

# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

artificial intelligence



## KI UND ARBEIT

Hallo, hier spricht  
Deine Maschine  
Seite 14

## KI UND NACHHALTIGKEIT

Erneuerbare Energie:  
Reif für die Insel  
Seite 20

## KI UND GESUNDHEIT

Blick in die Zukunft:  
Der OP-Saal denkt mit  
Seite 30



Work  
#LikeABosch  
Join the team.

Egal, wohin du willst: Bei uns findest du ein starkes Team, das mit dir geht. Was ist uns wichtig? Wir wachsen gemeinsam, genießen unsere Arbeit und inspirieren uns gegenseitig. Komm zu uns und entdecke spannende Möglichkeiten für deine Karriere.

**Bewirb dich jetzt unter [bosch.de/karriere](https://bosch.de/karriere)**

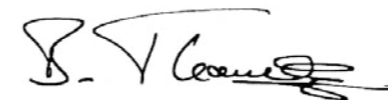
# Editorial

Liebe forschungsinteressierte Leserinnen und Leser,

eine Katze als Titel für ein Magazin zu Künstlicher Intelligenz? Und dann ausgerechnet mit diesen unnatürlichen Glubschaugen! Die Reaktionen unserer Hochschulmitglieder auf den Titel der neuesten Ausgabe von re:search – das Forschungsmagazin waren selten so kontrovers. Lassen Sie uns also ein paar Worte dazu sagen: Die Katze – mit KI erstellt und hier als Sinnbild für KI – wirkt klein und unschuldig. Doch in ihren Augen spiegelt sich auch eine Bedrohung, die noch nicht ganz greifbar ist. Wozu wird sie heranwachsen – zu einer Technologie, die uns hilft und unterstützt, oder zu einer Übermacht, die uns Menschen obsolet macht? Wir können das beeinflussen. Der erste Schritt dazu: Verständnis. Der zweite: kritisches Denken. Also: Forschung.

Die Professoren Notholt und Thomas zeigen uns zum Beispiel, wie wir mit Hilfe von KI die Energiewende schaffen können (Seite 20), ein Team des Hermann Hollerith Zentrums forscht mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt an zuverlässiger Software für sichere Raumfahrtmissionen (Seite 48) und Professor Himpel nutzt Methoden der Künstlichen Intelligenz, um die allgemeingültigste Sprache der Menschen zu verstehen: die Musik (Seite 24).

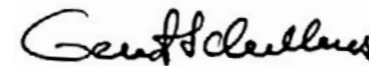
In diesem Heft zeigen wir Ihnen die vielfältigen Blickwinkel auf das Thema KI an der Hochschule Reutlingen. Wir wünschen Ihnen eine inspirierende Lektüre!



Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas, Vizepräsident Forschung



Prof. Dr.-Ing. Anja Braun, Wissenschaftliche Leitung Reutlingen Research Institute (RRI)



Prof. Dr.-Ing. Gernot Schullerus, Wissenschaftliche Leitung Reutlingen Research Institute (RRI)



Dear readers interested in our latest research,

You chose a cat as the title for a magazine on artificial intelligence? And then a cat with those uncanny goggle-eyes! The reactions of our university community to the cover of the latest issue of re:search – the university's scientific research magazine, have never been so controversial. Let us explain: The cat – created with AI and used here to symbolise AI – looks small and innocent at first glance. But her eyes also reflect a threat that is not entirely tangible yet. What will it grow into – a technology that helps and supports us, or a superpower that makes us humans obsolete? We can influence that. The first step: understanding. The second: critical thinking. In other words: research.

For example, Professors Notholt and Thomas show us how we can achieve energy transition with the help of AI (page 20). A team from the Hermann Hollerith Centre is working with the German Aerospace Centre on reliable software for safe space missions (page 48) and Professor Himpel is using artificial intelligence methods to understand the most universal human language: music (page 24).

In this issue, we will show you the various perspectives on the topic of AI at Reutlingen University. We wish you an inspiring read!

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas, Vice-President, Research  
Prof. Dr.-Ing. Anja Braun, Director RRI  
Prof. Dr.-Ing. Gernot Schullerus, Director RRI

# Inhalt

- 03 Editorial
- 06 **FRAGEN**
- 07 Fördern statt einschüchtern
- 08 Eine Frage an ...
- 10 **FORSCHEN**
- KI und Arbeit**
- 11 KI zeigt klare Kante
- 14 Hallo, hier spricht Deine Maschine
- 16 Das große Puzzle der Kreislaufwirtschaft
- KI und Nachhaltigkeit**
- 18 Verwerten statt verbrennen
- 20 Erneuerbare Energie: Reif für die Insel
- KI und der Mensch**
- 23 Das Feuer brennt noch lange
- 24 Was ist Musik?

**14**  
Hallo, Hier spricht  
Deine Maschine



- KI und Lehre**
- 28 Licht in die Blackbox
- KI und Gesundheit**
- 30 Der OP-Saal denkt mit
- 32 KI verschafft Gehör
- 34 Krankheiten auf der Spur

**24**

Wie schön das klingt:  
Mathematik hilft, die  
Musik zu verstehen.

Foto: Jörg Künstle



**18** Kampf gegen die Verschwendung von  
Kleidung: Spektroskopische Methoden  
unterstützen beim Recycling von  
Miettextilien.



**42** Schlecht sitzende Kleidung ade: Ein selbstgebauter  
Körperscanner erzeugt ein digitales Abbild des  
menschlichen Körpers.

- KI und Forschung**
- 35 Die Unerschrockenen –  
Eine Reise in die Nano-Welt
- 42 Damit jede Socke richtig sitzt
- 44 Stehen oder Gehen?
- 47 Alles was Recht ist
- 48 Der Kampf gegen Softwarefehler:  
Qualitätssicherung in der Raumfahrt
- 50 3 Fragen an Christian Prause,  
Leiter der Gruppe DiSoKi im DLR



→ Wollen Sie re:search weiterempfehlen?  
Hier geht's zum Download:  
[www.reutlingen-university.de/research](http://www.reutlingen-university.de/research)

**48**

Qualitätskontrolle in der Raumfahrt:  
Zuverlässige Software macht  
die Reise ins All sicherer.



- LÖSEN**
- 51
- 52 Biogas: Füttern nach Plan
- 56 Zahlen & Fakten
- 58 Impressum

## European University Association (EUA)

Als herausragend forschungsstarke Hochschule sind wir Mitglied in der European University Association [EUA]. Weitere Kriterien für die Mitgliedschaft sind Internationalisierung, erfolgreiche kooperative Promotionen, die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern und der Transfer. Mit 847 Institutionen aus 48 Ländern ist die EUA die größte Vereinigung europäischer Universitäten und Rektorenkonferenzen und nimmt entscheidenden Einfluss auf die europäische Hochschulpolitik.



# FRAGEN

CHATGPT HAT DIE WELT AUF DEN KOPF GESTELLT. BESONDERS GROSS IST DIE HERAUSFORDERUNG IM UMGANG DAMIT DORT, WO LEISTUNGEN WIE DAS SCHREIBEN VON TEXTEN, DAS RECHERCHIEREN UND ZUSAMMENSTELLEN VON INFORMATIONEN ERLERNT UND BEWERTET WERDEN MÜSSEN: AN SCHULEN UND HOCHSCHULEN. WIE HAT DIE HOCHSCHULE REUTLINGEN DARAUF REAGIERT? WIR HABEN MIT PROFESSOR ARJAN KOZICA, VIZEPRÄSIDENT FÜR STUDIUM, LEHRE UND WEITERBILDUNG, GESPROCHEN, MIT ROBERT LINZENBOLD, LEITER DES ZENTRALEN PRÜFUNGSAMTS, MIT PROFESSOR GEORG SAMLAND UND EINEM SEINER STUDIERENDEN. UND NATÜRLICH MIT CHATGPT SELBST...

*CHATGPT HAS TURNED THE WORLD UPSIDE DOWN. THE CHALLENGE IN DEALING WITH IT IS EVEN GREATER IN PLACES WHERE SKILLS SUCH AS WRITING TEXTS, RESEARCHING AND COMPILING INFORMATION HAVE TO BE LEARNT AND ASSESSED: AT SCHOOLS AND UNIVERSITIES. SO HOW HAS REUTLINGEN UNIVERSITY RESPONDED TO CHATGPT? WE HAVE TALKED TO PROFESSOR ARJAN KOZICA, VICE-PRESIDENT FOR STUDIES, TEACHING AND CONTINUING EDUCATION, ROBERT LINZENBOLD, HEAD OF THE CENTRAL EXAMINATION OFFICE, PROFESSOR GEORG SAMLAND AND ONE OF HIS STUDENTS. AND OF COURSE WITH CHATGPT ITSELF...*

## Fördern statt einschüchtern

*ChatGPT hat die Hochschulen in Aufruhr versetzt. Professor Arjan Kozica, Vizepräsident für Studium, Lehre und Weiterbildung, erläutert, wie die Hochschule Reutlingen mit dem Thema umgeht.*

INTERVIEW: BERND MÜLLER

**Am 30. November 2022 ist ChatGPT erschienen. Wie haben die Hochschulen darauf reagiert?**

Am Anfang war die Aufregung groß. Einige Hochschulen haben ihren Studierenden sofort verboten, ChatGPT für Prüfungen wie Hausarbeiten oder Abschlussarbeiten zu nutzen. Wir an der Hochschule Reutlingen haben in der ersten Erregungswelle keine überstürzten Maßnahmen getroffen – die wir dann wie an anderen Hochschulen wieder hätten zurücknehmen müssen. Auch uns war klar, dass ChatGPT kritisch ist, wenn es in Prüfungen oder für Abschlussarbeiten verwendet wird. Allerdings sind wir der Meinung, dass der rechtliche Rahmen zunächst grundsätzlich solide ist. Schon bisher mussten Studierende die Arbeiten selbstständig erstellen und kennzeichnen, wenn sie zitieren. Und so handhaben wir das grundsätzlich auch mit ChatGPT. Allerdings ergeben sich durchaus weitere Fragen. Wir haben daher eine Arbeitsgruppe gebildet, die eine erste Handlungsempfehlung erarbeitet hat.

**Was steht in dieser Empfehlung?**

In der Handreichung beschäftigen wir uns unter anderem mit dem Urheberrecht, also der Frage, ob Texte aus ChatGPT originäre Erzeugnisse sind. Sind sie nicht und damit sind sie weder zitierfähig noch zitierpflichtig. Allerdings kann die Hochschule sehr wohl darauf bestehen, dass ChatGPT als Quelle genannt wird. In der Handlungsempfehlung schlagen wir vor, dass die Studierenden alle Arbeitsschritte mit KI-Tools dokumentieren müssen, auch die eingegebenen Prompts. Wir denken aber weiter darüber nach, wie wir KI regulatorisch bei Prüfungen umsetzen.

**Regelt die Handreichung auch die Nutzung durch Hochschulmitarbeitende?**

Ja. KI-Tools werden heute zunehmend in der Forschung eingesetzt, das halte ich für unkritisch. Aufpassen müssen wir, wenn Dozierende ChatGPT zur Prüfungsbewertung nutzen. Der Prüfer darf keine personenbezogenen Daten eingeben, außerdem handelt es sich um eine möglicherweise unerlaubte Vervielfältigung, denn die Daten werden bei OpenAI nicht gelöscht, sondern zum weiteren Training verwendet.

**Wenn Sie fünf Jahre in die Zukunft schauen: Wie werden KI-Tools im Studium eingesetzt?**

Die Tools entwickeln sich rasant weiter. Darauf müssen wir reagieren und uns fragen, ob unsere Studienpläne noch zeitgemäß sind. In einem Master-Studiengang zählt die Abschlussarbeit bis zu einem Drittel. Da stellt sich schon die Frage, was die Kompetenz noch wert ist, wenn ChatGPT und andere KI-Tools solche Arbeiten in wenigen Sekunden erstellen können. Andere Länder haben in ihren Studiengängen keinen solch umfassenden Fokus auf schriftliche Abschlussarbeiten. An ihre Stelle tritt das kontinuierliche Assessment von Studienleistungen. Über allem schwebt die Frage, was Studierende heute können sollen, wenn sie die Hochschule verlassen. Auf jeden Fall müssen sie intelligent mit solchen Tools umgehen können. Das sollten wir fördern, anstatt die Nutzung dadurch einzuschränken, dass wir die Studierenden einschüchtern.

### ENCOURAGEMENT INSTEAD OF INTIMIDATION

ChatGPT has caused an uproar at universities. Rather than simply banning a lot of things, Reutlingen University has compiled a guide for teachers and students on the use of AI tools instead. For Vice President Professor Arjan Kozica, the question that also arises is whether the curricula need to be adapted in the long term.



## Eine Frage an ...



... **GEORG SAMLAND,**

Professor im Studiengang „Wirtschaftsingenieurwesen – International Project Engineering“, Mitglied des Praktikantenamts

### Wie setzen Sie ChatGPT in der Lehre ein?

Durch die ersten Berichte und die eigenen Erfahrungen Ende 2022 war mir klar, dass der Einzug von ChatGPT nicht zu umgehen ist. Ich habe ChatGPT daher proaktiv im Fach „Additive Fertigung“ integriert, erstmals im Sommersemester 2023. In der Vorlesung habe ich Fragen vorgegeben und die Studierenden sollten diese mit ChatGPT beantworten, zum Beispiel: Welche 3D-Druck-Verfahren gibt es, welcher 3D-Drucker eignet sich für welche Materialien, ...? Ich war erstaunt, wie fundiert die Antworten des Programms teilweise waren. Es kamen aber auch durchaus falsche Antworten zurück. Mir war wichtig, dass die Studierenden ChatGPT kennenlernen, kritisch mit solchen KI-Tools umgehen, die richtigen Prompts setzen und das Tool nicht einsetzen wie sonst bei Suchmaschinen üblich.

Die Studierenden haben in den Vorlesungen aufmerksamer mitgearbeitet und ChatGPT hat die Motivation gefördert, was sich letztendlich auch durch verbesserte Prüfungsleistungen gezeigt hat (wobei ChatGPT in der Klausur natürlich nicht eingesetzt wurde bzw. zugelassen war).



... **ALEXANDER LANGHAMMER,**

bis 2023 Bachelor-Student im Studiengang „Wirtschaftsingenieurwesen – International Project Engineering“

### Wie nutzen Studierende ChatGPT?

Als ich ein Thema für Bachelor-Arbeit gesucht habe, fragte mich Professor Samland, ob ich nicht den Einsatz von ChatGPT in seiner Vorlesung „Additive Fertigung“ untersuchen möchte. Diese hatte ich selbst im Semester zuvor besucht. In der Vorlesung habe ich den Studierenden über die Schulter geschaut, wenn sie Prompts eingegeben haben und sie auf die Möglichkeiten des optimalen Gebrauches hingewiesen. Außerdem habe ich die Kommilitonen zu ihren Erfahrungen befragt. Manche fanden ChatGPT super, andere weniger, manche sahen dadurch Arbeitsplätze gefährdet. Statt geschlossenen Fragen wie „Was ist additive Fertigung?“ zu stellen, haben sich offene Fragen etwa über spezielle Verfahren als nützlicher erwiesen. Übrigens: In meiner Bachelor-Arbeit habe ich einige Abschnitte von ChatGPT schreiben lassen, die KI beschreibt sich quasi selbst. Natürlich habe ich das in Fußnoten kenntlich gemacht.



... **CHATGPT,**  
ein auto-generatives  
KI-Chatbot-System

### Kann man an der Hochschule Reutlingen KI studieren?

Ja, an der Hochschule Reutlingen gibt es Möglichkeiten, sich mit Künstlicher Intelligenz (KI) zu beschäftigen.

1. Angewandte Künstliche Intelligenz (KI-X): Die Hochschule Reutlingen betreibt das Forschungszentrum KI-X, in dem KI-Methoden des Maschinellen Lernens in verschiedenen Themenfeldern untersucht werden. Dazu gehören Bereiche wie Autonomes Fahren, Life Sciences und Neurorobotik. Das Zentrum fördert den interdisziplinären Austausch von KI-Expert:innen und Anwender:innen und ermöglicht die praktische Anwendung moderner maschineller Lernmethoden.
2. Studiengänge: Die Fakultät Informatik an der Hochschule Reutlingen bietet verschiedene Studiengänge an. Ein Beispiel ist der Masterstudiengang Human-Centered Computing (HUC), der sich mit der sinnvollen Ausrichtung von Technologien auf menschliche Bedürfnisse beschäftigt.

Die Antworten von ChatGPT sind natürlich richtig. Aber geben Sie auch ein vollständiges Bild? Nur bedingt, werden Sie feststellen, wenn Sie die Artikel in diesem Heft lesen. Denn: Überall an der Hochschule Reutlingen schwingt KI mit, an jeder Fakultät kommen die Studierenden damit mehr und mehr in Berührung. Auch an der neuen Fakultät NXT Nachhaltigkeit und Technologie, die ab dem Sommersemester 2025 das Bildungsangebot der Hochschule Reutlingen erweitert und von der ChatGPT zum Zeitpunkt unserer Frage noch nichts gehört hat.

So zeigt auch diese – scheinbar einfache – Frage an ChatGPT: Die KI hilft uns sehr, doch sie weiß nicht immer alles, und alles was sie sagt, müssen wir reflektieren und kritisch hinterfragen.

LILITH LANGEHEINE



... **ROBERT LINZENBOLD,**

Leiter des zentralen Prüfungsamts

### Was bedeutet ChatGPT für Prüfungen?

Ich muss gestehen: ChatGPT hat uns wie eine Welle überrollt. Aber wir sind nicht in Hektik geraten, sondern haben uns gefragt: Was sind die Themen für Lehrende, Prüfungen, Didaktik, wie können wir dem Thema ganzheitlich gerecht werden? In der Arbeitsgruppe zu ChatGPT klären wir diese Fragen mit Vertretern aller Fakultäten. Wir spüren: Der Beratungsbedarf ist hoch. Ein zentrales Thema ist natürlich die Prüfungsordnung. Eine Prüfung muss eine eigenständige Leistung sein und es muss immer kenntlich gemacht werden, wann ChatGPT zum Einsatz kommt. Wobei es nicht auf die Menge ankommt, sondern auf den inhaltlichen Kern. Was wir entwickeln müssen, sind neue Prüfungsformate und eine neue Prüfungskultur. Bei Referaten oder Hausarbeiten kann es eine kleine mündliche Prüfung geben, da merkt man sofort, ob jemand Ahnung oder nur von ChatGPT kopiert hat.

# Cool Clean



- Kühlaggregate
- Schaltschränkkühler
- Kühltunnel
- Temperieranlagen
- Wärmepumpen

- Späneförderer
- Filteranlagen
- Magnetwalzen
- Sonderanlagen
- Behälterbau

Wir sind führend mit  
klimaneutralen Energiekonzepten mit CO<sub>2</sub>  
für unsere Zukunft nach Öl und Gas

**www.bkw-kuema.de**

Benzstraße 2 • D-72649 Wolfschlugen • Phone + 49 (0) 7022 / 5003-0 • [personal@bkw-kuema.de](mailto:personal@bkw-kuema.de)

# FORSCHEN

VON DER ENERGIEBRANCHE ÜBER MEDIZINISCHE ANWENDUNGEN BIS HIN ZUM AUTONOMEN FAHREN – KÜNSTLICHE INTELLIGENZ MISCHT ÜBERALL MIT. WUSSTEN SIE, DASS CHATGPT IN GEWISSEM RAHMEN AUCH SCHON BEI RECHTSFRAGEN EINGESETZT WERDEN KANN? ODER WIE KI HILFT, DIE INFLATION VORHERZUSAGEN? DIE FOLGENDEN ARTIKEL GEBEN EINEN KLEINEN EINDRUCK, AUS WELCH UNTERSCHIEDLICHEN BLICKWINKELN DIE PROFESSORINNEN UND PROFESSOREN DER HOCHSCHULE REUTLINGEN DAS THEMA KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN IHRER FORSCHUNG BETRACHTEN.

