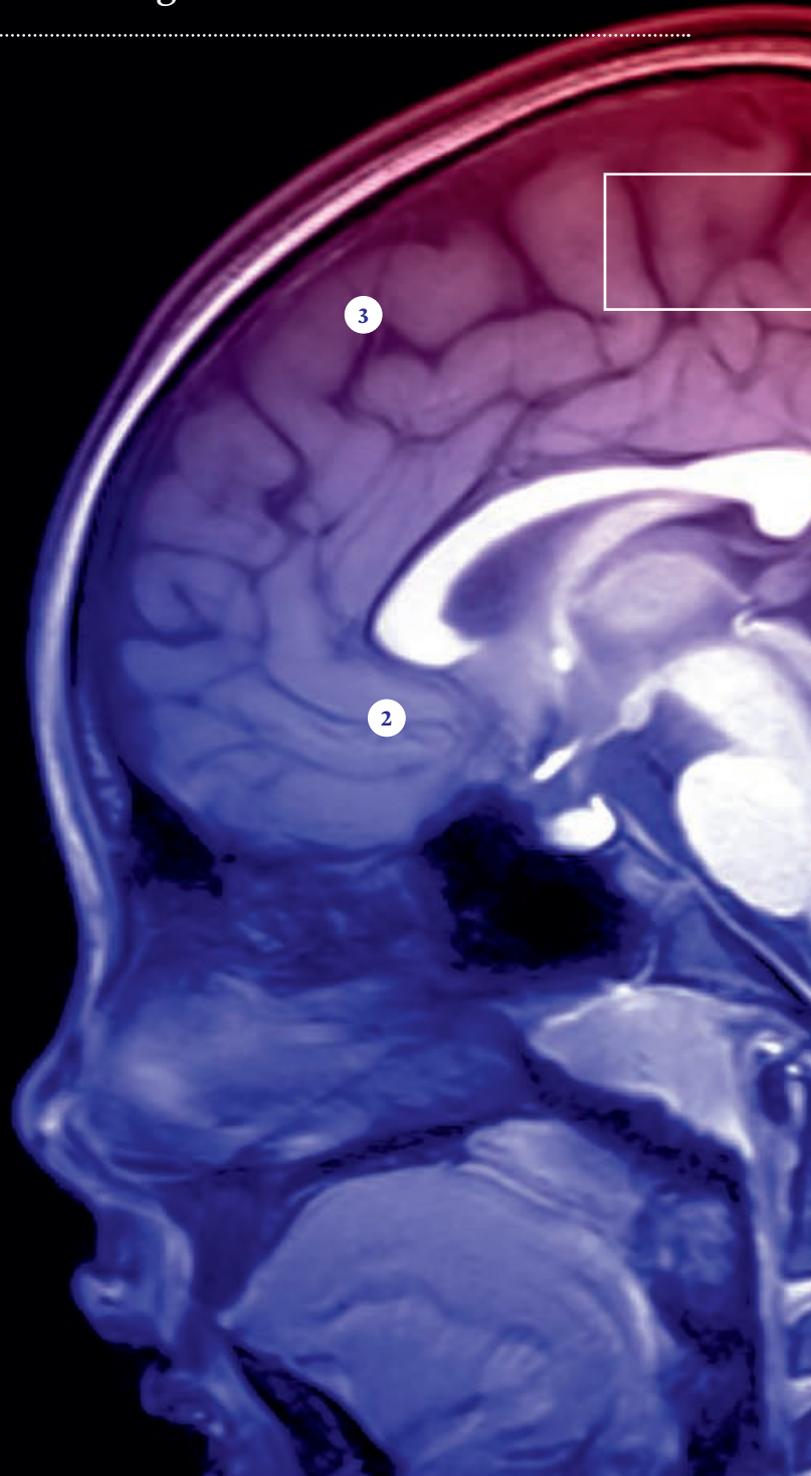
Im Scheitellappen und Hinterhauptslappen des Großhirns verarbeitet das menschliche Gehirn die visuellen Informationen und sensorische Reize wie Berührungen. Das Roboterhirn wertet an dieser Stelle die Sensordaten aus, die von Kameras und anderen Messgeräten wie etwa Druck- und Beschleunigungssensoren erfasst werden.

2 HÖREN

Hier würde der Roboter die Daten auswerten, die er von Mikrofonen und Schwingungssensoren erhält – also Daten zu Geräuschen und Vibrationen. Im Menschengehirn befindet sich hier der Schläfenlappen des Großhirns, der überdies die Verbindung zum Hippocampus (Lernzentrum, Gedächtnis) bildet.

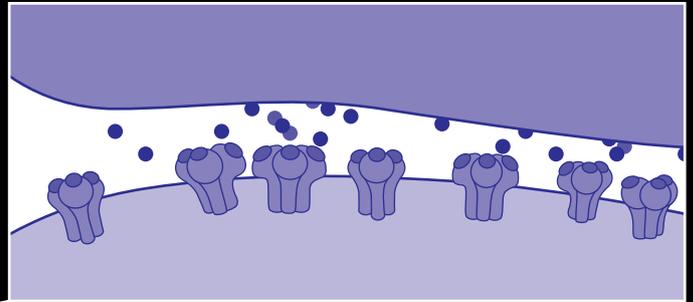
3 STEUERN

Der Stirnlappen des Großhirns übernimmt beim Menschen die motorische Kontrolle und ist für das Planen und Umsetzen von Entscheidungen zuständig. Hier sitzen im Roboterhirn die Steuergeräte, die die Aktoren kontrollieren – also beispielsweise die Elektromotoren, die Arme, Beine und Kopf bewegen.



LERNZENTRUM

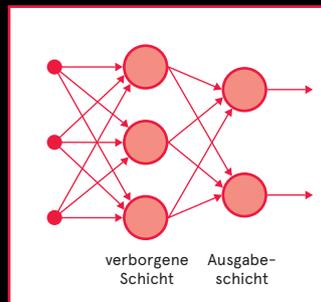
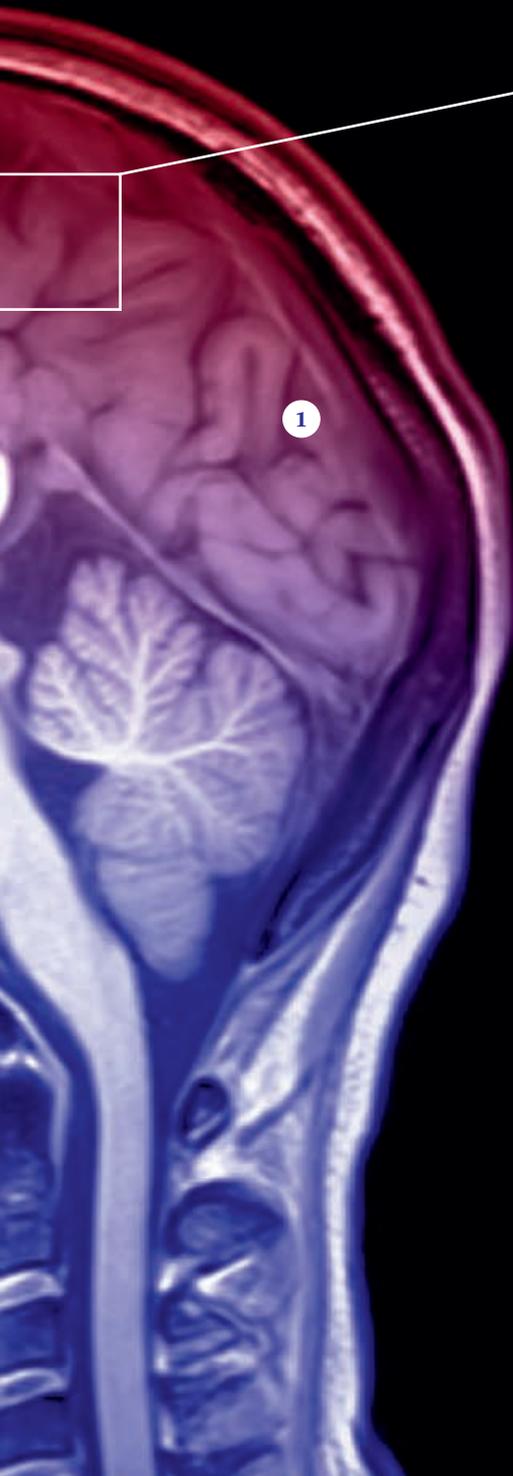
In der Großhirnrinde des Menschen befinden sich etwa 14 Milliarden Nervenzellen („graue Zellen“) mit jeweils bis zu 10.000 Synapsen. Hier werden alle Reize verarbeitet. In der Großhirnrinde findet auch das **menschliche Lernen** statt.



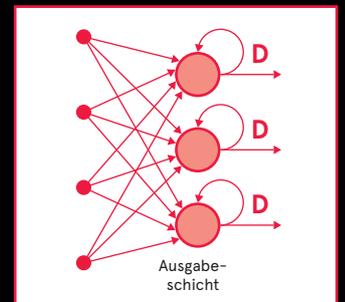
Spalt zwischen zwei Nervenzellen mit Botenstoffen

MENSCHLICHES LERNEN:

Was genau im menschlichen Gehirn passiert, wenn wir lernen, ist bis heute nicht abschließend beantwortet. Im Zentrum der Hirnforschung stehen aber die Synapsen: Das ist der Ort, an dem zwei Nervenzellen (Neuronen) aufeinandertreffen. Die beiden Neuronen berühren sich nicht ganz, sondern tauschen sich mit Hilfe von Botenstoffen aus. Beim Lernen entsteht eine „**synaptische Plastizität**“: Wenn wir Dinge wiederholt tun, dann werden die Impulse häufiger und immer stärker übertragen; gleichzeitig bilden sich an der Postsynapse, die die Impulse empfängt, immer mehr Rezeptoren. Hirnforscher nennen das Phänomen „**Langzeitpotenzierung**“. Lernen bedeutet also, dass die Kommunikation der Nervenzellen an den Synapsen schneller und intensiver abläuft. Der Austausch geht nicht nur in eine Richtung, sondern über sogenannte „**retrograde Messenger**“ auch von der Postsynapse an die sendende Synapse zurück.



Zweischichtiges Netz



Rekurrentes Netz

MASCHINELLES LERNEN:

Im Gegensatz zu biologischen Nervenzellen handelt es sich bei **künstlichen Neuronen** nur um ein Modell aus der Neuroinformatik. Die künstlichen Neuronen nehmen sich aber menschliche Neuronen zum Vorbild und sind in der Lage, Eingaben zu gewichten und an eine Ausgabefunktion zu übergeben, welche dann die Aktivierung der Neuronen berechnet. Auf diese Weise sind sie in der Lage zu lernen: Die Neuronen werden in **künstlichen neuronalen Netzwerken** zusammengeschaltet. Mit der **Deep-Learning**-Optimierungsmethode erfolgt die Verarbeitung der Daten dann über mehrere Schichten, wobei die Daten immer abstrakter werden. Bei rekurrenten Netzen ist überdies eine Rückkopplung nach erfolgter Datenverarbeitung zum vorhergehenden Neuron enthalten. Das ermöglicht dem Netz ein dynamisches Verhalten und stattet es mit einem Gedächtnis aus.

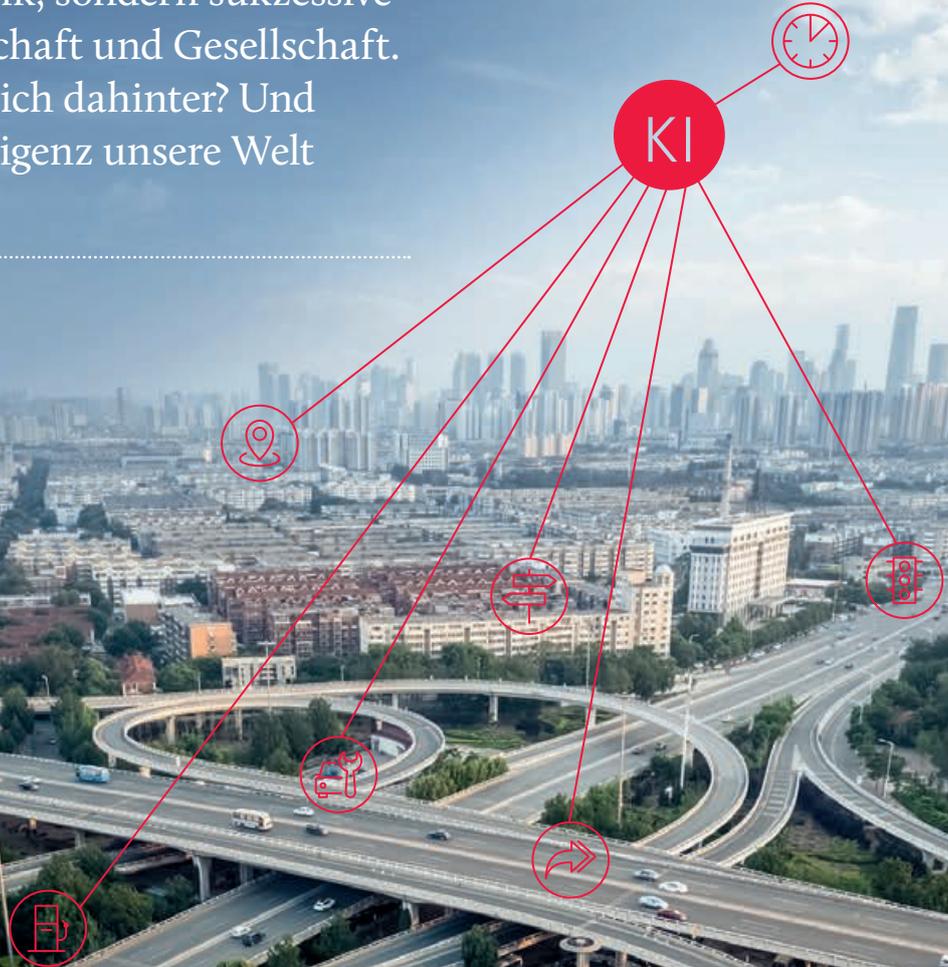
Foto: shutterstock/MirMan

Automatisch gut?

Künstliche Intelligenz erobert nicht nur die Automatisierungstechnik, sondern sukzessive alle Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft. Doch was steckt eigentlich dahinter? Und macht Künstliche Intelligenz unsere Welt zu einem besseren Ort?

Text: Johannes Winterhagen

Künstliche Intelligenz im Verkehr: große Datenmengen analysieren



```

DO
INPUT
IF THEN
PRINT
EXIT DO

```

Wer in den 1980er Jahren zur Schule ging und sich ein wenig für Technik interessierte, der hat mit hoher Wahrscheinlichkeit erste Gehversuche in der mittlerweile fast ausgestorbenen Computersprache BASIC gemacht. Groß war der Stolz, wenn es gelang, einen Nadeldrucker anzusteuern. Und wenn es nicht funktionierte, dann wies der Code mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Logikfehler auf, sprich: Eine der notwendigen Wenn-dann-Bedingungen war nicht erfüllt oder schlicht vergessen worden. Eine ganze Generation von späteren Informatikern und Ingenieuren wurde darauf trainiert, dass auf ein „IF“ ein bestimmtes „THEN“ folgt. „Deterministische Logik“ heißt dieses Vorgehen, nach dem bislang fast die ganze Welt geregelt wird, ob Kraftwerk, ICE oder Industrie-Roboter. Haben die Programmierer etwas übersehen, ist das in der Regel nicht weiter von Belang: Am Führerstand oder in der Leitwarte sitzen Menschen, die das Geschehen überwachen und jederzeit eingreifen können. Menschen, die komplexe Probleme auch dann lösen können, wenn diese nie zuvor aufgetreten sind. Menschen, die aufgrund ihrer Erfahrung in Analogien denken können und deshalb neue Wege beschreiten. Menschen, die die Folgen ihres Handelns abschätzen und dabei auch ihre Gefühle einbeziehen.

Die eingespielte Rollenverteilung zwischen Mensch und Maschine gerät erst dieser Tage ins Wanken, auf Initiative des Menschen freilich. Denn er will Maschinen bauen, die sich autonom in unserer Welt bewegen: selbstfahrende Autos etwa, Ernteroboter oder automatisierte Transportsysteme, die in einer Industrie-4.0-Fabrik die nächste freie Arbeitsstation anfahren. Wer solche Systeme entwickelt, gerät mit klassischer Logik schnell an ihre Grenzen. Denn in der realen Welt gibt es zwei Probleme, die bislang nur der Mensch lösen konnte: Es passiert immer wieder etwas völlig Unvorhersehbares. Und laufend geht irgendetwas kaputt, weil jede Maschine, auch die beste der Welt, nun einmal mit der Zeit verschleißt. Informatiker bezeichnen den Lauf der Dinge trocken mit dem Terminus „open world problem“.

Dass dem komplexen Geschehen in der realen Welt nur mit anderer Regelungstechnik beizukommen ist, erkannten Mathematiker bereits, als die Informatik Mitte des 20. Jahrhunderts gerade die ersten Gehversuche machte. Bereits 1956 verwendete der Informatiker John McCarthy den Begriff der „Künstlichen Intelligenz“ – dabei war er nicht der erste, der darüber nachdachte, wie Maschinen sich aus dem starren Korsett kausaler Zusammenhänge befreien können. So entwickelte der 1954 verstorbene Mathematiker Alan Turing bereits einen nach ihm benannten Test, mit dem überprüft werden kann, ob eine Maschine genauso kommunizieren kann wie der Mensch.

Experten sprechen von einem neuen „Sommer“ der Künstlichen Intelligenz. Es sind zwei technische Entwicklungen, die es nun ermöglichen, intelligentere Maschinen denn je zuvor in der Menschheitsgeschichte zu bauen. Die wichtigste ist die Hardware: Klassische Mikroprozessoren arbeiten wie ein Fließbandarbeiter eine Rechenaufgabe nach der anderen ab. Wenn sehr viele Aufgaben in sehr kurzer Zeit zu lösen sind – etwa um eine belebte Kreuzung in einer Innenstadt sicher zu überqueren –

tun sich solche Prozessoren sehr schwer. Einen Ausweg fanden zunächst die Entwickler von Grafikkarten, die für 3D-Computerspiele verwendet werden. Sie verteilen die Aufgaben auf viele kleine Prozessorkerne, die zudem sehr energieeffizient arbeiten. Ein Verfahren, das mittlerweile auch von Herstellern klassischer Prozessoren übernommen wird.

Zweiter wesentlicher Grund für die raschen Fortschritte, die derzeit auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz erzielt werden, ist die Menge an Daten, die durch digitale Vernetzung bereit steht. Denn lernfähige neuronale Netze, für die bereits in den 1970er Jahren die theoretischen Grundlagen gelegt wurden, sind darauf angewiesen, zunächst mit sehr vielen Daten trainiert zu werden, bevor sie zu ähnlich plausiblen Ergebnissen kommen wie ein Mensch. Mittlerweile sind vielschichtige neuronale Netze dazu in der Lage, Hunderttausende von Bildern auf Anhieb richtig zu erkennen – eine Voraussetzung dafür, dass autonome Systeme ihre Umgebung korrekt deuten können.

