

Unimagazin

Forschungsmagazin der Leibniz Universität Hannover
Ausgabe 01|02 • 2024

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

Jetzt
auch mobil
und online lesen.

<https://online-magazine.uni-hannover.de/>



Künstliche Intelligenz

Game Changer in Wissenschaft und Forschung?



Langfristiger Arbeitsplatz



Attraktive Vergütung



Flexible Arbeitszeit

Pionierleistungen in der Mess- und Steuerungstechnik – dafür steht der Name HEIDENHAIN seit mehr als 135 Jahren. Als Technologieführer treiben wir mit innovativen NC-Steuerungen und Hochpräzisions-Messgeräten neue Entwicklungen in der automatisierten Fertigung voran – u. a. in der Elektronik- und Halbleiterproduktion. Ein ideales Umfeld für technologiebegeisterte Menschen, die mehr bewegen wollen. Wir reinvestieren große Teile unserer Erträge in Forschung und Entwicklung sowie in die Aus- und Weiterbildung unserer Mitarbeiter. So schaffen wir langfristig sichere Arbeitsplätze und ausgezeichnete Zukunftsperspektiven an unserem Hauptsitz in Traunreut oder an unserem Entwicklungsstandort Hannover. Auch für Dich!

Uni-Stipendium

- Technische Informatik
- Informatik
- Elektro- und Informationstechnik

Gefragt sind engagierte Studierende (Bachelor oder Master), die ihre Leidenschaft für Technik später zum Beruf machen möchten. Du gehörst dazu? Dann ist HEIDENHAIN Dein perfekter Partner! Wir bieten Dir die Chance, während des Studiums spannende Praxiserfahrung zu sammeln und Dir von Anfang an wenig Gedanken um die Studienfinanzierung machen zu müssen. Dazu die Perspektive, in ein Hightech-Unternehmen einzusteigen, das Dir vielfältige Möglichkeiten eröffnet. Überzeuge uns durch Deine ansprechenden Leistungen und Dein Engagement.

Oder suchst Du als Informatik-Absolvent (m/w/d) den Berufseinstieg in eine spannende Karriere?

Berufseinstieg für Informatiker (m/w/d) Software-Entwicklung in Hannover

Starte in unserem Software-Team in **Hannover** und entwickle mit uns die Steuerungs-Innovationen für die Werkzeugmaschinen der Zukunft. Es erwarten Dich spannende Aufgaben z. B. in der Entwicklung grafischer Benutzeroberflächen (GUI), geometrischer Algorithmen für mehrdimensionale Bewegungen oder von Software für die Bahninterpolation zukunftsweisender numerischer Steuerungen. Beste Entwicklungsperspektiven inklusive!



Langfristige Perspektiven...

... dafür steht HEIDENHAIN – auch in der Zusammenarbeit mit Studierenden. Deine Entwicklung bei uns startet schon während Deines Studiums und geht im Idealfall nahtlos in eine spannende Karriere bei HEIDENHAIN über. Freu Dich auf:

- Seminare und (Networking-)Events.
- individuelles Coaching und Mentoring.
- eine attraktive Vergütung während des Studiums und beim Direkteinstieg.
- ein tolles Arbeitsklima: kollegial, menschlich, wertschätzend und interessiert.

Bewirb Dich jetzt für das Stipendium mit Förderbeginn in 2025

Nähere Infos unter studium.heidenhain.de oder bei Dr. Florian Schindler:
studium@heidenhain.de / 08669 31-1228

Dein Einstieg als Software-Entwickler (m/w/d)!

Nähere Infos unter heidenhain.de/karriere oder bei Frau Nicole Trübenbach:
professionals@heidenhain.de / 08669 31-3259



[heidenhain_newtalents](https://www.instagram.com/heidenhain_newtalents)



HEIDENHAIN



+49 151 20321805

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

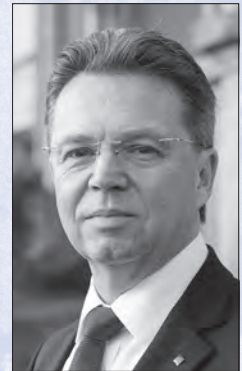
vielleicht haben Sie sich gefragt, was es mit Titelbild auf sich hat: Es ist von einer KI generiert. An diesem Bild haben weder Künstler*innen noch Grafiker*innen gearbeitet, wir haben nicht einmal Grafiksoftware benutzt. Die Urheberrechte gelten für die Aufgabenstellung, den so genannten „Prompt“ und liegen bei der LUH. Sie lautet für dieses Bild: „surrealer Gebäudeplan, organische Strukturen, Innenperspektive, Wände mit Hundeaugen ohne Gesicht, bunt“. Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen sind, teils unbemerkt, in viele Lebensbereiche eingezogen. Sprachassistenten wie Alexa oder Siri kennen wir schon länger, die automatische Gesichtserkennung ist bei den neuesten Smartphones bereits Standard. KI ist da.

Die so genannten großen Sprachmodelle (LLMs, Large-Language Models) entwickeln sich schnell weiter. Der Fortschritt ist einerseits faszinierend, sorgt aber andererseits auch für Unsicherheit und Misstrauen. Kritiker von KI warnen vor Vertrauensverlust und Demokratiegefährdung zum Beispiel durch eine Flut von automatisierten Fake News. KI wird ganze Berufsfelder umpflügen und auch Jobverluste drohen.

Die Konsequenz ist eine Debatte um eine Regulierung, um ein besseres Verständnis der Methoden und um den Einfluss von KI auf gesellschaftliche Entwicklungen und Prozesse. Die EU hat mit einer KI-Verordnung (AI-Act) erstmalig im März 2024 einen rechtlichen Rahmen geschaffen, der Risiken kategorisiert und ins-

besondere Hochrisiko-KI-Systemen strenge Verpflichtungen auflagt. Auch die LUH hat schon im Herbst 2023 mit einer Handreichung an Lehrende und Studierende, die den Umgang mit KI im Lehrbetrieb thematisiert und den rechtlichen Rahmen aufzeigt, reagiert. Als Universität sehen wir sowohl die Risiken, als auch die Potenziale, die entstehen, wenn wir neue Technologien in ihren Grundlagen erforschen, weiterentwickeln und in die Anwendung führen.

Alle Wissenschaftsdisziplinen werden durch KI beeinflusst und verändert. In diesem Unimagazin haben sich alle Fakultäten der Leibniz Universität zu diesem Thema geäußert – die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zeigen ihre Expertise auf ganz unterschiedlichen Feldern und berichten über ihren Einsatz, ihre Erfahrungen und ihre Visionen von KI.



Viele Freude beim Lesen

A blue ink handwritten signature, appearing to read 'Volker Epping', written in a cursive style.

Prof. Dr. Volker Epping
Präsident der
Leibniz Universität Hannover

Künstliche Intelligenz

Game Changer in Wissenschaft und Forschung?

Unimagazin

Forschungsmagazin der Leibniz
Universität Hannover • ISSN 1616-4075

Herausgeber

Das Präsidium der Leibniz Universität
Hannover

Redaktion

Monika Wegener (Leitung),
Dr. Anette Schröder

Anschrift der Redaktion

Leibniz Universität Hannover
Alumnibüro
Welfengarten 1
D-30167 Hannover

Anzeigenverwaltung/Herstellung

ALPHA Informationsgesellschaft mbH
Finkenstr. 10
D-68623 Lampertheim
Telefon: 06206 939-0
Telefax: 06206 939-232
Internet: www.alphapublic.de

Titelabbildung

<https://lexica.art/>

Das Forschungsmagazin Unimagazin
erscheint zweimal im Jahr. Nachdruck
einzelner Artikel, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung der Redaktion.
Für den Inhalt der Beiträge sind die
jeweiligen Autoren verantwortlich.

Bodo Rosenhahn

Institut für Informationsverarbeitung/L3S

- 4 **Künstliche Intelligenz
in Universität und Forschung.**
Einleitung

Mirco Becker

Institut für Gestaltung und Darstellung

- 6 **Kreative Künstliche Intelligenz
in der Architektur**
Möglichkeiten und Notwendigkeiten
beim Umgang mit KI

Thomas Seel et al.

Institut für Mechatronische Systeme

- 12 **KI im Maschinenbau**
Zu den Auswirkungen und Veränderungen
in Wissenschaft und Arbeitswelt

Wolfgang Nejdil

Institut für Data Science

- 18 **Mission AI**
Künstliche Intelligenz als
Systemtechnologie

Xiaoying Zhuang | Antonio Calà Lesina

Institut für Photonik, Institut für Transport-
und Automatisierungstechnik

- 24 **Das Inverse Design**
KI für die Gestaltung neuartiger akustischer
und optischer Metamaterialien

Alexander Wanner | Christoph Lotz |

Emre Tahtali et al.

QUEST-Leibniz Forschungsschule, Institut
für Transport- und Automatisierungstechnik

- 28 **Von (Quanten)-Optik
bis Schwerelosforschung**
Optimierung von Experimenten
durch Maschinelles Lernen

Sören Auer et al.

Leibniz-Informationszentrum Technik und
Naturwissenschaften und Universitäts-
bibliothek (TIB)

- 34 **Zur Veränderung wissenschaftlichen
Arbeitens**
Die Nutzung von Künstlicher Intelligenz
in der TIB

Jan Eichelberger et al.

Institut für Rechtsinformatik

- 38 **„Künstliche Intelligenz“ und Recht**
Neue Herausforderungen und Fragen
aus juristischer Sicht

Henning Wachsmuth

Institut für Künstliche Intelligenz

- 42 **Large Language Models**
Künstliche Intelligenz,
die den Menschen erreicht

Holger Blume | Christoph Riggers

Institut für Mikroelektronische Systeme

- 46 **Moderne Automobilelektronik:**
KI-Hardware für die Sensorsignal-
verarbeitung

Stefanie Büchner | Irina Zakharova

Institut für Soziologie

- 52 **Die gerechte KI**
Warum KI die Welt verändern, aber nicht
alle unsere Probleme lösen kann

Maik Dierkes et al.

Institut für Banken und Finanzierung

- 56 **Künstliche Intelligenz
in der Wirtschaftswissenschaft**
Zur Integration in Lehre und Forschung

Jetzt
auch mobil
und online lesen.

<https://online-magazine.uni-hannover.de/>



Udo Nackenhorst | Eva Maria Mentzel
*Institut für Baumechanik und Numerische
Mechanik*
60**Seit Jahrzehnten im Einsatz:**
Künstliche Intelligenz in den Bau- und
Umweltwissenschaften

Jürgen Böhmer et al.
Institut für Erdsystemwissenschaften
64**Big Data der Vergangenheit**
Wie KI hilft, den Biodiversitätswandel
zu analysieren

68**Personalia und Preise**



IT-Enthusiast*innen gesucht!

Lust auf neue Herausforderungen in der IT?

Seien Sie Teil unseres dynamischen Teams. Zusammen gestalten wir die Zukunft unserer Kunden und bringen ihre Prozesse auf die nächste Stufe der Digitalisierung. Sind Sie bereit?

Wir bieten

- / flexibles und mobiles Arbeiten
- / vielfältige Karrieremöglichkeiten
- / umfangreiche Sozialleistungen
- / tarifgebundenes Gehalt, 35-Stunden-Woche

Wir leben

- / Exzellenz
- / Nachhaltigkeit
- / Partnerschaftliches Miteinander
- / Innovation & Lernen
- / Kundenorientierung

Alle Jobs unter
salzgitter-digital-solutions.de/de/jobs-karriere



salzgitter-digital-solutions.de

Künstliche Intelligenz in Universität und Forschung

Eine Einleitung



Prof. Dr.-Ing. Bodo Rosenhahn
Institut für Informations-
verarbeitung / L3S
Leibniz Universität Hannover

Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen sind im Alltag angekommen. Unzählige Services werden durch KI ermöglicht, sei es beim online-shopping, der personalisierten Werbung, bei Suchmaschinen, digitalen Assistenzen, dem automatisierten Übersetzen, Smart Homes, dem autonomen Fahren, der personalisierten Medizin, der Navigation, der intelligenten Produktion und vieles mehr. Medienberichte häufen sich über bahnbrechende Fortschritte bei den großen Sprachmodellen (LLMs, Large-Language Models), den generativen KI-Ansätzen (zum Beispiel zur Bild- und Videogenerierung) bis hin zu der Entwicklung einer starken künstlichen Intelligenz.

Diese Entwicklung erzeugt auf der einen Seite eine große Begeisterung, aber sie schürt auf der anderen Seite auch Unsicherheit und Misstrauen. Unsere (digitale) Gesellschaft ist völlig neuen Herausforderungen ausgesetzt, wie Bubbles, Fake-News, Cybermobbing, Fake-Medien, Diskriminierung und Bias, so dass der Ruf nach Regulierung, dem genauen Verständnis der Methoden, ihrer Interpretierbarkeit und ihrem Einfluss auf unsere Gesellschaft nicht überrascht. Der weltweite Energieverbrauch für das Training tiefer neuronaler Netze muss genauso thematisiert werden, wie Fragen zu Urheber, Rechten und der

Verantwortung im Umgang mit diesen Methoden, wenn diese vermehrt in cyber-kritischen Umgebungen eingesetzt werden. Als Universität ist es unser Auftrag, neue Technologien in ihren Grundlagen zu erforschen, diese zur Anwendung zu bringen, über die Technologien zu unterrichten und kritisch die Potenziale, Risiken sowie Vor- und Nachteile zu reflektieren.

Für diese Ausgabe wurden alle Fakultäten und größeren Verbundprojekte unserer Universität nach Beiträgen zum Thema KI angefragt und es ist beeindruckend, dass jede Fakultät sich positiv zurückgemeldet hat und Beiträge anbieten konnte. Wir haben so viele Vorschläge bekommen, dass wir am Schluss sogar auswählen mussten, um diese Ausgabe nicht völlig zu überladen. Eine einfache Erkenntnis daraus lässt sich so zusammenfassen, dass alle Wissenschaftsdisziplinen durch KI verändert und beeinflusst werden.

Aktuelle Statistiken schätzen den Marktwert von KI-Technologien mit etwa 200 Milliarden U.S. Dollar im Jahr 2023 ein und erwarten einen Zuwachs bis 2030 auf über 1.8 Trillionen U.S. Dollar. Sich dieser Technologie zu verschließen oder Potenziale zu ignorieren wäre für Europa, für unser Bundesland und unsere Gesellschaft fatal.

Mit dieser Ausgabe können Sie sich einen Einblick in aktuelle Themen und Projekte rund um KI-Forschung an der Leibniz Universität verschaffen. Die Fakultät für Architektur und Landschaftsbau berichtet über generative Modelle für das Design und die Planung von Gebäuden. Aus der Fakultät für Maschinenbau kommen Beispiele der intelligenten Fertigung und der Prozessparameteroptimierung. Die juristische Fakultät adressiert in ihrem Beitrag die Durchdringung unseres Alltags durch KI und ihre Auswirkungen auf das Straf-, Privat-Vertrags-, Finanz- oder Kapitalrecht. Aus der philosophischen Fakultät wird die Frage nach einer *gerechten* KI thematisiert, von ethischen Fragen und sozial-spezifische Probleme bis hin zu *Data for good*. Das Institut für Geobotanik adressiert den Biodiversitätswandel und damit Ökosystemleistungen, die menschliches Wohlergehen erst möglich machen, etwa für die Wasserqualität und Bodenbildung. Bei den Wirtschaftswissenschaften werden Entscheidungskalküle thematisiert, welche oft mathematisch-formal beschrieben werden. Durch den Einsatz von KI kann menschliches Verhalten simuliert werden und auf aggregierter Ebene können auch Verhalten von Institutionen oder ganzer Ökonomien nachgestellt und analysiert werden. Die Fakultät für Bauingenieurwesen

gibt einen Einblick in das Umweltingenieurwesen, der Geodäsie und Geoinformatik und zeigt an mehreren Beispielen, wie Bildanalyse zum Einsatz kommen kann, um Betonmischungen zu optimieren oder 2D- und 3D semantisch angereicherte Landschaftsmodelle erzeugt werden können. Aus der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, dem KI Forschungszentrum L3S und der Technischen Informationsbibliothek (TIB) kommen Beiträge zum Einsatz von KI in der Lehre und der Veränderung des wissenschaftlichen Arbeitens mit KI, sowie der semantischen Repräsentation von Forschungsergebnissen in Wissensgraphen. Dies wiederum erfordert den Einsatz von Bildanalysemethoden, Ontologien und LLMs. Untermauert werden diese Artikel von weiteren Beiträgen aus unseren größeren Verbundvorhaben, zum Beispiel aus dem Quantum Valley Lower Saxony, wo über Ansätze der Quantenkontrolle für die Regelung von quantenoptischen Experimenten berichtet wird, oder aus PhoenixD, wo Photonik und die Entwicklung von optischen Komponenten mit KI vorangetrieben wird. So werden am Hannoverschen Zentrum für optische Technologien KI-Ansätze für inverses Design von optischen und akustischen Metamaterialien genutzt. Ein Blick in die moderne Automobilelektronik rundet das Spektrum in diesem Heft ab.

Die Vielfalt der Anwendungen zeigt deutlich, wie disruptiv die KI Technologie ist. Damit ergeben sich Chancen, aber auch Risiken, welche im Worst-Case unsere gesellschaftliche Gesamtsituation nicht verbessern, sondern verschlechtern kann. Mobiles Arbeiten kann Wegezeiten und Transportkosten sparen, Anwendungen wie Navigations-systeme, Empfehlungs-

dienste, Übersetzungsdienste oder Kommunikationsplattformen können den Alltag in vielen Punkten erleichtern. Es bieten sich einmalige Chancen, unsere gesellschaftlichen Herausforderungen wie den Klimawandel, das überlastete Gesundheitssystem, Volkskrankheiten oder die demographische Entwicklung mit völlig neuen Ansätzen zu betrachten. Auf der anderen Seite ändert sich unsere Arbeitswelt durch den Bedarf an besser ausgebildeten Fachkräften, erwartet wird ein souveräner Umgang mit digitalen Medien und Services. Entscheidungsprozesse und vernetzte Software wird komplex, angreifbar und schnell intransparent und es ist nicht selbstverständlich, dass unser Werteverständnis angemessen in diesen Entscheidungen refle-

tiert wird. Dementsprechend kann es zu selbstverstärkenden Effekten kommen, die diskriminieren und zu einer Ungleichbehandlung führen. Gleichzeitig gibt es eine Monopolisierung von Rechenressourcen und einen Wettbewerb in der Chipproduktion, der zu einem systemrelevanten Faktor in Europa geworden ist. Es ist unsere Verantwortung, diesen Prozess in allen Facetten zu begleiten, auf der einen Seite offen und neugierig die Potenziale zu heben, auf der anderen Seite aber auch unbequem zu sein, wenn dies erforderlich ist. Als Universität haben wir uns dieser Herausforderung verschrieben. Ich möchte mit einem Zitat unseres Namenspatrons Gottfried Wilhelm Leibniz unseren Anspruch zusammenfassen:

**„Alles, was der Gesellschaft,
das heißt dem Menschengeschlecht und der Welt nützt,
ist ehrenvoll, alles, was ihr schädlich ist, schändlich.“**

Gottfried Wilhelm Leibniz

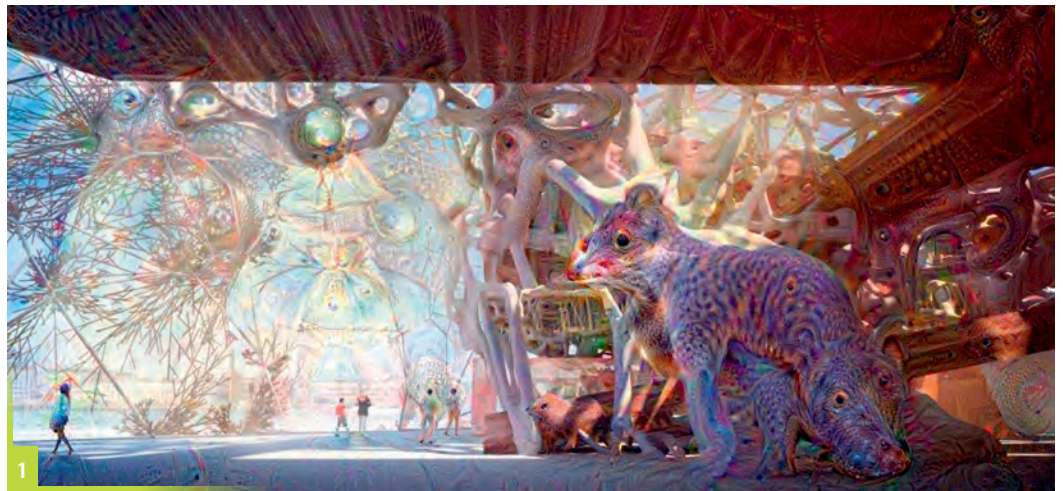
Was ist Künstliche Intelligenz?