*FROM THE ENERGY SECTOR TO MEDICAL APPLICATIONS AND AUTONOMOUS DRIVING – ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS BECOMING AN INTEGRAL PART OF EVERYTHING. DID YOU KNOW THAT CHATGPT CAN ALREADY BE USED TO RESOLVE CERTAIN LEGAL ISSUES? OR THAT AI HELPS TO PREDICT INFLATION? THE FOLLOWING ARTICLES GIVE A GLIMPSE INTO THE DIFFERENT PERSPECTIVES FROM WHICH THE PROFESSORS AT REUTLINGEN UNIVERSITY VIEW THE TOPIC OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THEIR RESEARCH.*



## KI zeigt klare Kante

*Höhere Qualität, effizientere Prozesse: Künstliche Intelligenz erobert die **Werkhallen**. Wird der Mensch dadurch überflüssig? Nein, sagen die Professoren **Günter Bitsch** und **Paul Helmut Nebeling**.*

Was wird jetzt aus uns? Das fragen sich viele Menschen aus Sorge, durch Künstliche Intelligenz ersetzt zu werden. KI ist Teil der nächsten, fünften industriellen Revolution – und bei den vier Revolutionen zuvor sind immer Arbeitsplätze weggefallen. Das werde diesmal anders sein, sagt Günter Bitsch: „Industrie 4.0 war noch die alte Denke, es ging um Produktivität und Kosteneffizienz“, sagt der Professor für Digitalisierung in der Industrie an der ESB Business School. „Bei Industrie 5.0 dagegen steht der Mensch im Mittelpunkt.“ Ganz freiwillig kommt der Paradigmenwechsel vermutlich nicht – der Fachkräftemangel stellt die Machtverhältnisse zwischen Arbeitgebenden und Arbeitnehmenden auf den Kopf.

Wenn KI in die Werkhallen einzieht, dann also, um Menschen die Arbeit zu erleichtern und nicht, um sie ihnen wegzunehmen. Mehrere Projekte an der Hochschule Reutlingen setzen genau da an. Das innovative Bildungsvorhaben „MetaLearn erfährt mit einem Gesamtbudget von 2,7 Millionen Euro eine beachtliche Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und

**Günter Bitsch setzt auf das Prinzip Human-in-the-Loop:  
„Die KI trifft keine Entscheidungen, der Mensch hat immer  
das letzte Wort. In der Industrie beginnt gerade ein  
Umdenken und der Mensch rückt mehr in den Mittelpunkt.“**

Forschung (BMBF). Von dieser Summe fließen 540.000 Euro an die Hochschule Reutlingen, was die gezielte Förderung von Bildungsinitiativen unterstreicht (Förderkennzeichen 02P20A012). Unter der Leitung der Reutlinger Professoren Günter Bitsch und Tim Straub wollen die Industriepartner Voith und Paul Horn gemeinsam mit dem FZI Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe ein Problem angehen, das derzeit viele Unternehmen umtreibt: Die neue Technologie benötigt viele Daten von gleicher Struktur. Maschinelles Lernen ist nur so gut wie die Trainingsdaten – je mehr davon, umso besser die Ergebnisse. Doch wo sollen die Datenmengen herkommen, wenn in kleinen Losgrößen bei hoher Variantenvielfalt produziert wird? Eine Herausforderung, vor der der gesamte deutsche Mittelstand steht.

Günter Bitsch nutzt in dem Projekt das Transferlernen. Er trainiert ein Modell und überträgt es dann auf eine andere Domäne. Das Modell wird auf den neuen Anwendungsfall nur noch kalibriert und dafür werden weniger Daten benötigt.

In MetaLearn wenden die Projektpartner das Transferlernen auf verschiedene Fragestellungen an. Voith möchte Werkzeugverschleiß bei der Produktion seiner Getriebe erkennen, Paul Horn zielt auf effizientere Prozesse ab, indem die KI den Werkern vorschlägt, welche Maschine im Moment die kürzeste Rüstzeit und die beste Qualität liefert. Bitsch setzt dabei auf das Prinzip Human-in-the-Loop: Die KI treffe keine Entscheidungen, der Mensch habe immer das letzte Wort. „In der Industrie beginnt gerade ein Umdenken, der Mensch rückt mehr in den Mittelpunkt.“

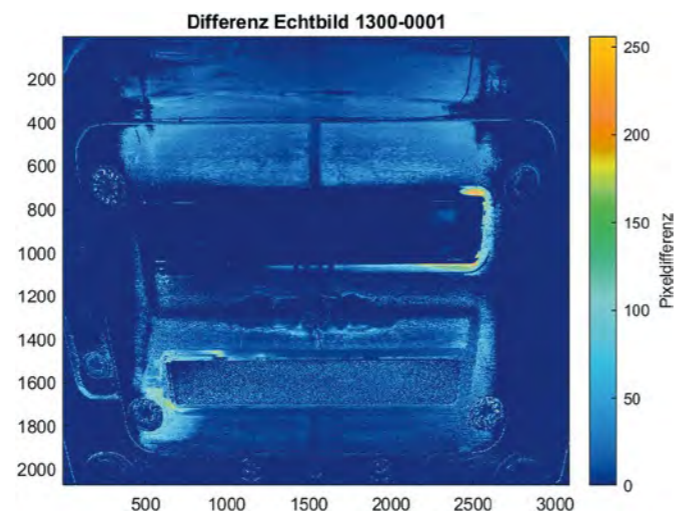
Als leuchtendes Beispiel für die Vorteile der digital-vernetzten und datengetriebenen Produktion wird immer die vorausschauende Instandsetzung genannt. Ein Werkzeug wird ausgetauscht, bevor es kaputt geht und die Maschine zum Stillstand kommt. Auch hier bringt KI einen Schub. Zum Beispiel im Projekt „Cutting Tool“, in dem Professor Paul Helmut Nebeling den Werkzeugverschleiß im Arbeitsraum eines Bearbeitungszentrums misst. Anstatt auf indirekte Messwerte wie Kräfte am Werkzeug zu vertrauen, hat der Leiter des Werkzeugmaschinenlabors an der Hochschule Reutlingen eine Kamera wenige Zentimeter vor der Spindel montiert. In Arbeitspausen schießt die Kamera aus unterschiedlichen Winkeln Bilder von der Schneidkante des Werkzeugs und zieht daraus hunderte Messwerte, die ein KI-Modell vom Partner Elunic AG in München interpretiert.

Auch in diesem Projekt (gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz BMWK, Förderkennzeichen KK5007202DB0) ist das korrekte Training das A und O. Die KI muss erst viele Bilder von Schneidkanten unterschiedlicher Werkzeugtypen verarbeiten, bevor sie verlässliche Aussagen liefert.

Weil die KI anfangs nicht weiß, wie ein unversehrtes oder verschlissenes Werkzeug aussieht, braucht es Menschen mit Knowhow im Fräsen, die der KI dies mitteilen. „Das ist erstmal viel Fleißarbeit“, sagt Nebeling. Doch mittlerweile erkenne die KI zuverlässig, ob die Schneidkante ungleichmäßig verschlissen sei oder gar Kerben aufweise. „Ich bin mit Firmen in Kontakt, die das übernehmen wollen“, verrät Nebeling.

Neben der vorausschauenden Wartung ist die Qualitätssicherung ein weiteres vielversprechendes Einsatzgebiet von KI mittels Machine Vision. Beispiel Spritzgießen: Die Produktion der Kunststoffteile dauert nur einige Sekunden. Mit der Zeit können durch Schwankungen bei der Rohstoffqualität oder den Maschinenparametern kleine Ablagerungen in dem Hohlraum zurückbleiben, in den der heiße Kunststoff gespritzt wird. Bis das jemand bemerkt, können Stunden vergehen, kistenweise fällt dann Plastikmüll an. Weil man in die Werkzeuge im Betrieb nicht hineinschauen kann, braucht es andere Informationen, um die Qualitätskontrolle zu automatisieren. Im ebenfalls vom BMWK geförderten Projekt „FineQuality“ (Förderkennzeichen KK5007204) entwickelt Nebeling mit BKW Kunststofftechnik in Selb und den KI-Experten von One Logic in Passau ein Verfahren, das jedes fertige Teil prüft und auf Ablagerungen schließen kann.

Dazu installieren die Partner in der Spritzgießmaschine eine Kamera, die die Gleichmäßigkeit des Kunststoffes beobachtet, außerdem einen Sensor, der die Menge des reflektierten Lichts und damit den Glanzgrad der Oberfläche bestimmt. Beide Parameter ändern sich, wenn es im Werkzeug Ablagerungen gibt. Mit Machine Vision wird nun ein Algorithmus trainiert, der die



Korrelation zwischen den Sensordaten und der Qualität des Werkzeugs herstellt. In Zukunft soll das automatisch gehen. Der Bedienende bekommt dann eine Mitteilung, wenn es verdächtige Abweichungen gibt.

Zur Eingangsfrage hat Nebeling eine klare Meinung: Die KI werde den Menschen nicht ersetzen, aber entlasten. Einfache stupide Tätigkeiten werden reduziert, anspruchsvolle Aufgaben rücken in den Vordergrund. Woher kommt der Verschleiß? Welche Auflösung kann man mit der Steuerung erzielen? Auf diese Fragen wisse die KI keine Antwort. Nebeling: „Die KI benötigt fachspezifische Expertise für die Zusammenhänge – dafür braucht man die Erfahrung der Menschen.“

BERND MÜLLER



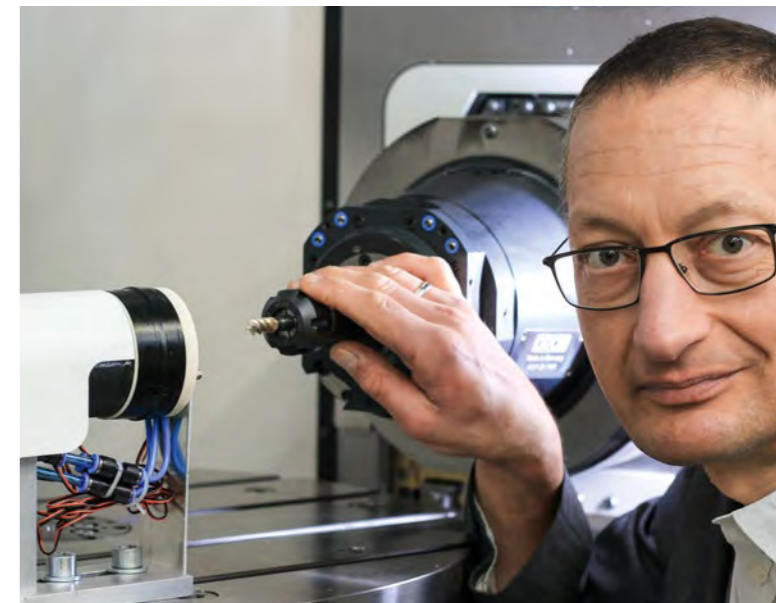
[www.reutlingen-university.de/research6/nebeling](http://www.reutlingen-university.de/research6/nebeling)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

GEFÖRDERT VOM



Professor Paul Helmut Nebeling

**AI HAS A CLEAR CUTTING-EDGE**

Artificial intelligence is revolutionising the factory floor. But this does not mean that it will replace the factory workers, claim Professors Günter Bitsch and Paul Helmut Nebeling. In their projects on tool wear and tear and quality assurance in injection moulding, they show how AI can be put to good use – and benefit the workers.

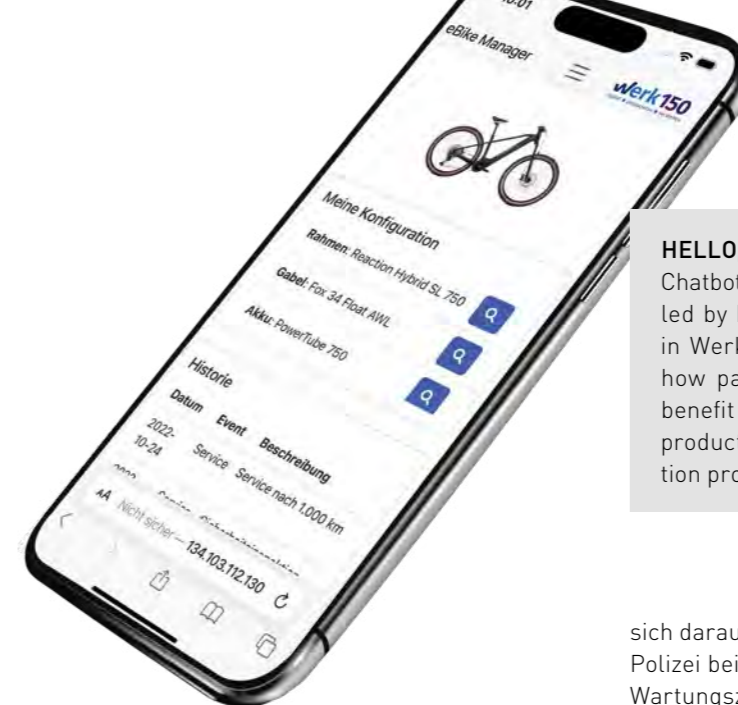
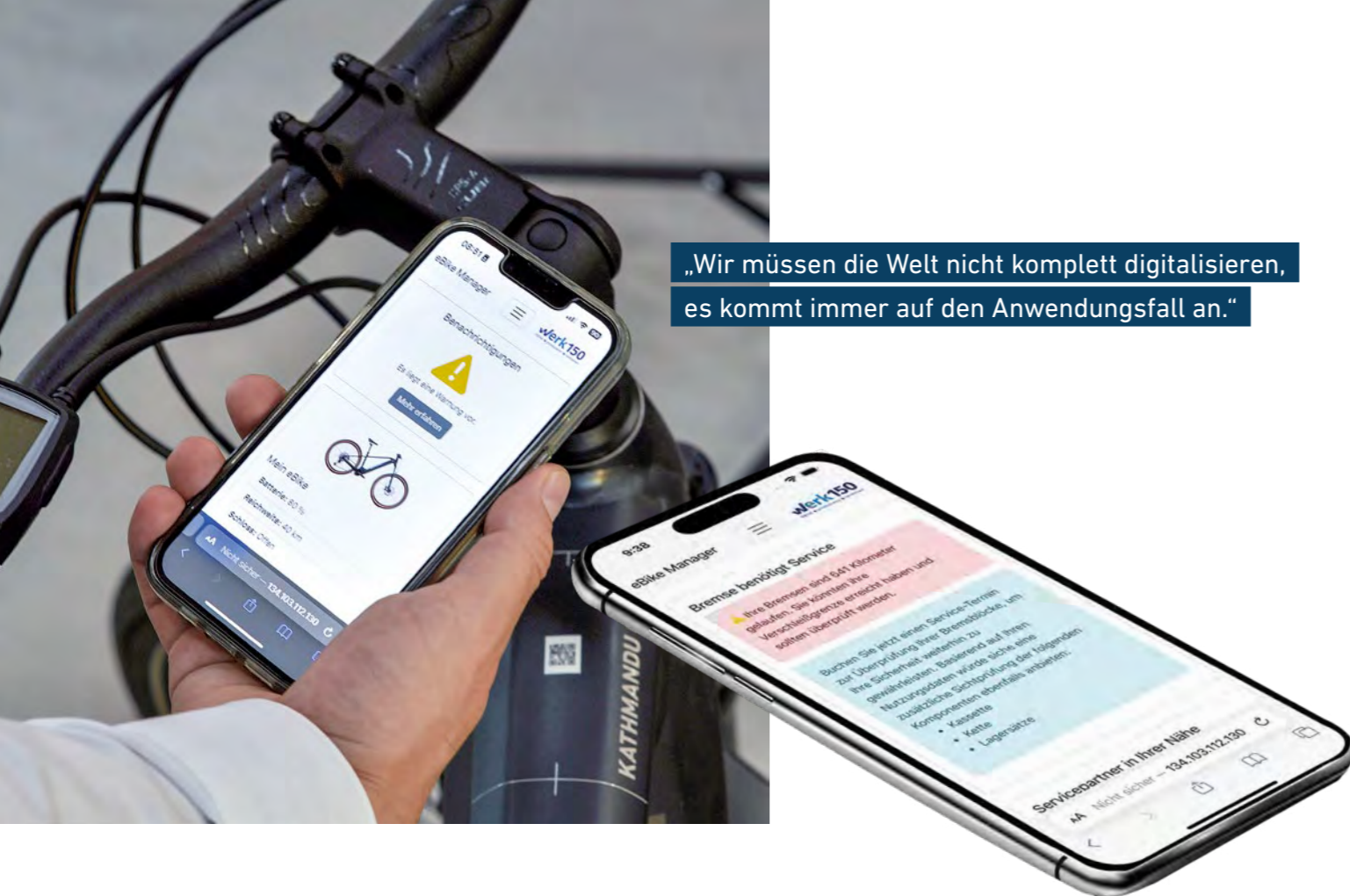
PRAKTIKA UND ABSCHLUSSARBEITEN

MAKE THE MOVE.  
BE GREEN.  
BE COOL.

» GEHE MIT UNS DEN ERSTEN SCHRITT.

Du bist mitten im Studium und willst erste Erfahrungen im Rahmen eines Praktikums sammeln oder deine Abschlussarbeit schreiben? Dann mach deinen ersten Schritt bei einem global tätigen Unternehmen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik. Wir bei BITZER bieten dir Praktika mit herausfordernden Aufgaben, spannenden Themen für deine Abschlussarbeit und Verantwortung von Beginn an. Wo auch immer du gerade stehst: Wir machen dich fit für die Zukunft.

» Mehr unter [bitzer.de/praktika-abschlussarbeiten](http://bitzer.de/praktika-abschlussarbeiten)



### HELLO, IT'S YOUR MACHINE SPEAKING

Chatbots are being used more and more in factories. The team led by Professor Vera Hummel and Professor Daniel Palm in Werk150, ESB Business School's factory is researching how particularly small and medium-sized companies can benefit from this. One application is the automatic creation of product descriptions, another is the optimisation of production processes.

sich daraus einen Fahrradpass erstellen lassen, als Hilfe für die Polizei bei Diebstahl oder für den Verkauf ein Zertifikat, das den Wartungszustand dokumentiert.

In seiner Forschungsarbeit untersucht Maximilian Hentsch auch, wie detailliert Informationen in der Verwaltungsschale gespeichert werden müssen, um einen realistischen digitalen Zwilling zu erstellen. Jede einzelne Schraube? „Dafür braucht es keine digitale Repräsentanz“, sagt Hentsch. Doch wenn Komponenten später wiederverwendet werden sollen, hilft es, wenn ihre Historie und ihre Eigenschaften in der Verwaltungsschale hinterlegt sind. Hentsch: „Wir müssen die Welt nicht komplett digitalisieren, es kommt immer auf den Anwendungsfall an.“

BERND MÜLLER

# Hallo, hier spricht Deine Maschine

**Chatbots halten Einzug in Fabriken.** Sie programmieren Steuerungen, erstellen Servicedokumente und finden Defekte – alles per Chat. Im Werk 150 erforschen Wissenschaftler der Hochschule Reutlingen, wie vor allem kleine und mittelständische Unternehmen davon profitieren können.

Gibt es eigentlich irgendetwas, das ChatGPT nicht kann? Romane und Reden schreiben zum Beispiel, sogar programmieren kann der Chatbot von OpenAI. Neuerdings sogar PLC-Code schreiben, also Programme zur Steuerung von Maschinen und Anlagen, wie es Siemens und Microsoft gemeinsam auf der Messe SPS im November 2023 in Nürnberg gezeigt haben. Die Entwickler geben vor, was die Maschine tun soll, und der Chatbot schreibt das passende Programm dazu. Und streikt eine Maschine, sucht der Chatbot nach der Ursache und teilt sie dem Bedienpersonal per Chat mit.

Chatbots haben großes Potenzial für Industrie und Fertigung, wo heute noch viel Spezialwissen gefragt ist, das aber wegen des Fachkräftemangels immer weniger Menschen haben. Dieses Dilemma hat auch das Interesse der Forschung geweckt. Im Werk150, der Lernfabrik an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen, untersuchen Professorin Vera Hummel und Professor Daniel Palm den Einsatz von großen Sprachmodellen

vergleichbar mit ChatGPT sowie anderen KI-Tools in der Produktion. Per Prompt oder in Zukunft auch per Spracherkennung kann das Bedienpersonal Ereignisse oder Zusammenhänge in der Fabrik analysieren. Eine Frage an den Chatbot könnte zum Beispiel lauten: „Warum lagert an diesem Arbeitsplatz so viel Material?“ Der könnte antworten: „Weil der Krankenstand heute besonders hoch ist“ oder „Weil zu viel Material angeliefert wurde“.