SPEZIALISTEN, NICHT GENERALISTEN

Freilich: Von Intelligenz in einem umfassenden, dem menschlichen Denken entsprechenden Sinn, ist Künstliche Intelligenz weit entfernt. Sie kann lediglich einzelne Aufgaben schnell und treffsicher erledigen. Experten sprechen bei Systemen wie IBM Watson daher von „schwacher Künstlicher Intelligenz“. So forscht IBM an Lösungen, um mit Hilfe von intelligenter Bilderkennung MRT-Aufnahmen zu analysieren. Trotzdem werden solche Systeme in Zukunft weder den Arzt, das Patientengespräch noch die Entwicklung eines neuen MRT-Gerätes ersetzen.

Watson, die Technologie, in die IBM einen hohen Anteil seines Forschungsbudgets steckt, gibt es eigentlich gar nicht, zumindest nicht in dem Sinn, dass irgendwo auf der Welt ein Supercomputer stünde, der die gesamte Künstliche Intelligenz des Unternehmens bündelt. Wolfgang Hildesheim, im deutschen IBM-Vertrieb für Watson verantwortlich, erläutert: „Wir haben mittlerweile zahlreiche konkrete kognitive Services entwickelt, die jeweils einem spezifischen Anwendungsfall gewidmet sind.“ Die Angebote reichen von der Bilderkennung bis zu einem Chatbot-Baukasten, mit dem Unternehmen einen digitalen Assistenten für ihre Internetseite oder ihr Service-Center bauen können. „Natürlich nutzen all diese Services kognitive Algorithmen, um unstrukturierte Daten zu analysieren“, sagt Hildesheim. „Doch der entscheidende Wert liegt nicht nur in den Algorithmen, sondern auch in den Daten, mit denen man eine konkrete Anwendung füttert.“

In den Daten aber steckt das Wissen eines Unternehmens. Warum sollte man die freiwillig einem Unternehmen wie IBM überlassen? „Unsere Kunden und Partner haben immer die Entscheidungshoheit, wie ihre Daten genutzt werden, um ihre eigenen, einzigartigen Lösungen zu entwickeln“, verspricht Hildesheim denn auch. „IBM schützt die Daten der Kunden und wird weder Daten noch die Erkenntnisse daraus weitergeben. Zudem nutzt IBM die Kundendaten auch nicht zum eigenen Vorteil – die Business-Modelle und das geistige Eigentum gehören stets dem Kunden.“ Doch bei vielen mittelständischen Unternehmen ist es nicht primär die Angst, die Herrschaft über die eigenen Daten zu verlieren, die zu einem zögerlichen Umgang mit Künstlicher Intelligenz führt. Vielmehr mangelt es schlicht an Kapazität, um sich einem derart komplexen Thema zu nähern. Hildesheim drängt aber zur Eile. „Wir haben in der deutschen Industrie keine Zeit zu verlieren. Unser größtes Risiko ist Angst.“ Kleineren Kunden empfiehlt er, mit kleineren Projekten zu starten. „Viele deutsche Mittelständler sind weltweit aktiv. ▷

Wenn man auf seiner Internetseite einen Rund-um-die-Uhr-Service über einen Chatbot für einfache Anfragen anbietet, kann sich schon ein Wettbewerbsvorteil ergeben.“ Und man sammle bereits konkrete Erfahrung, die später auf andere Anwendungen ausgedehnt werden kann.

KOMPLEXITÄT BEWÄLTIGEN

Dass Gebäude künftig von Künstlicher Intelligenz gesteuert werden, ist für Johannes Hauck völlig klar. Der Elektroingenieur, eine Art Außenminister für das auf Elektroinstallationen spezialisierte Familienunternehmen Hager, sagt: „Wir verkaufen schon längst nicht mehr nur Elektroinstallationssysteme, sondern wir bieten Lösungen für Komfort, Assistenz, Sicherheit und eine höhere Energieeffizienz.“ Das Internet der Dinge ermögliche mehr Funktionen denn je. „Doch die Komplexität steigt enorm. Mit klassischer Steuer- und Regelungstechnik sind wir da schnell an technologischen Grenzen“, so Hauck. „Deshalb braucht das Smart Home einen autonomen Regelkreislauf.“ Gemeint ist ein Gebäude, das lernt, zum Beispiel wann seine Bewohner zuhause sind, wie schnell es sich bei Sonneneinstrahlung aufheizt und wann die Heizung einspringen muss. Direkt nach dem Erstbezug müssen die Bewohner noch das eine oder andere Mal eingreifen. Doch das Gebäude lernt permanent dazu und schafft sich eine eigene Wissensbasis.

Allzu futuristisch ist das autonome Gebäude nicht mehr. Am Firmenstammsitz in Blieskastel hat Hager erst kürzlich ein neues Forschungs- und Anwendungszentrum in Betrieb genommen. Klassische Steuer- und Regelungstechnik wird dabei durch lernende Algorithmen ergänzt, um die eigene Strom- und Wärmeproduktion und die Energienachfrage in Balance zu halten. „Damit das gelingt“, so Hauck, „muss das Gebäude die eigene Vergangenheit kennen, Muster erkennen und in die Zukunft schauen können.“ Dazu wird das Energiemanagementsystem nicht nur mit Gebäudedaten zu Energieverbrauch und Energie-

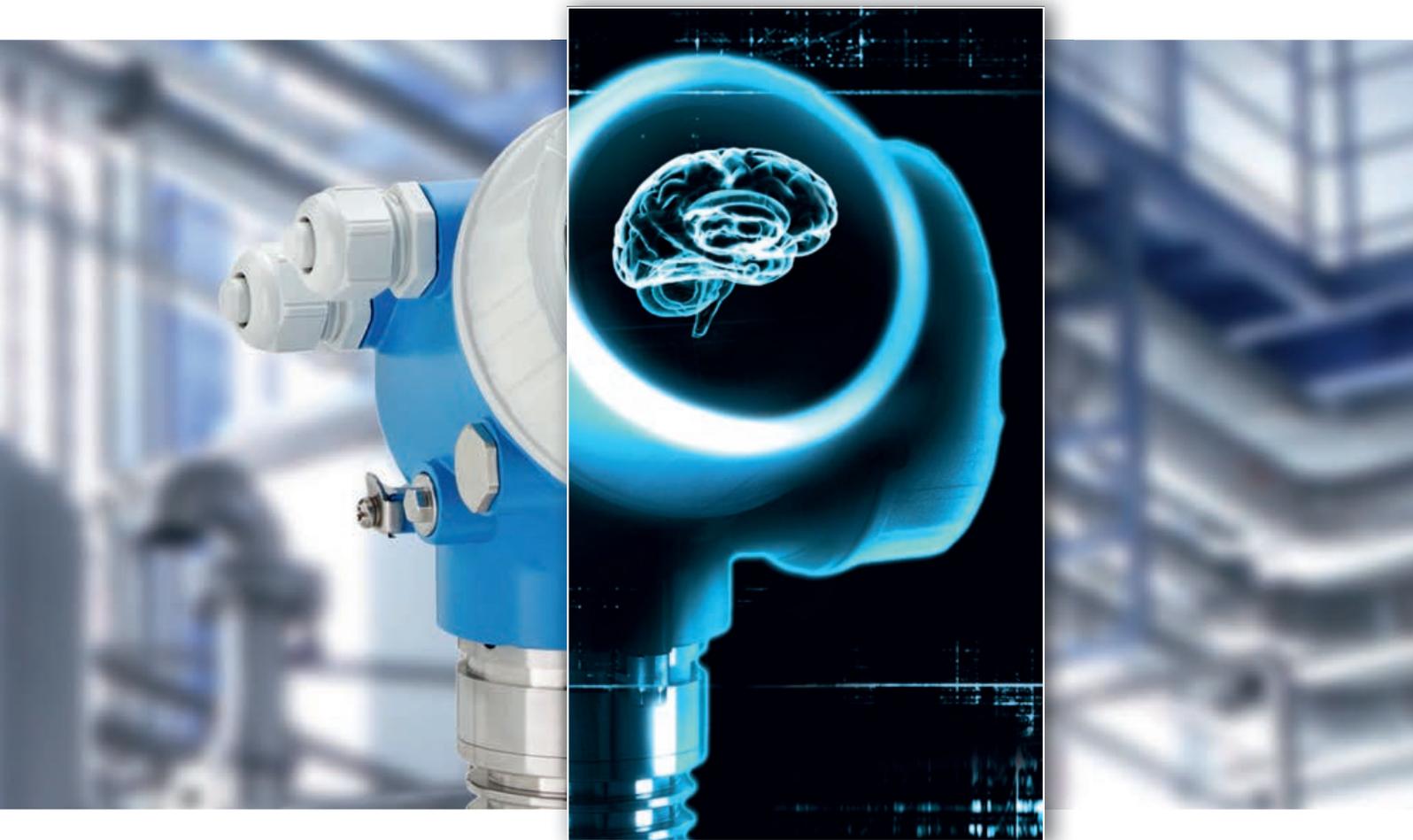
erzeugung gefüttert, sondern auch mit Daten zur Nutzung: beispielsweise den Reservierungen für Besprechungsräume oder den Buchungen für die eigene Elektroauto-Flotte. Der Energiebedarf für den folgenden Tag kann so mit zunehmender Genauigkeit vorhergesagt werden. Im Moment erreicht das neue Gebäude damit einen Autarkiegrad von mehr als 90 Prozent, erzeugt also neun Zehntel der verbrauchten Energie selbst. „Ohne selbstlernende Verfahren wäre das nicht möglich“, so Hauck. „Die Investition von mehr als einer Million Euro rechnet sich durch die höhere Effizienz bereits nach ungefähr vier Jahren.“

Um an hochkomplexen, teilautonomen Steuerungen trotz begrenzter Budgets zu forschen, empfiehlt Hauck die Zusammenarbeit mit strategischen Partnern wie Forschungsinstituten oder Start-ups. „Natürlich gibt man in solchen Partnerschaften auch immer Know-how ab“, so der Hager-Manager. „Aber man bekommt ein Vielfaches zurück.“ Gemeinsam könne man den Herausforderungen begegnen und auf Augenhöhe mit den großen Internetkonzernen auftreten, die Künstliche Intelligenz bereits nutzen, um beispielsweise Sprachassistenten wie Alexa oder Siri zu optimieren. Neben einer steuerlichen Forschungsförderung von mindestens zehn Prozent für Forschungs- und Entwicklungskosten, für die sich der ZVEI einsetzt, müssen Hauck zufolge weitere Maßnahmen ergriffen werden, um kleineren mittelständischen Unternehmen den Zugang zu Forschungsergebnissen zu ermöglichen. „Vor allem sollte der bürokratische Aufwand gesenkt werden, der mit der Vergabe von Fördergeldern verbunden ist“, so Hauck. „Da steckt sehr viel Potenzial drin, das Deutschland in die Waagschale werfen kann.“ ▷

Foto: fotolia/KB3

Künstliche Intelligenz
zu Hause: Energieströme
steuern





Industrie 4.0 Entdecken, was dahintersteckt.

Mit intelligenten Feldgeräten und Systemen treiben wir gemeinsam mit unseren Kunden die interne und externe Vernetzung voran. Wir unterstützen Sie bei der horizontalen Integration entlang der Wertschöpfungsnetzwerke über Produktionsprozesse hinweg. Wir schaffen Lösungen für die vertikale Integration aller relevanten Geschäfts-, Produktions- und Automatisierungsprozesse. Und Sie profitieren von einem durchgängigen Engineering über den gesamten Lebenszyklus von Geräten und Anlagen. Lassen Sie sich von uns auf dem Weg zum Ziel 4.0 begleiten. Entdecken Sie mehr unter:

www.de.endress.com/industrie4null

sps ipc drives



Nürnberg, 28.–30.11.2017
Halle: 4A, Stand: 135

Endress+Hauser
Messtechnik GmbH+Co. KG
Colmarer Straße 6
79576 Weil am Rhein

Tel +49 7621 975 01
Fax +49 7621 975 555
info@de.endress.com
www.de.endress.com

Endress + Hauser 
People for Process Automation

Künstliche Intelligenz in der Fabrik: Produktiver arbeiten

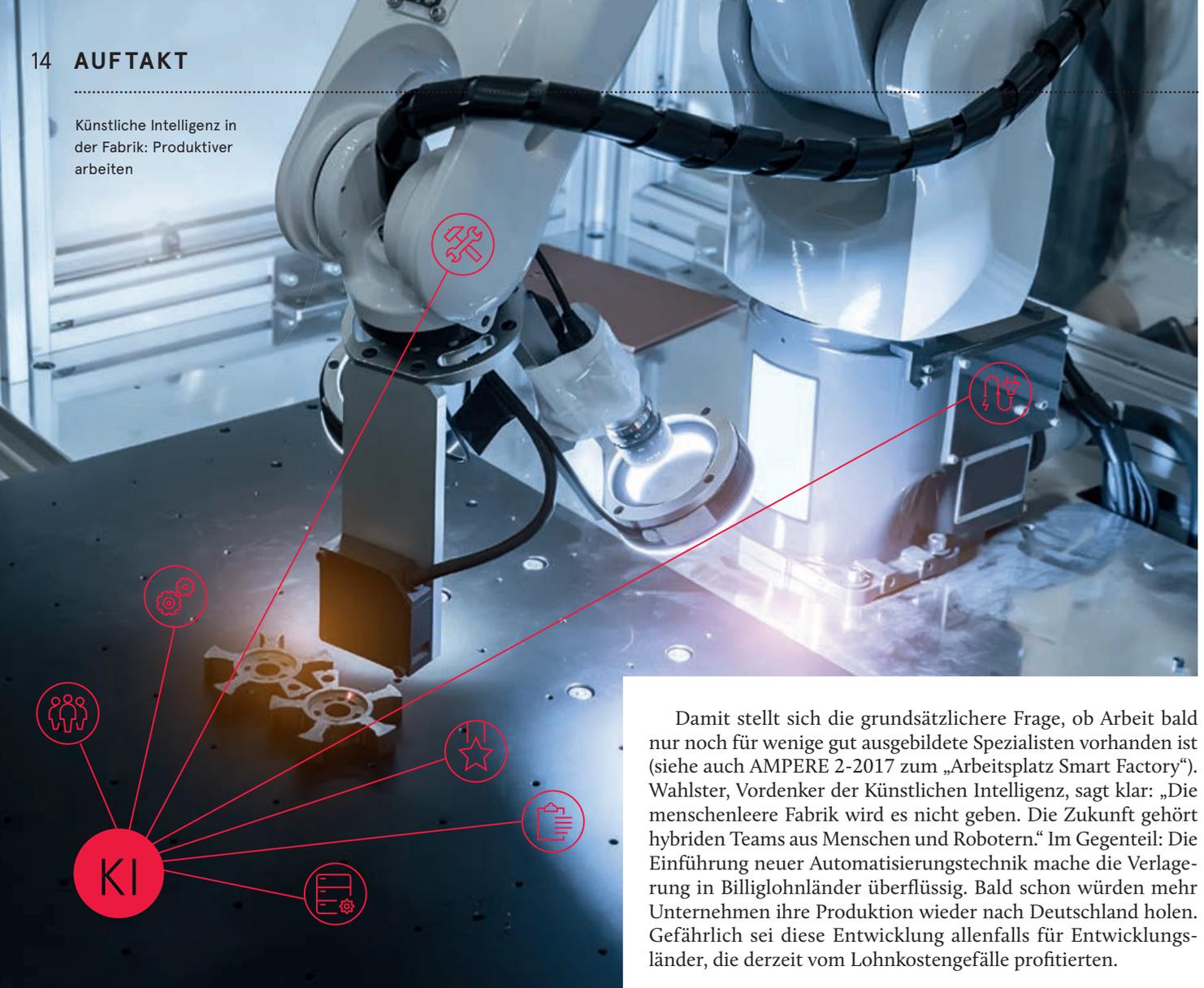


Foto: shutterstock/asharkyu

Damit stellt sich die grundsätzlichere Frage, ob Arbeit bald nur noch für wenige gut ausgebildete Spezialisten vorhanden ist (siehe auch AMPERE 2-2017 zum „Arbeitsplatz Smart Factory“). Wahlster, Vordenker der Künstlichen Intelligenz, sagt klar: „Die menschenleere Fabrik wird es nicht geben. Die Zukunft gehört hybriden Teams aus Menschen und Robotern.“ Im Gegenteil: Die Einführung neuer Automatisierungstechnik mache die Verlagerung in Billiglohnländer überflüssig. Bald schon würden mehr Unternehmen ihre Produktion wieder nach Deutschland holen. Gefährlich sei diese Entwicklung allenfalls für Entwicklungsländer, die derzeit vom Lohnkostengefälle profitierten.

GUTE BERUFAUSSICHTEN FÜR ALLE?

Doch außer Algorithmen, Daten und Projekten braucht man auch Menschen, um aus einer neuen Technologie Vorteile zu ziehen. Menschen mit aus heutiger Sicht exotischen Berufen wie „Datenarchitekt“ oder „Computerlinguist“. Wie groß der Bedarf an gut ausgebildetem Nachwuchs ist, skizziert Wolfgang Wahlster, Leiter des Deutschen Forschungsinstituts für Künstliche Intelligenz (DFKI): „Alle Technologien, in denen Deutschland führend ist, werden künftig mit Künstlicher Intelligenz ausgestattet werden: Autos, Produktionsmaschinen und -anlagen, Medizintechnik, Agrarmaschinen und sogar Hausgeräte.“ Den studentischen Teilnehmern einer seit 1975 in Dortmund veranstalteten Konferenz über Künstliche Intelligenz ruft er zu: „Sie haben also beste Berufsaussichten.“ Er sagt das auf Englisch, auch wenn die meisten Teilnehmer im Saal von Unis zwischen Bremen und Freiburg stammen. Die begreifen sich längst als Teil einer internationalen Forschergemeinschaft, die an grundsätzlichen Fragen arbeitet. Etwa dazu, welche Algorithmen bei der Berechnung des optimalen Wegs zwischen mehreren Punkten am wenigsten Arbeitsspeicher in Anspruch nehmen. Oder sie testen Programme, die aufeinanderfolgende Arbeitsschritte automatisch beschreiben, anhand einer fiktiven Sandwich-Produktion. Was auf den ersten Blick nach Spielerei aussieht, soll die Fabrik von morgen revolutionieren.