Falls Sie sich die ganze Zeit gefragt haben, was eigentlich KI ist, so schreibt das europäische Parlament zur Begriffsklärung: „Künstliche Intelligenz ist die Fähigkeit einer Maschine, menschliche Fähigkeiten wie logisches Denken, Lernen, Planen und Kreativität zu imitieren.“ Um diese Fähigkeit zu ermöglichen, ist es erforderlich, digitale Daten zu nutzen, um Modelle anhand dieser Daten zu optimieren. Besondere Herausforderungen sind dabei die Repräsentation der Daten, Ausreißer, fehlende Informationen, falsche Labels und die optimale Anpassung von Neuronalen Architekturen an die Komplexität der zugrunde liegenden Daten.

Kreative Künstliche Intelligenz in der Architektur

Möglichkeiten und Notwendigkeiten beim Umgang mit KI

„Künstliche Intelligenz, insbesondere in Architektur und Design, steckt noch in den Kinderschuhen. Dennoch deuten alle Anzeichen auf eine Zukunft, in der sie in unsere Praktiken eingebettet sein wird – ob wir davon begeistert sind oder nicht. Die wichtigste Frage wird daher nicht sein, ob wir KI nutzen werden, sondern wie und mit welcher Einstellung“,
Vanessa Schwarzkopf
in der Masterthesis
„Dreaming Architecture“,
2022



Überall Hundeaugen! Augen unterschiedlicher Größe, die einen anblicken und scheinbar hundertfach in die Muster eines jeden Bildes eingeschrieben sind. Seit das Computerprogramm *Deep Dream* 2015 erschien, ahnten Gestalter, die mit visuellen Medien arbeiten, dass ein technologischer Sprung bevorstünde. Ein Sprung, durch den Bilder grundlegend anderes erzeugt und unser Verständnis von Kreativität herausgefordert würde. *Deep Dream* nutzt Mustererkennung in Bilddaten eines so genannten Convolutional Neural Networks, bei welchem besonders Nachbarschaften von Bildpixeln auf Ähnlichkeiten verstärkt werden. Die visuellen Ergebnisse wirken eindrücklich bis verstörend. *Deep Dream*, dass auf einem Datensatz von Hundebildern trainiert wurde, halluziniert eben diese Hundege-

sichter in ein jedes Bild, dass es verarbeitet.

Diese Ahnung des bevorstehenden technologischen Sprungs löste sich in den folgenden Jahren in zwei Schritten ein. Mit den Methoden des Neural Style Transfer konnte man 2017 ein gegebenes Bild in nahezu jeden beliebigen künstlerischen Stil darstellen lassen. 2018 stand schließlich mit Runway ML ein no-code Baukasten für Generative KI zur Verfügung. Ab jetzt konnten Bild und Videodaten mit einer ganzen Palette von KI Algorithmen analysiert und bearbeitet werden, ohne dass dazu eingehende Kenntnisse der Datenmodellierung notwendig waren. Außerdem konnten unterschiedlichste vortrainierte Modelle eingebunden und eigene Modelle trainiert werden.

Heute sind Handhabung und Zugänglichkeit Generativer KI mittels Prompt-Steuerung wie in Midjourney oder durch die Integration in marktdominierender Software wie Adobe Photoshop Teil unseres Alltags. Die Unterscheidung von Kreativen und Konsumenten verschwimmt vor diesem Hintergrund zusehends.

Dieser beeindruckende Fortschritt relativiert sich, wenn man bedenkt, dass es sich immer noch um schwache KI handelt. Also ein System, das in einer Domäne, in diesem Fall die Erzeugung von Bildern durch Text und oder Skizze, spezialisiert ist. So können wir zwar realistische und stimmungsvolle Bilder neuer Architekturen mittels einfachster Beschreibungen generieren. Dies geschieht jedoch allein auf der Ebene der visuellen Wahrnehmung.

Abbildung 1
Deep Dream, Halluzination über einen Architekturprojekt von informance, 2015

Alle anderen Domänen, die zum Gelingen eines architektonischen Projekts beitragen wie Grundrissplanung, Tragwerk, Nachhaltigkeit, Gebäudetechnik, Baugesetzgebung, Normierungen, Kostenplanung werden nicht berücksichtigt. Wäre dies der Fall hätten wir die nächste Stufe in der KI Entwicklung erreicht: eine allgemeine KI. So eignet sich die Architektur, bei der immer noch die menschliche kognitive Fähigkeit zur Synthese von unterschiedlichen Domänen notwendig ist, als Gradmesser der Leistungsfähigkeit und als Ausblick für die Entwicklung von KI im Allgemeinen.

Die Genese architektonischer Entwürfe ist ein komplexer und vielschichtiger Prozess. In frühen Phasen entstehen erste Ideen, die den baulichen Kontext und Vorstellungen einer Bauherr*in ausloten. Dem folgend werden Anforderungen an Nutzungs-, Flächenbedarf und Baurecht in Einklang gebracht. Energetische Konzepte, Tragwerke und technische Ausstattung werden konzipiert. Parallel laufen Kostenschätzungen, deren Treffsicherheit sich im Lauf der Planung steigert. Für die Bauausführung wird eine Detailplanung erstellt, die zwischen den Fachplaner*innen und ausführenden Gewerken koordiniert werden muss. All dies ist kein linearer Prozess, sondern wird von Iterationen, alternativen Optionen und sich ändernden Rahmenbedingungen begleitet.

Idealerweise hätte man möglichst früh ein genaues Bild eines architektonischen Objekts, das alle Anforderungen erfüllt, sicher und nachhaltig zu bauen ist und dabei einen gegebenen Kostenrahmen einhält. Die Digitalisierung des architektonischen Entwerfens und Planens hat sich aber bisher lediglich insofern realisiert, dass mittels parametri-

schen Entwerfens und Building Information Modelling eine „Single Source of Truth“ angestrebt wird, bei der alle Planungsgegenstände in ihren Abhängigkeiten dargestellt sind. Wenn überhaupt werden KI Verfahren dabei zur Optimierung einzelner Domänen eingesetzt wie zum Beispiel der Reduzierung der Stahlmenge in einem Tragwerk. Abstrakte domäneübergreifende Optimierungen wie das Prompt: *„Generiere ein Gebäude mit minimalem Primärenergiebedarf bei gegebenem Kontext und einer Nutzfläche von 5000 m²“* liefert heute kein Ergebnis und wird auch in den kommenden Jahren kein Ergebnis liefern. Was wir sehen, sind beeindruckende, realistisch anmutende und stimmungsvolle generierte Bilder von Architektur.

Die folgenden Abschnitte zeigen den Weg, der zum heutigen Stand geführt hat und geben einen Ausblick, wie wir als Gestalter und Ingenieure mit KI umgehen.

ArchiGAN – 2017

ArchiGAN, das 2017 von Stanislas Chaillou in Harvard entwickelt wurde, nutzt Generative Adversarial Neural Networks, um Grundrisse ganzer Gebäude zu entwerfen.

Zugrunde liegt die Idee, dass ein statischer Ansatz für die Erzeugung von Architektur weniger deterministisch ist und einen ganzheitlichen Charakter hat. Anstatt Maschinen für die Optimierung einer Reihe von Variablen zu verwenden, sollte man sich laut Chaillou darauf verlassen, dass sie signifikante Qualitäten extrahieren. ArchiGAN schafft es drei Aspekte der Grundrissgestaltung zu adressieren und dabei qualitative Lösungen zu priorisieren. Erstens die Bemessung des Gebäudegrundrisses, zwei-

tens die Nutzungsaufteilung und drittens die Anordnung der Möbel. ArchiGAN ist ein hervorragendes Beispiel wie KI in einer Domäne der Architektur entwickelt und innerhalb kurzer Zeit in kommerzielle CAD Software integriert wurde. Damit steht es stellvertretend zu vielen anderen Domänen der Architektur, die KI Methoden jenseits der Bildgenerierung entwickeln und nutzen.

Deep Himmelblau – 2021

Daniel Bolojan entwickelte 2021 für das international renommierte Wiener Architekturbüro Coop Himmelb(l)au das KI System DeepHimmelblau. Dies nutzt die Protokolle maschinellen Lernens, um das umfangreiche Archiv des Büros aus über 50 Jahren Architekturproduktion neu zu interpretieren. Dazu gehören Skizzen, Modelle und Visualisierungen. DeepHimmelblau, das von verschiedenen KI-Techniken inspiriert ist, erforscht die Möglichkeiten, Maschinen zu lehren, kreativ zu sein, zu interpretieren, neue Entwürfe vorzuschlagen und Designprozesse zu ergänzen. Die Arbeit ist auch ein Verweis auf die Bedeutung des Dialogs zwischen Mensch und Maschine bei der Interpretation und Übersetzung maschinell erzeugter Inspirationen in das architektonische Werk, wobei die Skizze des Vermächtnisses als Quelle neuer, tieferer Bedeutung gewürdigt wird.

Mit dieser Arbeit war die Tür zu einer visuellen generativen KI zum architektonischen Einsatz aufgestoßen. Die Bilder waren nun nicht mehr psychedelisch verstörend wie bei Deep Dream, oder abstrakte Grundrisskonfigurationen, sondern halfen einen sehr speziellen architektonischen Stil kreativ fortzuschreiben.

DALL-E, Midjourney, Stable Diffusion – 2022

Mit dem Erscheinen von KI-Bildgeneratoren steht der allgemeinen Öffentlichkeit seit 2022 eine Technologie zur Verfügung, mit der die bildliche Darstellung von Architektur-entwürfen nicht mehr von den Fähigkeiten von Hand zu skizzieren oder der Expertise 3D-Modelle in CAD zu bauen und visualisieren, abhängig ist.

und Experten wie auch den inneren Dialog zwischen Architekt*in und Werk. Besonders hier liegt die Sprengkraft der KI-Bildgeneratoren: Sie können als Co-Designer einen Entwurfsdialog begleiten, in dem man nicht länger den eigenen Unzulänglichkeiten der Darstellung oder den Abhängigkeiten von technologischen Pfaden klassischer Entwurfssoftware ausgesetzt ist.

sität entstandenen Masterarbeiten zeigen nachgestellt aktuelle Positionen dazu.

Dreaming Architecture – 2022

In ihrer Masterthesis *Dreaming Architecture* bei Prof. Tobias Nolte, Abteilung für mediale Architekturdarstellung zeigt Vanessa Schwarzkopf 2022 eindrücklich, wie Gestalter kreativ mit den mächtigen

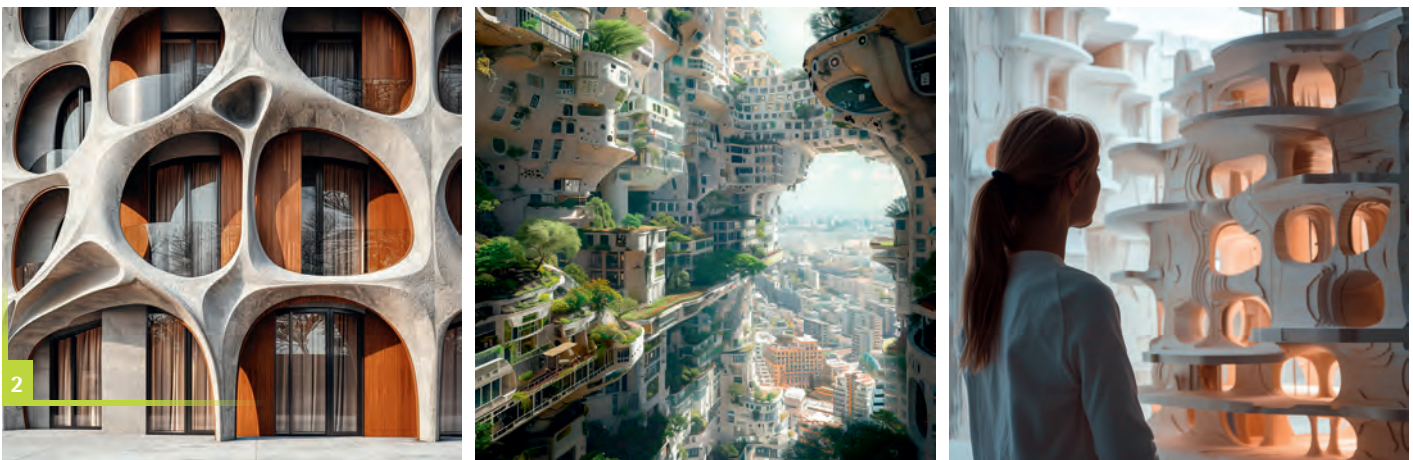


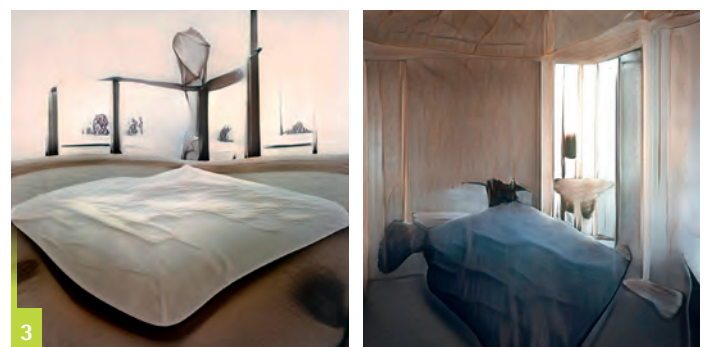
Abbildung 2
Beispiele von in Midjourney generierten Architekturbildern: Fassade studie, bepflanzten Hochhauses, Architekturmodell. Promptengineering: Hendrik Wiese, 2024

Text-to-Image und Sketch-to-Image nun sind allgemein zugänglich, liefern schnell hochwertige Ergebnisse und sind sehr einfach zu bedienen. Sie erzeugen nicht nur eine Lösung, sondern eine ganze Reihe an Varianten, die gemixt oder weiter verfeinert werden können. Vom Aufkommen einer Entwurfsidee bis zu deren Visualisierung vergehen nicht mehr Minuten wie bei einer Handskizze oder Stunden wie bei einer 3D-Visualisierung, sondern Bruchteile von Sekunden. Dieser Zeitgewinn ist nicht allein ein Effizienzgewinn, sondern vielmehr ein qualitativer Sprung, da eine Entwurfsidee in hohem Detaillierungsgrad und äußerst stimmungsvoll betrachtet, reflektiert und kommuniziert werden kann. Das verändert sowohl die Kommunikation mit anderen am Entwurfsprozess beteiligten Laien

Trotz oder gerade wegen der unglaublichen Euphorie, die KI-Bildgeneratoren mit sich brachten, setzten sich Gestalter kritisch mit der Technologie auseinander. Zum einen gilt es auszuloten, welche Art von kreativem Dialog man mit KI führen kann und zum anderen, wie man selbst auf die zugrunde liegenden Modelle Einfluss nehmen kann. Nur so kann auch die Art des Dialogs verhandelt werden, in den man mit einer KI eintritt. Die beiden an der Leibniz Univer-

Maschinen der Bildgeneratoren jenseits des Prompt- und Sketchngeerings Einfluss nehmen können. Die Arbeit entstand kurz vor der Veröffentlichung von DALL-E und Midjourney. Zentrales Mittel ihrer Einflussnahme ist die Zusammenstellung eigener Trainingsdaten für die zugrundeliegenden Modelle. Exemplarisch legt sie Bild datensätze für Fassaden, Schlaf- und Badezimmer an, um aus dieser Grundlage eine KI neue architektonische Situ-

Abbildung 3
Dreaming Architecture, Masterthesis. Vanessa Schwarzkopf, Wintersemester 2022/23



ationen erträumen zu lassen. In einem weiteren Schritt zeigt die Arbeit auf, wie diese Ergebnisse ein grundsätzlich neuer Umgang mit einem gestalterischen Referenzrahmen sein können, den man bewusst oder unbewusst mitführt. So werden Bilder zu Architekturen interpretiert und diese durch nachgeschalteter KI-Verfahren dreidimensional erweitert. Dies zeigt nicht nur die Lücke zwischen den ein-

ren persönlichen Daten trainiert werden. Selten ist das Eigentum der Daten so schnell entglitten wie derzeit beim Trainieren riesiger KI Modelle. Aber es gibt Alternativen. Tim Mödeker entwickelt ein Framework, das in der Lage ist, verschiedene Arten von KI Visualisierungstechniken zu verwenden, die es jedem Benutzer ermöglichen, seine Ideen angemessen zu kommunizieren. Sein Toolset allgemein-

unterschiedlichste mögliche Zukunftsszenarien miteinander zu vergleichen und auf Grund des hohen Realitätsgrads der Bilder auch Laien früh mit einzubeziehen.



Abbildung 4
Artificial-Intelligence-in-Architectural-Design,
Masterthesis, Tim Mödeker,
Wintersemester 2023/24;
Foto einer Stadtscene in Hannover
und 4 generierte Realitäten,
als Gradient hin zu einer klassischen
Architektur.
Foto: Alina Izmaylov

zelen Domänen, sondern wagt einen Ausblick darauf, was eine allgemeine KI zu leisten im Stande wäre.

Artificial Intelligence in Architectural Design – 2024

In seiner Masterthesis *Artificial Intelligence in Architectural Design* bei Prof. Mirco Becker, Abteilung für Digitale Methoden in der Architektur wirft Tim Mödeker einen kritischen Blick auf die aktuelle Entwicklung generativer KI und stellt die Frage, ob wir als Gesellschaft mit der Macht, die Unternehmen wie Google oder Meta über das Angebot dieser Technologie haben werden, einverstanden sind. Allein, indem wir als Konsumenten deren Dienste nutzen, stimmen wir zu, dass zukünftige KI Modelle weiterhin mit unse-

freier KI Verfahren ist so gestaltet, dass Nutzer mit unterschiedlicher Expertise darauf zugreifen können. Es fördert nicht nur eine Befähigung im Umgang mit generativer KI, sondern fordert dazu auf die Entwicklung dieser Technologie für eigene Zwecke fortzuschreiben.