Eine Herausforderung dabei ist, das erforderliche Wissen, das bisher in Handbüchern oder in den Köpfen der Mitarbeitenden liegt, für das Training der KI zugänglich zu machen. Dafür muss der Chatbot mit möglichst vielen Informationsquellen gefüttert – etwa mit Handbüchern – oder mit anderen Programmen verknüpft werden, etwa mit der Personaleinsatzplanung. Das Reutlinger Team trainiert exemplarisch einen Chatbot mit Wissen über die Fabrik und einzelne Prozesse für die Montage von Produkten.

Derzeit laufen im Werk 150 mehrere Projekte zum Thema KI und Chatbots. Im vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg geförderten Projekt „accelerateKI“ entwickelt das Team Ideen, wie auch kleine und mittelständische Unternehmen KI und Sprachmodelle in der Produktion einsetzen können. Dazu arbeitet es mit AX Semantics zusammen. Das Startup in Stuttgart hat eine Sprachsoftware entwickelt, das aus strukturierten Daten Texte generiert – in 110 Sprachen. Ausgangspunkt kann eine Tabelle sein mit technischen Daten von Produkten oder eine Bedienanleitung, der Text-Roboter erzeugt daraus komplette Produktbeschreibungen für die Webseite eines Online-Händlers. Die sind inhaltlich unterschiedlich, in einem verständlichen Fließtext, sie werden nicht übersetzt, sondern für jede Ausgabesprache individuell erzeugt.

In der Lernfabrik greift die Software von AX Semantics auf Informationen aus der sogenannten Verwaltungsschale zu (englisch: Asset Administration Shell – AAS). Das ist eine standardisierte Datenstruktur, die zahlreiche Industriebranchenverbände wie VDMA, ZVEI und die Plattform Industrie 4.0 entwickelt haben. Sie enthält Informationen über ein Produkt, seine Merkmale, seinen Lebenslauf oder seine Einzelteile – wie ein digitaler Zwilling dieses Produkts. Im Werk150 wird die Verwaltungsschale beispielhaft für ein E-Bike aufgebaut. Am Elektrofahrrad-Demonstrator zeigen die Wissenschaftler, wie Produktdaten, Nutzungsdaten oder zustandsbasierte Serviceinformationen intelligent genutzt werden können, um daraus Informationstexte wie Produktbeschreibungen, Serviceanleitungen, Eigentumsnachweise oder Vorschläge zur Wiederverwertung etwa der Batterie am Ende des Lebenszyklus des Fahrrads automatisiert zu erstellen.

Das funktioniert für einige Anwendungsfälle schon sehr gut. Maximilian Hentsch, Doktorand bei Daniel Palm, scannt mit seinem Smartphone einen QR-Code am Fahrrad und erhält sofort eine Fülle an Informationen über dessen Zustand. Wann war die letzte Wartung, wann müssen die Bremsbeläge getauscht werden? Die Antworten finden sich in leicht verständlichen Texten in der App, erzeugt mit Informationen aus der Verwaltungsschale mit der KI-Technologie von AX Semantics. Der Besitzer kann



## DAS INNOVATIONS-ZENTRUM DER STADT REUTLINGEN

im Kern des zukünftigen Industrieparks RTunlimited

[www.INNOPORT-Reutlingen.de](http://www.INNOPORT-Reutlingen.de)



Dieses Vorhaben wird finanziell durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und das Land Baden-Württemberg unterstützt und gefördert.

Der INNOPORT ist ein Projekt von:  






# Das große Puzzle der Kreislaufwirtschaft

*Professorin Anja Braun forscht gemeinsam mit wissenschaftlichen Mitarbeitenden und Studierenden im Bereich **Circular Economy**.*

Stellen Sie sich vor, Sie sind Geologe und leben im Jahr 102.024... Selbst in 100.000 Jahren werden die Spuren unseres Lebens noch in den Gesteinsschichten sichtbar sein, so massiv beeinflussen wir seit Beginn der Industriellen Revolution die Prozesse auf der Erde. Für viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist deshalb klar: Das Anthropozän ist angebrochen, das Zeitalter des Menschen, die Folgen sind nicht absehbar. Inzwischen hat die Politik erkannt, dass es auch regulatorische Anreize geben muss, um die Wegwerfgesellschaft einzudämmen, Stichwort Recht auf Reparatur. Doch wie lässt sich das umsetzen? Was genau heißt das für die Produkte, für die verwendeten Materialien, für den Herstellungsprozess? Anja Braun, Professorin an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen und wissenschaftliche Leiterin des Reutlingen Research Institute, weiß wie vielschichtig das Thema ist und versucht, das Puzzle der Kreislaufwirtschaft Stück um Stück zu lösen.

LILITH LANGEHEINE

## Alles hängt mit allem zusammen

Wer kennt das nicht, im Supermarkt, man greift den Joghurt mit Pappdeckel, der ist doch sicher besser für die Umwelt, weil weniger Plastik. Zu kurz gedacht, leider. Leichter zu recyceln ist die Verpackung, wenn sie ganz aus Kunststoff ist. „So ist das im gesamten Produktzyklus“, weiß Anja Braun. „Wenn man eine nachhaltige Idee hat, heißt das noch lange nicht, dass das Produkt am Ende nachhaltiger ist.“ In ihrem Projekt Cyclometric, das mit rund 375.000 Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird (Förderkennzeichen 02J21E034, siehe auch re:search – das Forschungsmagazin, Ausgabe 5, Seite 42) entwickelt sie zusammen mit Nada Ruzicic und Nils Künster eine so genannte Interdependenzmatrix – eine Matrix, aus der sich ablesen lässt, ob die Wahl eines bestimmten Materials sich positiv, negativ oder gar nicht auf die Nachhaltigkeit eines Produktes auswirkt. Von der Auswahl der Materialien über das Design bis hin zur Produktion und zur Lieferkette – in der zirkulären Kreislaufwirtschaft hängt alles mit allem zusammen, jede einzelne Entscheidung bei der Entwicklung eines neuen Produkts beeinflusst wieder andere Faktoren. Vielleicht wähle ich ein nachhaltigeres Material, muss dann aber feststellen, dass es nur verklebt und nicht verschraubt werden kann und stehe wieder ganz am Anfang. „Wir wollen Unternehmen Entscheidungshilfen für die Entwicklung nachhaltiger Produkte an die Hand geben“, so die Professorin für Produktionsplanung. „Das können wir nur, wenn wir diese Zusammenhänge verstehen.“

### THE GREAT JIGSAW PUZZLE OF THE CIRCULAR ECONOMY

Professor Anja Braun is researching the field of Circular Economy together with fellow research associates and students. She is well aware of how complex this whole topic is: from choosing the materials and the design, through to the production and the supply chain – everything is connected to everything else, each individual decision in the development of a new product influences other factors in turn. Anja Braun is striving to solve this jigsaw puzzle piece by piece.

## R-Strategien der Kreislaufwirtschaft

Im Rahmen eines Masterprojekts haben Studierende gemeinsam mit dem Team des Werk150 einen Mobile Working Hub entworfen, eine Arbeitsstation zur Beurteilung von gebrauchten Tischen. Es ging um die Frage, wie ein mobiler Arbeitsplatz gestaltet werden muss, um am Ende einer Nutzungsphase repariert (repaired), überarbeitet (remanufactured), wiederaufbereitet (refurbished) oder umfunktioniert (repurposed) werden kann. Eine Kamera an der Station macht Fotos, eine KI erkennt die Kratzer und bewertet den Zustand des Tisches. Diese Informationen werden dann mit Daten aus Sensoren verknüpft, die im Tisch stecken. Sie geben Aufschluss darüber, wie intensiv der Tisch genutzt wurde: bei welcher Temperatur er gehalten, wie viel er bewegt oder wie oft seine Schublade auf- und zugemacht wurde. Daraus lassen sich auch neue Geschäftsmodelle entwickeln, beispielsweise ein Mietmodell, dessen Preis sich am Verschleiß orientiert. Auf der jährlichen Konferenz der Internationalen Vereinigung der Lernfabriken, die vergangenes Jahr im Werk150, der Lernfabrik an der Hochschule Reutlingen stattfand, stieß der Mobile Working Hub auf große Resonanz.

## Menschgemacht

Anthropos ist eine altgriechische Bezeichnung für den Menschen. Der Name „Anthropozän“ sagt es also schon: alles dreht sich um uns. Wir sind die treibende ökologische Kraft, das wichtigste Puzzleteil, nur wir können etwas verändern. „Uns als Hochschule kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, denn wir bilden die jungen Menschen aus“, findet Anja Braun. Nicht nur in ihrer Forschung geht es deshalb um Nachhaltigkeit, auch in ihren Vorlesungen steht das Thema an erster Stelle, immer wieder diskutiert sie mit ihren Studierenden darüber, was Nachhaltigkeit eigentlich bedeutet: „Wir springen schnell auf, rebellieren, gehen auf die Straße. Das ist gut, aber wir müssen auch in die Tiefe gehen. Nachhaltigkeit darf nicht da aufhören, wo unsere Komfortzone beginnt.“

## Hand in Hand

Jedes Produkt ist früher oder später am Ende einer Nutzungsdauer. Doch auch dann können, je nach Beanspruchung ganze Produkte, einzelne Teile oder Materialien häufig weiterverwendet werden. Wer entscheidet das und wie? Die besten Entscheidungen – also die, die am meisten zur Kreislauffähigkeit eines Produktes beitragen – treffen Menschen und Cobots gemeinsam.

So das Ergebnis einer umfassenden Studie, die Anja Braun zusammen mit Stefanie Löffler im Rahmen ihrer Master Thesis im Forschungsmaster DIME (Digital Industrial Management und Engineering) gemeinsam mit der südafrikanischen Stellenbosch Universität durchgeführt hat. Kollaborative Roboter, kurz Cobots, sind Industrieroboter die in der Fabrik direkt mit Menschen zusammenarbeiten. „Wir haben Fähigkeitsprofile für Cobots und für die menschlichen Bediener entwickelt“, erläutert Braun. So punktet der Cobot beispielsweise mit seiner KI-gestützten Präzision, gleichzeitig ist das interdisziplinäre und implizite, also auf Erfahrung beruhende, Wissen des Menschen für fundierte Entscheidungen unerlässlich.



Das Spektralmuster gibt auch Auskunft über den Zustand des Textils. Fehlt der Glanz oder sind die Fasern rau, schlägt sich das minimal im Spektrum nieder.

Damit auch diese winzigen Unterschiede blitzschnell erkannt werden, trainiert Rebner einen Algorithmus mit Hilfe von Maschinellem Lernen, indem er diesen mit vielen spektroskopischen Mustern füttert. Die Methode würde RFID-Chips überflüssig machen, die teilweise in Industrietextilien eingenäht sind und die solche Informationen speichern. „RFID-Chips sind Sondermüll, sie machen das Recycling schwieriger“, sagt Kai Nebel.

Das Projekt KICKup wird gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Am Ende sollen die beteiligten Firmen in der Lage sein, die Textilien auf einem Förderband nach ihrem Fasergemisch und Faserqualität zu klassifizieren und per Roboter zu separieren. Textilien, die noch in Ordnung sind, werden gewaschen und wieder an den Kunden geschickt, verschlissene Textilien gehen ins Recycling. Sie werden zu Fasern für neue Textilien verarbeitet.

BERND MÜLLER



**RECYCLING INSTEAD OF BURNING**

Hotel linen and uniforms are cleaned dozens of times in industrial laundries before being recycled. Kai Nebel and Professor Karsten Rebner have developed a process that defines the wear of the fabric and the optimum recycling route for each item of laundry.

# Verwerten statt verbrennen

*Ein wichtiger Beitrag gegen die Verschwendung von Kleidung: Kai Nebel und Karsten Rebner untersuchen im Projekt KICKup, wie sich **Miettextilien recyceln** lassen.*

150 Milliarden Kleidungsstücke werden weltweit pro Jahr hergestellt – knapp die Hälfte davon wird nie verkauft. Und der Irrsinn geht immer weiter: Die Billigklamottenmarke Shein aus China bringt 500 neue Produkte auf den Markt – jeden Tag. Einer der sich vehement gegen Fast-Fashion stemmt, ist Kai Nebel, Leiter des Forschungsschwerpunkts Nachhaltigkeit und Recycling am TEXOVERSUM Fakultät Textil. In seinem neuesten Projekt KICKup entwickelt er gemeinsam mit Karsten Rebner, Dekan der Fakultät Life Sciences, und Partnern aus der Textilindustrie Methoden, um Stoffkreisläufe von Gewebemischungen aus Zellulose und Polyester durch chemisches Recycling zu schließen.

Die Projektpartner konzentrieren sich auf Bettwäsche für Hotels und Arbeitskleidung, die in Großwäschereien sauber gemacht werden. Zum Beispiel Dibella in Bocholt, das Hotelwäsche

vermietet und reinigt und Lamme Textile Management in Bad Vilbel, das Dienstbekleidung für die Lufthansa reinigt. Sie sehen allein in Deutschland ein Potenzial von über 15.000 Tonnen. Im Schnitt hundert Mal waschen und bügeln hält eine Bettgarnitur aus, aber irgendwann ist sie so verschlissen, dass sie ersetzt werden muss.

Aber wann genau? Darum geht es im Arbeitspaket von Karsten Rebner. Der Professor für Photonik und Prozessanalytik ist Experte für Infrarotspektroskopie, einem weitverbreiteten Verfahren aus der Physik mit Anwendungen in der Prozessanalytik. Rebner hat eine Apparatur entwickelt, die mittels eines spektroskopischen Fingerabdrucks in Sekundenschnelle erkennt, welche Fasertypen ein Wäschestück enthält. Dieser Fingerabdruck ist charakteristisch für jede Gewebemischung. Mehr noch:



## Digitalisierung gemeinsam gestalten. Agil. Innovativ. Zuverlässig.



Praxisorientierte  
Forschung



Innovative  
Projekte



Interdisziplinäre  
Teams



Agile  
Strukturen

**Als Entwicklungspartner für industrielle Anwendungen  
und Vorreiter in der KI eröffnen wir nicht nur aufregende  
Karrieremöglichkeiten, sondern auch die Chance, mit uns  
gemeinsam wegweisende Forschungsprojekte zu realisieren.**

**Klingt spannend? Mehr erfahren:**



[www.ite-si.de](http://www.ite-si.de)

# Erneuerbare Energie: Reif für die Insel

*Wie balanciert man Erzeugung und Verbrauch im Stromnetz aus, wenn immer mehr Sonnen- und Windstrom eingespeist wird? Und wenn abgelegene Orte gar keinen Anschluss ans öffentliche Stromnetz haben? Mit smarterer Regelungstechnik, sagen die Professoren Antonio Notholt und Bernd Thomas.*

Zwei Berge mit Windrädern auf den Gipfeln, ein Photovoltaik-Kraftwerk und ein Container mit Batterien, davor die Silhouette eines kleinen Dorfes: So könnte ein typisches Inselnetz aussehen, ein autarkes Stromnetz zur Versorgung eines abgelegenen Dorfes, eines Bauernhofs – oder eben einer Insel in der Nordsee. Genauso ein Szenario stellen die kleinen Modellhäuser und die fluffigen Bäumchen aus dem Zubehörcatalog für Modelleisenbahnen dar, das Studierende von Antonio Notholt auf einer Holzplatte aufgebaut haben. Der Professor für Regelungstechnik und innovative Energiesysteme möchte damit zeigen, wie Stromerzeuger und -verbraucher in einem autarken Stromnetz zusammenarbeiten.

Kleine Lämpchen zeigen in dem Modell den Stromfluss an. Und daran sieht man schon: Es ist kompliziert. Denn Strom fließt im Inselnetz nicht nur in eine Richtung, sondern auch zurück, etwa in die Batteriespeicher, wenn Energie übrig ist. Eines gibt es jedoch nicht: einen Anschluss an das nationale oder europäische Verbundnetz und damit auch keine Sicherheit, dass Energie rund um die Uhr verfügbar ist. Der ganze Strom im Inselnetz muss lokal erzeugt werden – Tag und Nacht. Wobei die Nacht das größere Problem ist, wenn der Strom aus Sonnenenergie kommen soll. Fast immer springen dann Dieselgeneratoren ein. Doch das ist alles andere als sauber und nachhaltig. Und wenn mehr Strom verbraucht wird, muss der Generator schneller laufen. Wird dagegen wenig Strom verbraucht und es gibt viel Sonnenenergie, muss diese gedrosselt werden, sonst geht der Generator kaputt. Es sei denn man hat Batterien, die den Strom speichern. Je mehr Komponenten am Inselnetz beteiligt sind, umso komplexer das Zusammenspiel. Eine Steuerung soll dieses Zusammenspiel regeln. Bisher sind das Algorithmen, die nur

starre Wenn-Dann-Entscheidungen abarbeiten. „Wir brauchen mehr Intelligenz in der Steuerung“, fordert Antonio Notholt.

Hier setzt PV-Diesel-Global an. Das Verbundforschungsprojekt wird mit insgesamt 2,5 Millionen Euro vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert, 300.000 Euro erhält die Hochschule Reutlingen (Förderkennzeichen 020E-100384079). Gemeinsam haben die sechs Partner eine intelligente Steuerung entwickelt, die Dieselgeneratoren durch Photovoltaik ersetzt – wie es der Name des Projekts andeutet. Die Steuerung sorgt dafür, dass Erzeugung und Verbrauch von Strom immer synchron und mit maximaler Effizienz und optimaler Lebensdauer der Komponenten, vor allem der Batterien, laufen. Statt starr immer tagsüber die Batterie zu laden und nachts zu entladen, passt die KI die Ladezyklen an den tatsächlichen Bedarf an, immer vorausschauend, etwa mit Blick auf die Wettervorhersage.

PV-Diesel-Global ist im Januar 2024 ausgelaufen, eine Verlängerung ist geplant, dann allerdings mit einem anderen Schwerpunkt: Hybrid-Kraftwerke. Damit sind Anlagen gemeint, in denen sich Photovoltaik und Windgeneratoren dieselbe Infrastruktur teilen, also Batterien, Trafos, Kabel und sogar die Straßen auf dem Gelände. Das ist günstiger im Bau und in der Wartung. In den USA und Indien erleben Hybrid-Kraftwerke gerade einen Boom, auch in Deutschland wächst das Interesse. Antonio Notholt hat eine Software entwickelt, mit der man solche Hybrid-Kraftwerke auslegen kann, passend zum Stromverbrauch im Netz. „Das ist ein Alleinstellungsmerkmal“, betont er.

Gleiches kann man auch über die intelligente Steuerung sagen, die Bernd Thomas für Blockheizkraftwerke und – ganz neu – für Wärmepumpen entwickelt. Ziel ist, die Anlagen in Echtzeit zu steuern. Das Projekt soll einen Paradigmenwechsel einläuten. Bisher war die Regelung von Blockheizkraftwerken vom Wärmebedarf getrieben. Die Anlage wurde so gesteuert, dass der Besitzer seinen Bedarf an Wärme zum größten Teil über das Blockheizkraftwerk beziehen konnte. Künftig soll der Preis an der Strombörse eine größere Rolle spielen. Die Anlage läuft, wenn der Preis hoch ist, der Strom wird dann ins Netz gespeist. Da dies gleichzeitig die Phasen mit wenig erneuerbarem Strom im Netz sind, trägt die Steuerung auf diese Weise zusätzlich zur

## RENEWABLE ENERGY – IT'S ALL ABOUT BALANCE

Smart control technology is needed to balance generation and consumption in the electricity grid, when more and more solar and wind power is being fed into the grid. Professors Antonio Notholt and Bernd Thomas have solved the problem – one for stand-alone grids, the other for combined heat and power plants.