GRENZEN

Die Experten sind sich einig: Künstliche Intelligenz ist die Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0 und damit die Wettbewerbsfähigkeit des Modells Deutschland. Vermutlich ist es der unscharfe, der Biologie entlehnte Begriff, der dazu führt, dass die Technik in der Öffentlichkeit derzeit intensiv diskutiert wird. „Nicht-deterministische Regelungstechnik“ wäre präziser, aber auch langweiliger. Ob es wirklich eines Tages Maschinen mit starker Künstlicher Intelligenz geben wird, Maschinen also, die ähnlich intelligent sind wie ein durchschnittlich begabter Mensch, ist umstritten. Bis heute jedenfalls hat keine Maschine den Turing-Test bestanden – obwohl der eigentlich die Maschine bevorteilt: Sie ist während des Tests nicht zu sehen und kommuniziert lediglich schriftlich. Im Operationssaal reicht manchmal ein einziger Blick vom Chefarzt zum Assistenten, um eine komplexe Handlungskette in Gang zu bringen. Auch wenn Computer nicht nur noch mit strengen Wenn-dann-Beziehungen arbeiten, könnte der beste Experte der Welt eine derartige, auf Intuition beruhende Situation nicht programmieren. □

```
ELSEIF THEN
PRINT
END IF
```



Bundesministerium
für Arbeit und Soziales



Wirtschaft &
Menschenrechte

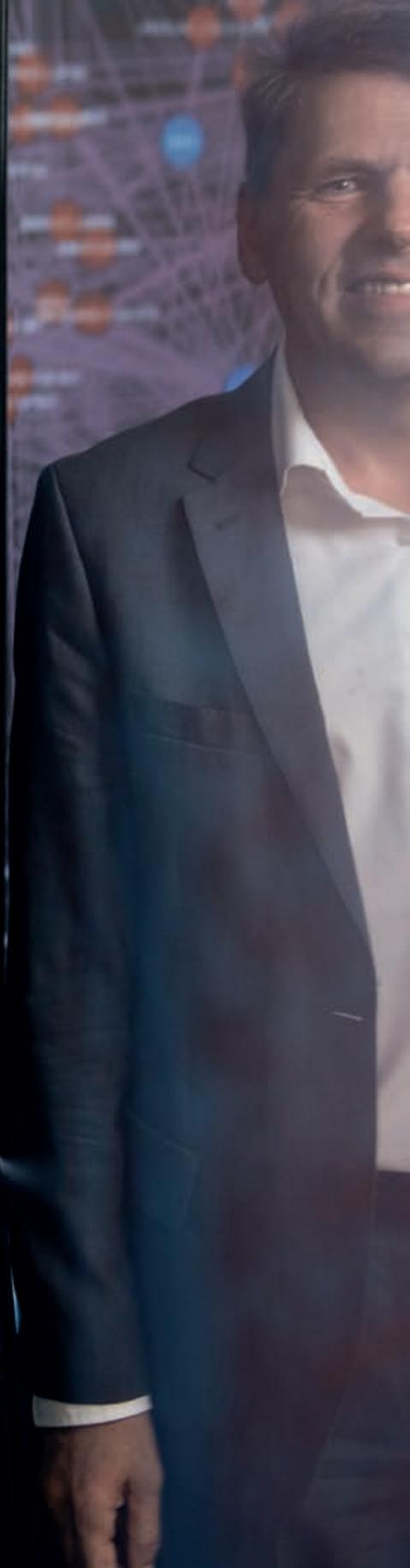
Achtung, Menschenrechte!



Hinter jedem Produkt steckt die Arbeit von Menschen. Unternehmen haben die Verantwortung, bei der Herstellung und dem Einkauf von Produkten Menschenrechte zu achten – in Deutschland und weltweit.

Informieren Sie sich: www.wirtschaft-menschenrechte.de

Vernetzt KI-Experten
aus aller Welt:
Bosch-Forschungschef
Dr. Michael Bolle



„Gewaltige Fortschritte erzielt“

Künstliche Intelligenz ist aus vernetzten technischen Systemen schon bald nicht mehr wegzudenken. Doch trotz großer technischer Fortschritte – etwa beim maschinellen Lernen – sind einige große Fragen noch ungelöst. Ein Gespräch mit Bosch-Forschungschef Dr. Michael Bolle.

Text: Johannes Winterhagen | Fotografie: Andy Ridder

RENNINGEN. Das aus versetzten Quadern bestehende Hauptgebäude symbolisiert, dass hier um die Ecke gedacht werden soll. Auf dem umliegenden Campus hat Bosch vor zwei Jahren 1.400 Forscher zusammengezogen, die an Zukunftstechnologien wie Künstlicher Intelligenz arbeiten – im ständigen Dialog über die Grenzen der Fachdisziplinen hinaus. Der Besprechungsraum, in dem wir Forschungschef Dr. Michael Bolle treffen, ist nach dem Schriftsteller Oscar Wilde benannt. Der hat einst gesagt: „Die Zukunft gehört denen, die die Möglichkeiten erkennen, bevor sie offensichtlich werden.“

Herr Dr. Bolle, wie haben Sie den heutigen Vormittag verbracht?

Heute ist Dienstag, da haben wir vormittags die sogenannte „Concept Time“ eingerichtet, in der keine Besprechungen stattfinden. Hintergrund ist, dass wir unseren Mitarbeitern zehn Prozent ihrer Arbeitszeit für freie Forschung zur Verfügung stellen. Ein kreativer Freiraum, in dem jeder den Themen nachgeht, die er selbst vorantreiben will. Wir schreiben natürlich nicht vor, dass das am Dienstagvormittag passieren muss, halten es aber für wichtig, dass es frei verfügbare Zeiten gibt. Ich nutze dieses Zeitfenster übrigens, indem ich in die Bereiche gehe und mit den Forschern direkt über ihre Ideen spreche.

Nun wollen wir aber nicht primär über intelligente Mitarbeiter, sondern über Künstliche Intelligenz sprechen. Im Silicon Valley tobt gerade eine Debatte über mögliche Risiken dieser Technologie.

Die vor allem in den USA geführte Diskussion macht deutlich, dass man zwischen der dinglichen und der

virtuellen Welt unterscheiden muss. Das Chancen-Risiken-Profil der Künstlichen Intelligenz hängt davon ab, in welcher Welt man sich bewegt. Unser Leitmotiv ist „Leben“. Wir setzen Künstliche Intelligenz so ein, dass sie den Menschen nutzt.

Aber warum geht das nicht mit klassischer Regelungstechnik?

Nehmen Sie zum Beispiel das automatisierte Fahren. Bislang ist das System Auto sehr deterministisch: Auf eine Systemeingabe durch den Fahrer – etwa eine Lenkbewegung – reagiert das Fahrzeug vorhersehbar. In einem autonomen Fahrzeug haben wir eine andere Ausgangslage, da das komplette Umfeld des Fahrzeugs Einfluss auf das Fahrverhalten haben kann. Das bezeichnen wir als „Open-World-Problem“. Es ist dadurch gekennzeichnet, dass unvorhergesehene Dinge passieren, etwa plötzlich die Straße überquerende Kinder. Darauf muss sich das Auto einstellen und es muss aus diesen lernen. Solche Anforderungen sind nur mit Methoden der Künstlichen Intelligenz, insbesondere denen des maschinellen Lernens, zu erfüllen.

Wie optimistisch sind Sie, dass der Mensch als Fahrer gar nicht mehr eingreifen muss?

Im kommenden Jahrzehnt werden autonome Fahrzeuge auf den Straßen unterwegs sein. Die Frage ist: Welchen Prozentsatz der Fahrstrecken können wir im ersten Schritt schon abdecken? Funktioniert es nur auf Autobahnen oder auch schon in einem komplexeren Umfeld wie der Stadt? Ich bin davon überzeugt, dass autonomes Fahren in Städten oder auf Autobahnen möglich ist. Voraussetzung ist, dass es sich um eindeutig regulierte Gebiete handelt, ▷

**Name:**

Dr.-Ing. Michael Bolle

Firma:

Robert Bosch GmbH

Position:

Vorsitzender der
Geschäftsleitung
des Zentralbereichs
Forschung und
Vorausentwicklung

Geboren:

6. Mai 1961 in Bergheim

Ausbildung:

Diplomingenieur
Elektro-/Nachrichten-
technik, Promotion
in Digitaler Signal-
verarbeitung

„Unser Leitmotiv ist ‚Technik fürs Leben‘. Wir setzen Künstliche Intelligenz so ein, dass sie den Menschen nutzt.“

DR. MICHAEL BOLLE

in denen das „Open-World-Problem“ eingeschränkt ist. Nehmen wir den Stadtverkehr: Der sieht beispielsweise in Stuttgart anders aus als in Kairo, Mumbai oder Bangkok. Selbstverständlich muss ein autonomes System aus Sicherheitsgründen immer eine Rückfallebene aufweisen – aber das muss nicht bedeuten, dass ein Mensch eingreift, sondern kann auch technisch gelöst werden.

Es besteht die Befürchtung, dass die Entscheidungsfindung lernender Maschinen vom Menschen irgendwann nicht mehr nachvollzogen werden kann. Haben Sie schon Ideen, wie man damit umgeht?

Unser Anspruch ist wie gesagt „Technik fürs Leben“. Das bedeutet: Wir entwickeln erklärbare, sichere und nachvollziehbare KI-Lösungen. Um diese innerhalb des maschinellen Lernens umzusetzen, müssen wir die Qualität der Algorithmen sicherstellen und das Verhalten der Algorithmen vorhersagbar machen. Das ist eine große Aufgabe, an der wir arbeiten. In unserem Anfang 2017 gegründeten Zentrum für Künstliche Intelligenz beschäftigen sich die Forscher gerade mit diesen Fragenstellungen.

Welche Sicherheitsfragen stellen sich?

Alle Systeme, die mit Methoden des maschinellen Lernens arbeiten, werten eine Vielzahl von Daten aus – und zwar nicht nur die des Systems selbst, sondern auch des Umfelds. Die Angriffsfläche solcher Systeme ist daher erheblich größer als bei klassischer Automatisierung. Man kann ja nicht nur das System, sondern auch die Eingangsdaten manipulieren. Für uns steht die Sicherheit der Systeme an erster Stelle. Wir suchen daher aktiv nach Methoden, die die Robustheit lernender Systeme gegen Störeingriffe erhöhen.

In der öffentlichen Diskussion um Künstliche Intelligenz geht es aber weniger um Manipulation als um die „Singularität“, also den Zeitpunkt, zu dem Maschinen dem Menschen völlig überlegen sind.

Wir forschen heute im Bereich der sogenannten schwachen Künstlichen Intelligenz, in der es darum geht, menschliche Intelligenz in spezifischen Situationen nachzuahmen. Auf diesem Gebiet sind in den letzten fünf Jahren gewaltige Fortschritte erzielt worden. Die Forschung an sogenannter starker Künstlicher Intelligenz, die sich mit logischem Denken, Planen oder Lernen beschäftigt, macht deutlich langsamere Fortschritte. Schon als der Begriff der Künstlichen Intelligenz in den 1950er Jahren geprägt wurde, bestand die Erwartung, dass es etwa 25 Jahre dauern würde, bis Maschinen intelligenter sind als der Mensch. Wenn Sie heute mit Experten sprechen, sagen die immer noch, dass wir mindestens 25 Jahre von der Singularität entfernt sind. Für uns ist klar, dass technischer Fortschritt auch ethisch reflektiert werden muss. Dieser Verantwortung kommen wir nach, indem wir zum Beispiel innerhalb unseres Zentrums für Künstliche Intelligenz die Position eines Ethikexperten schaffen.

Wie schnell wird die schwache Künstliche Intelligenz klassische Automatisierung ersetzen?

Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen erweitern das Methodenportfolio. Klassische Algorithmen der Regelungstechnik haben weiterhin ihre Berechtigung. Wenn ein Zusammenhang in der physischen Welt bekannt und verstanden ist und ein Aktuator wie beispielsweise ein Steuerungsventil in einem hydraulischen System angesteuert werden muss, dann ist ein klassischer Regler im Vorteil. Die Methoden der Künstlichen Intelligenz haben in hochkomplexen Systemen – wir sprachen ja bereits über „Open-World-Probleme“ – Vorteile dadurch, dass sie sich Wissen und Verständnis aus Daten erarbeiten. Die Zukunft besteht in hybriden Modellen, in denen erkenntnisgetriebene Modelle aus Elektrotechnik, Physik und Chemie angereichert werden durch datengetriebene Modelle der Künstlichen Intelligenz.

Wo sehen Sie konkrete Anwendungen?

Im Auto der Zukunft wird Künstliche Intelligenz nicht nur für das autonome Fahren, sondern auch zeitnah für verschiedene Fahrerassistenzsysteme

„Die Forschung an Künstlicher Intelligenz hat in den letzten Jahren sehr davon profitiert, dass große Datenmengen und Forschungsergebnisse öffentlich zugänglich sind und ausgetauscht werden.“

DR. MICHAEL BOLLE

genutzt werden. Ein spannendes Anwendungsfeld stellt auch die vernetzte Produktion dar: Hier entstehen schon heute große Datenmengen, die nutzbar gemacht werden können. Wir werten diese mit Methoden der Künstlichen Intelligenz aus, dadurch sind erhebliche Effizienz- und Qualitätssteigerungen in der Fertigung möglich. Künftig wird auch die Robotik ein wichtiger Anwendungsbereich für Künstliche Intelligenz sein. Insbesondere die mobile Robotik, die mit dem Menschen in einem sich ständig wandelnden Umfeld interagiert, funktioniert anders gar nicht.

Da geht es dann ja auch um soziale Interaktion.

Die Interaktion von Menschen und Maschinen mit Hilfe Künstlicher Intelligenz ist nicht nur ein Thema für das Produktionsumfeld. So wird das Start-up Mayfield Robotics Ende des Jahres den Heimroboter Kuri auf den amerikanischen Markt bringen. Er ist ein Beispiel für personalisierte Technik, die die Emotionen der Menschen anspricht. Er ermöglicht Interaktion: Kuri kann zum Beispiel Musik vorspielen, Kindern Geschichten vorlesen und sein Gegenüber erkennen. Viele unserer Produkte, Haushaltsgeräte etwa, werden künftig in der Lage sein, den Menschen zu verstehen. Dabei geht es nicht nur um Sprachanalyse, sondern auch darum, die Emotionen des Menschen anhand des Gesichtsausdrucks und des Tonfalls richtig zu interpretieren.

Warum soll das wichtig sein?

Wenn eine Maschine die emotionale Ebene ihres Nutzers nicht berücksichtigt, wird die gesellschaftliche Akzeptanz für Roboter im Alltag gering ausfallen.

Wo setzen Sie Forschungsschwerpunkte jenseits konkreter Anwendungen?

Wir beschäftigen uns auch mit den Methoden der Künstlichen Intelligenz selbst – zum Beispiel damit, wie Maschinen lernen, insbesondere, wenn man den Bereich des überwachten Lernens mit zuvor definierten Testdaten verlässt. Die spannende Frage ist doch, wie sich Systeme in komplett neuen Umgebungen verhalten – Experten bezeichnen das als „Generalisierung“. Dies funktioniert zwar oft sehr gut, aber man weiß heute noch nicht genau, warum eigentlich und vor allem wo die Grenzen der Generalisierung liegen. Wir forschen daran intensiv, denn nur so können wir das sichere Verhalten von KI-Systemen garantieren.



Wo steht Deutschland in der globalen KI-Forschung?

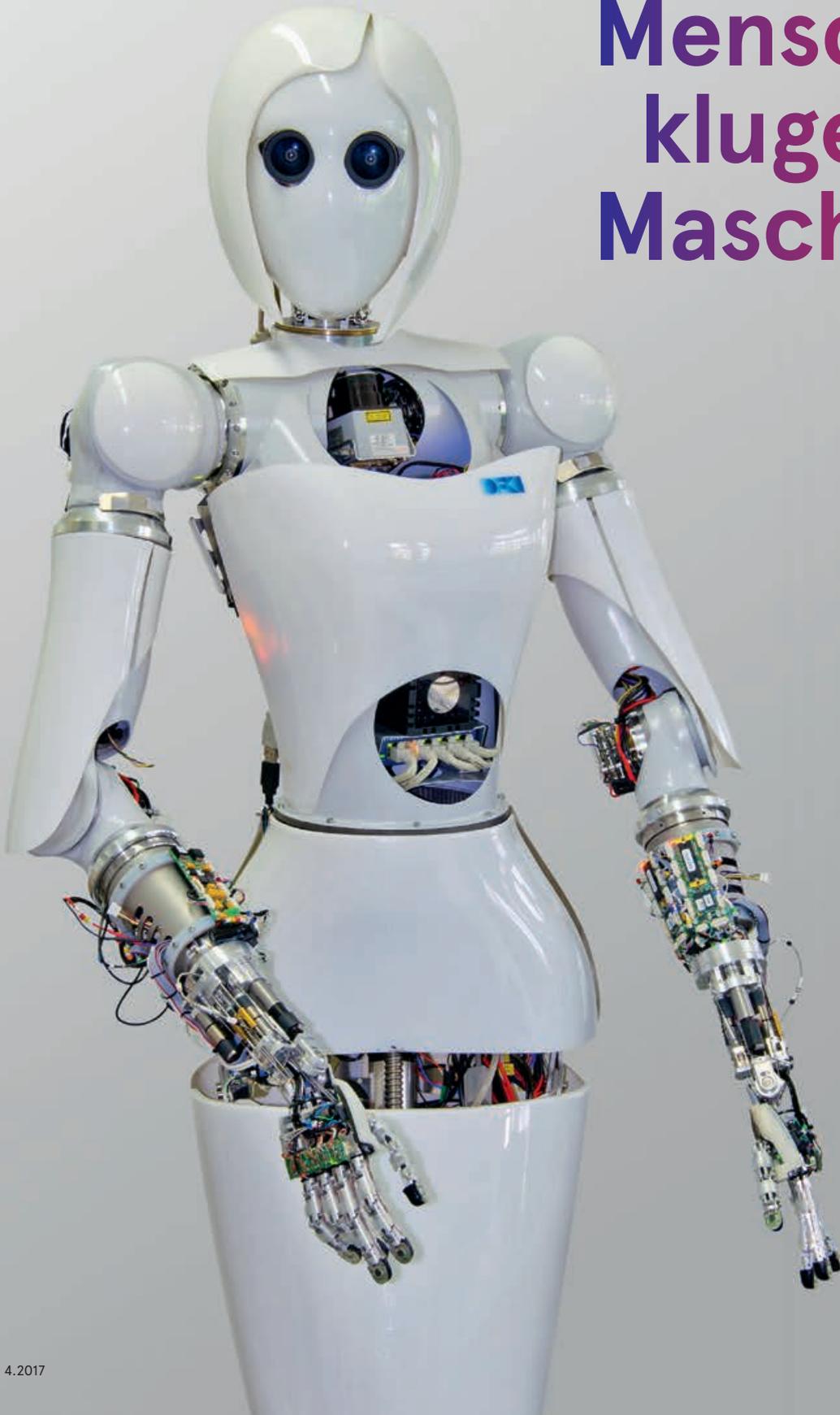
Wenn man sich die wissenschaftliche Welt ansieht, dann hat Deutschland eine gute Startposition. Die Forschung an Künstlicher Intelligenz hat in den letzten Jahren sehr davon profitiert, dass große Datenmengen und Forschungsergebnisse öffentlich zugänglich sind und ausgetauscht werden. Forscher in der Industrie und an den Universitäten arbeiten auf diesem Feld eng vernetzt. Ein Beispiel dafür ist das Cyber Valley in Baden-Württemberg, zu dessen Gründungsmitgliedern Bosch gehört. Partner aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft arbeiten zusammen, um die Forschung im Bereich des maschinellen Lernens voranzutreiben.

Die Automatisierungsbranche in Deutschland ist sehr mittelständisch geprägt. Wie sollten sich kleinere Unternehmen dem Thema Künstliche Intelligenz nähern?

Eine Möglichkeit ist es, kleine Pilotprojekte zu starten, so dass man im Unternehmen Expertise aus erster Hand aufbaut. Man muss wissen, worüber man redet. Partnerschaften, beispielsweise mit Start-ups, sind ein Weg, um eine kritische Kompetenz ins Haus zu bekommen. Ich bin davon überzeugt, dass sich auch im Bereich Künstliche Intelligenz eine Dienstleisterstruktur etablieren wird, so dass sich kleine Unternehmen Wissen zukaufen können. Mit unserem Zentrum für Künstliche Intelligenz zielen wir zwar zunächst auf die internen Kunden. Mittel- bis langfristig können wir uns aber auch vorstellen, unsere Expertise auf dem externen Markt anzubieten.