Die rasante Entwicklung kreativer KI in der Architektur zeigt, dass schon in frühen Entwurfsphasen wirkmächtige Bilder mit geringem Aufwand erzeugt werden können. Im klassischen Entwurfsprozess bedarf es einer Interpretationsfähigkeit, um skizzenhafte Studien kognitiv zu vervollständigen. Im Umgang mit KI Bildern ist eine neue Kritikfähigkeit gefragt, die das scheinbar Fertige in Frage stellt. Darüber hinaus bietet kreative KI die Möglichkeit



Prof. Mirco Becker

ist Dekan der Fakultät für Architektur und Landschaft und leitet am Institut für Gestaltung und Darstellung die Abteilung für Digitale Methoden in der Architektur. Seine Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte sind das Computational Design und das Bauen mit kleinsten Robotern. Kontakt: becker@iat.uni-hannover.de

WWW.STARTING-BUSINESS.DE

TRÄUMEN ODER MACHEN?

JETZT EIGENES **STARTUP** GRÜNDEN
UND FÖRDERUNG SICHERN!

HAN
NOV
ER



BEREIT FÜR DEN
SPRUNG IN DIE

ki.wi

KI-ZUKUNFT?

KI.WI bietet Ihnen kostenfreie Workshops, Lernmodule und Informationen zu praktischen Anwendungen von KI in Ihrem Betrieb – für Anfänger*innen bis Fortgeschrittene. Starten Sie mit KI-Innovationen in eine noch erfolgreichere Zukunft. **Unsere Angebote für Unternehmen und Mitarbeiter*innen finden Sie unter kiwihannover.de**

WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG



Region Hannover

DU WILLST
HOCH HINAUS?
MACH BIG DATA
BEI SCALEFREE.

Die Business Intelligence
Beratung aus Hannover.

Starte jetzt deine Karriere als:

- Berufseinsteiger (m/w/d)
- Werkstudent (m/w/d)
- Praktikant (m/w/d)
- Absolvent (m/w/d)



SCALEFREE 

Hier bewerben



SCALEFREE.COM/CAREER

DIK – Kompetenz in Kautschuk und Elastomeren



Das DIK bietet ein breites Forschungs- und Leistungsspektrum

- Werkstoffcharakterisierung
- Simulation
- Aus- und Weiterbildung
- Neue Materialien
- Umweltaspekte
- „Leachables“ in Polymerwerkstoffen
- Werkstoffentwicklung
- Lebensdauervorhersage/Alterung



Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V.

Kautschuk-Herbst-Kolloquium
10.–12. September 2024

Eupener Straße 33 · D-30519 Hannover · Tel.: +49 (0)511/84201-16
PR-DIK@DIKkautschuk.de · www.DIKkautschuk.de



**MAKING IMPOSSIBLE
THINGS POSSIBLE
WITH YOU...**



Wir suchen dich!

- Elektroingenieur*in
- Maschinenbauingenieur*in
- Prozessingenieur*in

For more information:
visit [Online-Karriereportal](#)

IKN GmbH Ingenieur-Kühlerbau-Neustadt
Herzog-Erich-Allee 1, 31535 Neustadt



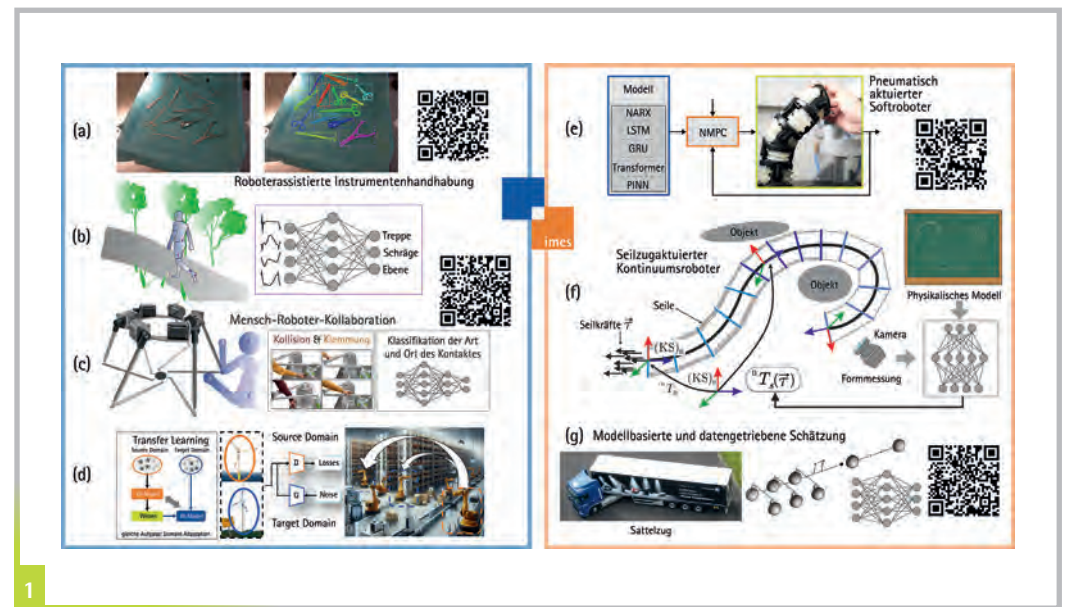
KI im Maschinenbau

Zu den Auswirkungen und Veränderungen in Wissenschaft und Arbeitswelt

Die Künstliche Intelligenz (KI) hat sich als Schlüsseltechnologie für den technologischen Fortschritt in allen Bereichen des Maschinenbaus etabliert. Dabei werden KI-Methoden beispielsweise zur Konstruktion und Entwicklung intelligenter Systeme, zur Analyse komplexer Daten in Produktion und Logistik oder zur Simulation und Optimierung energietechnischer Prozesse eingesetzt.

Dieser Artikel beschreibt anhand konkreter Beispiele, welche Rolle KI-Methoden und -Technologien für die Forschung und Lehre an der Fakultät für Maschinenbau spielen.

Abbildung 1 KI-getriebene Forschung am Institut für Mechatronische Systeme (imes) im Bereich der Klassifikation (links) und Regression (rechts): a) bildbasierte Instrumentenerkennung, b) Bewegungserkennung mittels neuronaler Netze, c) Kontaktklassifikation in einer Mensch-Roboter-Kollaboration mit Parallelrobotern, d) Domain Adaption im industriellen Kontext, e) und f) lernbasierte Regelung von Schlangenrobotern und Kontinuumsrobotern und g) hybride Zustandsschätzung im Sattelaufleger. Quelle: imes



Das Potenzial und die Einsatzmöglichkeiten neuer KI-Technologien sind vielfältig, was unter anderem die Bandbreite der KI-getriebenen Forschungsprojekte am **Institut für Mechatronische Systeme** (imes) zeigt. Hier werden daten- und lernbasierte Methoden für verschiedene Anwendungsbereiche, wie die Medizintechnik, Robotik und Fahrzeugtechnik, erforscht und angewandt. Neben der automatischen Röntgenbild-diagnose werden KI-Methoden eingesetzt, um Chirurgie-Instrumente mittels Kamera-bilder zu erkennen (Abb. 1a) und anschließend von einem Roboter an einen Menschen zu übergeben. In einer anderen Forschungsaktivität (Abb. 1b) werden an mehreren Stel-

len Beschleunigungen des menschlichen Körpers gemessen, aus denen Informationen für eine Bewegungsklassifikation genutzt werden, um bei der Physiotherapie oder Protheseneinstellung zu unterstützen. Die Unterstützung des Menschen durch Parallelroboter (Abb. 1c) wird in der Grundlagenforschung untersucht. Hierbei kommen lernende Algorithmen zum Einsatz, um Kollisionen und Klemmungen zu unterscheiden und zu lokalisieren. Viele lernende Algorithmen benötigen Daten mit vom Menschen zugewiesener Grundwahrheit. Diese sogenannten gelabelten Daten sind jedoch begrenzt verfügbar, sodass mit Methoden der Domain Adaption Wissen aus ähnlichen Anwen-

dungen übertragen wird. Am imes wird untersucht wie diese Methoden zur Überwachung neuer Antriebssysteme und Windenergieanlagen genutzt werden können (Abb. 1d).

Die physikalische Modellierung von komplexem Systemverhalten ist nur mit großem Aufwand möglich und erfordert spezifisches Expertenwissen für dieses Anwendungsgebiet, während datengetriebene Modelle zur Überanpassung neigen. Die Kombination aus modellbasierter und datengetriebener Zustandsschätzung verspricht die Vereinigung der Vorteile beider Ansätze. Damit können wie in Abb. 1 rechts performantere und robustere Modelle

entwickelt werden, mittels derer beispielsweise die hochgenaue nichtlineare Regelung von Soft- und Kontinuumsrobotern (Abb. 1e, 1f) umgesetzt oder die Dynamik industrieller Sattelaufleger (Abb. 1g) beschrieben wird.

KI in industriellen Anwendungen

Einen für den Einsatz von KI-Methoden besonders relevanten Anwendungsbereich stellt die Entwicklung von Technologien für intelligente Fahrzeugsysteme dar. Am **Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG)** wird seit Gründung des Instituts an adaptiven Fahrzeuglichtsystemen geforscht. Kamerabasiertes Erkennen von Objekten und Umfeld bedient sich KI-Algorithmen, die mittels Bildverarbeitungstechniken die Umgebung erfassen, relevante Objekte identifizieren und deren Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit prognostizieren, um situationsgerecht zu reagieren. Neben vielen anderen Funktionen, die durch Fusion von Sensordaten abgeleitet werden, steht für die Forschung am IPeG insbesondere die Steuerung der Lichtfunktionen im Vordergrund. In diesem Kontext stehen auch die Dissertationen von Dr.-Ing. Christian Jürgens (Porsche AG) zum Thema „Der kontrastadaptive Scheinwerfer“, von Dr.-Ing. Ingo Hoffmann (Cariad SE) zum Thema „Volladaptive synthetische Lichtverteilungen“ und von Dr.-Ing. Sasha Saralajew (NEC Corporation) „Provident Vehicle Detection at Night“. Zunehmende Bedeutung für die Forschung am IPeG gewinnt der Aspekt Mensch-Maschine-Sehen in Bezug auf das automatisierte Fahren. In den Arbeiten von Max Casper Sundermeier und Rayen Hamlaoui wird der Einfluss der Beleuchtung auf die kamera-basierte Objekterkennung un-

tersucht und hinsichtlich einer optimalen Ausleuchtung des Verkehrsraumes optimiert. Dabei wird die Ausleuchtung so angepasst, dass sowohl menschliche als auch maschinelle Wahrnehmung gesteigert wird, um einen Beitrag zum sicheren Straßenverkehr bei Nacht zu leisten.

In Kooperationen mit der Industrie sind die Institute der Fakultät für Maschinenbau wichtige Partner, um das große Potential KI-getriebener Technologien für Unternehmen nutzbar zu machen – so auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Die Einführung von KI stellt dabei für viele dieser Betriebe eine neuartige Herausforderung dar. Um Unternehmen bei der Implementierung von KI-Lösungen zu unterstützen, bietet das vom Bundeswirtschaftsministerium geförderte Mittelstand-Digital Zentrum Hannover unter Leitung des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) zahlreiche kostenlose Angebote an und befördert damit den Wissenstransfer von der Forschung in die Praxis. Das Zentrum bietet Firmengespräche, Schulungen und begleitet KI-Projekte in den Unternehmen an. Mit diesen Unterstützungsangeboten werden Betriebe dazu befähigt, eigenständig Voraussetzungen zu schaffen, um KI bei sich einzusetzen: von der Datenverfügbarkeit bis zur Bewertung der Machbarkeit des KI-Einsatzes.

Mit dem Start-up Lower Impact hat das Zentrum beispielsweise eine automatische Mehlwurm-Sortieranlage entwickelt und einen Demonstrator aufgebaut. Ziel des Projektes war es, insbesondere die ökonomischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, Mehlkäfer-Larven durch den Einsatz Künstlicher Intelligenz als nachhaltige Proteinquelle zu etablieren. Mithilfe von KI-

basierter Bildauswertung werden Mehlwürmer in Echtzeit nach Größe klassifiziert. Die Ventilsteuerung bläst per Druckluft zur richtigen Zeit Überperformer – große Käferlarven für die Zucht – vom Förderband. Die KI-gesteuerte Sortieranlage ermöglicht eine wirtschaftliche Produktion nachhaltiger Proteinquellen.



Abbildung 2
Untersuchung des Einflusses der Beleuchtung auf die kamera-basierte Objekterkennung in realen Feldbedingungen
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau

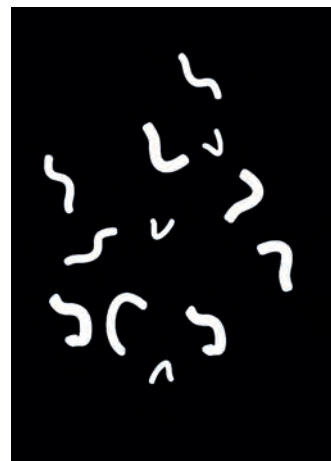


Abbildung 3
Bildauswertung
Quelle: Institut für Integrierte Produktion Hannover GmbH



Wie KI für viele Produktionsprozesse zur Schlüsseltechnologie für die Wirtschaftlichkeitssteigerung werden kann, zeigt beispielhaft eine Extrusionsanlage aus der Kautschukverarbeitung. Hier sollen die durch zahlreiche Einflussgrößen und chargenabhängige Materialschwankungen verursachten, fehlerbedingten Ausschüsse in der manuell durchgeführten Prozesssteuerung minimiert werden.

Daher wird am **Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA)** eine KI-basierte Prozesssteuerung entwickelt, um prozessimmanente Wirkzusammenhänge dynamisch zu ermitteln und Temperaturen in Echtzeit zu regeln. In Zusammenarbeit mit dem Forschungsverbund DIGIT RUBBER wird an dem übergeordneten Ziel gearbeitet, den Kautschukverarbeitungsprozess zu digitalisieren.

Die Grundlage der KI-basierten Echtzeitsteuerung bildet der Data-Mining-Algorithmus, der auf Basis der Stellgrößen des Extruders, wie Temperatur und Drehzahl die korrespondierenden Ausgangsgrößen prädiziert. Das neuronale Netz wurde dafür mit 14.923 Messpunkten aus unterschiedlichen Testreihen trainiert und mit einem hybriden Ansatz aus iterativer Entwicklung und Selektionsmodellierung optimiert. Nach der Optimierung erreicht der

Algorithmus eine Genauigkeit von mehr als 99 Prozent für die Voraussage von Temperaturmessgrößen des Extruders. Der Algorithmus konnte darüber hinaus auf den Kautschukmischprozess mit einer vergleichbaren Genauigkeit

Bedeutung der KI für die Arbeitswelt

generalisiert werden. Abschließend wird der optimierte Algorithmus in die Steuerung implementiert, um userdefinierte Toleranzgrenzen in Echtzeit einzuhalten. Dafür stellt die KI die erforderlichen Steuergrößen zur Anpassung des toleranzüberschreitenden Messwertes bereit und übergibt diese vollautomatisiert an den Extruder.

Die genannten Beispiele zeigen, wie viele Bereiche des Maschinenbaus durch den Einsatz von KI profitieren und sich teils grundlegend verändern. Digitalisierungstechnologien und insbesondere damit realisierte Automatisierungsansätze haben immer schon Kompetenzen in der Arbeitswelt verändert und alte Qualifikationen obsolet gemacht. Der Einsatz von KI kann dabei entlastend oder

den bereits in vier Bereichen Ansätze der KI auch auf der Shopfloor-Ebene eingesetzt:

- Fertigungsorientierte Systeme: Robotik, Transportsysteme, Computer Integrated Manufacturing, Lagersysteme in der Logistik
- Wissensbasierte Systeme: Expertensysteme, Assistenzsysteme und Agenten
- Lernorientierte Systeme: Fuzzylogik, neuronale Netze, maschinelles Lernen und modellbasierte Verfahren
- Simulationsorientierte Systeme: Digitale Zwillinge

In Untersuchungen des **Instituts für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM)** in Unternehmen hat sich gezeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen Kompetenzen und der mit KI beeinflussten Autonomie bei Entscheidungen des Menschen, der maschinellen Autonomie und dem Grad

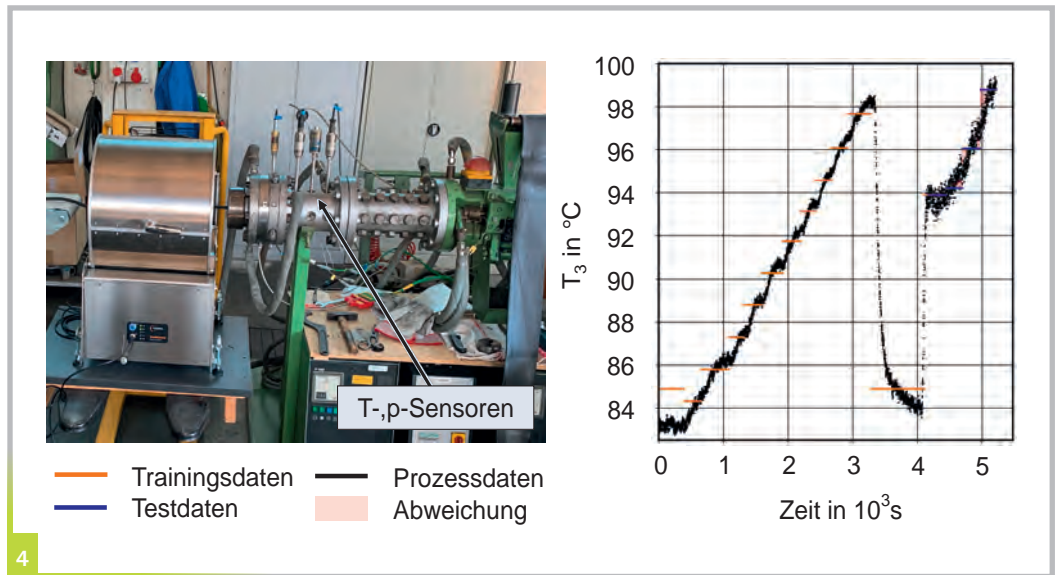


Abbildung 4
Kautschukextrusionsanlage am DIK
Quelle: links, Foto: Sebastian Leineweber, Vorhersage des Data-Mining Algorithmus (rechts, Bild: Marco Lukas

Algorithmus eine Genauigkeit von mehr als 99 Prozent für die Voraussage von Temperaturmessgrößen des Extruders. Der Algorithmus konnte darüber hinaus auf den Kautschukmischprozess mit einer vergleichbaren Genauigkeit

belastend wirken, wenn physische Fertigkeiten, kognitive Fähigkeiten oder gar kreative Aufgaben durch „intelligente“ Maschinen und Computersysteme ersetzt oder unterstützt werden. In der Metall- und Elektroindustrie (M+E) wer-

der Informationsverarbeitung als „Reife“ der Lösungen gibt. Dieser Zusammenhang wird in einem Modell abgebildet, welches der Beschreibung KI-beeinflusster Facharbeit in der M+E-Industrie dient. Es entstehen vier Felder in einer

Kompetenzmatrix, denen die folgenden Hypothesen zugrunde liegen:

- Hypothese 1: Ein niedriger Grad der Informationsverarbeitung und eine geringe Autonomie der Technik führen zu einer Entlastung beruflicher Aufgaben durch Maschinen.
- Hypothese 2: Ein hoher Grad an Informationsverarbeitung und ein niedriger Grad an Autonomie der Technik führen zu einem Zuwachs an beruflichen Aufgaben.
- Hypothese 3: Ein niedriger Grad an Informationsverarbeitung und eine hohe Autonomie der Technik führen zu einer Ersetzung beruflicher Aufgaben durch Maschinen.
- Hypothese 4: Ein hoher Grad an Informationsverarbeitung und ein hoher Grad der Autonomie der Technik führen zu einem



5

Abbildung 5
Veränderte Fachkräftekompetenz durch KI-Einfluss
Quelle: eigene Darstellung

hohen Anspruch an beruflichen Aufgaben, wenn diese nicht algorithmischer Natur sind und zu einem geringen Anspruch an beruflichen Aufgaben, wenn sie algorithmischer Natur sind.