Stabilisierung der Stromversorgung bei – ein nicht ungewollter Zusatznutzen! Ist der Strom dagegen gerade billig, wird er eingekauft und zum Betrieb einer Wärmepumpe verwendet – deshalb auch die Erweiterung der Steuerung auf Wärmepumpen. „Bisher war das nicht interessant“, sagt Thomas, „aber mit dem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen und Elektroautos werden die Strompreise zunehmend volatil, gleichzeitig schwankt die Erzeugung der erneuerbaren Energien. Das macht dieses Geschäftsmodell lukrativ.“

„Mit dem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen und Elektroautos werden die Strompreise zunehmend volatil, gleichzeitig schwankt die Erzeugung der erneuerbaren Energien. Das macht dieses Geschäftsmodell lukrativ.“

Die Steuerung wird aktuell in der Praxis eingesetzt, in einem 50kW-Blockheizkraftwerk in Altensteig im Schwarzwald, das ein größeres Gebäude mit Wärme versorgt. Mittels KI wird der Fahrplan für den kommenden Tag festgelegt und dann abgearbeitet. Das hat sich aber als zu starr herausgestellt, denn manchmal drosselt sich die Anlage, obwohl die Bewohner im Quartier die Heizung aufdrehen wollen. Dann muss ein Gaskessel einspringen, was nicht im Sinne der Reduzierung von Emissionen ist. Verstärkendes Lernen – so genanntes Reinforcement Learning – mit Rückkopplung in Echtzeit flexibilisiert den Fahrplan. Drehen die Bewohner ihre Heizungen auf, läuft auch das Blockheizkraftwerk hoch.

Internet. In Altensteig funktioniert das schon. Bernd Thomas: „Neue Anlagen lassen sich so viel schneller anbinden und optimieren.“

BERND MÜLLER



↓ [www.holbox-hybrid.org](http://www.holbox-hybrid.org)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Mit dem Projekt läutet Thomas' Team noch einen weiteren Paradigmenwechsel ein. Bisher läuft der Steuerungsalgorithmus eines Blockheizkraftwerks auf einem kleinen Computer in der Anlage. Künftig soll die Steuerung auf zentralen Rechnern an der Hochschule, später in einer öffentlichen Cloud laufen, das Blockheizkraftwerk erhält die Steuerbefehle alle paar Sekunden übers

# Das Feuer brennt noch lange

Die Deutschen ächzen unter den hohen Preisen. Ein KI-Modell von ESB-Wissenschaftler Bodo Herzog macht wenig Hoffnung: Danach könnte die hohe Inflation noch einige Jahre andauern.

Inflation ist, wenn weniger, mal mehr war. Kürzer und treffender kann man es nicht beschreiben, wenn im Supermarkt die Butter schon wieder zehn Cent teurer und die Chipspackung für den gleichen Preis geschrumpft ist. Wenn Volkswirte die Inflation erklären, klingt es trockener. Dann geht es um den Anstieg des allgemeinen Preisniveaus von Waren und Dienstleistungen. Entgegen der landläufigen Meinung finden sie Inflation von unter zwei Prozent nicht per se schlecht. Sie könne Konsum und Investitionen ankurbeln. Wenn sie aber zu hoch sei, würge sie Kaufkraft ab und führe zu Unsicherheiten in der Wirtschaft.

Dieser Trend könne sich längerfristig wieder umkehren. Wenn das Inflationsfeuer erst brenne, sei es schwer zu löschen.

Auch die EZB nutzt makroökonomische Modelle, um die Entwicklung der Wirtschaft und der Inflation vorherzusagen. Woher kommt dann diese Diskrepanz? Herkömmliche lineare Modelle seien sehr präzise, solange die Wirtschaft normal laufe, so Herzog. In Krisenzeiten würden sich die Fehler aber schnell aufschaukeln. Der Mathematiker geht daher einen anderen Weg – mit Künstlicher Intelligenz: Er bildet das Wirtschaftssystem mit mathematischen Gleichungen ab und kalibriert diese mit der Inflationsentwicklung aus den letzten 30 Jahren. Ein Neuronales Netz erkennt darin Muster und modelliert tausende Entwicklungspfade. Die Mehrzahl dieser Pfade errechnet eine hohe Inflation noch für mehrere Jahre.

Wie zurzeit. Noch vor einem Jahr lag die Inflation bei gut sechs Prozent und damit zu hoch, wie Wissenschaft und Politik übereinstimmend finden. Uneins sind sie, wie lange dieser Zustand noch anhalten wird und wann die Zielmarke von zwei Prozent wieder erreicht ist. Nicht mehr lange, spätestens bis 2024, glaubte damals die Europäische Zentralbank EZB. Professor Herzog dagegen warnt, dass die Inflation noch nicht vorbei ist. „Laut meinem Rechenmodell kann es noch länger dauern“, befürchtet der Experte für Geldpolitik an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen. Die Kerninflation lag im Juni 2024 noch immer bei 2.9% und damit deutlich oberhalb des EZB-Zielwerts. Der rasche Inflationsrückgang sei vor allem durch die schlechte Wirtschaftsdynamik und die volatilen Energiepreise begründet.

„Die EZB hätte die Zinsen schneller anheben müssen“, kritisiert Herzog. Seine Ergebnisse werden durchaus gehört. So wurde der ESB-Forscher zu einem Vortrag ins EU-Parlament eingeladen und er ist befreundet mit dem ehemaligen Präsidenten der Deutschen Bundesbank, seit seinen Jahren beim Sachverständigenrat für Wirtschaft. Unter Volkswirten erfährt Herzog viel Zustimmung, trotzdem scheut die EZB vor notwendigen Maßnahmen zurück. „In der Währungsunion geben hochverschuldete Länder wie Griechenland und Italien den Ton an. Und die wollen hohe Zinsen auf ihre Schulden unbedingt vermeiden.“

Die Modelle mit Künstlicher Intelligenz eignen sich nicht nur zur Vorhersage der Inflation. Herzog modelliert damit auch Meinungsdynamiken und die Polarisierung im politischen Diskurs. Sie bestätigen das Offensichtliche: Die Polarisierung nimmt zu, radikale Positionen gewinnen an Einfluss. Das lasse sich nur durch einen inklusiven Diskurs überwinden, fordert Herzog. „Wir müssen wieder mehr kontroverse Meinungen einbeziehen.“

BERND MÜLLER



↓ [www.reutlingen-university.de/research6/herzog](http://www.reutlingen-university.de/research6/herzog)



**THE FIRE WILL KEEP ON BURNING FOR A LONG TIME**  
Everything is becoming more expensive – and this phase of high inflation could still last for several years. Professor Bodo Herzog has reached this rather bleak prediction. The ESB scientist has analysed the development of inflation over the last 30 years using a neural network.

→ Hier geht's zum Inflations-Dashbord der EZB:  
[www.reutlingen-university.de/research6/ezb](http://www.reutlingen-university.de/research6/ezb)

## Vielfalt. Fortschritt. Zukunft.

Menschen.  
Aufgaben.  
Unternehmen.

Innovationen.  
Entwicklungen.  
Nachhaltigkeit.

Ideen.  
Chancen.  
Lösungen.





# Chemie.BW

Die Verbände der Chemie- und Pharmaindustrie in Baden-Württemberg



# Was ist Musik?

Benjamin Himpel möchte mit Hilfe der **Mathematik** herausfinden, warum **Musik** gut klingt.

Wir setzen uns in den Konzertsaal, lesen noch einmal kurz das Programm, das auf unserem Stuhl liegt, schauen uns vielleicht um, ob wir jemanden im Publikum kennen und nippen an unserem Glas. Dann kommt der Künstler auf die Bühne, spielt die ersten Töne, wir bekommen eine Gänsehaut und lauschen gebannt. Musik berührt uns: Sie kann uns mitreißen, kann uns helfen, wenn wir traurig sind; sie ruft Erinnerungen wach und vermag uns zu beruhigen. Die Frage ist nur: warum?

Das versucht Benjamin Himpel in einem von der Vector-Stiftung geförderten Forschungsprojekt herauszufinden, oder vielmehr: beginnen herauszufinden, denn das Thema ist unglaublich komplex. Die Frage selbst ist nicht neu, viele Wissenschaften versuchen, sich ihr auf ganz unterschiedlichen Ebenen zu nähern: In der Psychologie geht es um den Einfluss von Musik auf unsere Gefühle, in der Physiologie um die Reaktionen unseres Körpers, in der Musiktheorie um die Strukturen. Ein ganzheitliches Modell, das all diese Ansätze vereint, gibt es bisher nicht, ebenso wenig wie eine Antwort auf die Frage, was Musik eigentlich ist und warum sie gut klingt. „Selbst Jacob Collier weiß hier nicht recht

„... es ist schon so, dass es viele Parallelen gibt zwischen der Mathematik und der Musik.“

weiter“, erzählt Benjamin Himpel und nimmt Bezug auf ein Video des britischen Musikers auf wired.com (Mai 2021). „Und der wurde von der ZEIT immerhin als ‚Mozart der Generation Z‘ bezeichnet.“

Benjamin Himpel ist Professor an der Fakultät Informatik mit Schwerpunkt Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz. Er ist Mathematiker und passionierter Musiker. Mit dieser Doppelbegabung ist er nicht allein. Auch Albert Einstein war ein begnadeter Pianist und Brian May, Leadgitarrist von Queen, ist promovierter Astrophysiker, um nur zwei berühmte Beispiele zu nennen. „Nicht dass ich mich mit diesen beiden messen möchte“, sagt Himpel mit einem Augenzwinkern, „aber es ist schon so, dass es viele Parallelen gibt zwischen der Mathematik und der Musik.“ Er spielt seit seinem

14. Lebensjahr Saxophon, hat in verschiedenen Jazz-Orchestern musiziert und CDs veröffentlicht. Heute leitet er unter anderem die Big Band der Hochschule Reutlingen. „Ich möchte herausfinden, was es mit der Musik auf sich hat“, bringt er seine Leidenschaft auf den Punkt. Dabei nutzt er die Mathematik, eine Hilfswissenschaft, die Physikern seit jeher dazu dient, die reale Welt zu beschreiben.

Physikalisch gesehen besteht Musik aus den Schwingungsbewegungen von Molekülen, die chaotisch im Raum interagieren. Mit Hilfe der Haarzellen im Ohr können wir Töne aus diesem Chaos extrahieren. Die Haarzellen wandeln mechanische Bewegungen in elektrische Impulse um. Je nach Tonhöhe feuern unterschiedliche Neuronen; bei lauterem Tönen feuern sie schneller. Wenn wir Akkorde hören,

können wir mehrere verschiedene Töne gleichzeitig wahrnehmen. Doch wie genau funktioniert diese Übersetzung von Molekülbewegungen in Töne? Warum nehmen wir bestimmte Akkordfolgen als angenehm wahr und andere nicht? Was davon ist physiologisch bedingt, hängt also von der Bauweise und Funktion unseres Gehirns ab, und was ist antrainiert, zum Beispiel durch Gewohnheiten oder gesellschaftliche Konventionen? Denn jede Kultur hat ihre eigenen musikalischen Normen, die für andere ungewohnt oder un schön klingen können.

Benjamin Himpel möchte ein mathematisches Modell für die komplexen Prozesse in unserem Gehirn entwerfen, um musiktheoretische Annahmen zu bestätigen oder zu widerlegen. So kann er zum Beispiel den Raum aller Akkorde geometrisch beschreiben. Mit Hilfe geometrischer Strukturen gelingt es ihm auch, musikalische Phänomene wie Konsonanz und Dissonanz zu beziffern, also Wohl- und Missklang zweier gleichzeitig gespielter Töne. Sukzessive wird Himpel so seinem Ziel eines umfassenden Modells für die Wahrnehmung von Musik immer näherkommen. Profitieren kann davon jeder einzelne von uns, denn ein solches Modell ist zum Beispiel auch für Streamingdienste bei der Auswahl passender Musikvorschläge interessant.

So ungewöhnlich und einzigartig Benjamin Himpels Forschungsthema auch ist – an der Hochschule Reutlingen hat er schnell Gleichgesinnte gefunden, zum Beispiel Michael Lauxmann, Professor an der Fakultät Technik. Seine Expertise ist die Biomechanik des Hörens. Er modelliert unter anderem Bewegungen der Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel, um die Diagnose von Hörproblemen und die Entwicklung individueller Hörprothesen zu verbessern (siehe auch Seite 32 in dieser Ausgabe und Seite 52 in Ausgabe 5 von re:search – das Forschungsmagazin). „Diese biomechanischen Prozesse sind natürlich enorm wichtig, wenn wir den gesamten Prozess von der Klangerzeugung bis hin zur Wahrnehmung von Musik modellieren wollen“, so Himpel. „Ich freue mich, dass wir hier an der Hochschule ein so interdisziplinäres Umfeld haben und gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aller Fakultäten forschen können.“

LILITH LANGEHEINE



Foto: Jörg Künstle

**WHAT IS MUSIC?**

Professor Benjamin Himpel wants to use maths to find out why music sounds good. His aim is to model the entire process from sound production to the perception of a sound and to explore what happens in our brain during this process. This is interesting for streaming services, for example, when selecting suitable music suggestions.

Foto: Jörg Künstle



# Licht in die Blackbox

*Mathematik ist „Hart und Trocken“? Muss nicht sein, sagen die Professoren Volker Reichenberger und Dirk Schieborn. Und beweisen das mit ihrer gleichnamigen **Lernplattform** und deren Weiterentwicklung.*

*Professor Volker Reichenberger (links) und Professor Dirk Schieborn (rechts) haben gemeinsam die Lernplattformen „Hart und Trocken“ und „mintfabrik.de“ entwickelt.*



Ein paar Pixel genügen: Unser Gehirn ist ein Meister darin, Objekte aus unvollständigen Informationen zu rekonstruieren. Zum Beispiel das Muster, das Dirk Schieborn und Volker Reichenberger soeben auf dem Bildschirm zeigen. Klar, das ist die Ziffer 8, schon ein Vorschulkind würde das erkennen. Aber Computer? Die können das inzwischen auch, dank Maschinellem Lernen. Nur wie geht das eigentlich? Man zeigt der Maschine eine große Zahl von Mustern, die verschiedene Ziffern darstellen, und nach genügend Trainingsdurchläufen erkennt sie diese Ziffern mit hoher Treffsicherheit. Oder – ein komplexeres Problem – Bilder von Katzen. Oder Ampeln auf Kreuzungen. Wie das funktioniert, lernen die Studierenden in den Vorlesungen der Professoren im Bachelor und Master. Dort können sie anwendungsnah und anschaulich erleben, wie neuronale Netze lernen, indem sie sich anpassen, wenn man neue Trainingsdaten hinzufügt. „Wir animieren die Studierenden dazu, einfach auszuprobieren, das Spielerische ist wichtig in der Ausbildung“.

„Wir“, das sind Volker Reichenberger und Dirk Schieborn. Die beiden Professoren lehren Mathematik, Statistik und Data Science. Schieborn hat das neuronale Netz zur Ziffernerkennung programmiert. Es ist Teil der Online-Lernplattform „Hart und Trocken“. Viele Schülerinnen und Studierende können sich denken, welche Fächer damit gemeint sind: Mathematik und Informatik. Gemeinsam haben die beiden Professoren die Plattform zu Beginn des Corona-Lockdowns gestartet, um die Studierenden beim Lernen zuhause zu unterstützen. Die Plattform wurde ein riesiger Erfolg, der auch Studierende von anderen Hochschulen anzieht. Heute finden sie dort Dutzende interaktive Lerneinheiten zu vielen Aspekten der Mathematik und Informatik – und besonders auch zu Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz. „Das ist besser als Lernen an der Tafel“, findet Dirk Schieborn.

Doch „Hart und Trocken“ war erst der Anfang. Im Herbst ging die neue Lernplattform „mintfabrik.de“ online, die die beiden Professoren gemeinsam mit weiteren Kolleginnen und Kollegen entwickelt haben. Sie stellt sich der Herausforderung, dass Studierende angesichts der Fülle der Lerninhalte zunehmend den Überblick verlieren. Die neue Plattform bietet Lerninhalte zu den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik). Studierende können gezielt nach Aufgabentypen suchen und werden mit Hilfe von sogenannten Mikrokursen durch die Lernmodule zu leiten, stets passend zum individuellen Wissensstand und Lerntempo. Und das nicht nur in Mathematik, sondern auch in anderen Fächern wie Informatik, Data Science oder Physik. Mehrere Professorinnen und Professoren der Hochschule steuern bereits ihre Inhalte bei, Lehrende von anderen Hochschulen seien willkommen, so Dirk Schieborn. „Uns schwebt eine Art App-Store für Lerninhalte vor.“

In einem nächsten Schritt soll das Maschinelle Lernen aktiv die Nutzung der Plattform erleichtern. Wie bei Amazon und Co. bekommen Studierende Vorschläge für weitere Lerninhalte angezeigt, die zu diesem Zeitpunkt besonders geeignet sind. Eine KI generiert diese Vorschläge automatisch aus der Analyse des Lernverhaltens der Nutzerinnen und Nutzer der Plattform. „Wir verwenden dafür die Algorithmen, die wir auf der Plattform auch erklären – das ist genau die Praxisnähe, die wir vermitteln möchten“, sagt Volker Reichenberger.

Die beiden Professoren wissen, was ihre Studierenden anderen voraushaben: „Durch unsere interaktiven Lernmodule verstehen sie, was in einem neuronalen Netz wirklich passiert, was es leisten kann – und was nicht.“ Davon profitierten auch künftige Arbeitgeber. Die stehen nämlich vor der Herausforderung, ihren Kunden zu erklären, wie die Ergebnisse künstlicher Intelligenz zustande kommen. Warum lehnt eine Bank den Kreditantrag eines Kunden ab? Welche Werbung ist für welchen Betrachter relevant? Solche Entscheidungen treffen heute KI-Algorithmen. Sie gleichen einer Blackbox, es fällt schwer, sie nachzuvollziehen. Die Entscheidungen einer KI einfach blind zu akzeptieren sei jedoch gefährlich, gibt Volker Reichenberger zu bedenken. Nur wenn wir die Möglichkeiten und Grenzen der Modelle kennen, können wir sie sinnvoll einsetzen. Er deutet auf seinen Bildschirm mit der verpixelten Ziffer 8: „Mit solchen interaktiven Lerneinheiten bringen unsere Studierenden Licht in die Blackbox.“

BERND MÜLLER



↓  
[mintfabrik.de](https://mintfabrik.de)

## LIGHT IN THE BLACK BOX

Professors Volker Reichenberger and Dirk Schieborn prove it: Maths doesn't have to be "hard and dry". Learning modules on artificial intelligence and other STEM subjects are now also available on their learning platform of the same name – all of which are highly practical and relevant.

FairNetz

BRING P@WER  
IN DEINE ZUKUNFT

STARTE DEINE BERUFLICHE KARRIERE BEI UNS!

INFORMIER  
DICH JETZT!

[www.swr-gruppe-karriere.de](https://www.swr-gruppe-karriere.de)

# Der OP-Saal denkt mit

*Künstliche Intelligenz hält Einzug in die Medizin. Im OP-Saal der Zukunft an der Hochschule Reutlingen testet Professor Oliver Burgert ihr Potenzial.*

And the winner is: Hochschule Reutlingen. So lautete das Ergebnis eines spannenden Wettbewerbs auf der Konferenz MICCAI (Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention), die 2022 in Singapur stattfand. Dort traten in der so genannten BraTS-Challenge (Brain Tumor Segmentation) mehrere Forschergruppen aus aller Welt gegeneinander an. Sie hatten die Aufgabe, in einem Magnetresonanzbild aus dem Gehirn eines Patienten den Tumor zu finden und dessen Konturen einzukreisen. Wo der Tumor dick ist, erkennt man das mit dem bloßen Auge. Aber wo hört das Tumorgewebe auf und wo fängt das gesunde Gewebe des Gehirns an? Für Chirurginnen – und für den Patienten – ist das enorm wichtig. Schneidet die Chirurgin zu wenig weg, wächst der Tumor nach, schneidet sie zu viel, kann sie wichtige Gehirnfunktionen zerstören. Zum Glück gibt es heute bildgebende Verfahren und neuronale Netze, die krankes von gesundem Gewebe unterscheiden – mal besser, mal schlechter. Kein neuronales Netz erkennt Tumore so gut wie der siegreiche Wettbewerbsbeitrag von Dr. Ramy Zeineldin. Die erfolgreiche Arbeit war Teil seiner Promotion bei Professor Oliver Burgert an der Hochschule Reutlingen.