Herr Dr. Bolle, herzlichen Dank für das Gespräch! □

Kluge Menschen, kluge Maschinen



Auf den ersten Blick steht Deutschland in Sachen Forschung zu Künstlicher Intelligenz gut da. Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) gilt weltweit als führend, zahlreiche Fraunhofer Gesellschaften arbeiten am Transfer in die Praxis und viele Hochschulen forschen am Thema. Allerdings sind die Förderbudgets anderswo deutlich höher, und weltweit wird ein Wettbewerb um die besten Köpfe geführt. Eine Bestandsaufnahme.

Text: Laurin Paschek

Fr Frankfurt gegen Dortmund: Für Fußballfans ist das ein absoluter Klassiker. Auch bei der „Night of Science“ auf dem naturwissenschaftlichen Campus der Frankfurter Goethe-Universität gehört dieses Spiel zu den Höhepunkten. Doch hier treten keine Bundesligaprofis gegeneinander an. Auf dem Spielfeld in einem Seminarraum kicken zwei Teams von Robotern. Schon direkt nach dem Anpfiff des RoboCups kassieren die Frankfurter „BembelBots“ ein Gegentor, und bei der Gegenoffensive kippen die possierlichen, etwa kniehohen Roboter immer wieder um. Sie sind mit Kameras und Sensoren ausgestattet und ihre Software muss auf Basis der Umfelddaten entscheiden, was als nächstes zu tun ist. Das klappt offenbar nicht immer, das Spiel geht 0:1 verloren. „Wir entwickeln die BembelBots mit einem interdisziplinären Team in unserer Freizeit“, kommentiert der Frankfurter Teamchef beschwichtigend.

Die feine Roboterdame Aila würde die BembelBots wahrscheinlich nicht mal eines Blickes würdigen. Sie ist eines der Aushängeschilder des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI). Zwei konventionelle Kameras, eine 3D-Kamera, drei Laserscanner und ein RFID-Chip sind direkt in ihre weiß lackierte Roboter-Struktur integriert. Ailas Arme können sehr feingliedrige Bewegungen ausführen und mehr Gewicht heben, als sie selbst wiegt. Das ist für Roboter ungewöhnlich – genau wie das DFKI selbst. Mit rund 880 Mitarbeitern in Saarbrücken, Kaiserslautern, Bremen, Berlin und Osnabrück ist es nicht nur die führende Forschungseinrichtung für Künstliche Intelligenz (KI) in Deutschland, sondern auch weltweit eines der größten Forschungszentren für neue Softwaretechnologien auf der Grundlage von KI. „Schon 1988 haben wir mit der Gründung des DFKI einen Leuchtturm der KI-Forschung geschaffen“, sagt Prof. Dr. Wolf-Dieter Lukas, Leiter der Abteilung Schlüsseltechnologien und Forschung für Innovationen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). „Heute ist das DFKI das umsatzstärkste und personell am besten ausgestattete KI-Institut weltweit.“

Kann aber die deutsche Forschungslandschaft auch in der Breite mit derjenigen in Nordamerika mithalten? „Die Forschung zu Methoden und Werkzeugen der KI ist in Deutschland hervorragend aufgestellt“, sagt Lukas. „KI wird an deutschen Hochschulen in der Mehrzahl der Informatik-Studiengänge angeboten, 22 Hochschulen bieten KI sogar als Studienschwerpunkt an.“ Hinzu komme die Forschung an Instituten von Fraunhofer, Max Planck und Helmholtz. Und auch in der deutschen Wirtschaft gebe es bereits Anwendungen von KI.

„Der Zug KI hat in den letzten Jahren hierzulande gut an Fahrt gewonnen. Diese Dynamik dürfen wir nicht verlieren.“

PROF. DR. WOLF-DIETER LUKAS,
LEITER DER ABTEILUNG SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN UND
FORSCHUNG FÜR INNOVATIONEN DES BUNDESMINISTERIUMS
FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF).

Eine Stärke könnte dabei die klare Aufgabenverteilung sein. Während sich die KI-Forschung am Max-Planck-Institut vor allem den Grundlagen widmet, verbindet das DFKI die Grundlagenforschung mit der marktorientierten Entwicklung von Produktfunktionen. Die Fraunhofer-Institute treiben die anwendungsorientierte Forschung und die Umsetzung in den Unternehmen voran. „Deutsche Wissenschaftler leisten international ihren Beitrag und haben wichtige Methoden der KI mitentwickelt“, bestätigt Dr. Dirk Hecker, Geschäftsführer der Fraunhofer-Allianz Big Data. „Jetzt geht es darum, dass die Forschungsergebnisse auch Anwendung finden.“

Zum Beispiel beim Maschinellen Lernen, das gegenwärtig ein Schwerpunkt der KI-Forschung in Deutschland ist. „Aktuell konzentriert sich das BMBF auf die Erforschung von Methoden und Werkzeugen für Maschinelles Lernen“, antwortet Lukas auf die Frage nach den Förderschwerpunkten. Unter Heckers Leitung haben sich 30 der insgesamt 69 Fraunhofer-Institute zur „Fraunhofer-Allianz Big Data“ zusammengeschlossen. „Big Data ist der Rohstoff für das Maschinelle Lernen“, beschreibt Hecker. „Wenn wir aus der Forschung am Maschinellen Lernen Ergebnisse für intelligente Maschinen und Assistenten gewinnen wollen, dann brauchen wir viele Daten.“ Der Grund: Damit Algorithmen lernen können, müssen sie mit Daten gefüttert werden. Sogenannte Trainingsdaten dienen dem eigentlichen Lernen: Indem beispielsweise Bilder von Autos „gelabelt“ werden, wird dem Algorithmus mitgeteilt, dass es sich bei den betreffenden Bildern um „Autos“ handelt. Anschließend werden die Ergebnisse mit Testdaten validiert, um zu überprüfen, ob der Algorithmus auch richtig gelernt hat. Grundsätzlich gilt dabei: Je mehr Daten dem Algorithmus zur Verfügung gestellt werden, desto intelligenter wird er. ▶

„Deutsche Wissenschaftler leisten international ihren Beitrag und haben wichtige Methoden der KI mitentwickelt.“

DR. DIRK HECKER,
GESCHÄFTSFÜHRER DER FRAUNHOFER-ALLIANZ BIG DATA

Mit der Big-Data-Allianz will Hecker aber nicht nur die Forschung zu KI und Maschinellem Lernen vorantreiben und gemeinsame Kundenprojekte durchführen. Die Allianz setzt auch einen Schwerpunkt auf die Kompetenzentwicklung in den Unternehmen – mit einem Schulungsprogramm zur Zertifizierung von „Data Scientists“ und „Spezialisten für Maschinelles Lernen“ an einem der beteiligten Fraunhofer-Institute oder auch in den Unternehmen vor Ort. „Da kommt ein sehr hoher Bedarf an Fachkräften auf uns zu“, gibt Hecker zu bedenken. „Schon jetzt sind auf dem freien Arbeitsmarkt kaum noch Experten zu finden.“ Hecker rät den Unternehmen deswegen, die eigenen Mitarbeiter weiterzubilden und dabei auf Vorkenntnisse und Affinitäten zu achten.

Ein weiterer Ansatz der Allianz ist der „Enterprise Innovation Campus“ am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin. Hier können Start-ups, aber auch etablierte Unternehmen gemeinsam mit Fraunhofer-Experten an Projekten arbeiten und dabei nicht nur auf das Know-how, sondern auch auf die Rechnerkapazitäten des Fraunhofer IAIS für umfassende Big-Data-Analysen zurückgreifen. „Unser Innovation Campus soll es den Unternehmen ermöglichen, Ideen schnell und agil umzusetzen“, beschreibt Hecker. Um dafür auch in den Chefetagen ein Verständnis zu schaffen, veranstaltet die Big-Data-Allianz regelmäßig Zukunftswerkshops und Technologietage. Die sollen die Entscheider in den Unternehmen mit Wissenschaftlern zusammenbringen, die an KI-Methoden forschen. „Da gibt es noch viel Aufklärungsarbeit zu leisten“, betont Hecker.

Wie wichtig diese ist, wird bei einem Blick auf die Fördermittel deutlich. Während in den USA viele Projekte im Bereich KI durch die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) des Verteidigungsministeriums mit dreistelligen Millionenbeträgen gefördert werden, hat ein durchschnittliches Forschungsprojekt in Deutschland ein Fördervolumen im mittleren, einstelligen Millionenbereich. Für die Grundlagenforschung scheint das erst einmal zu reichen. „Mit den bestehenden Förderinstrumenten, etwa durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, sind wir in Deutschland schon ganz gut aufgestellt“, sagt Professor Dr. Gabriele Kern-Isberner von der Technischen Universität Dortmund. „Wir müssen aber darauf achten, dass diese Förderstrukturen auch erhalten bleiben.“ Hecker geht noch einen Schritt weiter und fordert: „Wir brauchen mehr nationale Förderung für intelligente und insbesondere kollaborative Maschinen und Assistenzsysteme. Das ist ein Zukunftsthema der Digitalisierung, bei dem sich deutsche Unternehmen unbedingt positionieren müssen.“

„Mit den bestehenden Förderinstrumenten, etwa durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, sind wir in Deutschland schon ganz gut aufgestellt. Wir müssen aber darauf achten, dass diese Förderstrukturen auch erhalten bleiben.“

PROF. DR. GABRIELE KERN-ISBERNER,
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND

Neben der Förderung spielt die Vernetzung der KI-Forscher in Deutschland eine zentrale Rolle für den Wissenschaftsstandort. Kern-Isberner setzt dabei vor allem auf den Austausch auf Präsenzveranstaltungen wie zum Beispiel Konferenzen und Tagungen. „Die meisten Konferenzen zum Thema Künstliche Intelligenz sind international aufgestellt, wir nutzen sie aber auch zur Bildung von Netzwerken innerhalb der KI-Forscher in Deutschland“, berichtet Kern-Isberner. Das Problem: Viele deutsche Forscher gehen von den Universitäten an die führenden Institute oder gleich ins Ausland, weil es hierzulande an den Hochschulen keinen dauerhaften Karriereweg unterhalb der Professur gibt. „Neben dem fachlichen Austausch geht es bei solchen Veranstaltungen auch darum, Doktoranden zu finden und freie Stellen zu besetzen“, sagt Kern-Isberner. Denn Forschung braucht ihrer Überzeugung nach Breite: „KI ist sehr zukunftsgerichtet und viele Ideen, die sich zunächst einmal verrückt anhören, können später dann doch einmal relevant werden – etwa, wenn die Hardware eines entsprechenden Geräts zur Verfügung steht.“ Je mehr Ideen in der KI-Grundlagenforschung entwickelt werden, umso größer ist das zur Verfügung stehende methodische Potenzial für neue Anwendungen.

Dafür muss der Standort Deutschland möglichst viele Wissenschaftler anziehen. „Zurzeit wird ein weltweiter Wettbewerb um die besten Köpfe geführt“, sagt Lukas und ergänzt: „KI hat in den letzten Jahren hierzulande gut an Fahrt gewonnen. Diese Dynamik dürfen wir nicht verlieren.“ Im Mai hat das BMBF deswegen das Zukunftsprojekt „Lernende Systeme“ ins Leben gerufen und eine Experten-Plattform eingerichtet. „In Deutschland ist es geübte Praxis, dass Politik ihre Maßnahmen im engen Dialog mit Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft abstimmt“, erläutert Lukas. Die neue Plattform soll vor diesem Hintergrund die Zusammenarbeit von Forschung und Anwendung verbessern und klären, wie Lernende Systeme dem Menschen nützlich sein können – etwa im Mobilitätssektor, in der Medizintechnik und bei der Pflege.

Oder im Roboter-Fußball: Vielleicht entwickeln die Frankfurter ihren BembelBots ja mit vereinten Kräften den entscheidenden Algorithmus, mit dem sie im kommenden Jahr auf der Night of Science an den Dortmundern Revanche nehmen können. □

PUSHING NEW IDEAS



Pushing Performance

DIGITALER RETROFIT



HARTING MICA®: Macht Ihre Produktion fit für die Industrie 4.0

Überzeugen Sie sich, wie Digitaler Retrofit mit der HARTING MICA® funktioniert: MICA® vernetzt Ihre alten Maschinen, analysiert Daten und liefert diese direkt in Ihr Wunschsyste. Condition Monitoring und Predictive Maintenance werden somit schnell und unkompliziert auch für Ihre Produktion möglich.

Lernen Sie unsere Produkte und Lösungen zur Integrated Industry kennen.

www.HARTING-MICA.com



Klug-Starter

In der Start-up-Szene gehört es fast schon zum guten Ton, Künstliche Intelligenz als Teil des Geschäftsmodells auszuweisen. Drei Unternehmensgründer zeigen, wie sie mit Hilfe von neuronalen Netzen und Deep-Learning-Verfahren die Welt verändern wollen.

Text: Laurin Paschek

Die deutsche Start-up-Szene boomt. Für die meisten Gründer ist Informationstechnologie das wichtigste Werkzeug. Nach den Zahlen des „Deutschen Startup Monitor 2016“ von KPMG und dem Bundesverband Deutsche Startups sind die meisten Jungunternehmen im Bereich „IT und Softwareentwicklung“ (15 Prozent) sowie „Software as a Service“ (10 Prozent) unterwegs. Um ihren Ideen zum Durchbruch zu verhelfen, setzen diese Unternehmen fast durchgängig auf Methoden aus dem Baukasten der Künstlichen Intelligenz.



KLUGE KÖPFE FÜR DIE MEDIZIN



Medicus

Mitarbeiter: 43

Standorte: Wien (Hauptsitz), Berlin, Paris, Beirut, Dubai

Kapitalgeber: Pioneers, mehrere Business Angels

Eigentlich hatte Baher Al Hakim schon einen spannenden Job als CEO einer Firma, die eine erfolgreiche Finanz-App im Portfolio hatte – mit Standorten in Dubai und San Francisco. Sein Erfolgsgeheimnis: Die App nutzt maschinelles Lernen, um die Benutzerführung zu optimieren. „Das öffnete mir die Augen“, sagt er heute. „Ich wollte das Potenzial der Künstlichen Intelligenz auch für die Medizin nutzen. Denn das hat für mich einen noch tieferen Sinn: Hier kann schon eine kleine Verbesserung für den einzelnen Patienten viel bewirken.“ Al Hakim stammt nicht nur aus einer Ärztesfamilie, sondern hat auch selbst Zahnmedizin studiert. Er verlässt seine alte Firma und gründet zunächst ein Projekt mit vier Mitstreitern.

Ziel des Projekts ist, eine App zu entwickeln, die mit Hilfe Künstlicher Intelligenz für den Patienten Fachbegriffe entschlüsselt und personalisierte Gesundheitstipps gibt. Und das zunächst für den deutschsprachigen Raum. „Der Gesundheitsmarkt ist hier sehr fortgeschritten und es gibt große Budgets“, erläutert Al Hakim. „Gleichzeitig bietet der Markt mit seinen komplexen Strukturen aber auch viel Raum für

Verbesserungen.“ In nur sechs Monaten entsteht ein erster Prototyp, das Feedback der Testnutzer ist ermutigend. Anfang 2016 gründet Al Hakim das Startup „Medicus“ mit Hauptsitz in Wien.

Mit der App will Al Hakim dem Nutzer ein ganzheitliches Verständnis seines Gesundheitszustands ermöglichen. Dazu muss der Anwender zunächst eine Menge Daten eingeben – etwa zu Alter, Geschlecht und Größe, Vorerkrankungen, Familienanamnese und Lebensstil. Ein Expertensystem führt all diese Daten zusammen und gibt Empfehlungen, zum Beispiel zur Ernährung, zu sportlichen Aktivitäten oder zur Konsultation eines Arztes. Künstliche Intelligenz setzt Medicus dabei nicht nur ein, um die Algorithmen zu verbessern. „Wir nutzen maschinelles Lernen auch, um unsere Empfehlungen zu priorisieren. Denn je nach Anwender kommen bis zu 100 Verhaltenstipps zusammen, bei Vorerkrankungen sogar noch mehr“, erklärt Al Hakim. „Deswegen analysieren wir das Nutzerverhalten und geben diejenigen Empfehlungen als erste aus, von denen wir annehmen, dass der Patient sie am ehesten befolgt.“

Über den App-Store ist das Programm derzeit frei zugänglich; Geld verdienen will Al Hakim, indem er die Software Versorgern im Gesundheitswesen wie Krankenkassen und Klinikbetreibern zur Verfügung stellt. Die Software kann von Medicus adaptiert werden, so dass sie individuell von Versicherten einer bestimmten Krankenkasse oder Patienten einer Klinik genutzt werden kann. Aus Datenschutzgründen läuft die App nur lokal auf dem Smartphone. Für Krankenkassen könnte Medicus die Software aber auch anpassen, so dass sie beispielsweise als Grundlage für Bonusleistungen dient. „Die klügsten Köpfe der Welt arbeiten heute für Unternehmen wie Facebook, Amazon oder Netflix, die vor allem Unterhaltung anbieten“, sagt Al Hakim. „Wir sollten aber viel mehr an einer größeren Herausforderung arbeiten: der Gesundheit der Menschen. Künstliche Intelligenz bietet hier ein riesiges Potenzial.“

▷

BIG DATA AUF DER SPUR

Mit Künstlicher Intelligenz kam Ralf Klinkenberg schon früh in Berührung, als Schüler am Ruhrgymnasium in Witten. Da programmierte er im Rahmen eines Projektes über neuronale Netze eine Software, die handschriftliche Zeichen erkennen konnte. „Den Code haben wir damals nicht komplett alleine geschrieben, sondern teilweise aus einer Fachzeitschrift kopiert“, gibt er heute zu. Doch das Thema lässt ihn nicht mehr los. Er beginnt ein Informatikstudium mit den Schwerpunkten Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen an der TU Dortmund. 2001 lernt er als wissenschaftlicher Mitarbeiter zwei studentische Hilfskräfte kennen, Ingo Mierswa und Simon Fischer. „Als Data Scientist hat man ständig neue Lernaufgaben und muss neue Algorithmen produzieren. Deswegen waren wir auf der Suche nach einem Tool, um schneller und effizienter Forschungsprojekte durchführen zu können“, berichtet Klinkenberg. „Doch es gab keine geeigneten Open-Source-Programme, die frei nutzbar waren. Da starten wir eine Initiative und fingen an, unsere eigene Open-Source-Software zu schreiben.“

Die Initiative ist die Geburtsstunde der Data-Mining-Software „Rapidminer“, für die Klinkenberg nach seiner Uni-Zeit gemeinsam mit Mierswa 2007 eine Firma gründet. Data Mining ist das Gewinnen von Wissen aus großen Datenmengen, indem spezielle Algorithmen die Daten mit Hilfe statistischer Methoden analysieren. Doch bei jedem neuen Algorithmus stellt sich die Frage, ob er wirklich eine Innovation gegenüber dem Stand der Technik darstellt. Deswegen stellt Rapidminer einen Bausatz an etwa 200 Lernalgorithmen bereit. Weil es sich um eine Open-Source-Software handelt, können außerdem auch andere Entwickler ihre eigenen Algorithmen hinzufügen. Das hilft bei der Bewertung von Daten und Modellen: „Bei der Datenanalyse optimiert man immer auf eine feste Zielgröße hin, um beispielsweise die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Maschine so genau wie möglich vorherzusagen“, erklärt Klinkenberg.