Literatur

Becker, M., Spöttl, G. & Windelband, L. (2021): Künstliche Intelligenz und Autonomie der Technologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: S. Seufert, J. Guggemos, D. Ifenthaler, J. Seifried & H. Ertl (Hrsg.):

Künstliche Intelligenz in der beruflichen Bildung: Zukunft der Arbeit und Bildung mit intelligenten Maschinen?! Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 31 (S. 31-54). Steiner.

KI in der Lehre

Um die Studierenden an der Fakultät für Maschinenbau auf diese neue Arbeitswelt und auf die Mitarbeit an Forschungsprojekten vorzubereiten, bieten die Institute der Fakultät für Maschinenbau vielfältige Lehrveranstaltungen mit Bezug zu KI-Methoden an – vom Grundlagenmodul *Data- and AI-driven Methods in Engineering* bis zu spezialisierten Vorlesungen wie *Datenmanagement und -analyse*. Das **Institut für Montagetechnik und Industrierobotik** (match) bietet seit dem Wintersemester 2021 das Masterlabor „Maschinelles Lernen in der Produktionstechnik“ (MLL) für die Studiengänge Maschinenbau, Produktion und Logistik sowie Mechatronik an. Hierbei wird den Studierenden die praktische und anwendungsnahe Implementierung von künstlichen neuronalen Netzen (KNN) am Beispiel von digitaler Bildverarbeitung vermittelt. Die Aufgabe, welche die Studierenden dabei im Labor lösen, ist, Getränkeverschlüsse (zum Beispiel aus Kork, Metall oder Kunststoff) anhand ihrer optischen Eigenschaften zu klassifizieren – eine Aufgabe, welche mit klassischer Bildverarbeitung nicht einfach zu lösen ist. Die Studierenden erlernen nicht nur Datensätze zu erstellen und KNN selbst zu trainieren, sondern auch diese an einem experimentellen Versuchsstand zu evaluieren. Dabei steht im Wesentlichen die Optimierung der Hyperparameter im Fokus, wodurch die Studierenden ein tieferes Verständnis für die Funktionsweise von KNN erhalten.



Identifikation der Bauteilorientierung in einer Zuführanlage mithilfe digitaler Bildverarbeitung und künstlicher neuronaler Netze.
Foto: match

Die im MLL erlernten Fähigkeiten können die Studierenden am match auch in der Forschung vielseitig einsetzen. Ein Beispiel ist die Nutzung von digitaler Bildverarbeitung in der Zuführtechnik, also bei der Sortierung und Bereitstellung von Kleinteilen für die automatisierte Montage. Damit die Bauteile in der Zuführanlage korrekt ausgerichtet werden können, muss zunächst deren aktuelle Orientierung bestimmt werden. Die Nutzung von KNN ermöglicht die Bestimmung der Orientierung beliebiger Bauteile, unabhängig von deren Geometrie oder Eigenschaften wie Farbe und Material. Das Training erfolgt dabei mit automatisiert erstellten synthetischen Bildern der Bauteile, wodurch eine aufwändige manuelle Datensatzaufnahme nicht mehr notwendig ist. Dieses Verfahren ermöglicht eine zuverlässige Erkennung der Bauteilorientierungen mit Genauigkeiten von über 99 Prozent.

Von links oben nach rechts unten:
 Torge Kolditz, Prof. Dr.-Ing.
 Thomas Seel, Prof. Dr.-Ing.
 Ludger Overmeyer, Marco Lukas,
 Sebastian Leineweber, Aran
 Mohammad, Dr. Atefeh Gooran
 Orimi und Timo Kuhlitz
 Foto: Eckhard Stasch



Nicht im Bild:
Prof. Dr. Matthias Becker,
 Leiter des Instituts für Insti-
 tuts für Berufswissenschaften
 der Metalltechnik (IBM); **Prof.**
Dr.-Ing. Berend Denkena,
 Leiter des Instituts für Ferti-
 gungstechnik und Werkzeug-
 maschinen (IFW); **Dr.-Ing.**
Michael Rehe, Bereichsleiter
 am IFW und Leiter des Mittel-
 stand-Digital Zentrums Han-
 nover; **Niklas Terei**, Wissen-
 schaftler am Institut für
 Montagetechnik und Indus-
 trierobotik, forscht an KI-ba-
 sierten Methoden, um Präzisi-
 onsmontageprozesse autonom
 zu gestalten.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seel
 leitet das Institut für Mecha-
 tronische Systeme (imes) und
 forscht an Daten- und KI-ge-
 triebenen Methoden, die auto-
 nomes Lernen und sensomotori-
 sche KI in dynamischen Syste-
 men ermöglichen. Kontakt:
[thomas.seel@imes.uni-
 hannover.de](mailto:thomas.seel@imes.uni-hannover.de)

Torge Kolditz
 forscht am Institut für Monta-
 getechnik und Industrierobotik
 (match) an der Flexibilisierung
 der Zuführung von Kleinbautei-
 len in der automatisierten Mon-
 tage.

Prof. Dr.-Ing.
Ludger Overmeyer
 leitet das Institut für Transport-
 und Automatisierungstechnik
 (ITA).


Marco Lukas
 forscht am ITA an KI-basierten
 Steuerungskonzepten für Extru-
 sionsanlagen.

Sebastian Leineweber
 forscht am ITA an der Additiven
 Fertigung für Kautschukbauteile
 und KI-basierter Steuerung.

Aran Mohammad
 erforscht am imes die physische
 Interaktion von Parallelrobotern
 mit dem Menschen.

Dr. Atefeh Gooran Orimi
 forscht am Institut für Pro-
 duktentwicklung und Gerätebau
 (IPeG) an Grundlagen und An-
 wendungen von KI-Methoden
 insbesondere in Optik und dem
 Felddatenmanagement.

Timo Kuhlitz
 erforscht am imes Algorithmen
 zur Klassifikation von Bilddaten
 oder Zeitreihen.



**Investieren Sie in Ihre
 Weiterbildung bei einem
 zuverlässigen Partner!**

**Wir beraten Sie gern
 zur richtigen Seminarwahl:**

**Tel.: 0511 277 1729
 kontakt@lzh-laser-akademie.de
 www.lzh-laser-akademie.de**



MENSCH SEIN, KEINE MASCHINE.

Das geht auch in einem internationalen High-Tech Unternehmen. Bei WAGO kommen Menschen mit Herz und Leidenschaft für die großen Themen der Zukunft voll auf ihre Kosten. Neugierig geworden? Dann schauen Sie auf unserem Jobportal vorbei. Wir freuen uns auf Sie!

Willkommen bei WAGO.



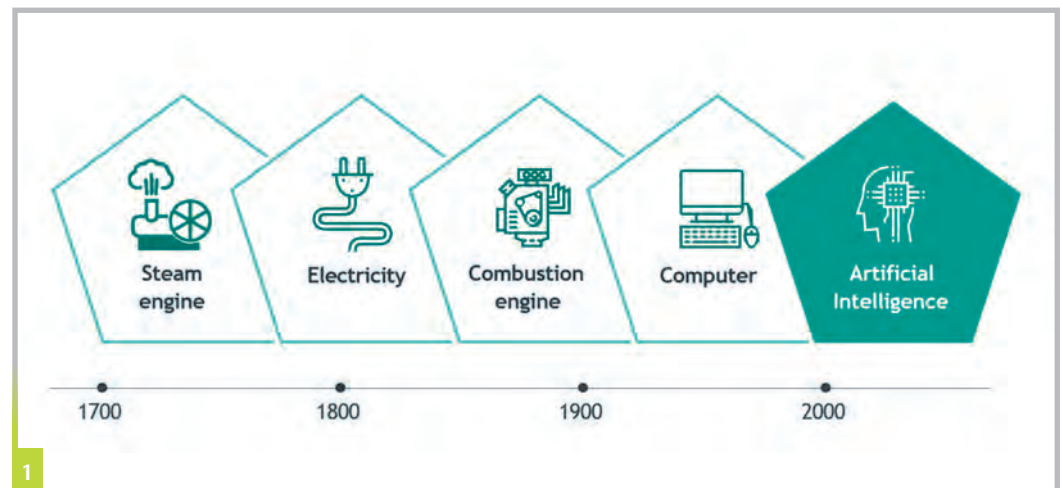
www.wago.com/de/karriere

Mission AI

Künstliche Intelligenz als Systemtechnologie

Sowohl die Forschung als auch die Anwendung von KI hat im Jahr 2023 noch einmal eine Beschleunigung erfahren. ChatGPT ist so schnell gewachsen wie kein anderer Onlinedienst.

Prof. Dr. techn. Wolfgang Nejd vom Institut für Data Science und Gründungsdirektor des Forschungszentrums L3S gibt einen Überblick über die Rolle von KI als Grundlage von Innovation in einer Vielzahl von Bereichen.



Der niederländische Wissenschaftsrat (WRR) publizierte im Januar 2023 das Buch „Mission AI. The New System Technology“, in dem er Künstliche Intelligenz als Systemtechnologie analysiert, und Empfehlungen für die langfristige Entwicklung und Einbettung von Künstlicher Intelligenz in unserer Gesellschaft ausspricht. Das nachfolgende Bild aus diesem Buch stellt in diesem Sinne KI als Nachfolger einer Reihe von (nunmehr alltäglichen) Technologien dar, die Industrie und Gesellschaft in vielfältiger Weise systemisch geprägt und verändert haben. Diese General-Purpose Technologien sind laut WRR charakterisiert durch ihre starke Verbreitung in unterschiedlichsten Sektoren der Wirtschaft, Produktionsprozessen und Produkten, durch kontinuierliche Verbesserung und Nutzung der

Technologie, sowie durch ihre Innovations-Komplementarität zu und Vernetzung mit anderen Technologien und Prozessen, mit entsprechend großem Produktionswachstum.

Bereits 10 Jahre zuvor wurde in den USA die AI100 „One Hundred Year Study on Artificial Intelligence“ ins Leben gerufen, die als langfristige Untersuchung den Einfluss der Künstlichen Intelligenz auf Menschen, Gemeinschaften und unsere Gesellschaft untersucht (siehe Abb. 2). Die Studie bewertet Wissenschaft, Technik und den Einsatz von KI, mit Berichten im 5-Jahres-Abstand (2016, 2021, 2026, usw.), die den aktuellen Stand der KI bewerten, Fortschritte skizzieren sowie technische und gesellschaftliche Herausforderungen ansprechen. Diese Herausforderungen umfassen Bereiche wie Ethik, Wirt-

schaft und die Entwicklung von Systemen, die mit menschlicher Kognition vereinbar sind. Das Ziel der AI100-Studie ist es, eine umfassende Reflexion über die Fortschritte der KI zu bieten, ebenso wie Leitlinien für KI-Forschung, -Entwicklung und -Systemgestaltung.

Nun werden Vorhersagen in vielen Fällen von der Wirklichkeit widerlegt, im Fall der Künstlichen Intelligenz wäre allerdings „überholt“ der richtige Begriff. Wir konnten im Jahr 2023 nochmals eine Beschleunigung sowohl in der Forschung zu als auch in der Anwendung von Künstlicher Intelligenz beobachten, nicht zuletzt verursacht durch die Veröffentlichung von ChatGPT (basierend auf GPT-3) durch OpenAI im November 2022. Für ChatGPT meldeten sich innerhalb von fünf Tagen welt-

Abbildung 1
KI als Nachfolger einer Reihe von (nunmehr alltäglichen) Technologien.
Quelle: Mission AI, The New System Technology, Seite 15.

weit mehr als eine Million Nutzer an, aktuell verwenden es etwa 200 Millionen Nutzer. Im Januar 2023 erhöhte Microsoft seine Finanzierung von OpenAI um mehrere Milliarden Euro, heute können wir den auf GPT-4 basierenden Copilot Pro für 22 Euro pro Monat zu unserem privaten Microsoft Office Paket dazu buchen. Beim Programmieren hilft dann der GitHub Copilot.

Reguliert sollte diese Systemtechnologie natürlich auch werden, hier ist die EU mit dem AI Act als Pionier vorangeschritten, zu dem am 8. Dezember 2023 eine vorläufige politische Einigung erzielt wurde, und der in Kürze formell von Parlament und Rat der EU verabschiedet wird. Der AI Act verwendet einen risikobasierten Ansatz: Je höher das Risiko, desto strenger sind die Regeln. Für hochrisikante Systeme gelten strenge Verpflichtungen, darunter Bewertungen der Auswirkungen auf Grundrechte, Transparenz, menschliche Aufsicht sowie ein hohes Maß an Robustheit, Sicherheit und Genauigkeit.

Foundation Models wie GPT-3 und GPT-4 sind die eindrucksvolle Fortführung des „general-purpose“ Ansatzes der KI. *Foundation Models* sind nicht auf eine bestimmte Anwendung oder ein bestimmtes Problem beschränkt, sondern können, oft ohne große oder gar keine Anpassung, für eine Vielzahl von Aufgaben angewendet werden, und sind nicht nur auf Text beschränkt, sondern können auch Bilder, Videos, Sprache oder Code verstehen und synthetisieren. Das Modell SAM, *SegmentAnything*, ermöglicht die Segmentierung von beliebigen Objekten in Bildern oder Videos, auf dem neuen Samsung Galaxy S24 hilft das Modell Gauss bei der (Fast-) Synchronübersetzung von Sprachtelefonaten, noch nicht perfekt, aber beeindruckend.

Und als persönlicher Tutor in der Schule eignen sich (nach entsprechenden Anpassungen) die klassischen Sprach-Chatbots, mit zum Beispiel Khanmigo (Not Just Math Quizzes: Khan Academy's Tutoring Bot Offers Playful Features – The New York Times (nytimes.com) in den USA, und vielleicht in Kürze auch in der niedersächsischen Bildungscloud, dann allerdings aus Datenschutzgrün-

dereien eingesetzt, als Input werden Skizzen und Textanweisungen genutzt. Das Mittelstand Digital Zentrum Hannover bietet Tipps zum „Dialog mit der KI“ an, und auch sonst gemeinsam mit dem DAISEC vielfältige Unterstützung zum Thema KI und Produktion.

Im Rahmen unseres Internationalen Zukunftslabors für Künstliche Intelligenz



Abbildung 2
Eingangsbild der Studie zum Einfluss von KI auf die Gesellschaft.
Quelle: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>; CC BY-ND 4.0 Deed | Attribution-NoDerivs 4.0 International | Creative Commons.

den auf Basis von lokal betriebenen Open Source Modellen wie Mistral. Multimodale Modelle wie das neueste GPT-4 Vision von OpenAI und Gemini von Google sind übrigens ebenfalls seit kurzem verfügbar, diese sind dann noch vielseitiger einsetzbar, weil sie als Input sowohl Bilder als auch Texte verstehen.

Die Nutzung künstlicher Intelligenz in verschiedensten Bereichen zeigt sich auch in der großen Vielfalt von Projekten, die wir an der Leibniz Universität Hannover durchführen.

Im Rahmen unseres von der EU finanzierten European Digital Innovation Hub für Künstliche Intelligenz und Cybersicherheit DAISEC (<https://daisec.de/>) wird Stable Diffusion für die Visualisierung von Möbeln für Tisch-

und Personalisierte Medizin (eines von drei vom BMBF finanzierten Zukunftslaboren für KI) haben wir das Modell GENMASK für Genfolgen (DNA) trainiert, das Modell Geneformer wurde am Broad Institute in Boston auf 30 Millionen Single Cell Transkriptomen trainiert. Aus Bildern können mit Hilfe von Deep Learning Modellen Informationen herausgelesen werden, besser als das Menschen können: Forscher des unter anderem von Stanford-Angehörigen gegründeten Startups insitro (<https://www.insitro.com/>) in San Francisco extrapolieren aus Röntgenbildern (aufgenommen nach der DXA-Methode) Leberfettwerte, oder aus mittels Biopsie entnommenen Gewebeproben von Krebspatienten wichtige RNA Expression Werte, um personalisierte Krebstherapie zu ermöglichen. Große Sprach-



Niedersächsisches Zentrum für KI und Kausale Methoden in der Medizin

Weitere Informationen zu CAIMed (Niedersächsisches Zentrum für KI & Kausale Methoden in der Medizin): <https://caimed.de/>

modelle wie GPT-4 oder Med-PaLM 2 von Google sind übrigens, zumindest was die USMLE-Prüfung (United States Medical Licensing Examination) betrifft, schon vergleichbar mit Medizin-Studierenden, und erreichen beim MedQA-Benchmark, der auf USMLE aufbaut, mehr als 85 Prozent richtige Antworten.

Was uns zum Thema Künstliche Intelligenz und Medizin geführt hat, einem sehr relevanten und spannenden Anwendungsgebiet für Methoden der Künstlichen Intelligenz. Daten im Bereich der Medizin sind vielfältig, und reichen von klinischen und demographischen Patientendaten über Omics- und Bild-Daten bis hin zu Zeitreihen- und Behandlungsdaten. Ein idealer Bereich für KI-Methoden, die auf Daten aufbauen, auch wenn dies aufgrund der Heterogenität der Daten nicht immer einfach ist. Diesem Thema wird sich das neu gegründete niedersächsische Zentrum für KI und Kausale Methoden in der Medizin CAIMed widmen, mit 13 Nachwuchsgruppen an der Leibniz Universität Hannover, der Medizinischen Universität Hannover, der Universität Göttingen und dem dortigen Uniklinikum, sowie der Technischen Universität Braunschweig gemeinsam mit dem Helmholtz-Institut für Infektionsforschung. Medizinisch wird sich die Forschung in CAIMed auf die Bereiche Onkologie, Herz-, Kreislauf- und Lungenmedizin, sowie Infektionsmedizin konzentrieren, im Kontext Künstliche Intelligenz werden alle relevanten



Prof. Dr. techn. Wolfgang Nejdil ist Professor und Lehrstuhlinhaber am Institut für Data Science sowie Gründungsdirektor des Forschungszentrums L3S. Seine Forschungsschwerpunkte sind Information Retrieval, Social Web und soziale Medien, Data Mining und künstliche Intelligenz sowie technologiegestütztes Lernen. Kontakt: nejdl@L3S.de

Datenmodalitäten und viele KI-Ansätze abgedeckt.

Drei Nachwuchsgruppen an der Leibniz Universität werden an unseren Instituten für Data Science und für Informationsverarbeitung eingerichtet, beteiligt ist außerdem das Institut für Künstliche Intelligenz. Wichtiger Partner und Koordinator von CAIMed ist das Forschungszentrum L3S.