Wenn der Chirurg oder die Chirurgin vor der Operation genau weiß, wo der Tumor ist – und vor allem, wo er nicht ist –, hilft das bei der Operationsplanung. Dafür liefert Zeineldins Forschung einen wichtigen Beitrag. Doch wenn der Schädel offen und der Tumor freigelegt ist, gibt es ein weiteres Problem: Wird krankes Gewebe weggeschnitten, verringert sich dessen Volumen. Weil das Gehirn weich ist wie Gelee, drückt es sofort in die Lücke. Damit ist die schöne Planung dahin, denn mit jedem Schnitt verformt sich das Gehirn – zum Teil um mehr als einen Zentimeter. Chirurginnen und Chirurgen sind daher dringend auf eine Unterstützung angewiesen, die diese Veränderung sofort erkennt und mit den MRT-Bildern aus der Planung in Einklang bringt. Dazu benötigt man Bilder aus dem geöffneten Gehirn, die allerdings meist nicht aus einem MRT kommen können, weil die Geräte zu

groß und teuer sind, um sie routinemäßig in Operationssälen zu installieren. Zudem müssten auf Grund der starken Magnetfelder alle metallischen Instrumente ersetzt werden und das würde die Kosten weiter erhöhen.

Das Team von Oliver Burgert geht einen anderen Weg: Ultraschall. Die hochfrequenten Schallimpulse durchdringen das Gehirngewebe gut und machen die Tumorgrenzen sichtbar. Und dann kommt wieder ein KI-Trick von Ramy Zeineldin ins Spiel: Das MRT-Bild von vor der Operation, das die Gewebearten zeigt, wird mathematisch „geknauscht“ und mit den Gewebegrenzen aus dem aktuellen Ultraschallbild zur Deckung gebracht. Die Gewebe von Gehirn und Tumor haben sich zwar verschoben, aber die Chirurgen wissen dennoch, was an welchem Platz ist – und können zuverlässig nur in den Tumor schneiden. Tests zeigen: Die Überdeckung ist auf den Millimeter genau und damit klinisch sinnvoll einsetzbar. Allerdings dauert die Berechnung etwa zwei Minuten, das ist für die Chirurgen zu lang. Oliver Burgert ist aber optimistisch, dass das Konzept den Sprung in den OP-Saal schafft. Dazu arbeitet das Team in Reutlingen weiter mit Ramy Zeineldin zusammen, der inzwischen Postdoc bei Professorin Franziska Mathis-Ullrich an der FAU Erlangen-Nürnberg ist und die seine Promotionsarbeit mit betreut hat.

Das Verfahren hat Potenzial auch für andere medizinische Fragestellungen, das sollen jetzt einige Studierendenprojekte erschließen. Eines beschäftigt sich mit Brüchen des Unterschenkels. Diese werden mit Metallplatten und Schrauben fixiert, die aber Röntgenstrahlung im Computertomograph blockieren. Das KI-Verfahren soll helfen, auch Knochensplinter sichtbar zu machen, die vom Metall verdeckt sind. Eines Tages könnten Chirurgen auch Augmented-Reality-Brillen tragen, die mittels KI aus dem CT-Bild erstellte 3D-Modelle des Knochens und des Implantats ins Sichtfeld einblenden.

Auch in einem anderen Entwicklungsfeld – dem intelligenten OP-Saal – geht Burgerts Team eigene Wege. Der Raum soll erkennen und sich darauf einstellen, was die Ärzte gerade machen. Viele Konzepte versuchen das mit Kameras und Bilderkennung. Im OP-Saal der Zukunft an der Hochschule Reutlingen nutzt das Team stattdessen die Signale der Geräte, die dort sowieso vorhanden sind. Ein Beispiel: Die Chirurgin schaltet das Endoskop ein. Eine KI erkennt das und schließt daraus, dass das Licht im Saal gedimmt werden muss, damit die Ärztin den Bildschirm besser erkennen kann. Oder: Die Operation dauert länger. Die KI erkennt auch das und passt die Schichtplanung für das Personal an.

Klingt gut, hat aber einen Haken. Die ultramodernen Geräte in einem OP-Saal kommen von vielen unterschiedlichen Herstellern und sind kaum vernetzt, es gibt also sehr wenige Daten, mit denen man eine KI trainieren könnte. Gemeinsam mit unterschiedlichen Partnern aus Industrie und Wissenschaft erweitert das Team derzeit einen neuen Industriestandard, um diese übergreifende Vernetzung zu ermöglichen. Im OP der Zukunft an der Hochschule Reutlingen testen sie ihre Fortschritte in einer (fast) echten Umgebung. Auch Kliniken, die eine Modernisierung ihrer Operationssäle anstreben, lassen sich im Lehr- und Forschungs-OP über die aktuell verfügbaren Technologien informieren.

BERND MÜLLER

## THE OP THEATRE THAT THINKS FOR ITSELF

Tumour or healthy tissue? Artificial intelligence knows the answer and supports surgeons during complicated operations. Professor Oliver Burgert tests technologies that make doctors' work easier.



# KI verschafft Gehör

*Gesund oder krank? Die Interpretation von Hörtests gelingt nur mit viel Erfahrung. Oder mit dem KI-Modell, welches Professor Michael Lauxmann und Professorin Barbara Priwitzer entwickeln.*

Ein Hörtest ist so eine Sache: Bis 10.000 Hertz hört man den Fiepston als Mensch mittleren Alters noch ganz gut, bei höheren Frequenzen vermischen sich dann Fantasie und Wirklichkeit. Ist das Säuseln im Kopfhörer wirklich der Testton oder bildet man sich das nur ein, weil man nicht wahrhaben möchte, dass der Zahn der Zeit auch am Hörvermögen nagt? Für Ärzte ist das ein Problem: Sie wollen sich für eine verlässliche Diagnose nicht auf den subjektiven Eindruck des Patienten verlassen. Müssen sie auch nicht, denn die Beeinträchtigung des Hörvermögens

lässt sich heute objektiv messen – wenn man die Daten richtig interpretieren kann.

Doch genau daran hapert es bei der so genannten Breitbandimpedanzmessung, einer Erweiterung der konventionellen Tympanometrie. Eine Sonde im Ohr sendet Schallwellen im gesamten Hörfrequenzspektrum aus und misst den reflektierten Schall. Dieser gibt Hinweise auf den Schwingwiderstand des Mittelohrs, man könnte vereinfacht auch sagen: seine Nachgiebigkeit. Das Messgerät liefert viele bunte Kurven; zu welcher Krankheit

sie gehören, muss allerdings der Arzt entscheiden. Doch das ist gar nicht so einfach, weil sich unterschiedliche Diagnosen oft nur minimal in den Messdaten unterscheiden.

Michael Lauxmann kennt die Lösung. Der Professor für Numerische Mechanik mit dem Forschungsschwerpunkt Biomechanik des Hörens geht dem Problem mit einem modellbasierten Ansatz auf den Grund. Unterstützt wird er dabei von Barbara Priwitzer, Professorin für Mathematik und seit 25 Jahren Expertin für

Themen rund um Maschinelles Lernen als Teilbereich der Künstlichen Intelligenz. Sie füttert eine KI mit Trainingsdaten, die mit Diagnosen verknüpft sind. Heraus kommt eine Entscheidungsunterstützung für den Arzt, der keine Messkurven mehr interpretieren muss, sondern im Idealfall direkt eine Diagnoseempfehlung bekommt.

Allerdings gibt es einen Haken an der Sache. An einer Orthosklerose – einer Versteifung des Bands am Steigbügel im Innenohr – leiden beispielsweise nur wenige Menschen. An der Universitätsklinik in Tübingen, die Partner im Projekt ist, wird nur bei rund zehn Patienten pro Jahr diese Diagnose gestellt. Ganz sicher können die Ärzte zudem erst sein, wenn sie das Ohr operiert haben.

Für eine verlässliche Entscheidungsunterstützung sind jedoch viele Trainingsdaten notwendig. Lauxmann und Priwitzer haben sich daher einen anderen

Weg überlegt: Sie erzeugen die Trainingsdaten für die KI selbst. Ein mathematisches Modell des Mittel- und Innenohrs ahmt pathologische Zustände nach, so dass die Ursache-Wirkungs-Beziehungen, also die physikalischen Vorgänge im Ohr und ihr Ergebnis in der Diagnosemessung sozusagen nachgestellt werden können. „Echte Daten braucht man aber dennoch, um die simulierten Daten damit abzugleichen“, so Priwitzer.

Zwei Projekte laufen derzeit dazu. Das Projekt „Hördiagnose WBI“ mit Merz Medizintechnik in Reutlingen wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert (Förderkennzeichen KK5206106BA1). Darin entwickelt das Unternehmen eine Sonde und die Hochschule baut einen Teststand, der diese Sonde im Zusammenspiel mit der an der Hochschule entwickelten KI erprobt. Vom Land Baden-Württemberg und der EU gefördert wird auch das Projekt „Smart-

Ear-Screening“ (AktENZEICHENFEIH\_ProT\_2517956), das mit Simulationen und KI die Verlässlichkeit von Diagnosen erhöhen soll. 2024 sollen klinische Tests das Konzept bestätigen. „Unser Ziel ist es ein Gerät zu bauen, das der Arzt einfach nutzen kann und das in wenigen Minuten eine verlässliche Diagnose erstellt“, so Michael Lauxmann.

Für Barbara Priwitzer ist das der große Fortschritt von KI in der medizinischen Diagnose: „Jeder junge Arzt muss die Diagnose mühsam lernen und geht er in Rente, geht mit ihm auch das Wissen verloren. Die KI dagegen lernt mit und vergisst nichts.“

BERND MÜLLER

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz



Kofinanziert von der Europäischen Union



Baden-Württemberg

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

## AI MAKES YOU HEAR BETTER

Professors Michael Lauxmann and Barbara Priwitzer have developed a model that facilitates the interpretation of hearing tests and the detection of rare diseases of the inner ear. The training data is provided by an artificial intelligence that is constantly learning and adapting.



Inês Castro, Leiterin des Labors molekulare Biomedizin, bestückt die neue Sequenziermaschine mit biologischen Proben.

# Krankheiten auf der Spur

**Biologie oder Informatik? Im Kurs Molekulare Biomedizin lernen die Studierenden beides. Auf die Absolventen warten spannende Aufgaben in Forschung und Industrie.**

Mehr als 22.000 Gene hat ein Mensch. Sie legen fest, ob wir blaue Augen oder schwarze Haare haben. Aber auch, ob wir an Multipler Sklerose oder Brustkrebs erkranken. Die Suche nach den verantwortlichen Genen gleicht der Suche nach der Nadel im Heuhaufen. Die Bioinformatik hilft, Gen-Datenbanken zu durchforsten und die Ergebnisse zu interpretieren. Das lernen Studierende im Studienmodul „Labor Molekulare Biomedizin“ im Bachelor-Studiengang Biomedizinische Wissenschaften. „Der Kurs verbindet die Biologie mit den Methoden der Informatik“, erläutert Isabel Burghardt, Professorin an der Hochschule Reutlingen.

Den biologischen Teil – die Sequenzierung des Erbguts – üben die Studierenden unter der Anleitung von Laborleiterin Inês Castro im neuen Labor für molekulare Biomedizin. Mit der Sequenz

## TRACKING DOWN DISEASES

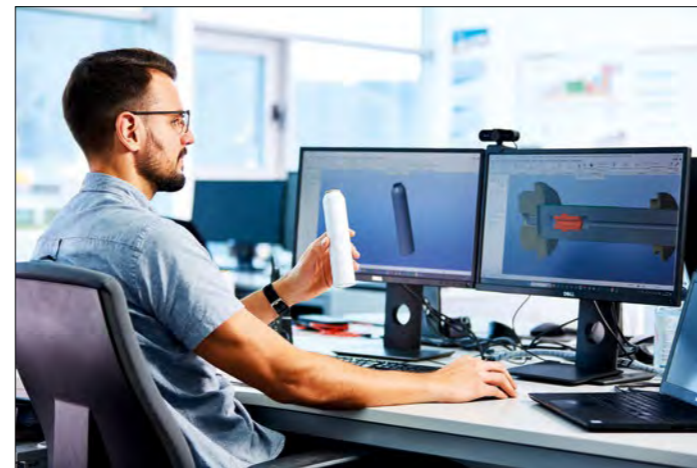
Students on the Molecular Biomedicine degree course learn how to apply computer science to problems in biology and medicine. They can apply their knowledge to help cure diseases such as Parkinson's or cancer.

allein – einer langen Kette aus Buchstaben – fängt eine Molekularbiologin oder ein Molekularbiologe aber nicht viel an. Erst wer die Zeichen interpretieren kann, findet zum Beispiel Genmutationen im Erbgut.

Im bioinformatischen Teil des Labors lernen die Studierenden daher, Sequenzierungsdaten aufzubereiten und diese mit den Standard-DNA-Sequenzen in Datenbanken im Internet zu vergleichen. Wie man diese Software benutzt und was die Ergebnisse bedeuten, lehrt Nicolas Casadei, Genomwissenschaftler vom Universitätsklinikum Tübingen im Rahmen eines Lehrauftrags an der Hochschule Reutlingen. Die Studierenden durchforsten öffentlich zugängliche Datensätze, die mit Krankheiten wie Parkinson oder Multipler Sklerose in Verbindung stehen, und bereiten die Daten auf und dokumentieren sie.

Die Studierenden nutzen auch Methoden wie Deep Learning und neuronale Netze, um die Rohdaten aus dem Sequenzer in DNA-Sequenzen umzuwandeln. „Im Gesundheitswesen und in der Biotechnologie werden ständig neue Anwendungen der Bioinformatik entwickelt. Deshalb sind Kenntnisse über die Funktionsweise und den Einsatz unterschiedlicher Algorithmen und künstlicher Intelligenz von großer Bedeutung“, sagt Nicolas Casadei. Mit dem Kurs seien die Studierenden optimal auf das Berufsleben vorbereitet, verspricht Isabel Burghardt – egal ob sie später in die Forschung gingen oder in die Industrie. „Wer den Studiengang durchlaufen hat, kann mithelfen, Krankheiten wie Krebs oder Parkinson zu bekämpfen.“

BERND MÜLLER



**Gemeinsam unschlagbar: Unser Know-how in Aluminium Aerosol-Dosen + Dein Know-how in KI = perfect match**

[www.tubex.de](http://www.tubex.de)



re:search

Ein Abenteuer von unglaublichem Ausmaß

# DIE UNERSCHROCKENEN

## Eine Reise in die Nano-Welt



Und sie nannten ihn „Goldy“...

Ein **Miniroboter mit eingebauter Elektronik**, nur ein Bruchteil eines Millimeters klein. Er kann unsere Stoffwechselprozesse überwachen und so die personalisierte Medizin revolutionieren. Professor Marc Brecht entwickelt gemeinsam mit Professor Andreas Schnepf und Dr. Kai Braun von der Universität Tübingen ein neuartiges 3D-Druckverfahren, um „Goldy“ Wirklichkeit werden zu lassen. Gefördert wird das innovative Projekt von der Carl-Zeiss-Stiftung.





Nach all den explosiven Versuchen der Verkleinerung...



Doch so schnell geben die ehrgeizigen Wissenschaftler nicht auf.



...ab in die Bar!



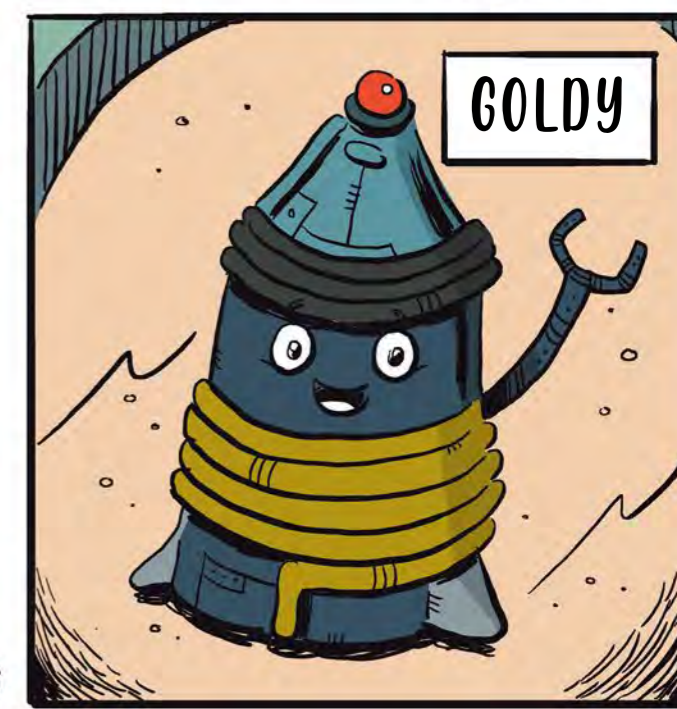
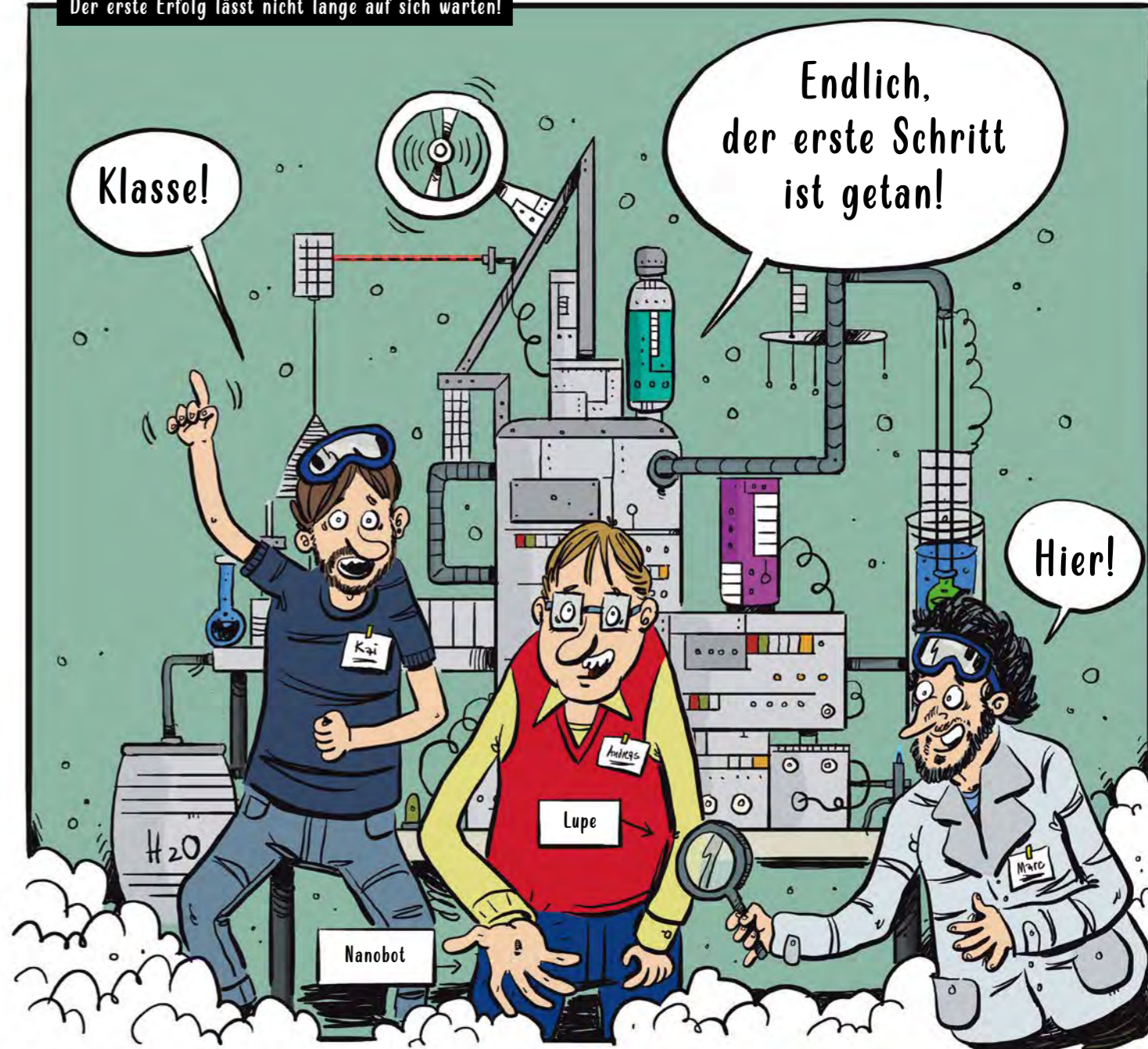
Sie sind sich sicher, es gibt eine Lösung!