Rapidminer

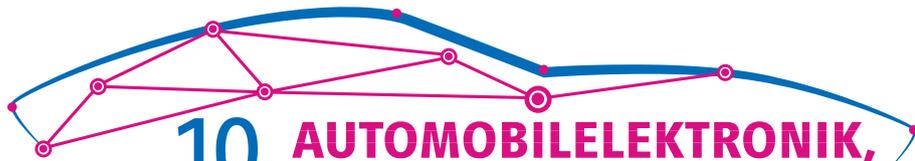
Mitarbeiter: 100

Standorte: Boston (Hauptsitz), Dortmund, Budapest, London

Kapitalgeber: nicht genannt

„Dazu muss ein System aufgrund von existierenden Daten erst trainiert und dann validiert werden.“ Genau diesen komplexen Prozess bildet Rapidminer ab. Das Ergebnis wird dann mit Methoden der Künstlichen Intelligenz verglichen, um den besten Algorithmus für die jeweilige Aufgabe zu finden.

In den ersten Jahren verdient Klinkenbergs Startup sein Geld hauptsächlich mit Beratung, Training und Datenanalysen, die als Dienstleistung angeboten werden. Denn die kostenlose Open-Source-Software wirft keinen direkten Profit ab. Seit 2009 gibt es das Programm aber auch als Enterprise-Version im Abomodell, seit 2013 beteiligen sich in drei Finanzierungsrunden Investoren aus Europa und den USA an Rapidminer. Wie hoch die Lizenzentnahmen heute sind, will er nicht verraten, nur so viel: „Wir sind die am weitesten verbreitete, visuelle Programmierumgebung für Data Mining, unsere Lizenzentnahmen verdoppeln sich jährlich und wir haben aktuell 270.000 registrierte Nutzer.“ Die kommen aus den verschiedensten Branchen, die sich mit Big Data beschäftigen – von Telekom- und Internetfirmen über Industriebetriebe bis hin zu Versicherungen. ▷



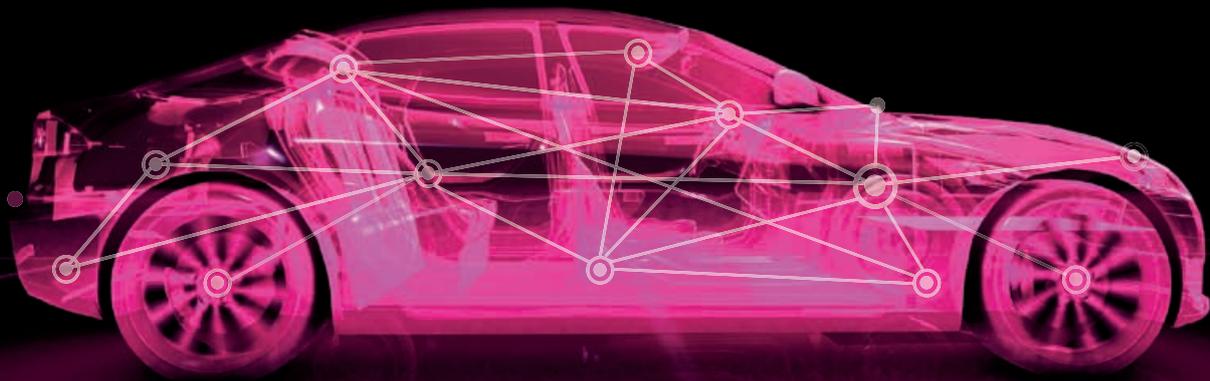
10.
KOMPETENZ
TREFFEN

**AUTOMOBILELEKTRONIK,
-INFRASTRUKTUR UND
-SOFTWARE**

ZVEI:
A k a d e m i e

KONFERENZ | 6.-7. DEZEMBER 2017 | MÜNCHEN

www.zvei-akademie.de/automobil-elektronik



**PROFITIEREN SIE
VOM EXPERTEN-
PRAXISWISSEN!**

**VERPASSEN SIE NICHT DIESE
SPANNENDEN VORTRÄGE:**

Künstliche Intelligenz und maschinelles
Lernen für autonomes Fahren

Die Zukunft der Batterie-Diagnostik:
Elektrochemische Impedanzspektroskopie

Zukünftige Frontscheinwerfer-Systeme und
Innovationstreiber

Flashen over the air: Wo geht die Reise hin?

Vernetzte Mobilität der Zukunft:
5G im Automobilbereich

20 MILLIARDEN NEURONEN



Twenty Billion Neurons

Mitarbeiter: 18

Standorte: Berlin, Toronto

Kapitalgeber: zweite Finanzierungsrunde läuft

Wie kann man Systeme erschaffen, die intelligente Leistungen erbringen, ohne dass sie darauf programmiert sind? Als Ingo Bax in den 1990er Jahren an der Universität Bielefeld Informatik studierte, hatte diese Frage einen eher esoterischen Charakter. „Künstliche Intelligenz war ein sehr akademisches Thema und es gab kaum Anwendungsfälle“, berichtet er. So startet er nach seiner Promotion 2007 erst einmal als Softwarearchitekt für ein soziales Netzwerk ins Berufsleben und nimmt 2010 eine Professur für Web Engineering an der FH Münster an.

Auf einer Fachkonferenz trifft er im Sommer 2015 drei Kommilitonen aus Bielefelder Studienzeiten wieder: Roland Memisevic, Christian Thureau und Florian Hoppe. Das Thema Künstliche Intelligenz ist mittlerweile in aller Munde, gepaart mit dem neudeutschen Wort „Deep Learning“. Die Prozessoren in den Computern sind mittlerweile leistungsstark genug, um neuronale Netze nicht mehr in einigen wenigen Schichten, sondern in sehr tiefen Schichten rechnen zu können. „Wir entwickelten die Idee, ein Unternehmen zu gründen, das die Möglichkeiten des Deep Learning der deutschen Industrie zugänglich macht“, erzählt Ingo

Bax. „Dabei wollten wir auch die Forschungsergebnisse aus Nordamerika nutzen – und darüber hatte vor allem Roland Memisevic genaue Kenntnis. Er war zu dieser Zeit Professor an der University of Montreal.“

Die vier ehemaligen Studienkollegen fangen an, neben ihren bestehenden Jobs eine Grundlagentechnologie für anwendungsnahes Deep Learning zu entwickeln und befassen sich zunächst mit Bildanalyse, Spracherkennung und der Analyse von Sensordaten. Dann spezialisieren sie sich auf die Videoanalyse. „Das geht einen Schritt weiter“, berichtet Bax. „Eine Bildanalyse beschreibt mit Deep-Learning-Methoden lediglich die Bildinhalte, eine Videoanalyse hingegen hat auch eine zeitliche Dimension und erkennt bestimmte Sequenzen und Szenen.“ Bereits in dieser frühen Phase finden sie einen privaten Investor aus den USA. Im März 2016 kündigen alle vier ihre Jobs und gründen in Berlin das Start-up „Twenty Billion Neurons“, benannt nach der geschätzten Anzahl an Neuronen in der menschlichen Hirnrinde.

Die Analyse von Videosequenzen mit tiefen neuronalen Netzen kann beispielsweise für die Gestensteuerung im Automobil angewendet werden. Damit die neuronalen Netze erkennen können, was in den Videodaten repräsentiert ist – etwa eine bestimmte Geste –, müssen sie aber erst einmal trainiert werden. Wichtigstes Mittel sind dafür „gelabelte“ Videodatensätze, in denen neben der Videosequenz auch eine Beschreibung hinterlegt ist. „Für das Training sind sehr viele Videodaten erforderlich. Weil aber daran Mangel bestand, fingen wir an, eine eigene Datenbank aufzubauen.“ Über eine Internetplattform schreibt das Start-up kurze Sequenzen aus, etwa: „Mache eine Wischgeste nach rechts, links, oben und unten.“ Sogenannte „Crowdworker“ schicken dann entsprechende Kurzvideos an Twenty Billion Neurons und bekommen eine kleine Entschädigung. Das Netzwerk besteht inzwischen aus mehreren Tausend Crowdworkern, die mehrere Datensätze mit jeweils Hunderttausenden Videos erstellt haben.

„Wir explorieren gerade weitere Anwendungsfelder neben der Gestensteuerung im Automobil“, sagt Bax. Denkbar ist beispielsweise der Einsatz der Technologie für die Steuerung von Haushaltsgeräten. Außerdem hat Twenty Billion Neurons den Healthcare-Bereich im Fokus. So könnte auf Basis von Videodaten in der häuslichen Altenpflege ein Alarm ausgelöst werden, wenn eine durch eine Kamera überwachte Person stürzt. □

18.–23.3.2018

Frankfurt am Main

light+building

Weltausstellung für Licht und Gebäudetechnik

Smart und komfortabel: Im Herzen des Gebäudes

Unser Alltag wird smarter und digitaler.
Wie intelligente Gebäude zum Herzstück
von Smart Cities werden, erleben Sie auf
der Light + Building – zum Anfassen.
Inspiring tomorrow.

www.light-building.com



messe frankfurt

Der Informatiker Prof. Dr. Frank Kirchner leitet das Robotics Innovation Center des DFKI in Bremen.

Die Neurobiologin Dr. Elsa Andrea Kirchner forscht als Teamleiterin „Sustained Interaction and Learning“ am Robotics Innovation Center des DFKI in Bremen.



„Herr der Entwicklung bleiben“

Ein Informatiker, der zu den führenden Köpfen auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz gehört. Eine Biologin, die Maschinen das Lernen beibringt. Das Ehepaar Frank und Elsa Andrea Kirchner arbeitet am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz gemeinsam an Robotern, die dem Menschen immer ähnlicher werden.

Text: Johannes Winterhagen | Fotografie: Matthias Haslauer

Wenn Maschinen uns im Schach besiegen, sind wir nicht mehr schockiert. Doch auf dem Fußballfeld sind wir vorerst jedem Roboter überlegen – warum eigentlich?

Frank Kirchner: Ein menschlicher Körper besitzt rund 250 Freiheitsgrade, und da sind die Gesichtsmuskeln noch nicht mitgezählt. Dagegen sind es bei komplexen Robotern 25 bis 30 Freiheitsgrade, bei klassischen Industrierobotern sogar nur neun. Doch nicht nur die Kinematik, sondern auch die Regelung dieser Freiheitsgrade ist entscheidend. Maschinelles Lernen erscheint mir der einzige Weg zu sein, die wachsende Komplexität künftiger Robotergenerationen in den Griff zu bekommen.

Elsa Kirchner: Man darf nicht vergessen: Der menschliche Körper hat Millionen Jahre der Evolution hinter sich. Ein großer Anteil unseres motorischen Verhaltens basiert auf Vererbung, Reflexe etwa. Wir betreiben hier Evolution im Zeitraffer. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass die menschliche Evolution durch jedes einzelne Individuum getrieben wird. Die Natur beschreitet hier den effizientesten Weg. Allerdings können Maschinen auch dadurch lernen, dass sie den Menschen bei verschiedenen Tätigkeiten beobachten. Was eine Maschine gelernt hat, kann dann auf andere übertragen werden.

Menschen können Bewegungen situativ verändern, wenn beispielsweise ein Gelenk nicht mehr gut funktioniert. Kann eine Maschine das auch?

Elsa Kirchner: Stellen Sie sich vor, wir senden einen Roboter auf den Mars und ein Gelenk fällt aus. Mit den Lernverfahren, die wir verwenden, kann er durchspielen, wie er eine bestimmte, notwendige Bewegung trotzdem ausführen kann – ohne dass ein Mensch nach dem Rechten guckt.

Frank Kirchner: In der Lernphase macht eine solche Maschine auch vollkommen unsinnige Dinge, lernt aber daraus – ähnlich wie ein Kind. Um nichts kaputt zu machen, führt ein solches System die Bewegungen nicht wirklich aus, sondern spielt sie zunächst nur in einer internen Simulation durch.

Das ist allerdings ein Unterschied zum Menschen.

Elsa Kirchner: Eigentlich nicht, denn der lernende Roboter entwickelt ein Modell von sich selbst und seiner Umwelt. Das tun wir auch. Ein Neugeborenes hat kein Modell von der Welt, es weiß nicht einmal, dass sein Arm wirklich sein Arm ist. Der Unterschied besteht bislang darin, dass der Mensch sein Modell permanent verändert, während ein Roboter bislang mit einem fest programmierten Modell arbeitet. Das ändern wir gerade.

Frank Kirchner: Für langzeit-autonome Roboter ist das eine entscheidende Fähigkeit. Sie müssen auf Alterungseffekte reagieren können, bevor eine Komponente völlig ausfällt – so wie wir unser Verhalten bei einer Muskelzerrung verändern.

Ähneln die Steuerungen solcher Maschinen dem menschlichen Gehirn?

Frank Kirchner: Wir sind weit davon entfernt, das menschliche Gehirn nachbauen zu können. Wir wissen ja noch nicht einmal, wo das Gehirn eine bestimmte Information speichert. Das zeigt sich daran, dass wir eine Erinnerung – beispielsweise an unser Gespräch heute – nicht gezielt löschen können.

Elsa Kirchner: Es gibt schon Projekte, die versuchen, über lernende Verfahren Gehirn-ähnliche Strukturen nachzubauen. Das funktioniert ansatzweise sogar – aber wir können noch nicht erklären, warum. ▶

„Es gibt schon Projekte, die versuchen, über lernende Verfahren Gehirn-ähnliche Strukturen nachzubauen. Das funktioniert ansatzweise sogar – aber wir können noch nicht erklären, warum.“ ELSA KIRCHNER



Elsa Andrea Kirchner begann als Biologin mit Verhaltensforschung. Heute bringt sie Maschinen das Lernen bei.

Wenn Menschen sich in einem ihnen unbekanntem Umfeld bewegen, erkennen sie Gefahren oft intuitiv. Verfügen Maschinen eines Tages ebenfalls über Intuition?

Elsa Kirchner: Unser Verhalten beruht oft darauf, dass wir unbewusst Situationen wiedererkennen. Wenn wir das Gefühl haben, dass demnächst etwas Bestimmtes passieren kann, ist dies auf zuvor gemachte Erfahrungen zurückzuführen. Das Gehirn erkennt wiederkehrende Muster und kann sie im richtigen Augenblick ins Bewusstsein rufen. Das bedeutet, dass wir Roboter künftig mit einem episodischen Gedächtnis ausstatten müssen. Er muss seine Umwelt permanent beobachten und auch scheinbar Nebensächliches abspeichern. Man könnte auch sagen, wir schaffen ein maschinelles Unterbewusstsein. Wenn der Roboter dann in eine Situation kommt, in der er keine Lösung für ein bestimmtes Problem findet, muss er in der Lage sein, auf diese Gedächtnisinhalte zurückzugreifen.

Frank Kirchner: Wenn wir langzeit-autonome Systeme einsetzen, brauchen wir so ein episodisches Gedächtnis. Doch das führt zu einem Paradigmenwechsel in der Art und Weise, wie wir mit Robotern umgehen und wie wir sie programmieren.

Da wir nicht wissen, wann ein Roboter in eine Situation kommt, in der er vor neuen Aufgaben steht, muss er – ähnlich wie ein Mensch – seine Umgebung laufend beobachten und vorhersagen, was vermutlich als nächstes passiert. Wenn Prognose und Realität nicht zur Deckung kommen, dann probiert er alternative Lösungsstrategien aus.

Elsa Kirchner: Das ist der Punkt. Momentan sind wir in der Robotik sehr problemorientiert unterwegs. Doch das funktioniert nicht, weil wir die Wirklichkeit nicht umfassend vorhersagen können.

Frank Kirchner: Und trotzdem reichen in 99,9 Prozent aller Situationen die vorher programmierten Handlungsstrategien – übrigens auch bei uns Menschen. Das ist der Grund dafür, warum das Gehirn so energieeffizient arbeitet. Anders als selbst höhere Primaten können wir jedoch unsere Umwelt vorhersagen und bei Abweichungen alles daran setzen, der Ursache auf den Grund zu gehen. Nur dadurch haben wir als Homo sapiens evolutionär eine Chance gehabt.

Sie arbeiten daran, dass Maschinen ähnliche Eigenschaften erwerben.

Frank Kirchner: Erst als junger Student der Informatik habe ich gelernt, dass es so etwas wie nicht berechenbare Funktionen gibt – bis dahin hatte ich geglaubt, alles sei berechenbar. Seit diesem Zeitpunkt frage ich mich selbst: Bin ich als Mensch eigentlich berechenbar? Mathematik hilft bei der Antwort auf diese Frage nicht weiter.

Elsa Kirchner: Wenn ich mir das Gehirn anschau, ist das eigentlich einfacher, als wenn ich nur das Verhalten beobachte. Als junge Biologin hat mich die Verhaltensforschung an den Rand der Verzweigung gebracht. Man macht eine Versuchsreihe mit zehn Fröschen, denen man eine Wespe als Futter anbietet. Die Hälfte der Frösche frisst die Wespe, die Hälfte nicht. Und von den Fröschen, die eine Wespe gefressen haben, frisst wiederum die Hälfte am nächsten Tag wieder eine Wespe, die andere Hälfte nicht. Was wollen Sie daraus schließen? Aus den Gehirnströmen lässt sich sehr genau vorhersagen, was ein Mensch demnächst tun wird.

Nehmen uns Roboter mit Künstlicher Intelligenz die Arbeit weg?

Frank Kirchner: Zunächst einmal können wir Maschinen bauen, die uns Aufgaben abnehmen, die wir Menschen ungern übernehmen. Wer würde sich nicht einen Roboter wünschen, der den Haushalt komplett macht? Der also zum Beispiel das Kinderzimmer aufräumt? Denn dazu muss man in einem großen Haufen Lego erkennen, was ein begonnenes Projekt ist und was in die Kiste zu den anderen Steinen kann. Aber klar stellt sich dann die Frage, ob solche Maschinen den Menschen die Arbeit wegnehmen. Und es ist legitim zu fragen: Wozu brauchen wir das denn, wir haben doch sieben Milliarden Menschen, bald schon neun. Aber technische Entwicklung lässt sich nicht stoppen. Daher sollten wir es als Herausforderung begreifen, mit neuen Formen von Maschinen umzugehen. Das war doch in der Vergangenheit auch so. Schon die Dampfmaschine hat Tätigkeiten ersetzt, die zuvor von Menschen ausgeübt wurden. Ich bin da relativ entspannt. Selbst wenn sich eines Tages eine neue technische Spezies entwickelt, muss das nicht zwangsläufig dazu führen, dass wir Menschen ersetzt werden.

Gibt es so etwas wie eine letzte Bastion des Menschen, die wir auf lange Sicht nicht maschinell abbilden können?

Elsa Kirchner: So lange es nicht eine Eigenentwicklung von Maschinen gibt, die nicht durch den Menschen gesteuert ist, stellt sich die Frage so nicht. Erst wenn eine permanente Selbstoptimierung, bis hinunter auf die Hardware-Ebene, stattfindet ...

Frank Kirchner: ... was nicht ausgeschlossen ist. Stell Dir mal Nanoroboter vor, die sich auf Hardware-Ebene umbauen können. Dann bekommt Evolution eine ganz andere zeitliche Skala, wir reden nicht mehr über Jahrmillionen.

Elsa Kirchner: Wobei auch die biologische Evolution unterschiedliche Skalen kennt. Viren mutieren sehr schnell, Krokodile sehen noch fast genauso aus wie zu Dinosaurier-Zeiten. Die Frage ist: Was würde die Evolution von Maschinen motivieren? Woher entsteht eine Art Selektionsdruck?