CAIMed setzt auf die Verknüpfung von Forschungsdaten, klinischen Daten und Daten der Patientenversorgung sowie den Einsatz von Künstlicher Intelligenz und kausalen Methoden. Dadurch können Prävention, Diagnostik, Therapie und das Monitoring des therapeutischen Erfolgs wirkungsvoller und effizienter werden und die individuellen Bedarfe jedes einzelnen Menschen besser ermittelt und bedient werden. Mit der Verknüpfung exzellenter niedersächsischer Standorte der methodischen KI-Forschung, der datenintensiven Medizin, der Medizininformatik und der medizinischen Grundlagenforschung entsteht durch CAIMed ein einzigartiger Leuchtturm für die Forschung zu KI und personalisierter Medizin.

Dazu passt auch, dass wir in Niedersachsen mit KISSKI eines der vier BMBF-finanzierten KI-Servicezentren eingeworben haben, mit seit Ende 2023 verfügbaren Rechenkapazitäten in Hannover und Göttingen, und den beiden Anwendungsschwerpunkten Energie und Medizin, und individueller Beratung und Schulung im Projektverbund mit Experten aus diesen Bereichen (<https://kisski.gwdg.de/>).

Ein großer Strauß also an Technologien und Anwendungsbereichen, so wie es für die Systemtechnologie Künstliche Intelligenz zu erwarten ist, unterstützt von zahlrei-



chen Professuren in unserer Fakultät, dem Forschungszentrum L3S, und vielen anderen Bereichen der Leibniz Universität, die sich auch in der Lehre zum Thema Künstliche Intelligenz zusammenfinden – in der Leibniz AI Academy.

Wir sehen: Künstliche Intelligenz als Systemtechnologie ist relevant für viele wissenschaftliche Disziplinen und gesellschaftliche Bereiche. Langfristige Empfehlungen für die Einbettung künstlicher Intelligenz in die Gesellschaft sind im interdisziplinären Diskurs wichtiger Fokus und unverzichtbarer Bestandteil universitärer Forschung.

Literatur/Nachweise

- Der Niederländische Wissenschaftsrat (WWR); <https://english.wrr.nl/>
- Mission AI: The New System Technology | SpringerLink; <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-21448-6>
- One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100) (stanford.edu); <https://ai100.stanford.edu/>
- Niedersächsisches Zentrum für KI & Kausale Methoden in der Medizin; <https://caimed.de/>
- Institut für Künstliche Intelligenz der Leibniz Universität; <https://www.ai.uni-hannover.de/de/forschung/ailuh>
- Forschungszentrum L3S; <https://www.l3s.de>
- Leibniz AI Academy; <https://www.ai-academy.uni-hannover.de/de/>
- Institut für Data Science der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik <https://www.idas.uni-hannover.de/de/>



enova

DREH AM RAD DER ZUKUNFT

Bock auf einen spannenden Job, bei dem du die Energiewende mitgestalten kannst? Dann komm in unser Team und dreh in der Projektentwicklung die Windräder von morgen.

ENOVA Power GmbH, Steinhausstraße 112, 26831 Bunderhee

Bewirb dich!
karriere.enova.de



ROSSMANN
Mein Drogeriemarkt

Mit dir sind wir wir.

Gemeinsam
smarte Technologien
voranbringen.

Du bist auf Zukunft
programmiert?
Dann jetzt in unserer
IT bewerben.

jobs.rossmann.de



Unterstützen
Sie junge Talente!
Geben Sie Ihre
Erfahrungen weiter!
Stiften Sie
Bildungserfolge!

Das Deutschlandstipendium

- Zeigen Sie Ihre Anerkennung studentischer Leistungen mit einer Förderung
- Wählen Sie selbst den Studienschwerpunkt, den Sie fördern wollen
- Lernen Sie leistungsstarke Studierende kennen
- Nutzen Sie Austausch und Netzwerk
- Nehmen Sie an der Stipendienvergabe teil, und lernen Sie die Stipendiaten kennen
- Gestalten Sie das Begleitprogramm mit
- Setzen Sie die Förderung als Spende steuerlich ab



Haben Sie Interesse? Wir beraten Sie gern.

Dr. Stefanie Beier, Referentin für Fundraising | Tel. 0511-762 5597 | E-Mail beier@zuv.uni-hannover.de

H HAHNE
HOLDING

 hahneholdingjobs

Teamplayer?



Aufgepasst!

Unsere Angebote für Werkstudenten,
Praktikanten und Minijobber!

Wir freuen uns auf deine Bewerbung unter
www.hahne-holding.de/jobs/aushilfe/


magrathea

**Jobs
Praktika
Blöde Ideen**

www.magrathea.eu

BRANDI
RECHTSANWÄLTE

WIR FREUEN UNS AUF SIE

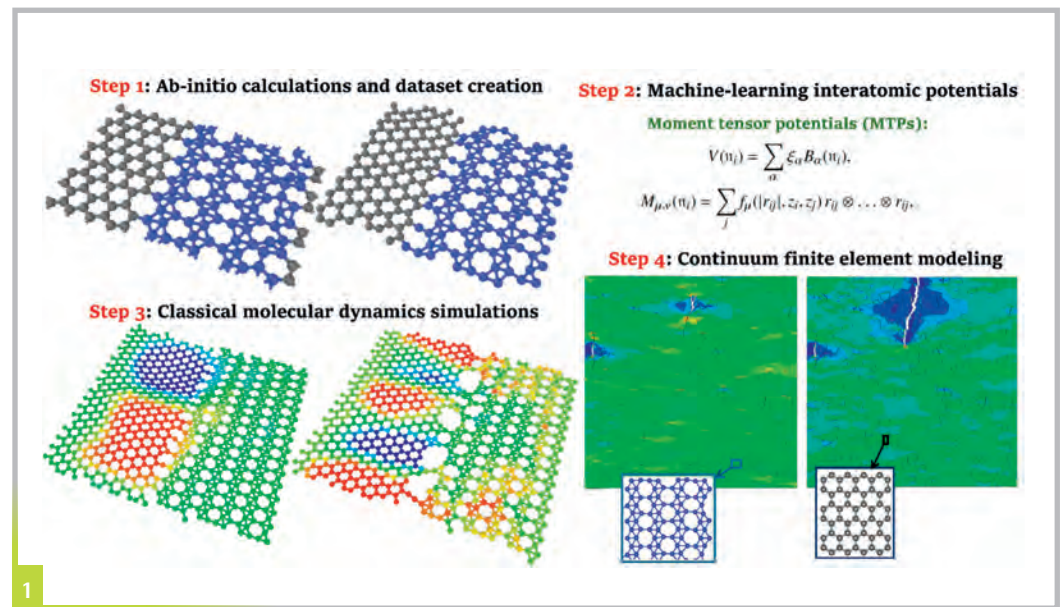
www.brandi.net

Das Inverse Design

KI für die Gestaltung neuartiger akustischer und optischer Metamaterialien

Licht und Schall sind seit Jahren der Kern der Grundlagenforschung. Insbesondere eine innovative Methode hat die Art und Weise, wie optische Komponenten heute entwickelt werden verändert – das Inverse Design.

Zwei Professor*innen vom Hannoverschen Zentrum für Optische Technologien (HOT) geben einen Einblick in ihre Arbeit.



Photonik und Phononik sind das Herzstück zahlreicher moderner Technologien. Die Photonik befasst sich mit der Natur des Lichtes, sowie der Nutzung optischer Methoden und Technologien in den Bereichen Übertragung, Speicherung und Verarbeitung von Informationen. Prominente Beispiele hierfür sind optische Fasern und Laser, die die Telekommunikation, die Bildgebung, die Sensorik, die Medizin und die Materialverarbeitung de facto revolutioniert haben. Die Phononik umfasst hingegen die Erforschung und Manipulation von Phononen, das heißt Schwingungen in Festkörpern. Sie zielt darauf ab, Phononen für Anwendungen wie Wärmemanagement, Signalverarbeitung und Energiegewinnung zu kontrollieren.

In den vergangenen Jahrzehnten konzentrierte sich die Grundlagenforschung verstärkt darauf, die Interaktion von Licht und Schall mit Strukturen in der Größenordnung von einigen Nanometern, den sogenannten Nanostrukturen, zu verstehen. Dabei ermöglichen technologische Fortschritte in den Fertigungsmethoden, wie der Elektronenstrahlolithographie, der Fokussierung von Ionenstrahlen, dem 3D-Druck mittels Zwei-Photonen-Polymerisation, sowie Bottom-up-Ansätzen wie der (molekularen) Selbstassemblierung und der chemischen Synthese, die praktische Umsetzung von Theorien und die Herstellung von Nanostrukturen mit hoher Präzision und Komplexität.

Vor dem Hintergrund nahezu unbegrenzter Material- und Gestaltungsmöglichkeiten veränderte insbesondere eine innovative Methode die Art und Weise, wie wir optische Komponenten heute designen – das Inverse Design. Diese Methode bereitet den Weg zu einer gänzlich neuen Ebene der Effizienz und Kreativität. Traditionell beruhte das Design photonischer und phononischer Komponenten auf einem „Trial-and-Error“ Prinzip, das sich oft als mühsam und zeitaufwändig herausstellt, und dessen maximale Effizienz durch menschliche Intuition auf Basis physikalischer Grundprinzipien beschränkt war. Mit der Anwendung des Inversen Designs verfügen Ingenieure und For-

Abbildung 1
Auf maschinellem Lernen basierende Multiskalenmodellierung für 2D-Materialien.
Quelle: Bohayra 2021

schon nun jedoch über ein umfangreiches Instrumentarium, mit dem sie in kürzester Zeit neuartige Strukturen mit beliebiger Funktionalität kreieren können. Diese computer-gestützte Methode ist zentraler Forschungsschwerpunkt der beiden Teams von Prof. Xiaoying Zhuang und Prof. Antonio Calà Lesina an der LUH, die an neuartigen Designstrategien und Lösungen für Optimierungsprobleme forschen.

KI für 2D-Material-untersuchungen und Inverses Materialdesign

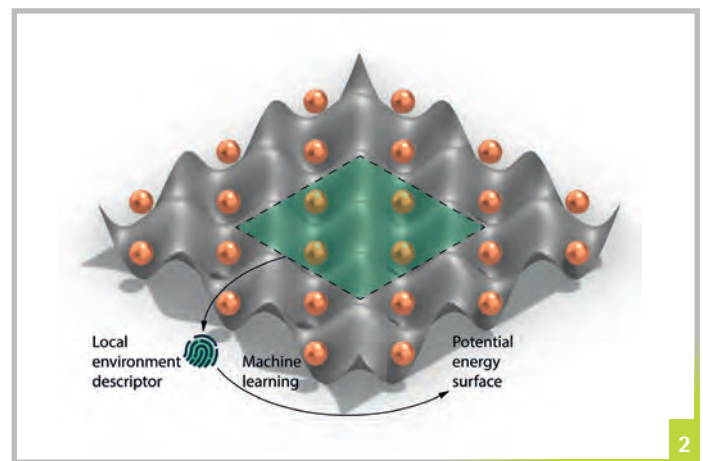
Eine vielversprechende Methode für das Inverse Design bietet das Deep Learning, ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens. Deep Learning basiert auf einem Netzwerk künstlicher Neuronen, die über mehrere Schichten Ebenen verwoben sind, inspiriert von der Struktur und Funktion des menschlichen Gehirns. Diese neuronalen Netze ermöglichen es, aus einer großen Menge komplexer Daten Zusammenhänge und Erkenntnisse zu gewinnen und genaue Vorhersagen treffen zu können – eine Aufgabe, die für Menschen auf manuelle Weise nur schwer oder gar nicht zu bewältigen wäre. Ob es um die Erkennung von Objekten in Bildern, das Verstehen und Reproduzieren natürlicher Sprache, die Prognose der Finanzmärkte oder die Optimierung von Fertigungsprozessen geht – die Algorithmen des maschinellen Lernens haben in verschiedenen Anwendungen bereits bemerkenswerte Erfolge erzielt.

Das von Prof. Zhuang geleitete Team an der LUH verfügt über langjährige Erfahrung in der Entwicklung von Methoden des maschinellen Lernens und des Deep Learning für das Inverse Design von 2D-Mate-

rialien und akustischen Metamaterialien. 2D-Materialien haben im Vergleich zu herkömmlichen Materialien einzigartige Eigenschaften, und sind deshalb wichtiger Gegenstand der derzeitigen Forschung. Beispielsweise variieren ihre elektrischen, mechanischen, thermischen und optischen Eigenschaften mit der Anzahl der überlagerten Schichten. Die Optimierung derartiger Materialien mit herkömmlichen Methoden war bisher mit einem erheblichen Aufwand für die Entwicklung und Validierung des dafür benötigten elektrischen Potentials verbunden. Im Zuge der raschen Entwicklung im Bereich künstlicher Intelligenz fanden neue Methoden wie das maschinelle Lernen interatomarer Potentiale (MLIP) Einzug, die diesen Prozess signifikant beschleunigen. Eine genaue Untersuchung der mechanischen Reaktionen von Nanostrukturen ist für die optimale technische Fertigung von Nanobauteilen unerlässlich. Die Dichtefunktionaltheorie (DFT) bietet bewährte Methoden zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Festkörpern sowie zur Erforschung neuer Arten von 2D-Nanomaterialien im atomaren Grundzustand, aber geht für große Systeme oder bei endlichen Temperaturen mit einem enormen Rechenaufwand einher. Klassische Molekulardynamiksimulationen (CMD) bieten die Möglichkeit, größere Systeme bei höheren Temperaturen zu untersuchen, erfordern aber die Kenntnis des exakten, interatomaren Potentials. Für die meisten neuartigen Materialien sind diese Potentiale jedoch nicht bekannt, und neue Lösungsstrategien für deren Approximation sind notwendig.

Das Team von Prof. Zhuang präsentierte eine neuartige Methode der Multiskalen-Modellierung von MLIP (Mortazavi 2021), das effizient mit

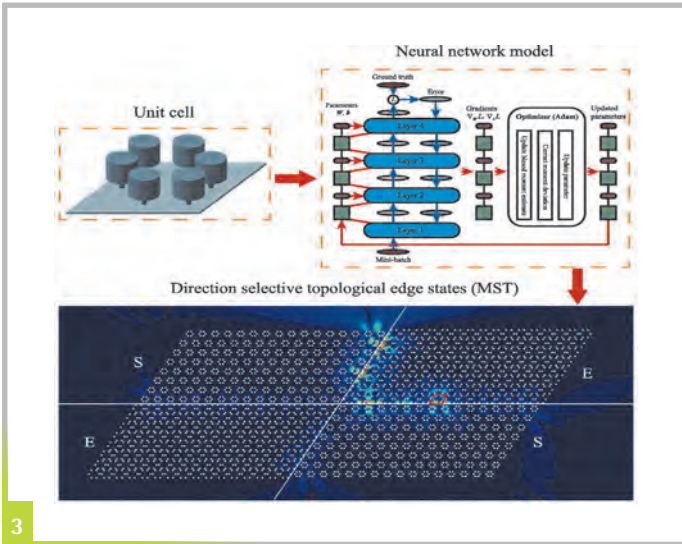
ab-initio-Datensätzen trainiert werden kann (Abb. 1). Ihre Resultate zeigen, dass die mechanischen und Ausfallreaktionen komplexer Nanostrukturen auf der Kontinuumsebene mit der Detailgenauigkeit von anspruchsvollen „First Principle“-Berechnungen untersucht werden können und dies bei überschaubaren Rechenkosten und ohne Zuhilfenahme empirischer Daten. Ein derartiger Ansatz verspricht die Entwicklung vollautomatisierter und vernetzter Plattformen, sowie das Design, die Optimierung und die Erforschung der Eigenschaften von



Materialien auf der Kontinuumsebene, unter Berücksichtigung atomistischer Effekte und der spezifischen Genauigkeit von Berechnungen nach den „First Principles“.

Das von Prof. Zhuang geleitete Team entwickelte zudem die erste Vier-Skalen-Multiskalen-Modellierung auf Grundlage von maschinellem Lernen für das Design und die Erforschung von neuartigen Materialien. Sie haben die Robustheit der Verwendung von MLIP bei der Analyse der mechanischen Stabilität jener Materialien demonstriert und damit die gängigen Methoden der Dichtefunktionaltheorie und der Nutzung empirischer interatomarer Potentiale übertroffen (Abb. 2).

Abbildung 2
Oberfläche der potentiellen Energie, dargestellt durch MLIP.
Quelle: eigene Darstellung

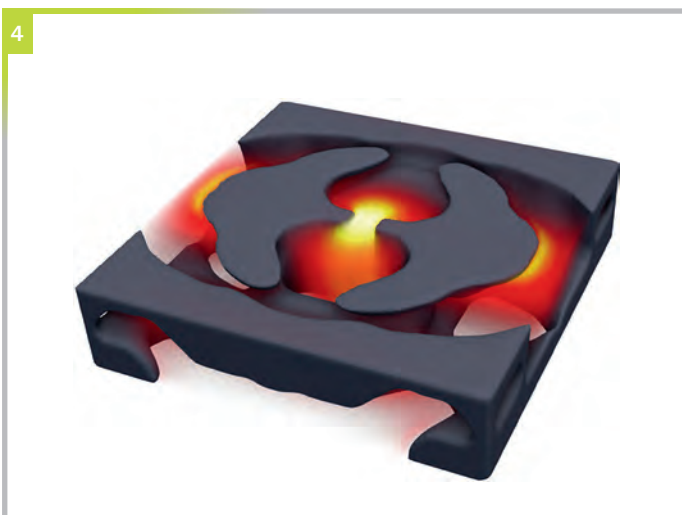


3

Abbildung 3
Inverses Design von topologischen „Metaplates“ für Biege-
wellen mit maschinellem Lernen.
Quelle: He 2021

Die von ihnen entwickelten MLIP dienen auch dazu, die Stabilität, die mechanischen Eigenschaften, die Wärmeleitfähigkeit des Materialgitters, die piezoelektrische und flexo-elektrische Reaktion sowie die photokatalytischen, optischen und elektronischen Eigenschaften zu untersuchen. Darüber hinaus arbeitete die Gruppe am Inversen Design von topologischen „Metaplates“ für Biege-
wellen (Abb. 3), die für Signalverarbeitung, Sensorik und Energiespeicherung verwendet werden können, und stellte kürzlich eine webbasierte Expertensystem-
plattform (AI-DeMat) für rechenintensive Modelle im Materialdesign vor.

Abbildung 4
3D-Nanostruktur aus Silizium
mit optimierter Topologie für die
lokale Feldverstärkung über ein
breites Frequenzspektrum.
Quelle: Lesina 2023



4

Topologieoptimierung für das Inverse Design in der Nanophotonik

Das Designen von optischen Nanostrukturen und Metamaterialien basiert auf der Optimierung von Struktur- oder Materialparametern, um eine gewünschte Funktionalität und Effizienz zu erreichen. Beispiele hierfür sind die Manipulation des elektrischen Feldprofils, lokale Feldverstärkung oder die Minimierung des Energieverlusts in Wellenleitern.

Das „Trial-and-Error“ Prinzip ist jedoch bei höherer Komplexität des Optimierungsproblems zu rechenintensiv oder gar unzureichend. Mit der computergestützten „Topologieoptimierung“ kann die optimale Materialverteilung der optischen Komponente für eine gewünschte Funktionalität direkt berechnet werden, und stellt als gradientenbasiertes, iteratives Verfahren eine meist adaptivere und effizientere Lösungsstrategie als Deep Learning dar, welches in der Regel eines Trainings mit vorab berechneten Daten bedarf.