Nach vielen, vielen Arbeitsstunden später.



Der erste Erfolg lässt nicht lange auf sich warten!



# Damit jede Socke richtig sitzt

*Doktorandin Elena Brake erzeugt mit einem selbstgebauten Körperscanner ein digitales Abbild des menschlichen Körpers. Kleidung, die nicht richtig passt, könnte damit bald Vergangenheit sein.*

Jeder Körper ist verschieden – wer wüsste das besser als die Bekleidungsindustrie. Und doch dienen Avatare, die eine ideale Form des menschlichen Körpers annehmen, als Grundlage für Simulationen zur Überprüfung der Passform. Kein Mensch hat so einen Normkörper, deshalb wird ein digitaler Zwilling benötigt, ein virtuelles Modell des „unperfekten“ echten Körpers. Doktorandin Elena Brake weiß, wie man diesen erzeugt: mit Körperscanning.

Virtuelle 3D-Simulationen halten schon seit längerem Einzug in die Produktentwicklung in der Bekleidungsindustrie. Doch die präzise digitale Darstellung des menschlichen Körpers bleibt eine Herausforderung. Vor allem Details der Dynamik des Weichgewebes ahmen die Avatare nicht ausreichend genau

nach: Fett, Muskeln, Bindegewebe, all das wird zusammengedrückt, dehnt sich aus oder verschiebt sich, wenn wir uns anziehen, wenn wir uns bewegen. Eine wegweisende Initiative will das ändern: Forschende der Hochschule Reutlingen nutzen fortschrittliche Technologien für Ganzkörperscans, um die Eigenschaften des menschlichen Gewebes digital zu erfassen und zwar so präzise, dass auch geometrische Veränderungen natürlicher Körperformen detailliert in drei Dimensionen enthalten sind. Besonders leiden die Hersteller von medizinischen Hilfen unter den unrealistischen Avataren. Kompressionsstrümpfe etwa sollen die Wade zusammendrücken, um zum Beispiel Thrombosen zu verhindern, doch bei heutigen Avataren drückt sich nichts zusammen, in der Simulation ist es, als würde der Strumpf über ein Stück Stahl gezogen.



So kann es nicht weitergehen, dachte sich Elena Brake. Die Doktorandin bei Professorin Katerina Rose arbeitet an Avataren, die sich wirklich wie Menschen verhalten, mit all ihren Schwächen und vor allem mit Weichgewebe, das sich bei Druck verformt. Das ist nicht nur für die Entwickler von Kompressionsstrümpfen interessant, sondern für die ganze Bekleidungsindustrie, deren Produkte häufig auf veralteten Konfektionsgrößen beruhen. Um mit den sich verändernden Maßen der Menschen Schritt zu halten, werden Daten benötigt, viele Daten. Die kommen üblicherweise aus einem 3D-Bodyscanner, der Personen mit einem Laser abscannt. Daraus erzeugt er eine Wolke aus zigtausenden Punkten, die sich wie ein hautenger Schleier über den Körper legen und die der perfekte Ausgangspunkt für aktualisierte Größentabellen ist.

Im Nähsaal des TEXOVERSUMS Fakultät Textil der Hochschule Reutlingen stand bis vor Kurzem so ein Bodyscanner, aber nur leihweise. Denn das Gerät ist sehr teuer und für die Hochschule nicht erschwinglich. Katerina Rose und ihre Doktorandinnen Gabriela Kosel und Elena Brake hatten eine andere Idee: Gemeinsam mit Wissenschaftlern aus den Fakultäten Informatik und Technik haben sie einen Bodyscanner aufgebaut, der die Daten aus den Bildern von 48 RGB-Kameras gewinnt, die in einer Art riesigen Umkleidekabine rundherum und auf verschiedenen Höhen montiert sind. Die Apparatur liefert annähernd so gute Punktwolken für Avatare wie das Profigerät, kostet aber nur einen Bruchteil: 7.000 Euro, die Arbeitsstunden nicht mitgerechnet. Für die Forschung am TEXOVERSUM, aber auch für den Einsatz in der Bekleidungsindustrie oder in der Medizintechnik ist das eine gute Nachricht. Künftig wird es viel mehr Daten von echten Personen geben. Und die Kunden können sich auf besser sitzende Kleidungsstücke freuen. Da die Hochschule die Software frei zugänglich machen wird, können Interessierte die Anlage leicht nachbauen und die Software von Github herunterladen.

Bis es so weit ist, muss das Team aber noch einige Arbeit leisten. Schon der Start des Projekts, das komplett aus Eigenmitteln der Hochschule finanziert wird, war herausfordernd. Professor Christian Decker aus der Informatik-Fakultät entwickelte das Softwaresystem des Bodyscanners. Sie löst die 48 Kameras exakt zum selben Zeitpunkt aus. Weitere Kameras können installiert werden – die Software integriert diese selbstständig nach dem Prinzip Plug-and-Play. Im Unterschied zu bisherigen Lösungen ist alles über das Web steuerbar und benötigt keine zusätzlichen PCs oder Softwareinstallationen für den Betrieb. Für Nutzer funktioniert der Scanner wie eine App. Das demokratisiert Bodyscanner und macht diese Technologie auch für kleinere Unternehmen nutzbar.

Die Software für die Aufbereitung und das Zusammenfügen der Einzelbilder kommt von Doktorand Michael Danner von der Fakultät Technik. Derzeit geschieht das noch mit einiger Handarbeit, künftig soll der ganze Prozess aber vollautomatisch ablaufen. Und dann auch schneller und in höherer Auflösung. Momentan sind Bilder mit maximal 5 Megapixeln möglich. Auch die Geschwindigkeit muss noch verbessert werden: Ein Schnappschuss pro Sekunde ist zu wenig, wenn auch Bewegungen erfasst werden sollen, zum Beispiel die Biomechanik im Sport. Interessant ist das auch für die Analyse von Haltungsschäden oder zur Erkennung von Mimik in Gesichtern mit Hilfe von Maschinellem Lernen.



**„Für die Produktentwickler von Bekleidung und Kompressionswaren ist das Scanverfahren mit unserer offen verfügbaren Software ein großer Gewinn.“**

Für Elena Brake ist der Bodyscanner eine wichtige Unterstützung für ihre Promotionsarbeit. Darin beschäftigt sie sich mit der Erfassung von Weichgewebe, unter anderem also mit dem Problem, dass Kompressionsstrümpfe die Waden herkömmlicher Avatare nicht zusammendrücken. Erste Ergebnisse mit den Daten aus dem Selbstbau-Bodyscanner zeigen, dass das grob falsch ist. Ein Kompressionsstrumpf kann und sollte die Geometrie der Wade beeinflussen. Brake: „Für die Produktentwickler von Bekleidung und Kompressionswaren ist das Scanverfahren mit unserer offen verfügbaren Software ein großer Gewinn.“

BERND MÜLLER



↓ [www.reutlingen-university.de/research6/brake](http://www.reutlingen-university.de/research6/brake)

## ENSURING THAT EVERY SOCK FITS PERFECTLY

Every body is different. But so far, digital twins are only available for a small number of standard bodies. PhD student Elena Brake wants to change all that. She uses a self-constructed body scanner to create a digital image of the "real" human figure. Clothes that don't fit properly could soon be a thing of the past.



# Stehen oder Gehen?

**Autonom fahrende Autos** müssen erkennen, was Fußgänger als nächstes tun. In einem Forschungsprojekt mit Continental hat Professor Cristóbal Curio wertvolle Erkenntnisse gewonnen.

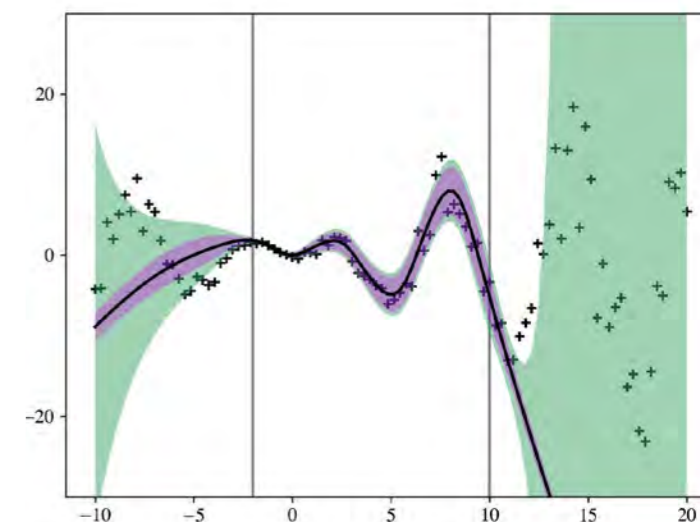
Continental ist einer der ganz großen Automobilzulieferer, das ist allgemein bekannt. Weniger bekannt dürfte sein, dass das Unternehmen auch innovative Sensoren, Fahrfunktionen und Steuergeräte für das assistierte sowie automatisierte Fahren entwickelt und produziert. Mit Hilfe von Umfoldsensoren wie Kamera, Radar, Lidar und Ultraschall wird eine detailgetreue und nahtlose 360-Grad-Darstellung realisiert. Jede Sensortechnologie nutzt dabei einen unterschiedlichen Ansatz zur Erfassung und schärft durch die Fusion der entstandenen Sensordaten das Bild der Umwelt. Sie können zum Beispiel das Fahrzeug in der Spur halten oder leiten eine Vollbremsung ein, wenn Hindernisse auf der Fahrspur sind. Auf der Autobahn in definierten Situationen die Hände vom Lenkrad nehmen, das geht auch schon, aber vollautonomes Fahren auf Level 5 beherrscht noch kein Fahrzeug. Bis hin zum maximalen Automatisierungslevel werden noch einige Jahre vergehen. Dafür möchte Continental nicht nur rohe Sensordaten liefern, sondern über eine standardisierte Schnittstelle bereits die Interpretation dieser Daten.

Vor allem in der Stadt ist die Herausforderung groß. Eine Person steht am Straßenrand und telefoniert. Wird sie gleich loslaufen oder hat sie das herannahende Auto gesehen und bleibt stehen? Die Erkennung solcher Posen ist das Steckpferd von Cristóbal Curio. Der Professor für kognitive Systeme an der Hochschule Reutlingen entwickelt Algorithmen zur 3D-Erkennung von Posen, sogar die Blickrichtung kann einer der Algorithmen erkennen.

Und so war es fast unausweichlich, dass die Interessen von Curio und von Continental in ein gemeinsames Projekt münden. In einem internen Kolloquium vor Continental-Ingenieuren hatte Curio seine Forschung vorgestellt und damit Interesse an einer Zusammenarbeit geweckt. Das daraus folgende Projekt dauerte drei Jahre. Es wurde im April 2022 abgeschlossen und mündete in eine hochkarätige Publikation mit Continental auf der Konferenz IEEE ICCV in Paris. Continental finanzierte es, mit dem Geld wurde eine Doktorandenstelle an der Hochschule geschaffen. Curio: „Eine tolle Art der Zusammenarbeit, die neue Erkenntnisse sowohl für die Forschung als auch für die Anwendung brachte.“ Michelle Karg, Expertin für maschinelles Lernen bei Continental, stimmt zu: „Wir haben aus der Zusammenarbeit mit der Hochschule Reutlingen sehr gute Ergebnisse für unsere weitere Entwicklung erhalten – insbesondere in der Erkennung von verkehrsrelevanten Posen von Fußgängern und der Robustheit der Aussagen von neuronalen Netzwerken.“

Ein wichtiger Aspekt für Karg ist die Konfidenz-Schätzung. Diese ermittelt, wie sicher sich ein Erkennungsverfahren ist, ein Objekt richtig erkannt zu haben. Ist der Wert sehr groß, ist sich der Algorithmus ganz sicher, ein niedriger Wert gibt an, dass Zweifel bestehen. In dem Projekt hat Lennart Bramlage, wissenschaftlicher Angestellter an der Hochschule Reutlingen, dazu einen Algorithmus entwickelt und mit zahlreichen Videos von Fußgängern gefüttert. Wenn eine Person mit dunkler Kleidung vor einem dunklen Gebäude steht und noch von einem Laternenmast halb verdeckt wird, ist die Unsicherheit erwartungsgemäß hoch. Der Algorithmus kann die Person dann nicht eindeutig erkennen und auch nicht vorhersagen, was sie als nächstes tut. Ein autonom fahrendes Auto könnte dann Alarm schlagen und den Fahrer auffordern, das Steuer zu übernehmen.

Für Cristóbal Curio ist interessant, welche und wie viele Daten der Algorithmus braucht, um die Unsicherheiten zu reduzieren.



Regression mit Konfidenz Schätzung – grün: Unsicherheit wegen unbekannter Daten, lila: Unsicherheit wegen natürlichem Rauschens

Dafür kommen sowohl synthetische Daten in Frage als auch Videos von Menschen aus dem Motion Capture Labor an der Hochschule, in dem Bewegungen von Personen erfasst werden – mit Technik wie in Hollywood-Filmen. Ein neues Labor befindet sich derzeit im Aufbau, in einer großen Halle in Reutlingen, die noch deutlich mehr Möglichkeiten bietet. Im Projekt AIDA – kurz für „Human-centered Interactive Artificial Intelligence Data-Incubation Center“ – können dann reale Verkehrssituationen nachgestellt werden, sogar LKW können in die Halle fahren. AIDA wird vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg mit insgesamt rund 1,9 Millionen Euro gefördert, das sind 60 Prozent des knapp 3,2 Millionen Euro Gesamtvolumens. Den Rest steuern zahlreiche Industriepartner bei, die sich auch mit ihrer Expertise an dem KI-Ökosystem beteiligen. Curio: „Wir erzeugen unter Partizipation der Kommune relevante Daten, welche die Forschung zum autonomen Fahren beschleunigen und gleichzeitig für mehr Sicherheit und Akzeptanz sorgen wird.“

BERND MÜLLER



↓  
[www.reutlingen-university.de/research6/curio/paper](http://www.reutlingen-university.de/research6/curio/paper)

→ [www.reutlingen-university.de/curio/video](http://www.reutlingen-university.de/curio/video)

→ [aida.reutlingen-university.de/](http://aida.reutlingen-university.de/)



Kofinanziert von der Europäischen Union



Baden-Württemberg

## WILL SHE STAY, OR WILL SHE GO?

Autonomous cars must predict what pedestrians will do next. To do this, AI models are fed with vast amounts of training data. In a research project with Continental, Professor Cristóbal Curio has analysed just how reliable these models are.

PORSCH

```
import java.util.Objects;

public class Main {
    private static final String URL = "https://porsche.com/karriere";

    public static void main(String[] args) {
        if (args.length == 0) {
            System.out.println("Please provide a name as the first argument.");
            return;
        }
        String name = Objects.requireNonNull(args[0], "Name must not be null");
        WelcomeMessage welcomeMessage = new WelcomeMessage();
        welcomeMessage.welcome(name, true, URL);
    }
}

class WelcomeMessage {
    public void welcome(String name, boolean interested, String url) {
        System.out.println("Hello, " + name);
        if (interested) {
            System.out.println("Interesting job opportunities");
        } else {
            System.out.println("Please visit " + url +
                " for interesting job opportunities");
        }
        System.out.println("What is your dream job?");
    }
}
```

CODE



## Die beste Open-Source-Software: Träume.

PORSCHE.DE/TRAJOB

Taycan 4 Cross Turismo (WLTP): Stromverbrauch kombiniert: 22,0–18,7 kWh/100 km; CO<sub>2</sub>-Emissionen kombiniert: 0 g/km; CO<sub>2</sub>-Klasse: A;  
 Taycan 4S Cross Turismo (WLTP): Stromverbrauch kombiniert: 22,0–18,8 kWh/100 km; CO<sub>2</sub>-Emissionen kombiniert: 0 g/km; CO<sub>2</sub>-Klasse: A;  
 Taycan Turbo Cross Turismo (WLTP): Stromverbrauch kombiniert: 22,0–19,1 kWh/100 km; CO<sub>2</sub>-Emissionen kombiniert: 0 g/km; CO<sub>2</sub>-Klasse: A;  
 Taycan Turbo S Cross Turismo (WLTP): Stromverbrauch kombiniert: 22,0–19,1 kWh/100 km; CO<sub>2</sub>-Emissionen kombiniert: 0 g/km; CO<sub>2</sub>-Klasse: A;  
 Stand 04/2024

# Alles was Recht ist

Wird KI in Zukunft **Anwälte und Richter** ersetzen? Eine Prüfung zu Wirtschaftsrecht würde ChatGPT schon bestehen, wie Professor Sascha Schweitzer in einer Studie zusammen mit Professor Markus Conrads gezeigt hat.

Vor Gericht und auf hoher See ist man in Gottes Hand, lautet eine Juristenweisheit aus dem alten Rom. Oder in Händen einer KI, könnte man neuerdings hinzufügen. Derzeit gibt es viele Versuche, ChatGPT im Rechtswesen einzusetzen. Berichte aus den USA zeichnen dabei ein widersprüchliches Bild. Eine Studie dazu veröffentlichte 2023 OpenAI, das Unternehmen hinter ChatGPT: Im Rahmen dieser Studie bestand der Chatbot eine simulierte Anwalts-Prüfung mit Bravour und lag innerhalb der oberen zehn Prozent der Studierenden. Andererseits wurde kürzlich ein US-Anwalt zu einer Geldstrafe verurteilt, weil er in einem Gutachten sechs Präzedenzfälle zitiert hatte, die es gar nicht gab – ChatGPT hatte sie einfach erfunden.

Was kann der Chatbot von OpenAI denn nun tatsächlich? Sascha Schweitzer wollte es genauer wissen. Der Professor für BWL und Data Science an der ESB Business School hat ChatGPT mit 200 Fällen aus dem Wirtschafts- und Arbeitsrecht gefüttert. Das Ergebnis: Auch diese Prüfung hätte die KI bestanden, allerdings nur knapp, bei komplexeren Fällen wäre sie durchgefallen. Die im Vergleich zur OpenAI-Studie geringere Quote erklärt sich durch das andere Prüfungsdesign mit weniger Multiple-Choice-Tests. In Deutschland müssen die Studierenden aufwändigere Lösungen im Gutachterstil liefern. Die Studie ist eine der ersten, die die Antworten des Chatbots objektiv bewertet

Dass Anwälte und Richter bald arbeitslos werden, glaubt Schweitzer nicht. Im Gegenteil: Es könne auch einen Rebound-Effekt geben, wodurch sogar noch mehr Juristen gebraucht würden. Nämlich dann, wenn automatisierte Chatbots mit massenhaften Klagen die Gerichte fluteten. Andere Chatbots müssten in einem solchen Fall die Verteidigung übernehmen. „Es könnte zu einem regelrechten KI-Wettrüsten bei der Rechtsauslegung

kommen“, skizziert der Reutlinger Wissenschaftler. Als Unterstützung für Juristen, etwa zum verständlichen Schreiben, sei die KI aber schon heute nützlich.

Die Studie habe in Juristenkreisen große Aufmerksamkeit bekommen, sagt Schweitzer. Auch ESB-intern hat sie wohl Konsequenzen. Der Trend, in einzelnen Prüfungen digitale Hilfsmittel wie Tablets mitbringen zu dürfen, hat sich bereits umgekehrt und Dozenten setzen zunehmend wieder auf Stift und Papier. Auch werden kurze Hausarbeiten – ein gefundenes Fressen für ChatGPT – vermutlich wegfallen. Ein Totalverbot lehnt Sascha Schweitzer aber ab: „Die Studierenden sollen lernen, KI-Tools sinnvoll und kritisch einzusetzen. Dafür müssen sie aber den Umgang damit üben.“

Lesen Sie mehr über den Umgang der Hochschule Reutlingen mit ChatGPT im Interview mit Professor Arjan Kozica, Vizepräsident für Studium, Lehre und Weiterbildung (siehe Seite 7).