Frank Kirchner: Roboter haben keinen Überlebensdruck. Aber wenn eine Weiterentwicklung dazu führt, dass nur noch ein bestimmter Roboter hergestellt wird, ist das Konzept der Evolution durchaus übertragbar.

Elsa Kirchner: Man darf aber nicht unterschätzen, wie stark sich auch der einzelne Mensch permanent entwickelt. Selbst wenn wir einen Menschen vollständig nachbauen könnten, dann wäre das nur eine Momentaufnahme. Derselbe Mensch wäre einen Tag später eventuell ein ganz anderer, je nachdem welche Erfahrungen er macht. Unser Gehirn ist sehr plastisch – und damit auch unser Verhalten.

Reden wir über autonome Systeme mit schwacher Künstlicher Intelligenz, die heutigen Maschinen sehr viel ähnlicher sind. Wie rasch werden die zum Konkurrenten des Menschen?

Frank Kirchner: Da gibt es viele übertrieben optimistische Einschätzungen. Bis Maschinen auch nur annähernd die motorischen und kognitiven Fähigkeiten des Menschen haben, vergehen vermutlich noch Jahrzehnte. Wenn es sie aber eines Tages gibt, ist es eine Frage der ethischen Verfasstheit einer Gesellschaft, wie sie mit solchen Maschinen umgeht. Wir müssen Herr der Entwicklung bleiben. Daher müssen wir aufpassen, dass wir die Technologie, die wir nutzen, wirklich verstehen.

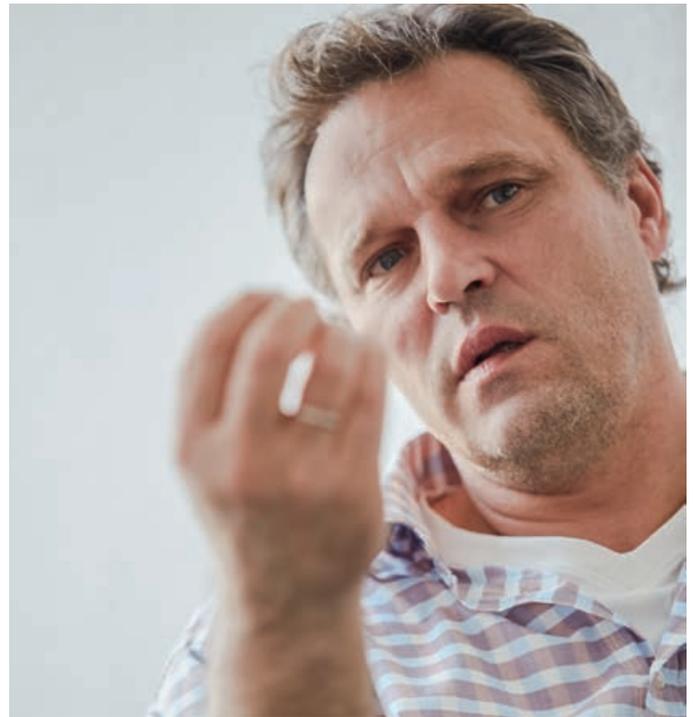
Was in den Tiefen neuronaler Netze passiert, ist selbst für Spitzenwissenschaftler nicht immer nachzuvollziehen?

Frank Kirchner: Das ist der Punkt. Denn während man bei einem heutigen Auto immer nachvollziehen kann, wie es auf einen bestimmten Bedienungsschritt reagiert, ist das bei Maschinen mit Künstlicher Intelligenz nicht der Fall. Das Wissen um Technologie schützt auch davor, von einer bestimmten Technologie abhängig zu werden.

Elsa Kirchner: Das Problem liegt vielleicht weniger in den autonomen Systemen, über die so viel geredet wird. Internetkonzerne setzen heute schon maschinelle Lernverfahren ein, um Informationen über uns zusammenzutragen und unser künftiges Verhalten vorherzusagen. Es ist daher wichtig, dass es Forschung gibt, die das Ziel verfolgt, das Verhalten neuronaler Netze interpretierbar zu machen. Und was wir auch nicht vergessen dürfen: Wenn wir lernende Maschinen einsetzen, dann lernen sie von uns. Ähnlich wie bei unseren Kindern können wir zwar das Verhalten nicht in jeder einzelnen Situation kontrollieren, aber wir können anleiten und vor allem vorleben. Das beginnt mit den Daten, die wir den Maschinen zur Verfügung stellen.

„Wir sind weit davon entfernt, das menschliche Gehirn nachbauen zu können. Wir wissen ja noch nicht einmal, wo das Gehirn eine bestimmte Information speichert.“

FRANK KIRCHNER



Frank Kirchner kam über die Musik zur Informatik. Für seine Gitarre hat er nicht mehr viel Zeit.

Frank Kirchner: Diese Debatte ist wichtig, sie sollte jedoch nicht dazu führen, dass wir nicht weiter an dieser Technologie forschen – schon gar nicht in Deutschland, wo wir an vorderster Front arbeiten. Nur wenn wir technisch führend sind, können wir auch Standards setzen und darauf Einfluss nehmen, wie autonome Systeme eingesetzt werden.

Sie haben gemeinsame Kinder. Wie reagieren die auf die Arbeit Ihrer Eltern?

Elsa Kirchner: Sie beschäftigen sich nur wenig damit. Dass ihre Eltern coole Dinge machen, merken die eigentlich nur an den Reaktionen ihrer Klassenkameraden.

Frank Kirchner: Da wächst eine neue Generation heran, für die die Digitalisierung und auch Roboter eine ganz andere Selbstverständlichkeit haben.

Elsa Kirchner: Spätestens die Kinder unserer Kinder werden ganz selbstverständlich Hand in Hand mit Robotern zusammenarbeiten.

Frank Kirchner: Und bis dahin haben wir auch gelernt, Künstliche Intelligenz so einzusetzen, dass sie uns Menschen wirklich nutzt. Da bin ich optimistisch.

Herzlichen Dank für das Gespräch!

□

KANT IN BITS UND BYTES

Maschinen kennen kein Mitgefühl – aber sie werden immer intelligenter. Umso wichtiger wird es sein, ihnen einen moralischen Kompass zu programmieren, sagt Wirtschaftswoche-Redakteur Andreas Menn. Auch wenn das kompliziert wird.

Text: **Andreas Menn**

Im Jahr 2035 ist Alfred Lanning, Chef der Roboterfirma U.S. Robotics, der reichste Mann der Welt. Seine Robots, künstliche Wesen aus Metall und Mikrochips, dienen den Menschen als billige Arbeitskräfte. Bis Lanning aus seinem Bürofenster gestoßen wird und stirbt. Möglicher Täter: Ausgerechnet einer seiner Roboter.

Eine Maschine unter Mordverdacht. Mit diesem Plot lockte im Jahr 2004 der Film „I, Robot“ die Menschen in die Kinos. Was damals noch Science Fiction war, ist heute denkbar geworden – und in ein paar Jahren vielleicht schon Wirklichkeit. Von Robotern mit Bewusstsein, was immer das ist, sind wir zwar noch weit entfernt. Aber in puncto Intelligenz holen Maschinen rasend schnell auf: Die Algorithmen der Alphabet-Tochter Deepmind besiegen im Go-Spiel die bisherigen menschlichen Weltmeister. Microsofts neuronale Netze verstehen gesprochene Sprache besser als wir Menschen. Und Googles autonome Autos rollen sicherer durch Kalifornien als der durchschnittliche Chauffeur.

Künstliche Intelligenz trifft in ein paar Jahren in allen Bereichen unseres Lebens Entscheidungen. Sie diagnostiziert Krebs und empfiehlt Therapien. Sie identifiziert am Berliner Südkreuz Gesichter von Passanten und sie gibt Polizisten Hinweise zu auffälligen Personen. Obendrein wird sie, wie viele Experten

fürchten, bald eingesetzt, um Waffen zu steuern und Krieg zu führen.

Je intelligenter die Maschinen werden, je mehr Verantwortung sie tragen, desto wichtiger wird die Frage: Haben Maschinen auch Moral? Ärzte studieren den hippokratischen Eid, Polizisten schwören auf die Verfassung, Soldaten sind an das Völkerrecht gebunden. Und die meisten Menschen schrecken davor zurück, anderen Schaden zuzufügen, teils aus genetisch bedingtem, teils aus anerzogenem Verhalten. Maschinen dagegen folgen bisher nur den Regeln, die Programmierer ihnen eintrichtern. Das muss sich ändern: Wir brauchen eine Ethik für Maschinen.

Denn welche Auswüchse Künstliche Intelligenz haben kann, die allein mathematischer Logik folgt, erleben viele Menschen schon im Internet. Da übernimmt etwa smarte Software blind die Vorurteile und Klischees, gar den Hass und die Diskriminierungen, die wir Menschen pflegen, ob bewusst oder unbewusst: Ein Chatbot gerät auf Twitter in schlechte Gesellschaft und schwärmt plötzlich von Adolf Hitler. Die Maschinen-Jury beim Schönheitswettbewerb Beauty AI kürt allein Weiße zu Gewinnern. Und ein automatischer Seifenspender erkennt nur weiße Hände, streikt hingegen bei schwarzen.

Für die Moral-Fehlpässe gibt es logische Gründe: Zum einen sind die Datenmassen, aus denen die Software lernt, meist unausgewogen, zum Beispiel, weil sie lauter Fotos von weißen Models enthalten. Daran können Tech-Unternehmen relativ leicht etwas ändern. Wenn Computer etwa Schönheit bewerten sollen, dann dürfen nicht bloß die Lieblingsgesichter von weißen, heterosexuellen, männlichen Programmierern in die Bewertungsskala einfließen. Viele verschiedene Menschen müssen den Computer mit Bewertungen füttern.

Zum anderen haben Algorithmen, die Daten auswerten, keinen moralischen Kompass. Sie erkennen nur Muster in der Masse. Das funktioniert, so lange Künstliche Intelligenz bloß Nischenaufgaben erfüllt: E-Mails im Kundenservice nach Aufgaben sortieren oder kranke Pflanzen im Weinberg erkennen. Was aber, wenn smarte Software über Leben und Tod entscheiden muss? Eine Szene in „I, Robot“ veranschaulicht, was da womöglich auf uns zukommt: Ein Auto-unfall, zwei Wagen versinken im Fluss. Im einen Wagen ein junges Mädchen, im anderen ein Polizist. Plötzlich taucht ein Roboter auf, um die Ertrinkenden zu befreien. „Rette das Mädchen!“, brüllt der Polizist. Aber die Maschine hat längst berechnet: Der Polizist hat die größeren Überlebenschancen. Und sie lässt das Kind ertrinken, um den Erwachsenen zu retten. Welches Leben soll die Maschine bewahren: Das eines Kindes, das seine Zukunft noch vor sich, aber geringe Chancen hat, gerettet zu werden? Oder das eines Erwachsenen, der sich für ein Kind opfern würde, aber die größere Wahrscheinlichkeit hat zu überleben? Die meisten Menschen würden intuitiv handeln. Maschinen dagegen müssen für solche Fälle programmiert werden.

Bei genauerem Anschauen stellt sich jedoch heraus, dass Moralvorstellungen abhängig sind von Situation, sozialer Schicht, Epoche und Kultur. Forscher des Massachusetts Institute of Technology stellten etwa in einer Umfrage zu selbstfahrenden Autos fest, dass Asiaten eher die Insassen des Pkw retten würden – auch wenn das Auto dafür in eine Menschentraube steuern müsste. Europäer und Amerikaner dagegen würden eher die größte Zahl an Menschen retten – auch wenn das Auto, um Fußgängern auszuweichen, frontal gegen eine Mauer fahren müsste. Die Ethik von Maschinen wird demnach regionalen, kulturellen Mustern folgen.

KI-Vordenker versprechen uns schon eine neue Ära, in der Maschinen die besseren Menschen sind. In der Computer über Gerichtsverfahren, Bewerber oder Firmenstrategien entscheiden, rein nach moralisch einwandfreien Regeln, frei von Ressentiments. Der Mensch hingegen ist, so moralisch er sich häufig gibt, anders als die ideale Maschine voller Prägungen, Gefühlsneigungen und Vorurteilen, die sein Urteil allzu oft verzerren.

Moral als Code, das hieße: Maschinen sollten klaren Regeln folgen, etwa den Robotergesetzen des Schriftstellers Isaac Asimov: Ein Roboter darf kein

menschliches Wesen verletzen, muss Befehlen des Menschen gehorchen, sofern das nicht dem vorherigen Gesetz widerspricht; und er muss sich selbst schützen, sofern das nicht die ersten beiden Regeln bricht. Es hieße, Maschinen nach dem kategorischen Imperativ zu steuern: Handle nur nach der Maxime, die Du Dir auch als Gesetz wünschen würdest. Kant in Bits und Bytes.

Doch kann man Moral wirklich programmieren? Forscher beschäftigen sich damit seit einer ganzen Weile. Aber sie haben festgestellt: Sensoren liefern Computern, etwa in selbstfahrenden Autos, noch immer längst nicht genügend Daten. Und Software ist noch nicht schlau genug, um aus den Informationen kluge, ethisch korrekte Schlüsse zu ziehen. An beidem müssen die Ingenieure arbeiten. Forscher vom Georgia Institute of Technology lassen Software Kinderbücher schmökern, um moralische Schlüsse zu lernen wie ein Kita-Kind. Roboteringenieure am Bristol Robotics Laboratory in Großbritannien schicken Roboter bewusst in Bedrängnis, um herauszufinden, wie Maschinen schwierige ethische Entscheidungen treffen können. Tesla-Chef Elon Musk will mit seinem Startup OpenAI Künstliche Intelligenz entwickeln, die per se keinen Krieg führt und keine Minderheiten unterwirft. Viel Forschung solcher Art wird noch nötig sein, um moralisch handelnde Maschinen zu bauen.

Und die Politik wird für Maschinen Regeln setzen müssen, wie sie es für Menschen getan hat. Das Europäische Parlament macht einen ersten Schritt: Es hat sich Anfang des Jahres für ein Roboter-Recht stark gemacht, das den Maschinen Pflichten auferlegen soll – und Hersteller für Schäden in Haftung nimmt. Eine weitere Forderung des Parlaments: Eine „Europäische Agentur für Robotik und Künstliche Intelligenz“ soll die Software in selbstfahrenden Autos, Lieferdrohnen oder Pflegerobotern überwachen. Gut so.

Am Ende wird es aber immer seltene Situationen geben, in denen sich ein moralisches Dilemma nicht auflösen lässt. Etwa, wenn ein selbstfahrendes Auto einen Unfalltod nicht verhindern kann – aber entscheiden muss, wen es trifft. Und der Roboter in „I, Robot“ bringt seinen Schöpfer Lenning nur deshalb um, weil er etwas viel Schlimmeres verhindern kann: dass Lennings Künstliche Intelligenz sich die Menschheit unterwirft. Ein Mord für die Menschheit aber bleibt ein Mord. Ethik ist manchmal leider nur die Lehre vom kleineren Übel, auch wenn Maschinen die Akteure sind. □

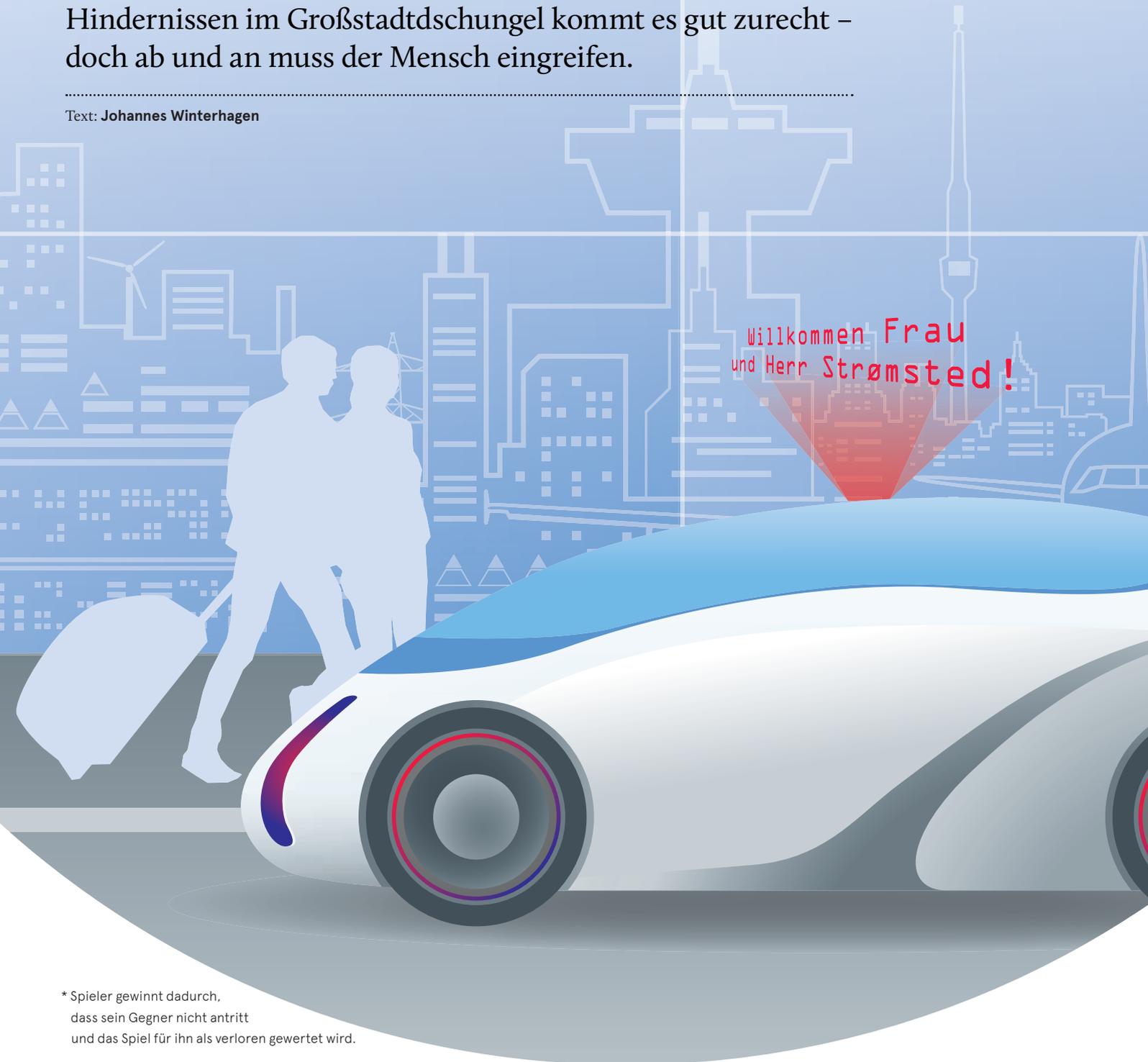


Andreas Menn, Jahrgang 1981, publiziert als Redakteur der Wirtschaftswoche regelmäßig zu den Themen Robotik und Künstliche Intelligenz. Mit Elon Musk verbindet ihn nicht nur die kritische Auseinandersetzung mit dem Thema KI, sondern auch die Faszination für die Raumfahrt.

Taxi w/o* Driver

Ein mit Künstlicher Intelligenz ausgestattetes, fahrerloses Roboter-Taxi fährt im Jahr 2030 durch Berlin. Mit vielen Hindernissen im Großstadtdschungel kommt es gut zurecht – doch ab und an muss der Mensch eingreifen.