Die von Prof. Calà Lesina geführte Gruppe arbeitet an neuartigen Konzepten für die Topologieoptimierung von dreidimensionalen, optischen Nanostrukturen. Die Algorithmen stützen sich auf die Finite-Difference-Time-Domain (FDTD) Methode, die es ermöglicht, optische Komponenten beliebiger (anisotropischer) Materialien für hohe Effizienzen über ein breites Frequenzspektrum zu optimieren – Metalle und Halbleiter eingeschlossen (Abb. 4). Die Optimierung über ein breites Frequenzspektrum weist eine größere Robustheit gegenüber Fertigungstoleranzen und temperaturbedingten Materialschwankungen auf. Die Methode wurde in eine eigens entwickelte, parallelisierte

FDTD-Software eingebettet, um eine effiziente und zeitsparende Optimierung auf Supercomputern gewährleisten zu können, und erlaubt somit die Inangriffnahme von Optimierungsproblemen mit einer sehr großen Anzahl von Designvariablen.

Darüber hinaus setzt das Team um Prof. Calà Lesina die Technik des Inversen Designs im Bereich der integrierten Optik ein, um die Leistungsfähigkeit von integrierten optischen Schaltkreisen zu verbessern. Hierbei können neue Funktionalitäten für Wellenleiter entwickelt und gleichzeitig deren Platzbedarf minimiert werden. Dies wird durch die topologische Veränderungen herkömmlicher Wellenleiter im Nanometerbereich ermöglicht, um so leistungsfähigere „Meta-Wellenleiter“ anzufertigen. Das Team hat außerdem gezeigt, dass es möglich ist, die optische Phase des elektrischen Feldes in integrierten optischen Strahlteilern innerhalb der für solche Bauelemente zulässigen theoretischen Grenzen kontrollieren zu können (Abb. 5). Derartig optimierte, integrierten Strahlteiler stellen einen bedeutenden Beitrag für den Forschungszweig der Quanteninformationsverarbeitung dar.

Die Nachfrage nach kompakten und multifunktionalen optischen Komponenten wächst stetig, und ihre schnelle Optimierung und Fertigung ist ein entscheidender Faktor für den technologischen Fortschritt. Der Einsatz neuer Methoden der Topologieoptimierung hilft Ingenieuren, das Design komplexer Komponenten zu vereinfachen, die Kosten für die Herstellung zu senken und die Entwicklung modernster integrierter Systeme für Anwendungen von der Telekommunikation bis zum Quantencomputing zu beschleunigen.

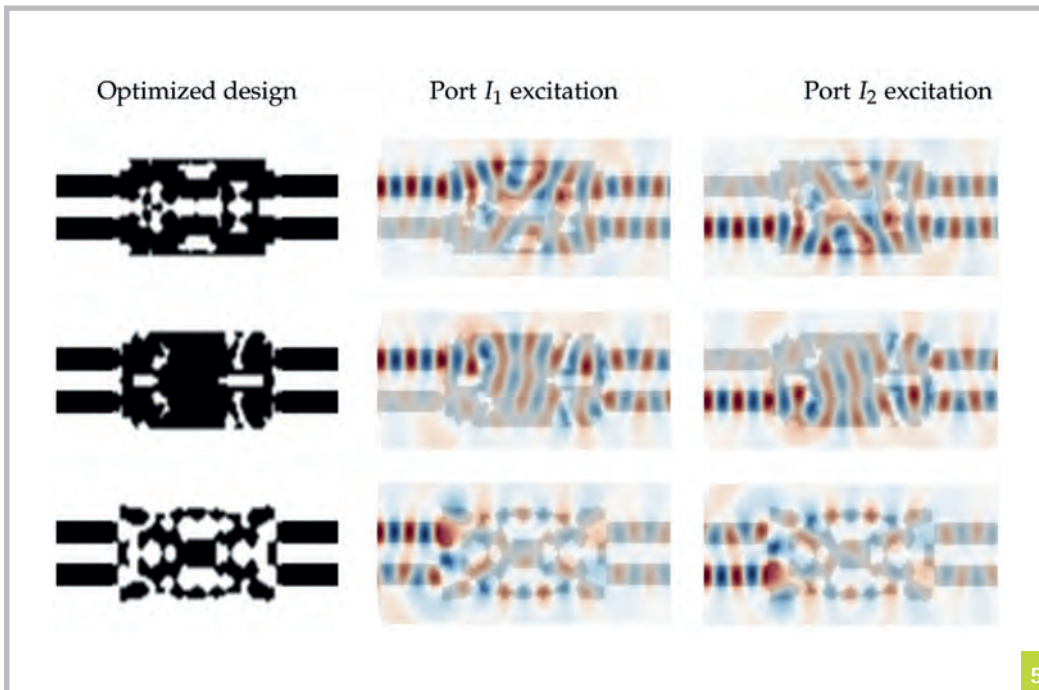


Abbildung 5
Steuerung der optischen Phase
am Ausgangsport eines integrier-
ten Strahlteilers durch Topologie-
optimierung.

Quelle: Lesina 2024

Literatur

- Mortazavi, Bohayra, et al. „First-principles multiscale modeling of mechanical properties in graphene/borophene heterostructures empowered by machine-learning interatomic potentials.“ *Advanced Materials* 33.35 (2021): 2102807
- He, Liangshu, et al. „Inverse design of topological metaplates for flexural waves with machine learning“. *Materials & Design* 199 (2021): 109390
- J. Gedeon, E. Hassan, A. Calà Lesina, Time-domain topology optimization of arbitrary dispersive materials for broadband 3D nanophotonics inverse design, *ACS Photonics*, vol. 10, no. 11, pp. 3875-3887, 2023
- A. Nanda, M. Kues, A. Calà Lesina, Exploring the fundamental limits of integrated beam splitter with arbitrary phase via topology optimization, *Optics Letters*, vol. 49, no. 4, pp. 1125-1128, 2024



Prof. Xiaoying Zhuang

ist Professorin am Institut für Photonik. Ihre Forschungsschwerpunkte sind maschinelles Lernen und Computergestützte Mechanik mit Schwerpunkt auf Multiphysik/Multiskalenmodellierung für das Design neuartiger phononischer Systeme und Metamaterialien. Prof. Zhuang wurde mit dem ERC Starting Grant und dem Heinz-Maier-Leibnitz-Preis ausgezeichnet. Kontakt: zhuang@iop.uni-hannover.de



Prof. Antonio Calà Lesina

ist mit dem Zentrum für Optische Technologien Hannover, dem Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (Fakultät für Maschinenbau) und dem Exzellenzcluster PhoenixD verbunden. Sein Team ist spezialisiert auf die Topologieoptimierung, die computergestützte Nanophotonik, und die Modellierung der Licht-Materie-Wechselwirkung auf der Nanoebene für die Simulation und das Design von modulierbaren, optischen Metaoberflächen und integrierten Metaoptiken. Kontakt: antonio.calalesina@hot.uni-hannover.de

Von (Quanten)-Optik bis Schwerelosforschung

Optimierung von Experimenten durch Maschinelles Lernen

Große Forschungsverbünde wie das Quantum Valley Lower Saxony (QVLS) oder das Exzellenzcluster QuantumFrontiers bringen viele verschiedene Forschungsbereiche zusammen und ermöglichen einen engen Austausch unterschiedlicher Forschungsdisziplinen.

Die folgenden Beispiele demonstrieren den alltäglichen Umgang mit Methoden des maschinellen Lernens (Machine Learning) im Kontext zweier ausgewählter Forschungsbereiche.



Quantenkontrolle, wie sie in der Arbeitsgruppe „Quantum Control“ am Institut für Gravitationsphysik Forschungsthema ist, bedeutet, komplexe Systeme, die Rauschen am oder unterhalb der Quantengrenze aufweisen, kontinuierlich zu messen und zu stabilisieren. Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich dabei vornehmlich mit quantenoptischen Experimenten. Bei der täglichen Arbeit im Optiklabor gibt es viele Aufgaben, bei denen mit sehr viel Geduld, Ruhe und Fingerspitzengefühl viele kleine Schraubchen gedreht werden müssen, um ein optimales Ergebnis zu erhalten (siehe Abb. 1). Ein Beispiel

dafür ist es, einen Laserstrahl mit Hilfe von Spiegeln sehr präzise durch ein Experiment zu lenken. Es wäre dafür eine große Hilfe, wenn eine Maschine die beste Lösung für den Strahlengang herausfinden und dann die entsprechenden Schraubchen drehen könnte.

Wenn Aufgaben mühsam, aber klar beschreibbar sind, ist eine mögliche Lösung, ein konventionelles Automatisierungsprogramm zu schreiben. In solch einem Programm wird einer Maschine genau vorgegeben, welche Schritte sie der Reihe nach verfolgen soll, um ein bestimmtes Ziel

zu erreichen. Es gibt jedoch auch Probleme, bei denen unklar ist, welcher Weg ideal ist. Zum Beispiel ist manchmal unbekannt, welche Schraubchen gedreht werden sollten. Auch kommt es vor, dass so viele Stellschrauben vorhanden sind, dass es nicht überschaubar ist, wie stark der einzelne Einfluss ist und wie diese zusammenspielen. In solch einem Fall ist es interessant und gegebenenfalls nützlich, sich mit Machine Learning zu beschäftigen.

Die Machine Learning Methode, die der Regelung der quantenoptischen Experimente am besten entspricht, ist das

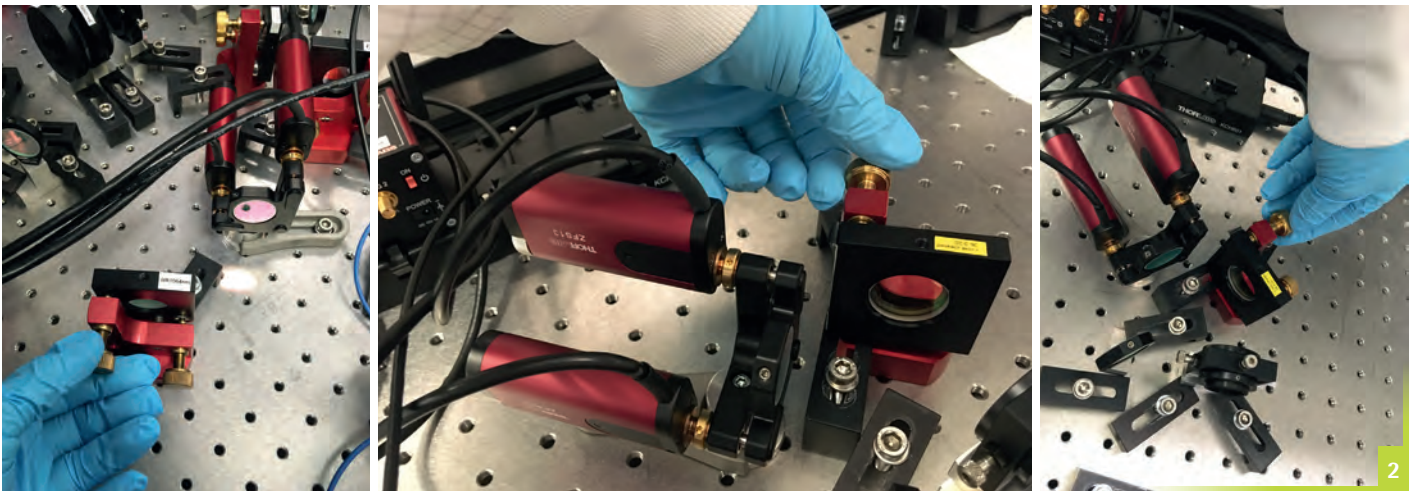
Abbildung 1
Bei optischen Experimenten gibt es unzählige kleine Stellschrauben zu drehen. Wenn eine Maschine lernen würde, sie richtig einzustellen, wäre das von großer Hilfe.
Quelle: Lea Richtmann

sogenannte Reinforcement Learning. Dabei interagiert ein „Agent“ (das Computerprogramm) mit einem „Environment“ (dem Experiment). Der Agent führt Aktionen aus (dreht zum Beispiel mit Motoren an Stellschrauben, *siehe Abb. 2*) und das Environment meldet dem Agenten zurück, wie die Aktionen den Zustand des Experiments verändert haben (zum Beispiel wie die Spiegel nach dem Drehen der

liegen, dass Reinforcement Learning für komplexe Probleme eine vielversprechende Methode ist. Trotzdem gibt es im experimentellen Bereich (das heißt in Situationen, in denen der Agent nicht nur auf einer Simulation trainiert wird, sondern tatsächlich Aktuatoren wie Schraubchen bewegt) noch sehr wenige Anwendungen. Ziel dieser Forschung ist es, zum Schließen dieser hochinteressanten An-

außerdem hohe zeitliche und finanzielle Kosten mit sich. Aktuell wird daher erforscht, wie das Reinforcement Learning so gestaltet werden kann, dass es mit den vielen experimentellen Herausforderungen im Labor umgehen kann.

Dafür wurde eine Aufgabe identifiziert, deren Probleme besser überschaubar sind, als bei einem komplizierten quantenoptischen Aufbau:



Stellschrauben ausgerichtet sind). Eine Belohnung erhält der Agent, wenn sich dadurch das Ergebnis verbessert hat (wenn zum Beispiel nun mehr Licht an der richtigen Stelle ankommt). Der Agent wird nun trainiert, eine Lösung zu finden, die das gewünschte Ergebnis erzielt. Das Training besteht darin, ihn immer wieder mit dem Experiment interagieren zu lassen. Er weiß dabei gar nicht, was das Ziel ist. Zu Beginn führt er komplett zufällig Aktionen aus. Durch die Belohnung lernt er mit der Zeit eine Strategie, die zum gewünschten Ergebnis führt. Besonders interessant ist, dass es auf diese Weise auch möglich ist, dass der Agent einen Weg findet, den sich ein Mensch nicht ausgedacht hätte.

Die Regelung der Experimente ist häufig sehr aufwändig. Es scheint auf der Hand zu

wendungslücke beizutragen und das Potenzial des maschinellen Lernens in der experimentellen Quantenoptik stärker nutzbar zu machen.

Einer der Gründe, warum es noch nicht viele experimentelle Anwendungen des Machine Learnings (zumindest nicht in der Optik) gibt, ist, dass die reale Welt bekanntlich nicht ideal ist: Motoren laufen nicht perfekt, im Labor gibt es Schwankungen zum Beispiel der Temperatur, die nicht genau beschrieben werden können, experimentelle Komponenten können degradieren oder sogar ausfallen, wenn sie zu häufig verwendet werden, Sensoren messen nicht perfekt, um nur ein paar Nicht-Idealitäten zu nennen. Das Trainieren eines Machine Learning Algorithmus auf einem Experiment ist daher ziemlich schwierig und bringt

Einem Agenten wird versucht beizubringen, Spiegel so zu bewegen, dass das Laserlicht exakt an bestimmte Orte gesteuert werden kann. Bei den durchgeführten Versuchen wird zum Beispiel festgestellt, dass die Motoren abhängig von der Richtung, in der sie sich bewegen, sich unterschiedlich präzise verhalten. Das Computerprogramm wird dann angepasst, um das zu berücksichtigen. Die hier gewonnenen Erkenntnisse können dann zukünftig genutzt werden, um quantenoptische Experimente zu optimieren, sowie gleichzeitig Zeit im Labor zu sparen und die Stabilität von Experimenten zu erhöhen.

Auch wenn das experimentelle Machine Learning viele Herausforderungen bietet, ist schon jetzt abzusehen, dass damit Experimentator*innen

Abbildung 2
Spiegelhalter wie sie typischerweise in einem Optikkabor verwendet werden. Die Schraubchen, die beim oberen Halter von Hand gedreht werden können, sind beim Halter links durch rote Motoren ersetzt worden.

Quelle: Lea Richtmann

langwierige Arbeit abgenommen und damit der Arbeitsalltag verbessert werden kann. Es wäre wünschenswert, wenn wir die dadurch verbesserten Möglichkeiten, unsere Forschung mit Hilfe von Machine Learning noch effizienter zu gestalten, dazu nutzen, den eng getakteten wissenschaftlichen Arbeitsalltag zum Wohle entspannter Kreativität zu entschleunigen.

Das nächste Beispiel eines interdisziplinären Forschungsansatzes zeigt eine enge Kooperation zweier Institute der Fakultät für Maschinenbau mit dem Ziel Semi-Supervised Machine Learning Ansätze für zukünftige Herausforderungen unter anderem in der Quantenforschung zu nutzen. Hier arbeiten das Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) sowie das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) zusammen, diese Methoden zum Einsatz zu bringen.

Der Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten am IMPT untergliedert sich thematisch in den Bereich „Quantentechnologien“ für die Erforschung mikro- und nanotechnolo-

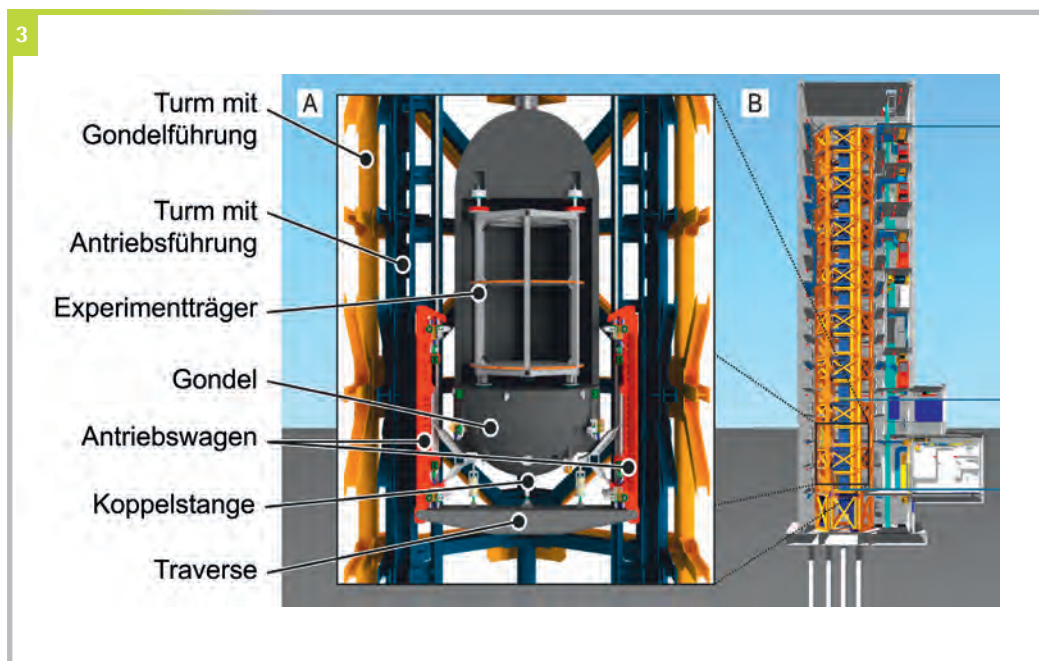
gisch gefertigter Quantensysteme und optischer Systeme sowie in den Bereich der „Mikro- und Nanointegration“. Letzterer beschäftigt sich mit innovativen Sensor- und Aktortechnologien, Sensorsystemen, der Magnetik, Aufbau- und Verbindungstechnik und Mikrotribologie. Die Entwicklungsstufen reichen vom Schichtsystem auf Chiplevel bis zum funktionsfertigen, eingebetteten und vernetzten System. Innerhalb der Embedded Systems Gruppe werden unter anderem KI-Anwendungen mit der dazugehörigen Messdatenerfassung und -aufbereitung für beispielsweise intelligente Sensorknoten erforscht und entwickelt.