BERND MÜLLER

Professor Markus Conrads (links) und Professor Sascha Schweitzer (rechts)



### EVERYTHING THAT IS LEGAL

ChatGPT passes exams in business law – if the questions are not too complex that is. Professors Sascha Schweitzer and Markus Conrads have confirmed this. Their study has consequences for exam regulations at the ESB – but both reject a total ban on AI tools in degree programmes.





# Der Kampf gegen Softwarefehler: Qualitätssicherung in der Raumfahrt

*Im Projekt ANUKI wollen die Professoren Marco Kuhrmann und Jürgen Münch die Software-Entwicklung für die Raumfahrt sicherer und schneller machen.*

Einmal einem Astronauten die Hand schütteln: Für Marco Kuhrmann ging dieser Traum am 4. Mai 2023 in Erfüllung. Auf der Digitalisierungskonferenz der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR in Düsseldorf hielt Alexander Gerst einen Vortrag und so kam es zu dem Treffen. Was der bekannte Astronaut vermutlich nicht wusste: Kuhrmann, Professor für agile Software-Entwicklung am Herman Hollerith Zentrum der Hochschule Reutlingen, sorgt mit dafür, dass Gerst und seine Kollegen sicher ins All und wieder zurück kommen.

Wenn Raketen explodieren oder Satelliten ihr Ziel verfehlen, ist oft die Software das Problem. Wie beim japanischen Hitomi Space Telescope, als die Lagekontrolle versagte und das Teleskop sich selbst in eine immer schnelle Rotation versetzte, die

es schließlich wortwörtlich zerriss. Oder bei der Mars Global Surveyor Mission, bei der ein fehlerhaftes Softwareupdate die Energieversorgung und die Lagekontrolle so beeinträchtigte, dass die Sonde, genauer ihre Batterie, schlussendlich überhitzte und ausfiel, was das Ende der Mission bedeutete.

Solche Probleme, die aus fehlerhafter Software resultieren, möchte Marco Kuhrmann künftig vermeiden. Gemeinsam mit Jürgen Münch, Professor für Software-Engineering am HHZ, entwickelt er im Projekt ANUKI neue Konzepte und Werkzeuge, um mit Hilfe von KI Auffälligkeiten in der Software-Entwicklung früh zu erkennen und sichtbar zu machen. Das beginnt bereits bei den Anforderungen. Die sind meist in Dokumenten auf tausenden Seiten festgehalten, die Fehler enthalten können oder

nicht eindeutig sind. In ANUKI setzen die HHZ-Wissenschaftler KI-Algorithmen auf diese Texte an und finden so heraus, wo es Probleme gibt. Diese sollen abgefangen werden, damit sie später nicht zu ernsthaften Risiken anwachsen und die Mission gefährden.

Die Gruppe Digitalisierung, Software und Künstliche Intelligenz (DiSoKI) der Deutschen Raumfahrtagentur fördert das Verbundprojekt ANUKI (FKZ: 50RM2104A, 50RM2104B) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz mit fast 1,3 Millionen Euro. Neben dem HHZ sind die Universität Passau sowie drei Industriepartner beteiligt. Ziel von ANUKI und möglicher Folgeprojekte ist es, Entscheidungsfindungsprozesse zu verbessern, um Fehlentwicklungen so früh wie möglich zu erkennen und zu vermeiden. „Raumfahrtprojekte sind komplex. Wird ein Problem nicht früh erkannt, sieht man es im schlimmsten Fall erst, wenn etwa eine Sonde zerstört ist“, sagt Marco Kuhrmann. Und Jürgen Münch ergänzt: „Die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen dem Herman Hollerith Zentrum der Hochschule Reutlingen und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bei ANUKI unterstreicht nicht nur das Engagement beider Institutionen für die Weiterentwicklung der Raumfahrtsoftware, sondern auch ihre gemeinsame Vision für eine sicherere und effizientere Raumfahrt.“

BERND MÜLLER

Von links nach rechts: Alexander Gerst, Professor Jürgen Münch, Professor Marco Kuhrmann



## THE BATTLE AGAINST SOFTWARE ERRORS: QUALITY ASSURANCE IN AEROSPACE

When a space mission fails, the software is often to blame. In the ANUKI project, professors Marco Kuhrmann and Jürgen Münch are developing software for space travel that is both safer and faster. Christian Prause from the German Space Agency at the German Aerospace Centre (DLR) knows exactly what is needed.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

 **Steinbeis**

## STEINBEIS – TRANSFERPARTNER DER HOCHSCHULE REUTLINGEN

Eine Unternehmensgründung ist Vertrauenssache. Steinbeis ist ein starker Partner für Professoren, Hochschulangehörige wie auch für junge studentische Gründer, die ihre Expertise neben Lehre, Studium und Forschung an der Hochschule auch in Projekte mit Partnern aus der Wirtschaft und Industrie einbringen können. Hochschule und Wirtschaft können sich gegenseitig befruchten: die Praxisnähe sichert die Aktualität der Lehre, der wissenschaftliche Fortschritt aus der Hochschule kommt der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zugute. Mit diesem Konzept hat sich Steinbeis seit Beginn der 1980er-Jahre zu einer der größten Start-up-Plattformen in Europa entwickelt.

Die Hochschule Reutlingen und Steinbeis verbindet eine Jahre lange sehr erfolgreiche Zusammenarbeit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer. Seit 2014 gibt es das Kooperationsunternehmen Steinbeis Transfer GmbH an der Hochschule Reutlingen: Verlässlich und unbürokratisch finden hier vor allem kleine und mittlere Unternehmen Ansprechpartner für Forschung, Entwicklung und Beratungsprojekte.



**GRÜNDEN  
mit Steinbeis**

Steinbeis-Stiftung | Vor Ort in der Region Neckar-Alb: [www.steinbeis-reutlingen.de](http://www.steinbeis-reutlingen.de)

199385-2023-08-21

# 3 Fragen an Christian Prause, Leiter der Gruppe DiSoKI im DLR

INTERVIEW: BERND MÜLLER

**Die Explosion beim Erststart der Ariane 5 wurde durch einen Software-Fehler ausgelöst. Solche Fehler gibt es immer wieder. Ist die Software bei Raumfahrtmissionen noch beherrschbar?**

**Christian Prause:** Ob eine Rakete abhebt, oder wie ein Satellit im Orbit arbeitet – alles wird durch Software gesteuert. Mit der Bedeutung von Software nimmt ihre Komplexität zu, es häufen sich die Berichte über Mängel. Weil es sich bei den Systemen meistens um Unikate handelt, muss alles beim ersten – und einzigen – Start funktionieren.

**Wie stellt man sicher, dass Software in der Raumfahrt keine Fehler enthält?**

**Christian Prause:** Die Deutsche Raumfahrtagentur tritt in ihren Missionen und Projekten als eigenständiger Auftrag- oder Zuwendungsgeber im Namen der Bundesregierung auf. Dabei ergreifen wir Maßnahmen, welche die Qualität sicherstellen, angepasst an das jeweilige Projekt. In unserer Gruppe DiSoKI entwickeln wir außerdem Technologien, um Software-Entwicklungsverfahren

zu verbessern. Dazu haben wir unter anderem das Projekt AENEAS durchgeführt. Es nutzt Metriken – man könnte auch sagen: Kennzahlen –, die die Qualität von Software bewerten. Das kann die Zahl der Codezeilen sein oder die Zahl der offenen – also noch nicht behobenen – und geschlossenen Fehler im Code und vieles mehr. Ein weiteres Projekt – ANUKI – dient als kreativer Ideengeber und erforscht neue Perspektiven, die später in die Fortentwicklung der Technologie einfließen sollen.

**Space-X in den USA verfolgt einen anderen Ansatz. Dort nimmt man Fehlschläge in Kauf, wie bei der dreimaligen Explosion der Riesenrakete Starship. Wäre das kein Weg für Europa?**

**Christian Prause:** Nein, weil hier die Raumfahrt mit Steuergeldern finanziert wird und nicht von einem Multimilliardär. Einen Fehlschlag wie beim Starship können wir uns nicht leisten. Dennoch sind die Erfolge des bei Space-X zugrundeliegenden „New Space“-Ansatzes nicht von der Hand zu weisen. Wir schauen uns das alles sehr genau an, um für uns einen Weg zu finden, wie wir die nationale und europäische Raumfahrt im internationalen Wettbewerb besser für die Zukunft aufstellen können.

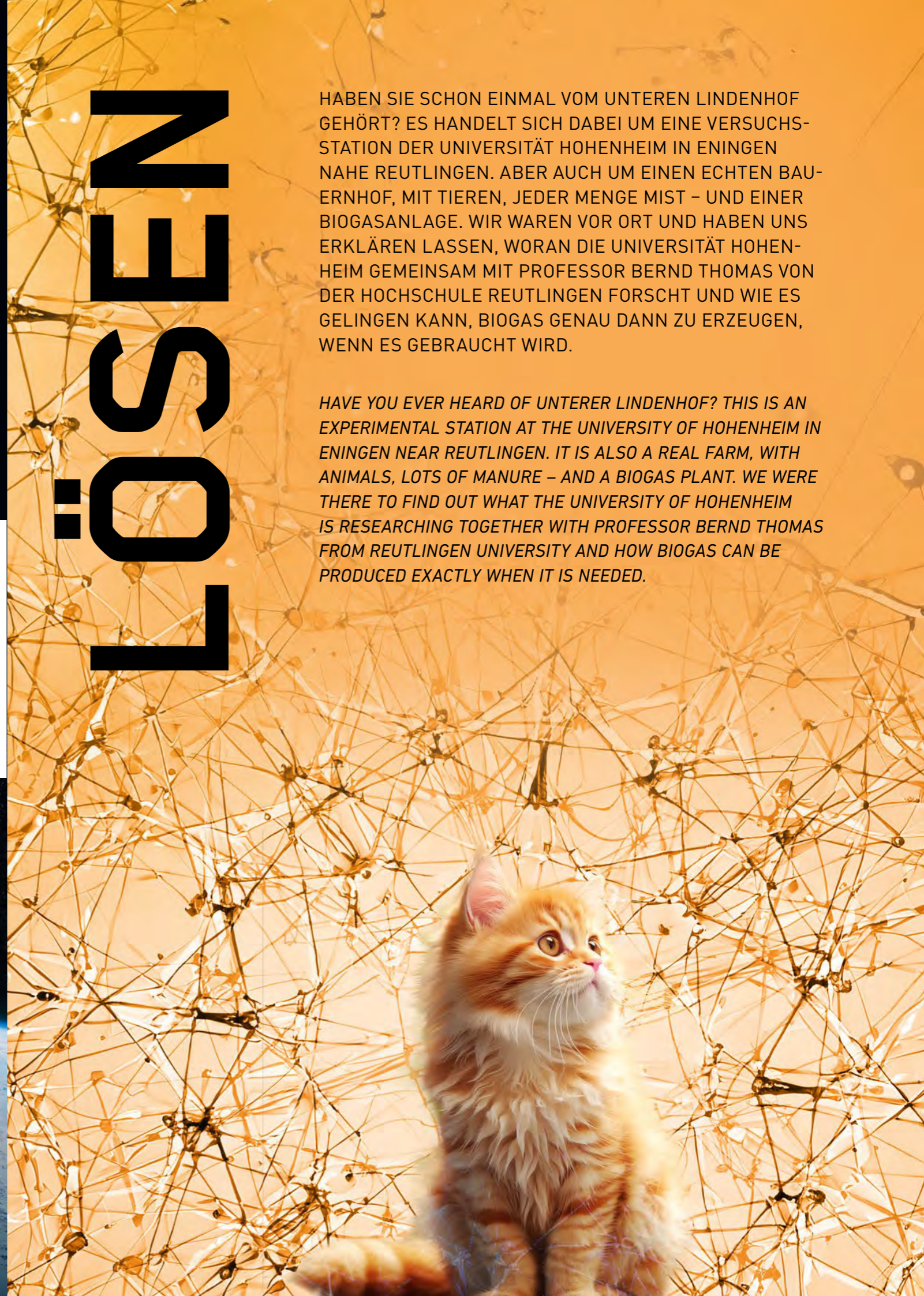
## Über die Raumfahrtagentur im DLR

Die Deutsche Raumfahrtagentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist der zentrale Ansprechpartner der Bundesregierung, der Wissenschaft und der Industrie für Raumfahrtthemen. Sie entwickelt das Deutsche Raumfahrtprogramm und finanziert die Raumfahrtaktivitäten Deutschlands. Außerdem managet sie die deutschen Raumfahrttätigkeiten auf europäischer und internationaler Ebene. Die Raumfahrtagentur koordiniert viele Forschungsprojekte, darunter über 200 Projekte, die sich mit KI beschäftigen – wie ANUKI. Kurzum: 100% Raumfahrt.

# NEWS SOFT

HABEN SIE SCHON EINMAL VOM UNTEREN LINDENHOF GEHÖRT? ES HANDELT SICH DABEI UM EINE VERSUCHSSTATION DER UNIVERSITÄT HOHENHEIM IN ENINGEN NAHE REUTLINGEN. ABER AUCH UM EINEN ECHTEN BAUERNHOF, MIT TIEREN, JEDER MENGE MIST – UND EINER BIOGASANLAGE. WIR WAREN VOR ORT UND HABEN UNS ERKLÄREN LASSEN, WORAN DIE UNIVERSITÄT HOHENHEIM GEMEINSAM MIT PROFESSOR BERND THOMAS VON DER HOCHSCHULE REUTLINGEN FORSCHT UND WIE ES GELINGEN KANN, BIOGAS GENAU DANN ZU ERZEUGEN, WENN ES GEBRAUCHT WIRD.

*HAVE YOU EVER HEARD OF UNTERER LINDENHOF? THIS IS AN EXPERIMENTAL STATION AT THE UNIVERSITY OF HOHENHEIM IN ENINGEN NEAR REUTLINGEN. IT IS ALSO A REAL FARM, WITH ANIMALS, LOTS OF MANURE – AND A BIOGAS PLANT. WE WERE THERE TO FIND OUT WHAT THE UNIVERSITY OF HOHENHEIM IS RESEARCHING TOGETHER WITH PROFESSOR BERND THOMAS FROM REUTLINGEN UNIVERSITY AND HOW BIOGAS CAN BE PRODUCED EXACTLY WHEN IT IS NEEDED.*



# Biogas: Füttern nach Plan

*Energiebedarf vorhanden, aber keine Sonne und kein Wind in Sicht? Kein Problem in der Forschungsbiogasanlage der Universität Hohenheim „Unterer Lindenhof“. Dann läuft dort das Blockheizkraftwerk an. Doch wie erzeugt man **Biogas** genau dann, wenn es gebraucht wird? Professor Bernd Thomas von der Fakultät Technik kennt die Lösung.*

Die mächtigen Zähne der Baggerschaufel beißen in den Berg aus feuchter Gras- und Maissilage. Mehrere Zentner der braunen Masse reißen sie aus dem meterhohen Haufen. Mit lautem Brummen fährt das Ungetüm zu einem großen grünen Trichter und wirft die Ladung hinein. Fütterungszeit! In den nächsten Tagen werden Milliarden Bakterien die Silage und ein wenig Pferde- und Kuhmist verdauen und in dem Fermenter unter dem Trichter viele Kubikmeter Biogas erzeugen. Aus dem runden Betonbunker führt ein Rohr in den Nachgärer und schließlich in einen Gasspeicher, dessen Gummibläse sich unter dem Druck des Gases in den Himmel bläht. Von dort geht es nach Nebenan, wo der Gasmotor eines Blockheizkraftwerks unter ohrenbetäubendem Lärm Strom erzeugt – in der Spitze mit einer elektrischen Leistung von 355 Kilowatt.

Dr. Johannes Krümpel nimmt den Gehörschutz ab und erzählt, was sein „Baby“ so besonders macht. Denn Blockheizkraftwerke, die aus Biogas Strom und Wärme erzeugen, gibt es heute auf vielen landwirtschaftlichen Betrieben. Aber der Untere Lindenhof, die Versuchsstation der Universität Hohenheim, ist etwas Besonderes. Hier in Eningen nahe Reutlingen ist es zum ersten Mal gelungen, ein Blockheizkraftwerk mit Biogas bedarfsgerecht zu betreiben. Bedarfsgerecht heißt: Die Erzeugung von Strom und Wärme passt sich mittels KI-basierter Algorithmen an die Nachfrage an – in diesem Fall an die des Lindenhofs und der Haushalte von Eningen.

Warum das so schwierig ist, demonstriert Johannes Krümpel, der an der Universität Hohenheim als Postdoc arbeitet, an einer Grafik. Diese zeigt, wie die Bakterien in dem Fermenter ihr Futter verdauen. Kaum ist die Silage durch den Trichter gefallen, stürzen sich die unsichtbaren Mikroben mit einem wahren Heißhunger auf die Pflanzenreste und die Gülle. Die Gasproduktion schnellt nach oben, nach etwa zwei Tagen ist die Hälfte des Futters umgesetzt, dann nimmt sie langsam ab bis das nächste Mal gefüttert wird. Das war so erwünscht, solange das Erneuerbare-Energien-Gesetz grünen Strom subventioniert hat, egal wann er erzeugt wurde – selbst wenn man ihn gerade gar nicht brauchte.

Viele landwirtschaftliche Betriebe betreiben ihre Blockheizkraftwerke immer noch nach diesem Motto: einfach laufen lassen. Doch die Sache hat einen großen Haken: Eigentlich will man gar keine



*Bedarfsgerecht heißt: Die Erzeugung von Strom und Wärme passt sich mittels KI-basierter Algorithmen an die Nachfrage an.*

**Eigentlich will man gar keine gleichmäßige Stromerzeugung, denn tagsüber speisen viele Photovoltaikanlagen Strom ins Netz**

gleichmäßige Stromerzeugung, denn tagsüber speisen viele Photovoltaikanlagen Strom ins Netz – auch der Untere Lindenhof erzeugt Solarstrom. Genauso liefern Windkraftanlagen mal mehr, mal weniger Strom. Ein ideales Blockheizkraftwerk würde also nur dann Strom erzeugen, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht – also die fehlende Energie bereitstellt, die Sonne und Wind in dem Moment nicht liefern können, und damit die so genannte Residuallast deckt. Mittlerweile hat der Gesetzgeber reagiert: Er zahlt eine Flexibilitätsprämie, wenn Strom dann erzeugt wird, wenn er tatsächlich gebraucht wird.

All das kümmert die Hühner und Schweine in dem Forschungsbauernhof nicht, sie essen und verdauen munter weiter, auch Gras und Mais wachsen dann wenn sie eben wachsen. Benötigt wird ein Modell,

das die Stromerzeugung aus Sonne und Wind anhand von Wetterprognosen kennt und außerdem den Strom- und Wärmebedarf des Hofes und der Haushalte in Enningen vorhersagt. Bei geringerem Bedarf könnte der Bagger den Trichter seltener befüllen und die Bakterien im Fermenter etwas auf Diät setzen. Überschüssiges Gas würde im Speicher gelagert und später verstromt.

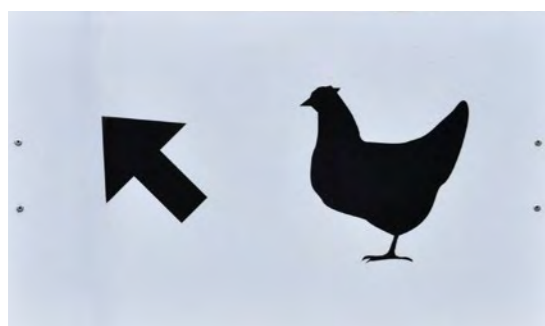
Alles nicht so einfach, aber möglich. Das hat ein Forschungsprojekt bewiesen, das Johannes Krümpel und Andreas Lemmer von der Universität Hohenheim mit Bernd Thomas von der Hochschule Reutlingen erfolgreich abgeschlossen haben und das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft mit insgesamt



820.000 Euro gefördert wurde [PowerLand 4.2 – Smart and Innovative Land Power Systems, Förderkennzeichen 22404618]. Der Gasmotor des Blockheizkraftwerks kann heute bedarfsgerecht strom- oder wärmegeführt betrieben werden, also je nach Nachfrage mit Fokus auf Strom- oder (im Winter) auf Wärmeerzeugung.