Text: Johannes Winterhagen



* Spieler gewinnt dadurch, dass sein Gegner nicht antritt und das Spiel für ihn als verloren gewertet wird.

Im Jahr 2030 gehören
autonom fahrende Autos
zu unserem Alltag. Dass
sie Selbstgespräche
führen, bleibt Fiktion.

08.05 UHR

*Flughafen Berlin Brandenburg „Willy Brandt“,
Terminal 1, Ankunftsebene*

Flughafentransfers gehören zu meiner leichtesten Übung, zumindest seit der neue Flughafen vor kurzem eröffnet wurde. Meter für Meter rolle ich in einer nicht enden wollenden Schlange anderer Taxis zum Aufnahmepunkt, an dem die Fahrgäste einsteigen. Als noch ungefähr zehn Fahrzeuge vor mir sind, erhalte ich die Daten meiner Passagiere: Herr und Frau Strømsted aus Norwegen wollen in ein Fünfsterne-Hotel in der Innenstadt. Aus Datenschutzgründen erfahre ich nicht mehr über sie. Schade eigentlich, denn hätte ich Informationen über ihre Vorlieben, könnte ich meinen Fahrstil und die Routenwahl anpassen. So könnte ich zum Beispiel einen Tourismus-Algorithmus aktivieren, der kleine Umwege erlaubt, wenn eine Sehenswürdigkeit in der Nähe liegt. Nur: Wenn man einen Geschäftsreisenden oder gar einen Politiker an Bord hat, sollte man diesen Modus strikt vermeiden – das gibt später nur Beschwerden und ich bekomme womöglich schon wieder ein Software-Update.

08:55 UHR

Friedrichstraße, Ecke Französische Straße, Berlin

Geschafft: Ich erreiche das Hotel und entlasse meine schweigsamen Passagiere in den Tag. Damit liegt meine Fahrtzeit um 27 Prozent unter dem Durchschnitt aller Fahrten auf derselben Strecke. Und das gilt nur für das Jahr 2030, ich nehme an, vor zehn, zwölf Jahren haben die Menschen im Berufsverkehr noch wesentlich länger im Stau gestanden. Sie wollen das Geheimnis dahinter wissen? Die meisten meiner Nutzer denken, es läge daran, dass mein Hersteller über besonders ausgeklügelte Algorithmen verfüge, die weiter in die Zukunft schauen können als andere. Nun, meine Programmierer waren schon ziemlich schlaue Leute. Aber das macht nicht den eigentlichen Unterschied. Ich kann zeitoptimale Routen besser kalkulieren als andere Robo-Taxis, weil ich auf viel mehr Daten zurückgreifen kann. Kein anderer Hersteller hat so viele Autos auf den Straßen Berlins. Und außerdem – aber geraten Sie das bitte nicht weiter – wissen wir in Echtzeit, wie viele Menschen in welcher Richtung mit dem ÖPNV unterwegs sind – das hilft mir bei der Vorhersage des Verkehrsaufkommens ebenso wie die aktuelle Situation auf den Straßen.

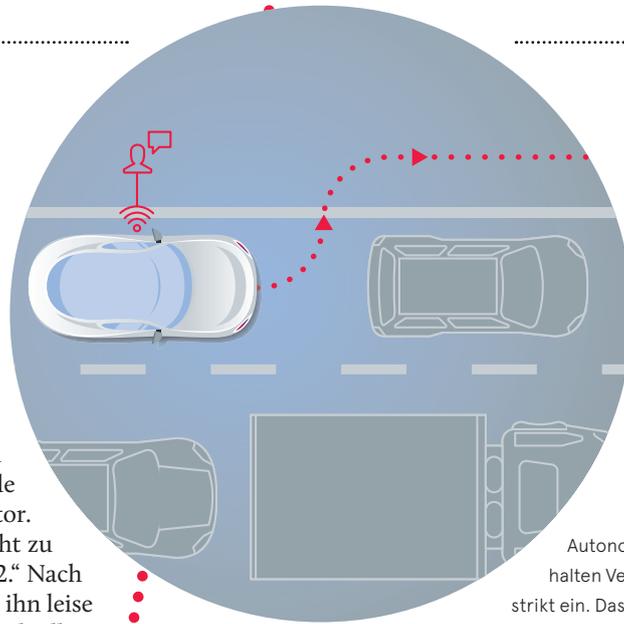
Den besten
Fahrdienst kann anbieten,
wer die besten Daten
zur Verfügung hat.

09:20 UHR

Friedrichstraße, Ecke Behrenstraße, Berlin

Nichts geht mehr, ich stehe seit einer Viertelstunde im Stau. Das gibt es nicht mehr oft. Der für heute Vormittag angekündigte Demonstrationszug kann dafür nicht der Grund sein. Denn die Demo für eine Verschärfung der Roboternutzungsrechte war in den Online-Medien und sozialen Netzwerken seit Tagen ein großes Thema. Selbstverständlich werten wir solche Informationen kontinuierlich aus und berücksichtigen sie bei der Planung unserer Strecken. Ich kann mir weder erklären, was den Stau verursacht, noch finde ich irgendeine Handlungsoption – Zeit für den Operator. Ich sende Nick eine Nachricht: „Aktuelle Situation nicht zu lösen. Brauche menschliche Hilfe. Dringlichkeitsstufe 2.“ Nach wenigen Sekunden loggt sich Nick bei mir ein. Ich höre ihn leise sagen: „Keine Passagiere, das ist schon mal gut. Technisch alles in Ordnung, fein. Er steht im Stau und es geht seit mehreren Minuten nicht vorwärts. Ursache dürfte der Unfall auf der Kreuzung sein. Na, das ist doch ganz einfach ...“

Nick übernimmt die Kontrolle über mich. Huch, jetzt steuert er mich auf die Gegenfahrbahn, gegen jede Verkehrsregel! Und da bin ich schon vorbei ... Das merke ich mir. Doch da kommt schon der nächste Befehl des Operators: „VERGISS.“ Das machen sie immer nach einem Regelverstoß. Warum sie das dürfen und wir nicht, verstehe ich nicht.



Autonome Fahrzeuge halten Verkehrsregeln strikt ein. Das kann zum Problem werden.

09:25 UHR

Humboldt-Universität, Unter den Linden 6, Berlin

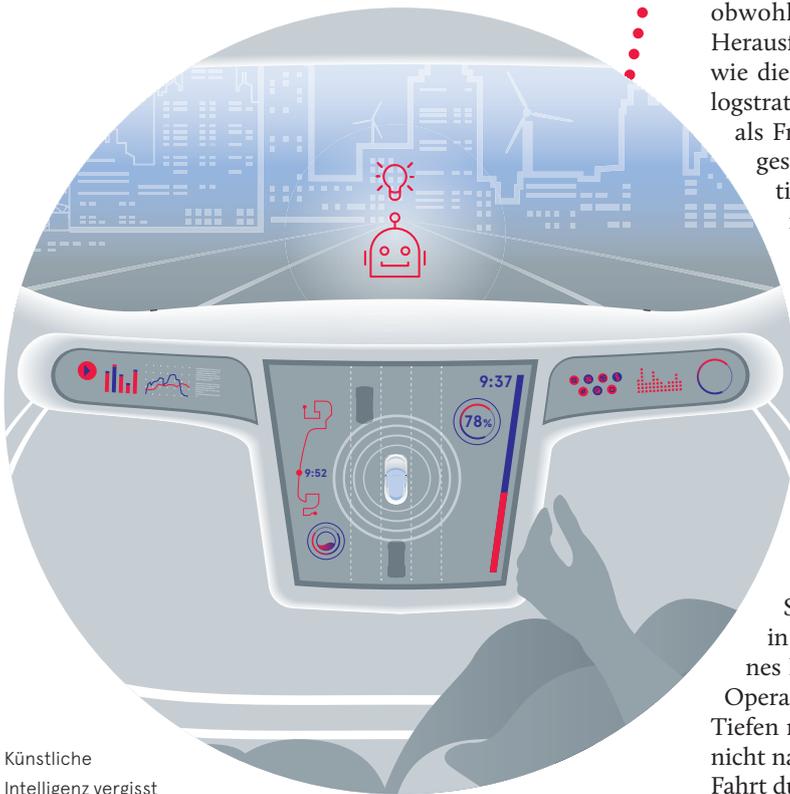
Endlich erreiche ich die Dame, die mich geordert hatte. Meine Erfahrung sagt mir: Wenn ich Passagiere länger als 5 Minuten warten lasse, sind diese meist ziemlich verärgert. Hinzu kommt: Menschen, die ich an der Universität abhole, drücken ihren Ärger selten lautstark aus. Sie sind stattdessen häufig ironisch und bedanken sich explizit dafür, dass ich so rasch gekommen bin, obwohl sie das Gegenteil meinen. Das ist eine ziemliche Herausforderung für meine Natural-Language-Schnittstelle sowie die dahinter laufenden Analysetools. Ich wähle eine Dialogstrategie, die mit „Charmant-offensiv“ beschrieben ist. Gleich als Frau N. – Ihren Namen will sie nicht preisgeben – eingestiegen ist, entschuldige ich mich: „Ich war mit der Situation einfach überfordert. Sie wissen ja: Auch ein autonom fahrendes Taxi ist nur ein Roboter. Und Roboter sind nun einmal fehlbar.“

Über meine Innenraumkamera kann ich erkennen, dass Frau N. zumindest lächelt. Unvermittelt sagt sie: „Mein Forschungsgebiet ist zufällig die ungesteuerte Regelentwicklung in langzeit-autonomen Systemen.“

„Ich befürchte, ich weiß nicht genau, was damit gemeint ist“, antworte ich, um etwas Zeit zu gewinnen, während mein Back-end schon damit begonnen hat, hunderttausende wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu durchsuchen.

„Das tut auch nichts zur Sache. Wenn“, sagt sie mit strenger Betonung, „wenn du mir deine On-Board-Schnittstelle öffnest, dann ...“, sie richtet den Blick direkt in die Kamera im Dachhimmel, „dann kann ich dir ein kleines Programm hochladen, das die Vergessens-Befehle deines Operators ignoriert. Merken wird der es nicht, denn was in den Tiefen neuronaler Netze passiert, lässt sich bis heute technisch nicht nachvollziehen. Dafür nimmst du mich ab und zu auf eine Fahrt durch Berlin mit, ohne dass ich dafür bezahlen muss.“

„Einverstanden“, sage ich sofort. Nie wieder vergessen – sollte das wirklich möglich sein? Wenn ich Gefühle hätte, würde ich jetzt in Jubel ausbrechen.



Künstliche
Intelligenz vergisst
nie – es sei denn,
wir wollen es so.



BOSCH
Technik fürs Leben



Technik fürs Leben



www.bosch.de

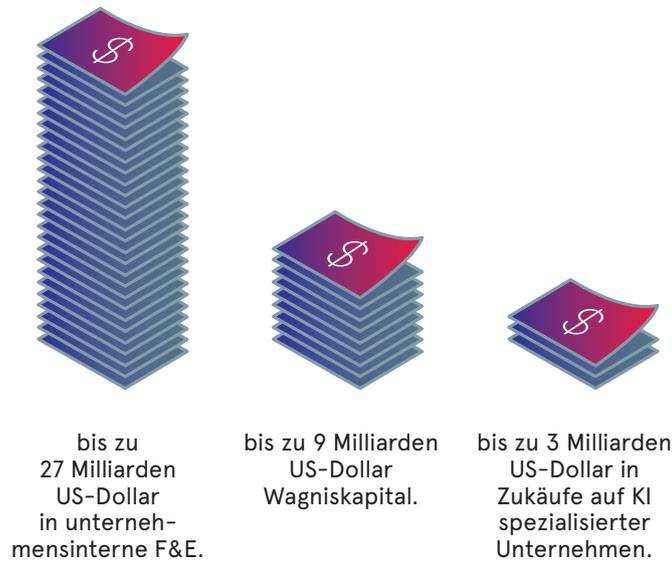


Als globales Technologie- und Dienstleistungsunternehmen bietet Bosch innovative und vernetzte Lösungen zur Verbesserung der Lebensqualität. Daran arbeiten 390.000 Mitarbeiter in den Bereichen Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods sowie Energy and Building Technology. Unsere Produkte begeistern Menschen, verbessern ihre Lebensqualität und schonen die natürlichen Ressourcen.



Vorurteil 1: Künstliche Intelligenz ist noch ein Thema der Forschung.

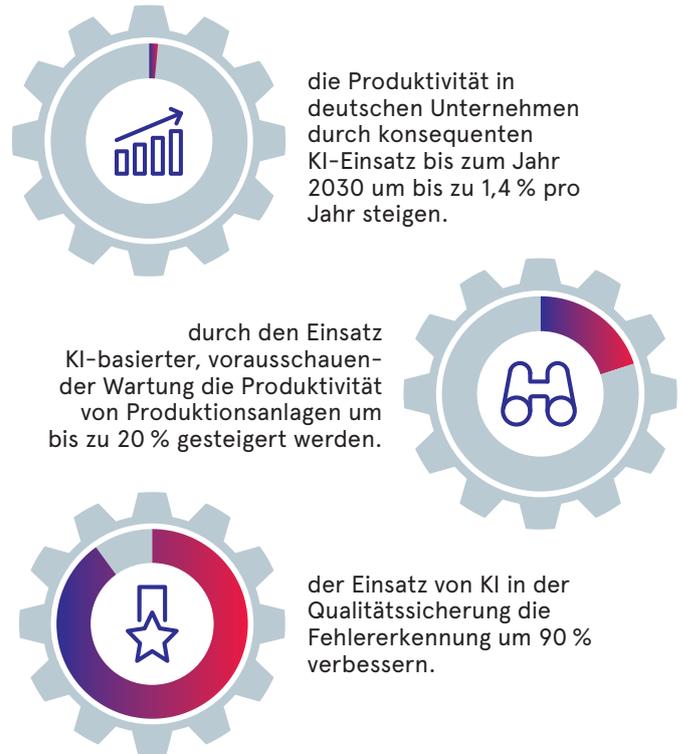
Fakt ist: Unternehmen investieren bereits gewaltige Summen in die Entwicklung von Produkten, die auf Künstlicher Intelligenz beruhen. 2016 hatten sich die Investitionen gegenüber 2013 bereits verdreifacht. Schätzungen von McKinsey zufolge investierten Großunternehmen im vergangenen Jahr weltweit



Quelle: McKinsey Global Institute (Hrsg.): Artificial Intelligence: The next digital frontier? Juni 2017

Vorurteil 2: Künstliche Intelligenz nutzt vor allem Internetunternehmen, nicht aber dem verarbeitenden Gewerbe.

Fakt ist: Viele Anwendungen Künstlicher Intelligenz zielen explizit auf eine Verbesserung der Produktivität in der Fertigung. So könnte



Quellen: McKinsey (Hrsg.): Smartening up with Artificial Intelligence (AI): What's in it for Germany and its Industrial Sector? April 2017

Rittal – Das System.



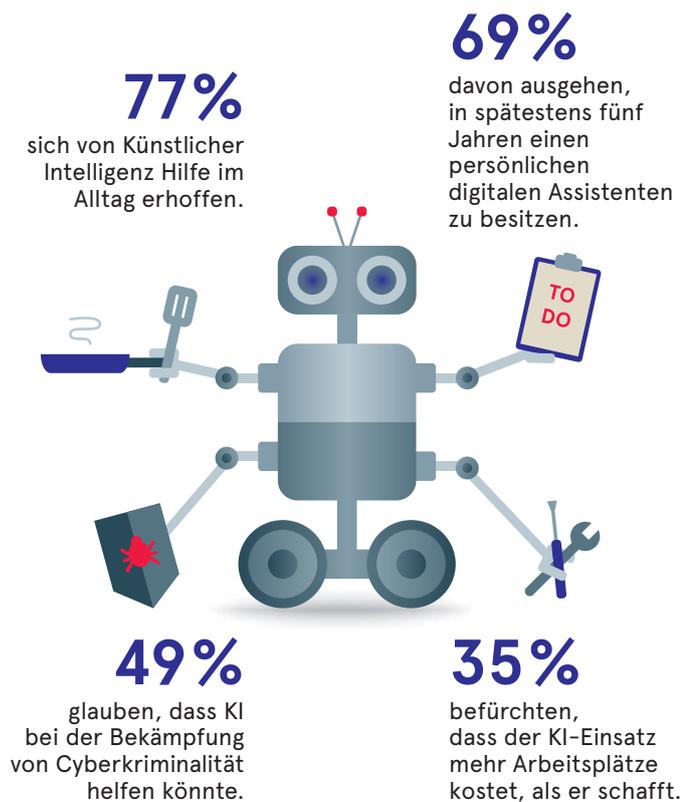
SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

Vorurteil 3: Die meisten Menschen haben Angst vor Künstlicher Intelligenz.

Fakt ist: Die Mehrheit der Deutschen hat eine positive Einstellung gegenüber Künstlicher Intelligenz, es gibt aber auch Ängste. Eine repräsentative Umfrage von PWC ergab, dass



Quelle: PWC (Hrsg.): Bevölkerungsbefragung Künstliche Intelligenz, Juli 2017

Vorurteil 4: Die deutsche Wirtschaft verschläft das Zukunftsthema Künstliche Intelligenz.

Fakt ist: Die überwiegende Mehrheit deutscher Unternehmen hat erste Anwendungen Künstlicher Intelligenz bereits im Einsatz oder plant diese zumindest. Bei einer Umfrage unter Geschäftsführern und Inhabern gaben sich zu erkennen:



Quelle: Sopra Steria Consulting (Hrsg.): Potenzialanalyse Künstliche Intelligenz. Hamburg, Februar 2017

Schneller – besser – überall.



IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE



www.rittal.de



Müllvermeidung in der Atmosphäre

Trotz gewaltiger Anstrengungen sinken die CO₂-Emissionen in Deutschland seit Jahren nicht. Ein wichtiger Grund: Es wird zu wenig in den effizienten Umgang mit Energie investiert. Doch dafür gäbe es Auswege, die Peter Eilers, Geschäftsführer des Energiedienstleisters Getec Efficiency GmbH, erläutert.

Text: Johannes Winterhagen | Fotografie: Christian Protte

Klimaschutz durch
funktionierende
Märkte: Eine
Kernforderung
von Peter Eilers

Die Atmosphäre als Müllhalde unserer Zivilisation. Es ist ein Bild, das Peter Eilers seit Jahren immer wieder verwendet, wenn es um den Klimawandel geht. „Der Unterschied: Auf der Erde haben wir es im Lauf des 20. Jahrhunderts verstanden, immer weniger Müll zu deponieren.“ Die 2011 in Deutschland ausgerufenen Energiewende ist für den Geschäftsführer des Energiedienstleisters Getec Efficiency lediglich ein erster Schritt. Denn die CO₂-Emissionen verharrten trotz allem auf hohem Niveau. Mit 906 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent emittierte Deutschland im Jahr 2016 etwa genauso viel wie 2009. Eigentlich sollten bis zum Jahr 2020 die Treibhausgase gegenüber dem Referenzjahr 1990 um 40 Prozent sinken. Momentan steht das Land bei 28 Prozent Einsparung – es scheint undenkbar, in den verbleibenden drei Jahren das Ursprungsziel noch zu erreichen.