Das ITA beschäftigt sich am HITec mit maschinenbaulichen und, im Speziellen, produktionstechnischen Fragen, die im Weltraum angewendet werden sollen. Dazu wird der Einstein-Elevator genutzt, der eine neuartige Fallturmanlage der dritten Generation darstellt (siehe Abb. 3). Mit diesem ist es möglich, Mikrogravitation (Schwerelosigkeit, 10^{-6} g) und Gravitationsbedingungen zwischen 0,1 g und 5 g zu simulieren.

Um die Gesamtanlage Einstein-Elevator und damit auch die Qualität der simulierten Gravitation, die für die hochpräzisen Quantenexperimente notwendig ist, zu überwachen, werden mehrere Sensoren und Messeinheiten verwendet. Insbesondere schleichende Veränderungen, die durch Alterung und beginnenden Verschleiß entstehen, sollen detektiert werden, um die Qualität der Versuche auch in Zukunft zu gewährleisten. Dazu eignet sich vor allem der Beschleunigungssensor, der sich außerhalb an der Gondel des Einstein-Elevators befindet. Dieser zeichnet nicht nur Beschleunigungen, sondern auch Schwingungen der Umgebung auf.

Die Frequenzen aller aufgenommenen Schwingungen lassen sich durch eine Transformation der Beschleunigungsdaten der Sensoren abbilden. Mit der Kurzzeit-Fourier-Transformation (FFT) ist es möglich, die Frequenzen im zeitlichen Verlauf darzustellen. Aus Datenpunkten der Sensoren entstehen somit Bilder/Spektrogramme, die für die Anwendung von Neuronalen Netzen genutzt werden können (siehe Abb. 4).

Abbildung 3
Aufbau des Einstein-Elevators
Quelle: Christoph Lotz

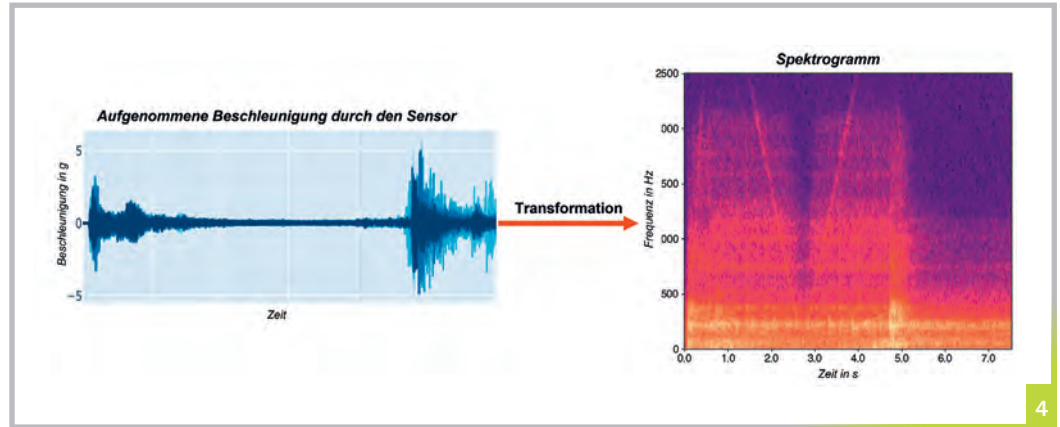


In einer neuartigen Anlage wie dem Einstein-Elevator ist davon auszugehen, dass die bereits aufgenommenen Daten keinen Verschleiß beinhalten. Durch eine solche Voreinteilung der Daten ist eine Einordnung des Ansatzes im Semi-Supervised Machine Learning möglich. Langfristig werden jedoch Verschleiß oder andere Veränderungen im System auftreten. Um im schlimmsten Fall einen Totalausfall der Anlage zu vermeiden, sollen als erstes Ziel etwaige Veränderungen durch das Neuronale Netz detektiert und beobachtet werden. Langfristig sollen auch die Ursachen identifiziert werden können.

Als erster Überwachungsansatz wurde daher ein Convolutional Autoencoder (CAE) entwickelt. Ziel des CAEs ist es, jedes Eingangsbild aus dem optimalen Zustand bestmöglich nachzukonstruieren. Weisen die Bilder Unterschiede auf, ist davon auszugehen, dass Anomalien im Datensatz (beispielsweise Verschleiß) vorhanden sind. In diesem Zusammenhang wurden bereits erste erfolgreiche Untersuchungen vom ITA und dem IMPT durchgeführt. Hierfür wurden zunächst künstliche Spektrogramme erzeugt, die im Gegensatz zu den Originalspektrogrammen Anomalien beinhalten. Diese konnten erfolgreich detektiert werden.

Auch Veränderungen, die durch die Beschallung des Einstein-Elevators mithilfe einer Lautsprecheranlage erzeugt wurden, konnten mithilfe des CAEs detektiert werden (siehe Abb. 5). Wie in den beiden Abbildungen zu sehen ist, wurden die anomalen Daten durch das Neuronale Netz nicht rekonstruiert, wodurch der Rekonstruktionsfehler im Vergleich zu den normalen Daten größer war. Dies ist im Differenzbild erkennbar (siehe Abb. 5 unten).

Kurzfristig sollen weitere Versuche erfolgen und das Condition-Monitoring Modell durch verschiedene Ansätze, wie beispielsweise der Data Augmentation, verbessert werden. Des Weiteren sollen die aus diesen Versuchen resultierende Erfahrung und Expertise auch für zukünftige Projekte, die einen Bezug zur KI benötigen, angewendet werden. Für das IMPT helfen die gesammelten Erkenntnisse, um eine effizientere Datenauswertung, -analyse sowie -aufbereitung selbst hergestellter Sensorik und entwickelter Sensorsysteme durchführen zu können. So ist Sensorik beispielsweise vereinfacht kalibrierbar und



4

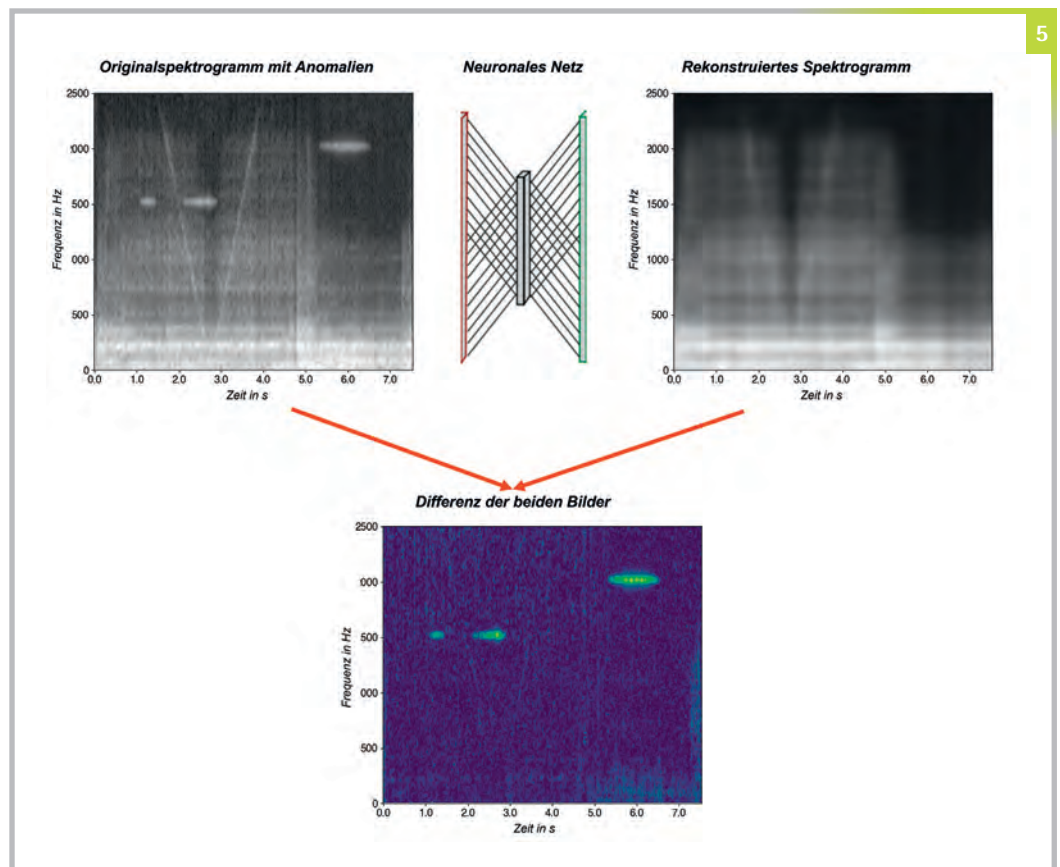
zukünftig eine Signaldrift vereinfacht erkennen- und kompensierbar.

Neuartige Ansätze und Techniken des maschinellen Lernens beginnen erst seit Kurzem den Arbeitsalltag zu durchdringen; aber schon jetzt zeigen sichtbare Resultate, dass die tägliche Arbeit

im Labor von den neuen Entwicklungen profitiert. Künftige Entwicklungen dieses spannenden Forschungszweiges werden weitere Projekte ermutigen, Algorithmen des Maschinellen Lernens in den Arbeitsalltag einzusetzen – natürlich da, wo es sinnvoll ist und die Arbeitsabläufe davon profitieren.

Abbildung 4
Die aufgenommenen Beschleunigungen werden transformiert, sodass die unterschiedlichen Frequenzen und ihre Intensitäten sichtbar werden.
Quelle: Emre Tahtali

Abbildung 5
Anomalien werden vom neuronalen Netz nicht rekonstruiert. Im Differenz-Bild sind diese hervorgehoben.
Quelle: Emre Tahtali



5

Auf dem Bild zu sehen sind, von links nach rechts: Marco Adamscheck, M.Sc., Dr. Alexander Wanner, Prof. Dr. Michèle Heurs, Emre Tahtali, M.Sc., Dr.-Ing. Daniel Klaas, Lea Richtmann, M.Sc., Dr.-Ing. Christoph Lotz.
Foto: Jan Raffel/ITA



Emre Tahtali

ist seit 2022 Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) in der Gruppe Production in Space. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der Simulation von Gravitationen kosmischer Kleinkörper und des Condition-Monitorings am Einstein-Elevator. Kontakt: emre.tahtali@ita.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Christoph Lotz

wurde 2021 promoviert und leitet seit 2022 die Arbeitsgruppe Production in Space im ITA. Seine Schwerpunkte sind Produktionsverfahren unter verschiedenen Gravitationsbedingungen, neuartige Sensorsysteme, die Lehre im Bereich von Space Technologies sowie das Management der Projekte im Einstein-Elevator. Kontakt: christoph.lotz@ita.uni-hannover.de

Lea Richtmann

ist seit 2022 Wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für Gravitationsphysik in der Gruppe Quantum Control. Sie forscht an der Anwendung von Machine Learning Techniken, insbesondere Reinforcement Learning, für die experimentelle Quantenoptik. Kontakt: lea.richtmann@aei.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Daniel Klaas

ist seit 2022 Gruppenleiter der Arbeitsgruppe „Embedded Systems“ am IMPT. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen unter anderem die Entwicklung eingebetteter Sensorsysteme, Edge-KI-Anwendungen, die Datenanalyse und -verarbeitung sowie neuartige Sensortechnologien. Kontakt: klaas@impt.uni-hannover.de

Dr. Alexander Wanner

ist seit 2013 als Geschäftsführer der QUEST-Leibniz-Forschungsschule unter anderem für den Betrieb des HITec-Gebäudes verantwortlich, war in der ersten Förderphase Geschäftsführer des Sonderforschungsbereichs 1227 DQ-mat (2016-2020) und ist seit 2019 für die Koordination des Exzellenzclusters 2123 QuantumFrontiers zuständig. Kontakt: alexander.wanner@quest.uni-hannover.de

Prof. Dr. Michèle Heurs

ist Professorin am Institut für Gravitationsphysik und leitet dort die Arbeitsgruppe „Quantum Control“, die sich mit Systemen beschäftigt, die Rauschen am oder unterhalb des Quantenlimits aufweisen. Sie ist PI bei den Exzellenzclustern „QuantumFrontiers“ und „PhoenixD“ und Direktorin der QUEST Leibniz Forschungsschule. Kontakt: michele.heurs@aei.uni-hannover.de

Marco Adamscheck

ist seit 2023 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mikroproduktionstechnik in der Gruppe „Embedded Systems“. Seine Arbeitsschwerpunkt liegen im Bereich eingebetteter Sensorsysteme, Edge-KI-Anwendungen, Datenanalyse und -verarbeitung, Energy Harvesting sowie Magnetismus. Kontakt: adamscheck@impt.uni-hannover.de

IPH



*Werde ein Teil der
Produktionstechnik!*

Am IPH bringst du dich ein! Erforsche bei uns die Logistik, Produktionsautomatisierung und Prozesstechnik. Wir bieten dir praxisnahe Nebenjobs, Praktika und Themen für deine Abschlussarbeit. Nach deinem Studium unterstützen wir dich bei der Promotion zum Dr.-Ing. und du startest direkt als Projektingenieur*in.



Alle Jobs
im IPH auf
einen Blick



@iph_hannover



IPH Hannover

JOBS MIT ENERGIE!

Die LSW steht für beste Versorgung. 365 Tage im Jahr. Gestalte die Zukunft mit uns und bewirb dich jetzt mit deinem Know-how über jobs.lsw-holding.de.



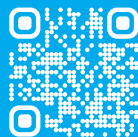
» Mit deiner Energie
bist du bei uns
richtig.

LSW
NETZ

Machen Sie Ihre Zukunft klar!

Werden Sie Teil unseres Teams,
zum Beispiel als ...

- Verfahrensingenieur*in
- Umweltingenieur*in
- Elektroingenieur*in
- Bauingenieur*in
- IT-Expert*in



Stadtentwässerung
Hannover
Wir klären das.



**Jetzt
bewerben!**

Zur Veränderung wissenschaftlichen Arbeitens

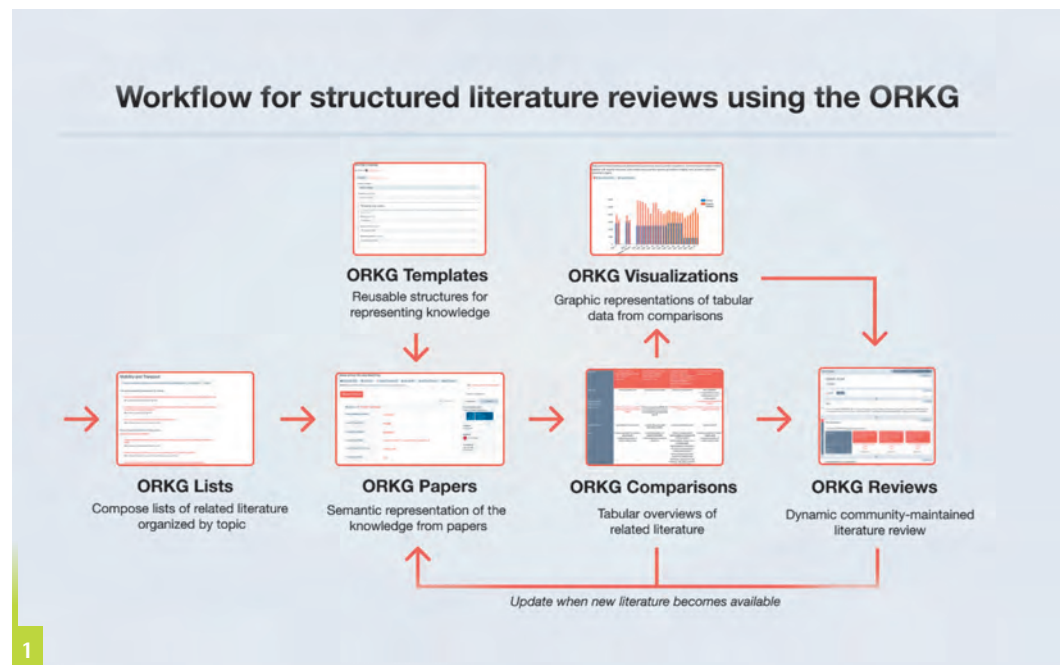
Die Nutzung von Künstlicher Intelligenz in der TIB

Die digitale Revolution und insbesondere die rasante Entwicklung der Künstlichen Intelligenz (KI) verändern die Landschaft der wissenschaftlichen Arbeit grundlegend. KI-Technologien haben das Potenzial, Forschungsmethoden, Datenanalyse und sogar die Art und Weise, wie wissenschaftliche Erkenntnisse geteilt und publiziert werden, umfassend zu transformieren.

Mitarbeiter*innen der TIB (Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften und Universitätsbibliothek) werfen einen Blick auf die Zukunftsperspektiven dieses dynamischen Feldes.

Abbildung 1
Organisation von Forschungswissen im Open Research Knowledge Graph mit strukturierten quantitativen und qualitativen Vergleichen von Forschungsansätzen (Comparisons), Visualisierungen, Reviews und der Strukturierung in fachspezifischen Observatories.

Quelle: eigene Darstellung



Von der Beschleunigung komplexer Berechnungen (siehe zum Beispiel Wettervorhersage mit GraphCast) bis hin zur Ermöglichung neuer Forschungsansätze bietet KI Forschern unvorhergesehene Möglichkeiten, stellt aber auch neue Herausforderungen und ethische Fragen dar. Eine zentrale Herausforderung bei der Digitalisierung der Wissenschaften ist die Verbesserung der wissenschaftlichen Informationsflüsse jenseits der Flut statischer PDF-Artikel. Einen innovativen Ansatz, wie wissenschaftliche Erkenntnisse dargestellt und geteilt werden, verfolgt die TIB hier gemeinsam mit der LUH mit dem digitalen Dienst Open Research

Knowledge Graph (ORKG, <https://orkg.org>). Dieses innovative Werkzeug ermöglicht eine strukturierte und semantische Repräsentation von Forschungsergebnissen, wodurch die Informationen nicht nur zugänglicher, sondern auch verständlicher und vergleichbarer werden. Im Gegensatz zu traditionellen statischen wissenschaftlichen Publikationen, die in narrativer Form als PDF-Dokument vorliegen, ermöglicht der ORKG das Zerlegen komplexer Forschungsergebnisse in kleinere, miteinander verbundene Datenpunkte. Diese Datenpunkte werden in einem Graphenformat organisiert, das es ermöglicht, Beziehungen und Muster innerhalb

und zwischen verschiedenen Studien leicht zu erkennen. Dadurch kann der wissenschaftliche Informationsfluss effizienter und interdisziplinäre Forschungszusammenhänge sichtbar gemacht werden. Der ORKG repräsentiert einen Schritt hin zu einer offeneren, vernetzten und datengesteuerten Wissenschaft, indem er Forschern erlaubt, ihre Erkenntnisse auf eine Weise zu teilen, die maschinelle Lernprozesse und künstliche Intelligenz direkt nutzen können, um neues Wissen zu generieren und bestehendes Wissen zu erweitern.