**BIOGAS: FEEDING ACCORDING TO PLAN**

When the sun and wind fail to provide energy, biogas plants are being used instead on many farms. Professor Bernd Thomas and his colleagues from the research biogas plant "Unterer Lindenhof" at the University of Hohenheim have shown how biogas production can be regulated using a feeding plan.



Die Prognose, die auf historischen Daten des Strom- und Wärmebedarfs beruht, reicht 48 Stunden in die Zukunft und steuert die Dosierung im Fermenter.

Mit dem im Projekt erarbeiteten Modell lässt sich ein Fütterungsplan für die Biogasanlage erstellen, so dass sie genau dann Gas liefert, wenn es gebraucht wird. Dieser Fütterungsplan kann automatisch mit Hilfe eines Dosiersystems abgearbeitet werden – der Landwirt hat keinen Aufwand damit. Er braucht keine größeren Gasspeicher und keine extra Messtechnik zur Erfassung der Daten. Die Arbeitsgruppe aus Hohenheim hat mit einfachen Modellen erfolgreich im Praxismaßstab gezeigt, dass eine Vorhersage der Biogasproduktion und das Ableiten eines Fütterungsplanes möglich ist.

Werden jetzt alle landwirtschaftlichen Betriebe mit Biogas-Blockheizkraftwerk das Modell nutzen? „Das wäre die Idealvorstellung“, sagt Bernd Thomas. Die meisten Betreiber wollten ihre Anlage aber nicht verändern oder mit Computermodellen optimieren lassen, da insbesondere der Ertrag trotz Flexibilitätsprämie noch zu gering sei. Auch müssten er und die Kollegen aus Hohenheim noch ihre Hausaufgaben machen. „Wir müssen an der Lösung noch ein wenig weiter feilen und sie verallgemeinern, um daraus ein marktfähiges Produkt zu machen“, so Thomas. „Wenn uns das gelingt, können wir einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.“

BERND MÜLLER



↓ [www.powerland42.de](http://www.powerland42.de)

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

**Einstiegsmöglichkeiten für Studierende und Absolventen**

Das Universitätsklinikum Tübingen (UKT) ist ein führendes Zentrum der deutschen Hochschulmedizin, in dem jährlich ca. 75.000 Patientinnen und Patienten stationär und ca. 380.000 ambulant behandelt werden. Im Geschäftsbereich Informationstechnologie (GB IT) sind alle IT-Aktivitäten des Universitätsklinikums gebündelt.

Der GB IT ist interner Service-Provider und Partner und arbeitet eng mit den verschiedenen Kliniken, Instituten und zentralen Bereichen zusammen. Er orientiert sich in seinen Betriebsprozessen an den Standards der IT Infrastructure Library (ITIL) und in Projekten und der Entwicklung an der Projektmethodik der Gesellschaft für Projektmanagement (GPM) sowie agilen Methoden.

**Möglichkeiten im IT-Bereich**

- Werkstudententätigkeit
- Paxissemester
- Bachelor- und Masterarbeiten
- Berufseinstieg



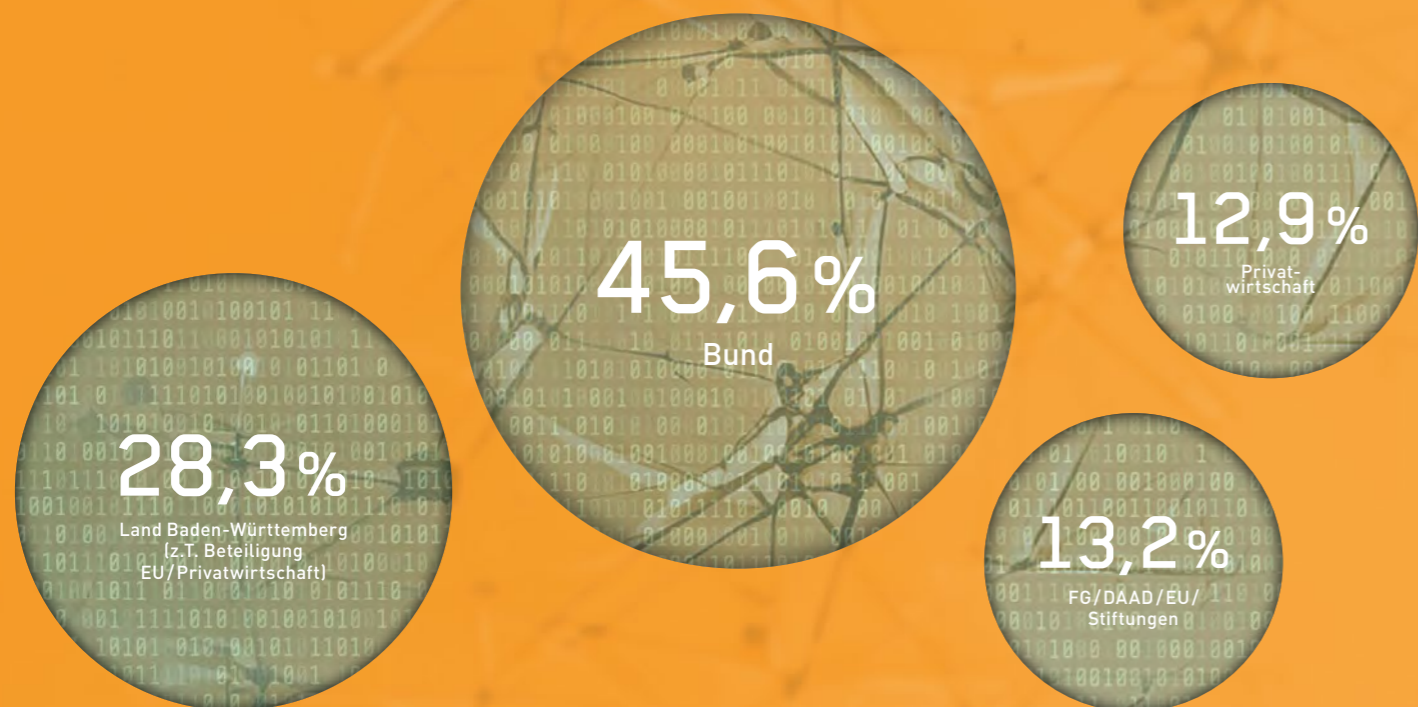
Weitere Infos unter [www.medizin.uni-tuebingen.de/karriere](http://www.medizin.uni-tuebingen.de/karriere)

Universitätsklinikum Tübingen | Geissweg 3 | 72076 Tübingen  
karriere@med.uni-tuebingen.de | [www.medizin.uni-tuebingen.de](http://www.medizin.uni-tuebingen.de)



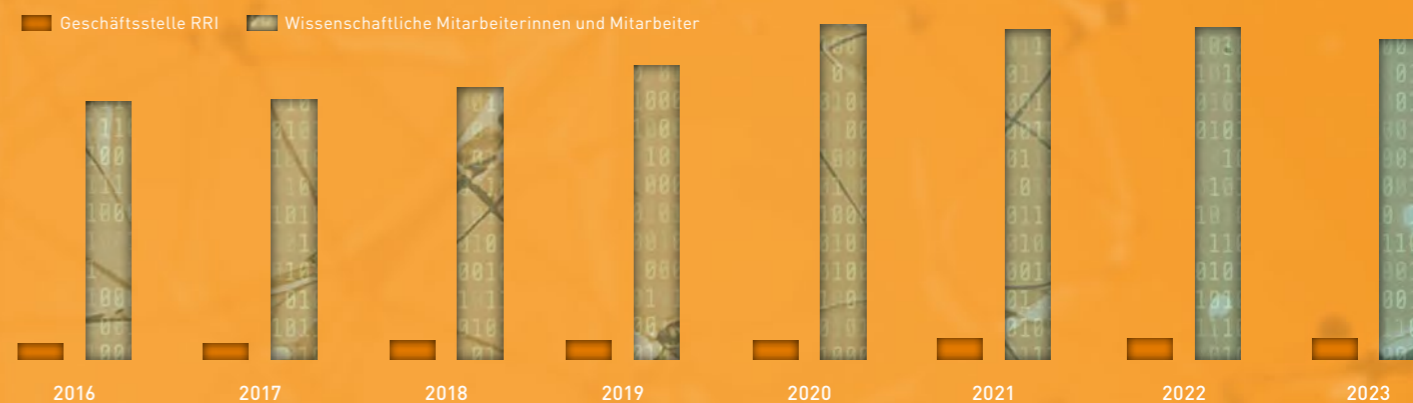
# Zahlen & Fakten

## Herkunft der in 2023 eingeworbenen Forschungsprojektmittel



## Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Vollzeit und Teilzeit

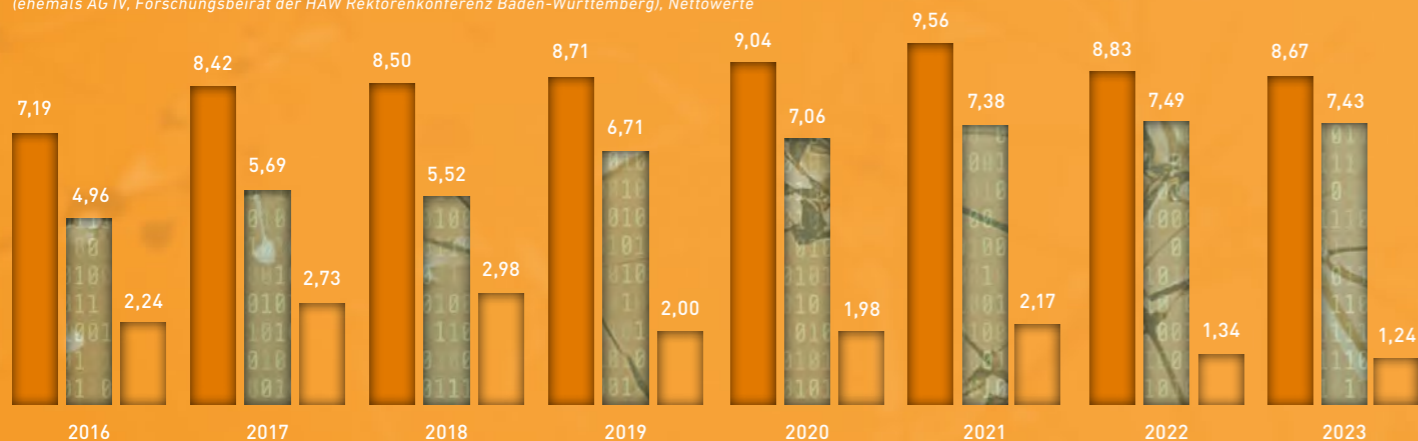


Im Zeitraum eines Jahres in der Forschung beschäftigte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (keine Vollzeitäquivalente)

Jahr	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Gesamt	115	116	122	131	148	147	148	143
Geschäftsstelle RRI	7	7	8	8	8	9	9	9
Wiss. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	108	109	114	123	140	138	139	134

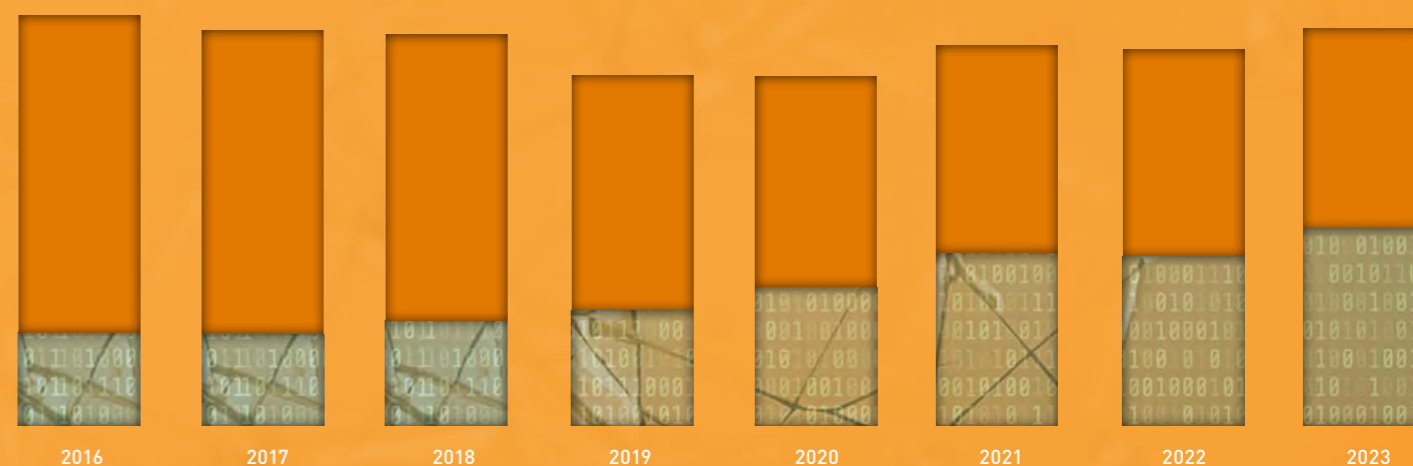
## Forschungsdrittmittel

Eingegangene Forschungsdrittmittel in Mio. € berechne nach den Kriterien der AG „Qualität in der Forschung“ (ehemals AG IV, Forschungsbeirat der HAW Rektorenkonferenz Baden-Württemberg), Nettowerte



## Wissenschaftliche Publikationen

Peer-Review-Publikationen (dunkelblau) und Einfache wissenschaftliche Publikationen (orange)



Anzahl Publikationen (Dissertationen als Peer-Review-Publikationen gezählt)

Jahr	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Gesamt	278	268	265	238	237	258	255	270
Einfache wiss. Publikationen	215	206	194	160	143	141	140	136
Peer-Review-Publikationen	63	62	71	78	94	117	115	134

## Forschungsprojekte

Anzahl der aktiven Forschungsprojekte im Zeitraum eines Jahres



# Impressum

## Herausgeber

Reutlingen Research Institute, Hochschule Reutlingen / Präsident Prof. Dr. Hendrik Brumme

## Redaktion

Gesamtverantwortung: Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas, Prof. Dr.-Ing. Anja Braun, Prof. Dr.-Ing. Gernot Schullerus

Redaktion: Lilith Langeheine

Schlussredaktion: Anja Braun

## Übersetzung

Georgina Hodge

## Fotos

Hochschule Reutlingen,

Titel KI generiert, S. 4 (unten) Jörg Künstle, S. 5 (rechts) Vadimsadovski/stock.adobe.com, S. 6 KI generiert, S. 10 KI generiert,

S. 11 KI generiert, S. 13 Bernd Müller, S. 16 – 17 KI generiert, S. 21 Bernd Müller, S. 23 Bernd Müller, S. 24 – 27 Jörg Künstle,

S. 28 Bernd Müller, S. 32 – 33 KI generiert, S. 34 Bernd Müller, S. 34 Bernd Müller, S. 35 – 41 Idee und Story: Ralf Bitzer

1st.Impulse | www.1stimpulse.de, Illustration: Marian Meinhardt-Schönfeld Mamei | www.mamei.com, S. 42-43 Bernd Müller,

S. 44 Continental, S. 48 Vadimsadovski/stock.adobe.com, S. 50 dimazel/stock.adobe.com, S. 56 – 57 KI generiert,

S. 51 KI generiert, S. 52 - 55 Bernd Müller, S. 59 KI generiert

KI generierte Bilder wurden mit Midjourney oder Adobe Firefly erstellt

## Auflagenhöhe

3.500

## Druck

Sautter GmbH, Reutlingen

## Gestaltung

REFORM DESIGN, Stuttgart

## Erscheinungsdatum

September 2024, P-ISSN: 2568-8103, E-ISSN: 2568-8111

## Digitale Ausgabe

www.reutlingen-university.de/research

## Anzeigen

Robert Bosch GmbH, BKW Kälte-Wärme-Versorgungstechnik GmbH, GER Gewerbeimmobilien Reutlingen GmbH & Co. KG /

INNOPORT, iT Engineering Software Innovations GmbH, mgm technology partners gmbh, FairNetz GmbH, Die Verbände der

Chemie- und Pharma-Industrie Baden-Württemberg, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Steinbeis GmbH & Co. KG für Technologie-

transfer, Universitätsklinikum Tübingen, Kreissparkasse Reutlingen

## Urheberrecht

Hochschule Reutlingen, alle Rechte vorbehalten

## Adresse

Hochschule Reutlingen

Reutlingen University

Reutlingen Research Institute

Alteburgstraße 150, 72762 Reutlingen

T. 07121 271-1461

rri@reutlingen-university.de

www.reutlingen-university.de

# 80 TERAWATTSTUNDEN

wird der Energieverbrauch weltweit durch Künstliche Intelligenz in wenigen Jahren betragen. Das entspricht dem Elektrizitätsbedarf von Ländern wie den Niederlanden oder Argentinien. Rechenzentren, die KI betreiben, sind mittlerweile für etwa vier bis fünf Prozent des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich.

(Quelle: Stromverbrauch KI (enviam-gruppe.de))

# 16 PROZENT

beträgt die Energieeinsparung durch KI in Industrie und Einzelhandel in den kommenden drei bis fünf Jahren. Gebäude können mit KI sogar 30% Energie einsparen. Hohe Optimierungspotenzial sehen HSRT-Forschende bei Blockheizkraftwerken und Inselnetzen (siehe Seite 20).

(Quelle: Energie sparen mit der Künstlichen Intelligenz? (energycity.de))

# 100 BILLIONEN PARAMETER

hat der Datensatz, mit dem ChatGPT-4 trainiert wurde.

(Quelle: Die Unterschiede zwischen GPT-4 und GPT3 leicht erklärt (aifollows.eu))

# 150 MILLIARDEN KLEIDUNGSSTÜCKE

werden weltweit pro Jahr hergestellt. Etwa die Hälfte wird nie verkauft oder getragen. KI hilft, Fasern sortenrein zu recyceln (siehe Seite 18).

(Quelle: Emissionen | Grüne Erde (grueneerde.com))

# 430 MILLIARDEN EURO

Um diese Summe wird das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland bis 2030 wachsen, allein durch die Durchdringung mit KI. 64% der Unternehmen erwarten, dass ihre Produktivität durch KI steigt. Gute Beispiele gibt es in der Qualitätssicherung (siehe Seite 11).

(Quelle: KI (AI) Trends, Statistiken und Fakten, die Du kennen solltest – Forbes Advisor Deutschland)

# 22.000 GENE

Gene hat ein Mensch. Einige von ihnen sind für Krankheiten verantwortlich. KI hilft, diese Gene zu identifizieren (siehe Seite 34).

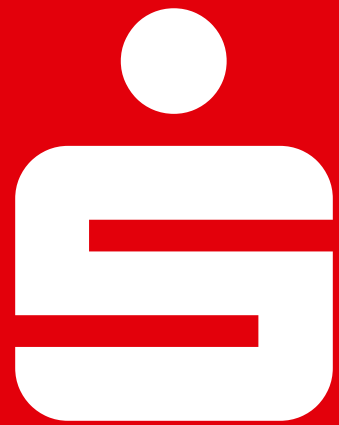


# Geldanlage einfach, persönlich und digital.

## SmartVermögen – Ihre professionelle Geldanlage.

Vertrauen Sie Profis bei Ihrer Wertpapieranlage,  
damit Sie sich entspannt um andere Dinge  
des Lebens kümmern können. Mehr Infos  
bei Ihrem Berater und auf  
[ksk-reutlingen.de/smartvermoegen](https://www.ksk-reutlingen.de/smartvermoegen)

\* Kapitalmarktbedingte Wertschwankungen und daraus resultierende Wertverluste können nicht ausgeschlossen werden.



Kreissparkasse  
Reutlingen