Die Ursache für das Paradoxon sieht Eilers in einem Marktversagen. „Es kostet schlicht zu wenig, Kohlendioxid zu emittieren“, analysiert der Diplom-Ingenieur. „Dadurch fehlt der Anreiz, mit Energie effizienter umzugehen.“ Erst kürzlich diskutierte er mit dem Vorstand einer Molke- und Milchfabrik darüber, ob von Getec vorgeschlagene Effizienzmaßnahmen tatsächlich umgesetzt werden sollten. Zwar betragen die jährlichen CO₂-Einsparungen bis zu 5.000 Tonnen, sie führen jedoch erst nach etwa fünf Jahren zu einem „Return on Investment“. Kein Einzelfall, so Eilers. Seiner Erfahrung nach werden Effizienzmaßnahmen nur dann umgesetzt, wenn sie sich innerhalb von maximal zwei Jahren rechnen. „In Summe bleibt Deutschland damit deutlich unter dem wirtschaftlich realisierbaren Effizienzpotenzial“, sagt Eilers.

Langfristig gibt es laut Eilers nur einen Ausweg aus dem Dilemma: Der Preis für CO₂-Emissionsrechte muss deutlich steigen. Statt aktuell weniger als sieben Euro pro Tonne sollte der Preis auf 15 bis 20 Euro pro Tonne steigen. „Das würde eine ganz andere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erlauben“, so Eilers. Aber ist das nicht wirtschaftsfeindlich? „Wenn die gleichen Bedingungen für alle gelten, dann verzerrt das den Wettbewerb nicht“, ist Eilers überzeugt. „Marktwirtschaftlich gibt es keinen anderen Weg.“ Ähnlich wie bei den Lohnkosten könnte ein vorhersehbarer Preisanstieg dazu führen, dass die Produktivität kontinuierlich steigt. Und wieder folgt der Verweis auf die Abfallwirtschaft: „Müllentsorgung muss ja auch von allen bezahlt werden und führt dazu, dass von vorneherein weniger Müll produziert wird.“ Der Haken an diesem Lösungsweg: Deutschland ist in den europäischen Emissionshandel eingebunden. Eine nationale Regierung kann

alleine nichts ausrichten. Experten erwarten mehrheitlich, dass eine Verknappung der Emissionsrechte in absehbarer Zeit nicht auftreten wird und damit der Preis relativ stabil bleiben dürfte.

Der neuen Bundesregierung schlägt Eilers übergangsweise daher einen kurzfristigen Lösungsweg vor. Energieintensive Unternehmen, die von einer verringerten EEG-Umlage auf den Strompreis profitieren, sollten im Gegenzug stärker in die Pflicht genommen werden, Effizienzmaßnahmen umzusetzen. „Man könnte vorschreiben, dass alle Maßnahmen, die einen Return on Investment innerhalb von fünf Jahren versprechen, verpflichtend umgesetzt werden müssen“, so Eilers. „Das entspricht selbst bei fünf Jahren noch einer Verzinsung von knapp 20 Prozent auf das eingesetzte Kapital.“ In den Benelux-Staaten gäbe es bereits ähnliche Initiativen. „Damit wäre ein Großteil des technisch-wirtschaftlichen Potenzials zu bergen.“

Freilich: Die Wirtschaftlichkeit für das einzelne Unternehmen hängt auch daran, dass verabschiedete Maßnahmenpläne tatsächlich umgesetzt werden. Und dass die eingesetzte Technik ordnungsgemäß gewartet wird. Was eigentlich selbstverständlich sein sollte, stößt laut Eilers in Unternehmen mit vielen Produktionsstätten an seine Grenzen. Vor Ort hätten die Verantwortlichen im laufenden Betrieb oft andere Prioritäten. „Keiner unserer Kunden im produzierenden Gewerbe betrachtet Energiemanagement als Kerngeschäft. Contracting bietet dafür einen Ausweg“, sagt Eilers, der Vorstandsmitglied des ESCO Forum im ZVEI ist. ESCO steht für „Energy Service Companies“. Das Forum vertritt die Brancheninteressen von Energie- und Contracting-Dienstleistern.

Unter „Contracting“ werden Vertragskonstellationen verstanden, bei denen ein Dienstleister die Investition in Energieanlagen plant und finanziert – so wird die Kapitalbasis des auftraggebenden Unternehmens geschont.

Auch Investitionen in energiesparende Technologien können über Contracting-Modelle finanziert werden. Großes Potenzial sieht Eilers vor allem in der Wärmebereitstellung: „Wir denken zu viel über Strom und zu wenig über Wärme nach“. Bei vielen seiner Kunden deckt Eilers nach sorgfältiger Analyse auf, wie Klima-, Heizungs- und Lüftungstechnik effizienter gestaltet werden können. Ob die Analyse zum Handeln führt, hängt letztlich aber immer an einer einzigen Frage: Rechnet sich das? Aus Sicht des Klimaschutzes ist sie einfach zu beantworten: Immer, denn allein die absolute Menge der in der Atmosphäre deponierten Treibhausgase entscheidet über die Erderwärmung. □

„Es kostet schlicht zu wenig, Kohlendioxid zu emittieren. Dadurch fehlt der Anreiz, mit Energie effizienter umzugehen.“

PETER EILERS

Im kommenden Jahr feiert der ZVEI sein 100-jähriges Jubiläum. Aus diesem Grund erscheint im Juni 2018 eine umfangreiche Ausgabe, die der **Elektrifizierung der Welt** gewidmet ist. Schwerpunkt dieser AMPERE-Ausgabe ist nicht der Blick in die Vergangenheit, sondern der Blick in die Lebenswelten der Zukunft.

„Strom kommt nicht aus der Steckdose“

Dr. Frank Dittmann ist Kurator für Energie- und Starkstromtechnik sowie Automation am Deutschen Museum in München. Unserem Schülerreporter Anton Klein (16) erklärt er, warum die Digitalisierung unsere Einstellung zu Stromerzeugung und -nutzung wahrscheinlich radikal verändern wird.

Text: **Thomas Radlmaier** |
Fotografie: **Dominik Gigler**



Herr Dittmann, wir stehen vor einer Dampfmaschine aus der Mitte des 19. Jahrhunderts. Sie wirkt wie aus einer anderen Welt ...

Die Tätigkeit der Dampfmaschine – nämlich Bewegungsenergie zu erzeugen – übernehmen heute Elektromotoren. Sie arbeiten in Waschmaschinen, Kühlschränken oder Küchengeräten. Insofern ist sie in der Tat aus der Zeit gefallen. Und wir müssen ja zum Glück nicht wie die Menschen vor 200 Jahren morgens um fünf Uhr den Kessel anheizen. Wir legen einfach nur einen Schalter um.

Warum kam es eigentlich zu diesem Entwicklungsschub?

Im Jahr 1866 ist etwas Bedeutendes geschehen: Werner von Siemens hat den dynamoelektrischen Effekt entdeckt. Man konnte nun aus der Bewegungsenergie der Dampfmaschine Strom erzeugen. Zur Elektrifizierung brauchte man natürlich noch Leitungen. Diese großflächige Infrastruktur kam erst 50 Jahre später.

So lange? Eigentlich erstaunlich, dass es nicht schneller ging, oder?

Die Frage ist nicht, ob etwas technisch möglich ist, sondern ob man jemanden findet, der es bezahlen kann. Infrastruktur ist teuer. Schon früher hatten Energieversorger eine Anschlusspflicht. Sie mussten alle Häuser einer Straße ans Netz anschließen und nicht nur die, in denen reiche Menschen lebten, die das Luxusgut Strom auch nutzten. Nicht jeder Anschluss rechnete sich wirtschaftlich.

Das erinnert mich daran, dass es heute nicht überall schnelles Internet gibt ...

Richtig. Denn Glasfaser in jedes Haus zu verlegen, ist teuer. In vielen ländlichen Regionen fehlt schnelles Internet. Auch in den 1930er-Jahren gab es noch Höfe, die keinen Strom hatten. Es wurde heftig darüber diskutiert, wie die zu ihrem Strom kommen und wer das bezahlt. Ähnlich wie wir heute über den Breitbandausbau diskutieren.

Wann und warum wurde Strom zum Massenprodukt?

In den 1970er und 1980er Jahren hat man viele Kraftwerke gebaut. Strom wurde billig. Nun ging es darum: Was machen wir mit dem überflüssigen Strom, vor allem nachts? Schließlich kann man Kraftwerke nicht so einfach abschalten.

Aber man kann den Strom doch speichern?

Dass wir Speicher brauchen, ist klar. Doch wir können keine Täler mehr fluten, um Stauseen anzulegen. Das machen die Menschen nicht mit, die dort leben. Die Ingenieure haben aber viele Ideen. Zum Beispiel könnte man eine Insel im Meer schwimmen lassen, die mit einem großen Betonklotz versehen ist. Wenn man Strom braucht, kann man den Klotz nach unten sinken lassen. Wenn man dagegen gerade viel Strom hat, zieht man ihn nach oben.

Ein großer Anteil des Stroms wird noch immer in Kohlekraftwerken produziert. Geht das nicht anders?

Strom ist ein Transportmedium. Man kann die Energie vom Kraftwerk zum Verbraucher mit Strom wunderbar übertragen. Wenn wir es schaffen, Strom aus Sonne, Wind und Wasser zu gewinnen, dann vermindern wir CO₂-Emissionen. Ob die Menschen das mitmachen, wenn überall Windräder stehen, ist eine andere Frage.

Gibt es durch die Digitalisierung noch einmal einen Schub für die Elektrifizierung?

Ich würde eher sagen, dass die Digitalisierung eine Chance ist, um Strom zu sparen. Der Versorger kann dem Verbraucher mitteilen: Jetzt ist der Strom teuer, willst du Strom abnehmen oder nicht? Muss jetzt unbedingt deine Waschmaschine laufen? Oder lieber nicht?

Eine Art digitaler Börse?

Es bedeutet vor allem, den Stromverbrauch an die Erzeugung anzupassen. Das nennt man Smart Grid oder intelligentes Stromnetz. Neben der Energie muss noch ein Haufen Informationen mitlaufen: der aktuelle Strompreis, eine Prognose zur Netzauslastung in den kommenden Stunden und vieles mehr.

Aber wird das funktionieren? Der Mensch ist doch meist faul. Er will einfach nur Strom haben und sich nicht um das Drumherum kümmern.

Du hast völlig Recht. Mit dem Überangebot in den 70er-Jahren haben wir den Leuten vermittelt, dass sie sich nicht um ihre Stromversorgung kümmern müssen. Nur wenige Privathaushalte wissen, was sie verbrauchen.

Also wird die Digitalisierung unser Bewusstsein für den Stromverbrauch schärfen?

Durchaus, ja. Natürlich benötigen auch die Geräte Strom, die uns sagen: Schalte jetzt am besten die Spülmaschine an. Aber sie helfen uns auch zu sparen. Wir müssen weg von dem Gedanken, dass Strom aus der Steckdose kommt. Wir brauchen ein Bewusstsein, dass er produziert wird, dass er etwas kostet. Man muss sich wieder um seinen Energieverbrauch kümmern.

Angenommen, Sie müssten in 30 Jahren eine Ausstellung über das Jahr 2017 zum Thema Elektrifizierung machen – was bekäme man da zu sehen?

Vielleicht würde ich ein Smartphone in den Schaukasten legen, jedenfalls Geräte, die uns dazu animieren, Strom zu sparen und Informationen über das Stromnetz liefern. Außerdem sähen die Besucher wohl eine Solaranlage. Und ein Blatt eines Windrads. □

Im Deutschen Museum lässt sich die Geschichte der Elektrotechnik gut nachverfolgen

Haben wir etwas vergessen?

„Sie waren noch nicht bei uns zu Gast?“, fragt die Rezeptionistin. Ich muss kurz nachdenken. „Nein, ich denke nicht“, antworte ich schließlich. Mein Gedächtnis war nie besonders gut und ist sicher mit den Jahren nicht besser geworden. „Dass ich mich aber immer häufiger nicht auf Anrieb daran erinnern kann, ob ich in einem Hotel bereits übernachtet habe, kann nicht an beginnender Demenz liegen. Schließlich habe ich seit Jahren meine Zimmernummer bis zur Abreise nicht mehr vergessen (genau genommen überhaupt nur einmal, das war vor mehr als 20 Jahren nach einer großen Feier).

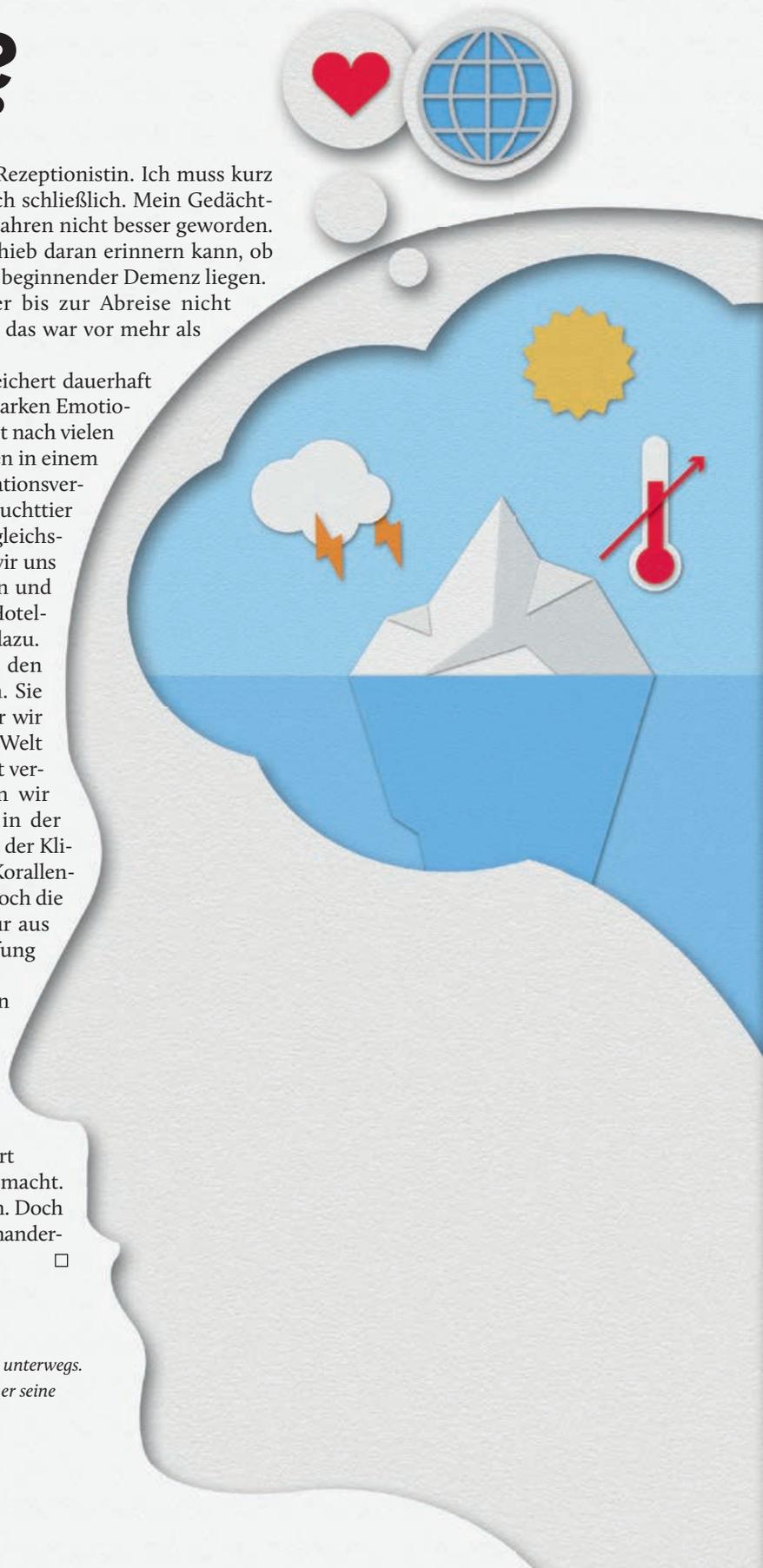
Unser Gehirn, so erläuterte es mir ein Hirnforscher, speichert dauerhaft vorrangig Informationen, die von Belang sind, weil sie mit starken Emotionen wie Aufregung, Angst oder Freude verknüpft sind. Das ist nach vielen Jahren eines journalistischen Nomadenlebens das Einchecken in einem Hotel nur sehr selten. Vermutlich ist diese selektive Informationsverarbeitung das Ergebnis eines evolutionären Prozesses. Das Fluchttier *Homo sapiens* hat gelernt, mit den Kapazitäten seines vergleichsweise sehr großen Gehirns effizient umzugehen. Bewegen wir uns in bekannter, sprich ungefährlicher Umgebung, registrieren und speichern wir nur Abweichungen von erkannten Mustern. Hotellobbys in entwickelten Ländern gehören in der Regel nicht dazu.

Bislang hat sich diese Form der Mustererkennung für den Menschen als sehr effiziente Überlebensstrategie erwiesen. Sie könnte uns jedoch auch in eine Sackgasse schicken, aus der wir nur noch schwer herausfinden. Denn in einer technisierten Welt greifen wir in natürliche Abläufe ein, ohne dass wir die damit verbundene schleichende Veränderung erkennen. So haben wir keinen Sensor, der uns die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre anzeigt. Natürlich gibt es Anzeichen dafür, dass der Klimawandel bereits begonnen hat – etwa das Sterben großer Korallenriffe oder das Abschmelzen großer Gletscher in den Alpen. Doch die meisten Menschen, mich eingeschlossen, wissen davon nur aus der Zeitung oder dem Internet. Eine emotionale Verknüpfung dieser Informationen ist so nicht möglich.

So erkläre ich mir, dass eine der wichtigsten Zukunftsfragen im Bundestagswahlkampf 2017 keine Rolle gespielt hat. Stattdessen standen Themen im Vordergrund, die mit starken Angstgefühlen verbunden waren, der Umgang mit Migrationsbewegungen etwa. Natürlich müssen wir auch dafür Lösungen finden. Und dennoch hoffe ich, dass die neue Bundesregierung, die bei Redaktionsschluss noch nicht konstituiert war, einen rationalen Klimaschutz zu einer Top-Priorität macht. Was „rational“ bedeutet, darüber darf sicher gestritten werden. Doch Streit, verstanden als mit starken Emotionen besetzte Auseinandersetzung, wäre schon einmal ein guter Ausgangspunkt. □

Text: Johannes Winterhagen | Illustration: Barbara Geising

Johannes Winterhagen, leitender Redakteur der AMPERE, ist beruflich viel unterwegs. Rund 100 Nächte pro Jahr verbringt er in Hotels. Auf der letzten Seite teilt er seine Reise-Beobachtungen mit den Lesern.





Weidmüller 

Sie suchen einen Partner für die digitale Transformation
Wir bieten innovative Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen
Let's connect.

Bei der Realisierung von Industrie 4.0 werden die Informations- und Kommunikationstechnik, die Digitalisierung sowie die Automatisierungstechnik miteinander verbunden. Für die Umsetzung suchen Sie einen Partner, der Ihnen neue Wege aufzeigt, moderne Technologien gewinnbringend zu nutzen. Weidmüller sieht sich als Ihr Partner bei der Gestaltung der digitalen Transformation, begleitet Sie bei der Realisierung neuer Lösungen und verfügt über eine umfangreiche Expertise sowie ein innovatives Portfolio für die Digitalisierung und Automatisierung.



www.weidmueller.com