Für die semantischen Repräsentation von Forschungs-

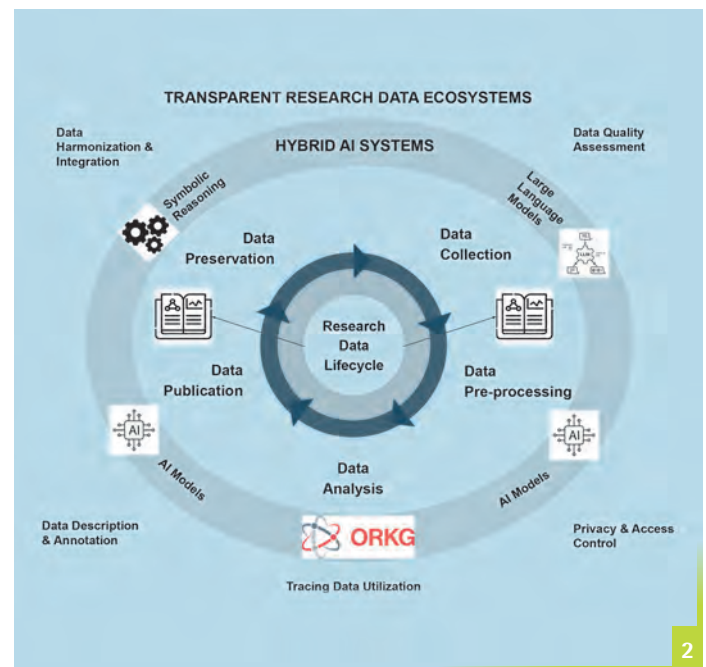
wissen spielen große Sprachmodelle (Large Language Models, LLM) wie die GPT-Modelle von OpenAI (zum Beispiel: <https://openai.com/gpt-4>) bei der Extraktion von Wissen eine entscheidende Rolle. Diese KI-Tools, die auf umfangreichen Textdatenbeständen trainiert wurden, zeichnen sich durch die Interpretation, Analyse und Generierung von natürlichsprachlichen Text aus. LLM synthetisieren riesige Mengen an Informationen, was sie für wissenschaftliche Dienste und Anwendungen prädestiniert. Angesichts der zunehmenden Zahl akademischer Veröffentlichungen können sich LLMs für Forscher und Gutachter zu einem unverzichtbaren Hilfsmittel entwickeln, um sich in der Flut wissenschaftlicher Literatur zurechtzufinden. Bei der Analyse von Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien beispielsweise kann ein LLM zahlreiche Studien schnell verarbeiten und die wichtigsten Themen und Methoden herausfiltern – eine Aufgabe, die einzelne Forscher aufgrund der Datenmenge überfordern würde. Aufkommende Werkzeuge wie Elicit (<https://elicit.com>) und SciSpace (<https://typeset.io>) nutzen LLMs bereits zur Unterstützung der Forschung und bieten Einblicke in komplexe Themen.

Die Nutzung großer Sprachmodelle für wissenschaftliche Anwendungen bringt aber auch potenzielle Probleme und Gefahren mit sich. Sprachmodelle können ungenau sein und Fehlinformationen generieren, da ihre Antworten auf Mustern in den Trainingsdaten basieren und nicht auf verifiziertem, fachspezifischem Wissen. Dies kann in wissenschaftlichen Kontexten, in denen Präzision entscheidend ist, problematisch sein. Sprachmodelle verstehen den Kontext oder die Nuancen eines spezifischen

wissenschaftlichen Feldes möglicherweise nicht vollständig, was zu irrelevanten oder unangemessenen Antworten führen kann. Trainingsdaten können Verzerrungen enthalten, die in den Ausgaben des Modells widerspiegelt werden. Dies kann zu ethischen Bedenken führen, insbesondere in sensiblen Forschungsbereichen. Sprachmodelle sind auf die Informationen beschränkt, die zum Zeitpunkt des sehr aufwendigen und ressourcenintensiven Trainings verfügbar waren. Sie können daher nicht die neuesten Forschungsergebnisse oder Entwicklungen berücksichtigen. Außerdem basiert die Generierung von Inhalten auf einer umfangreichen Sammlung von Quellmaterial und kann Urheberrechtsfragen aufwerfen, insbesondere wenn die erzeugten Inhalte nicht ordnungsgemäß zitiert werden. Eine zu starke Abhängigkeit von Sprachmodellen kann zu einer Verringerung der kritischen Denkfähigkeiten und der Fähigkeit zur unabhängigen Forschung führen. Die Entscheidungsprozesse großer Sprachmodelle sind oft nicht transparent, was es schwierig macht, ihre Antworten zu interpretieren oder die Herkunft bestimmter Informationen zu verfolgen. Für eine verantwortungsvolle Nutzung in der Wissenschaft ist es wichtig, diese potenziellen Probleme zu erkennen und Strategien zu entwickeln, um ihre Auswirkungen zu minimieren.

Neben textuellen und semi-strukturierten Informationen (wie sie von LLMs verwendet werden) bilden strukturierte Forschungsdaten die Grundlage für vielfältige wissenschaftliche Untersuchungen und umfassen Informationen in ihrer rohen oder verarbeiteten Form in verschiedenen Disziplinen. Während des gesamten Lebenszyklus von Forschungsdaten – von der ersten

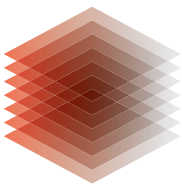
Sammlung bis zur Verbreitung der Ergebnisse – stehen Forscher vor Herausforderungen im Bereich der Datenorganisation, Speicherung, Weitergabe und langfristiger Erhaltung. Die Bewältigung dieser Herausforderungen erfordert innovative Lösungen, die auf künstlicher Intelligenz (KI) basieren. Die Integration von KI-Modellen wie LLM mit symbolischer Repräsentationen in Research Knowledge



Graphs (wie dem ORKG) bietet einen vielversprechenden hybride KI-Ansätze zur Verbesserung von Transparenz und Erklärbarkeit in Datenökosystemen (Allen et al. 2023 und Ibanez et al. 2023), (Abbildung 2).

Hybride, neurosymbolische KI-Systeme haben das Potenzial, die obengenannten Probleme und Herausforderungen von allein neuronalen KI-Modellen zu adressieren. Neurosymbolische KI-Systeme können symbolisches Reasoning auf Basis faktischer und validierten Aussagen in RKGs nutzen, um die Ergebnisse von neuronalen KI-Modellen (zum Beispiel LLMs) zu ver-

Abbildung 2
Konzeptuelles Modell eines Forschungsdaten-Ökosystems zur Unterstützung des Forschungslebenszyklus.
Quelle: eigene Darstellung



TIB LEIBNIZ-INFORMATIONSZENTRUM
TECHNIK UND NATURWISSENSCHAFTEN
UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK

bessern, validieren, kontextualisieren und deren Fähigkeiten für präzisere und interoperable Verständnisse von Forschungsdaten zu verfeinern (Panchendrarajan und Zubiaga 2024). Darüber hinaus stellt die Kombination von fortgeschrittener natürlicher Sprachverarbeitung der LLMs und der Fähigkeit des symbolischen Reasoning einen leistungsstarken Ansatz zur Bewertung und Verbesserung der Datenqualität und der Interoperabilität dar. Die Verbindung von neuronalen KI-Modellen und symbolischen Repräsentationen und Reasoning stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Bewältigung von Herausforderungen im gesamten Lebenszyklus von Forschungsdaten dar und bildet daher den methodischen Kern der Exzellenzclusterinitiative *SciKnow Scientific Knowledge Collider* der LUH (Auer et al. 2023).

Multimodale Informationen (zum Beispiel Videos, Text und Bild) sind ein weiterer wesentlicher Bestandteil von wissenschaftlichen Beiträgen. Um die einzelnen Modalitäten und deren Zusammenspiel besser zu verstehen, werden innovative multimodale KI-Ansätze benötigt. Sogenannte *Vision-Language Models* (VLMs) oder auch *Multimodal Large Language Models* (MLLMs) wie GPT-4 von OpenAI kombinieren die Fähigkeiten von LLMs

beispielsweise mit Methoden des maschinellen Sehens und erreichen beeindruckende Ergebnisse für viele Aufgabenstellungen (Li et al., 2023). Dadurch ergeben sich eine Vielzahl von neuen Möglichkeiten und Anwendungen, die das wissenschaftliche Arbeiten erheblich erleichtern können. Zum Beispiel kann mithilfe von VLMs die Ähnlichkeit beliebiger textueller Beschreibungen zum Bildinhalt gemessen werden, um so beliebige Konzepte in Bildern oder Videos zu erkennen. Damit können Bild- und Videoarchive, wie das *TIB AV-Portal* (<https://av.tib.eu/>) nach bestimmten wissenschaftlichen Konzepten durchsucht werden. Die TIB setzt VLMs bereits in innovativen Diensten wie der webbasierten Videoanalyseplattform *TIB AV-Analytics* (<https://service.tib.eu/tibava>), der Bildsuchmaschine *iART* für Kunstwerke (<https://www.iart.vision/>) oder zur Patensuche mit *VisPat* (<https://service.tib.eu/vispat>) ein. Des Weiteren erlauben MLLMs wie *DePlot* (Liu et al., 2023) die Extraktion von Informationen aus wissenschaftlichen Abbildungen. Diese Informationen können zur Anreicherung des *ORKG* verwendet werden, um publizierte Resultate in wissenschaftlichen Beiträgen für Forschende durchsuchbar und vergleichbar zu machen. Insgesamt bieten multimodale KI-Methoden zahlreiche neue Chancen, das wissenschaftliche Arbeiten und den Umgang mit Forschungsdaten zu erleichtern, zum Beispiel indem Daten über verschiedene Modalitäten hinweg verknüpft beziehungsweise gesucht werden können.

Literatur

- Allen et al. 2023: Bradley P. Allen, Lise Stork, Paul Groth. Knowledge Engineering Using Large Language Models. *TGDK* 1(1): 3:1-3:19 (2023)
- Ibanez et al. 2023: L-D. Ibáñez, J. Domingue, S. Kirrane, O. Seneviratne, A. Third, M.-E. Vidal. Trust, Accountability, and Autonomy in Knowledge Graph-Based AI for Self-Determination. *TGDK* 1(1): 9:1-9:32 (2023)
- Panchendrarajan und Zubiaga 2024: R. Panchendrarajan, A. Zubiaga. Synergizing Machine Learning & Symbolic Methods: A Survey on Hybrid Approaches to Natural Language Processing. *ArXiv* 2024. <https://arxiv.org/pdf/2401.11972.pdf>
- Auer et al. 2023: Auer, Sören; Vidal, Maria Esther; Rosenhahn, Bodo; Nejd, Wolfgang: Die SciKnow Vision : wissenschaftliche Entdeckungen erleichtern und beschleunigen. In: *Unimagazin* 1/2 (2023), S. 36-39, <https://doi.org/10.15488/13875>
- Li et al. 2023: B. Li, R. Wang, G. Wang, Y. Ge, Y. Ge, Y. Shan, Y. (2023). Seed-Bench: Benchmarking Multimodal LLMs with Generative Comprehension. *arXiv* 2024, <https://arxiv.org/pdf/2311.17092.pdf>
- Liu et al. 2023: F. Liu, J. M. Eisenschlos, F. Piccinno, S. Krichene, C. Pang, K. Lee, ... & Y. Altun. (2023). DePlot: One-shot visual language reasoning by plot-to-table translation. *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL* 2023. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.findings-acl.660>



Sören Auer

geb. 1975, Professor für Data Science and Digital Libraries und Direktor der TIB. Kontakt: auer@l3s.de



Maria Esther Vidal

Professorin für Scientific Data Management, Leiterin des TIB Forschungsbereichs. Kontakt: vidal@l3s.de



Ralph Ewerth

Professor für Visual Analytics, Leiter der Forschungsgruppe Visual Analytics der TIB. Kontakt: ewerth@l3s.de



Eric Müller-Budack

Postdoktorand in der Forschungsgruppe Visual Analytics, Schwerpunkt Multimedia Retrieval. Kontakt: eric.mueller@tib.eu



Jennifer D'Souza

Leiterin der Entwicklung Natürlicher Sprachverarbeitung im ORKG und der BMBF-Nachwuchsforschungsgruppe SciNEXT. Kontakt: jennifer.dsouza@tib.eu



Markus Stocker

Leiter der Abteilung Knowledge Infrastructures an der TIB. Kontakt: markus.stocker@tib.eu



**Du gibst Vollgas im Studium,
wir geben Vollgas für dich!**

www.studentenwerk-hannover.de



„Künstliche Intelligenz“ und Recht

Neue Herausforderungen und Fragen aus juristischer Sicht

KI durchdringt unseren Alltag auf allen Ebenen. Vom Strafrecht über das Vertrags- und Haftungsrecht, das Bank- und Kapitalmarktrecht, das Immaterialgüterrecht, das Wettbewerbsrecht, das Recht des Staates und seiner Verwaltung, den Umgang mit personenbezogenen Daten oder das Medizinrecht und vielem mehr geht es um die Frage, wie mit KI künftig rechtlich umzugehen ist.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Juristischen Fakultät forschen und lehren intensiv zu diesen Fragen und geben einen Einblick in ausgewählte Bereiche.



„Künstliche Intelligenz“ (KI) stellt das Recht vor erhebliche Herausforderungen. Viele davon sind Gegenstand intensiver Forschung (und Lehre) an der Juristischen Fakultät. Im Strafrecht etwa geht es zum einen um die Frage, ob das bestehende Produktstrafrecht auf diese Situation passt; hier wird generell gefordert, dass die Anforderungen an risikoreiche Produkte, wie es viele KI-betriebenen Produkte (bzw. KI an sich) zweifellos sind, angemessen ausgestaltet sein sollten. Weiterhin werden in diesem Rechtsgebiet Dilemma-Fragen oder die Reichweite des erlaubten Risikos diskutiert, aber auch Standards (ISO- oder DIN-Normen) als

Maßstab der Fahrlässigkeit sowie der Missbrauch von KI zur Begehung von Straftaten. Insbesondere aber ist zu berücksichtigen, dass Strafrecht grundsätzlich auf umfassender menschlicher Verantwortlichkeit für eine Entscheidung basiert. Wie „passt“ ein gemeinsames Handeln von Mensch und KI in dieses Konzept? Kann und sollte hier der Mensch umfassend verantwortlich sein? Noch konkreter: Besteht eine umfassende Verantwortung für unzureichende Überprüfung der KI-Empfehlungen bei den mit der KI interagierenden Menschen? Die begrenzte Vorhersehbarkeit der KI stellt dies, insbesondere bei Zeitdruck und auf

„Ja-Nein“ reduzierten Optionen, deutlich in Frage. Hier spielt das Konzept der „Meaningful Human Control“ (MHC) eine wichtige Rolle. Hiernach ist nicht die Tatsache der Letztentscheidung, sondern die bedeutsame Kontrolle über das System entscheidend für die strafrechtliche Verantwortung. Wie diese sichergestellt werden kann, sollte bereits bei der Entwicklung der Systeme und bei deren Zulassung berücksichtigt werden. Die maßgeblichen Kriterien sollten in einem interdisziplinären Diskurs – unter Einbindung der potenziellen Nutzer, aber auch der Bevölkerungsgruppen, die gegebenenfalls dem Risiko

Abbildung 1
Welchen Einfluss hat KI auf das Rechtswesen?
Foto: iStock/Parradee Kietsirikul

der KI ausgesetzt wären – entwickelt werden.

Im Privatrecht stellen sich neuartige Haftungsfragen. Beim „autonomen“ Fahren etwa geht es im Dreieck von Fahrzeughalter, Fahrer beziehungsweise zukünftig „technischer Aufsicht“ und Hersteller um eine sachgerechte Verteilung der Schadenslast, wenn es zum Unfall kommt. Neuartige Risiken und Pflichten müssen in Einklang gebracht werden mit den Chancen der Innovation. Der deutsche Gesetzgeber hat hier eine gewisse Vorreiterrolle eingenommen und bereits erste Regelungen getroffen, auch zur öffentlich breit diskutierten Ethik des „Unfallalgorithmus“: Im Falle einer unvermeidbaren Schädigung ist dem Schutz des Menschenlebens höchste Priorität einzuräumen, bei einer „unvermeidbaren alternativen Gefährdung von Menschenleben“ ist jedoch „keine weitere Gewichtung anhand persönlicher Merkmale“ vorzunehmen.

Im Vertragsrecht wirft der KI-Einsatz insbesondere beim „Vertragsschluss durch KI“ Fragen auf. Was gilt, wenn der oft bemühte KI-Kühlschrank, der die Vorlieben seines Nutzers kennt, selbständig einkauft, und was, wenn er dabei Fehler macht? Werden solche Systeme als Boten, Stellvertreter oder sogar als autonome juristische Personen tätig? Je nach Perspektive ist das KI-Verhalten unterschiedlich einzuordnen. Sind die Verträge wirksam oder nicht? Wirken sich Irrtümer aus oder nicht?

Im Bank- und Kapitalmarktrecht spielen die rechtlichen Vorgaben beim Einsatz von KI bereits eine immense Rolle. So sind etwa bei der KI-gesteuerten Kreditvergabe neben den allgemeinen Regeln zur Kreditwürdigkeitsprüfung die Vorgaben der Datenschutz-Grundverordnung einzuhal-

ten, die der Gefahr der Diskriminierung von Kunden durch KI bei der Kreditvergabe begegnen sollen, etwa weil sie in einer bestimmten Straße wohnen. KI-basierte Kreditwürdigkeitsprüfung ist nach der derzeit auf EU-Ebene diskutierten KI-Verordnung eine sogenannte Hochrisiko-KI mit zusätzlichen Pflichten für die Bank. Weitere Bereiche sind die Regulierung des algorithmischen Handels sowie der Robo-Advice, der durch ChatGPT eine neue Dimension erlangt hat, sowie die Tokenisierung beziehungsweise Schaffung von Kryptowerten (zum Beispiel Bitcoin, Stablecoin). Im Gesellschaftsrecht ist etwa zu klären, ob die Geschäftsleitung bei ihrer Tätigkeit KI einsetzen darf oder aufgrund ihrer Sorgfaltspflichten (zum Beispiel Wettbewerbsfähigkeit) möglicherweise sogar muss.

Das Immaterialgüterrecht wiederum hat die mittlerweile auch in der Tagespresse heftig diskutierte Frage nach dem urheberrechtlichen Schutz künstlich generierter „Kunstwerke“ oder „Musikstücke“ zu beantworten, ebenso die nach der Berechtigung der KI-Anbieter (beispielsweise OpenAI) zur Nutzung bereits vorhandener menschlicher Werke (zum Beispiel Online-Artikel der New York Times) zum Training ihrer Algorithmen und Anwendungen wie etwa ChatGPT. Im Patentrecht ist die Diskussion vergleichbar. In den letzten Jahren wurden bei Patentämtern in vielen Ländern von einer KI mit dem Namen „DABUS“ geschaffene Erfindungen zur Eintragung angemeldet. Wenngleich bislang in praktisch allen Rechtsordnungen Einigkeit zu bestehen scheint, dass patentierbare Erfindungen eine *menschlich-erfinderische* Tätigkeit verlangen, ist das letzte Wort nicht gesprochen. Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit moderner KI-Systeme werden

die Grenzen immer weiter verschoben. Ebenso stellt sich die Frage, ob KI-Systeme und Algorithmen als solche durch ein Patent geschützt werden können. Dies wird bislang noch überwiegend abgelehnt, jedenfalls sofern es sich bei den Algorithmen um nicht zugleich technisch funktionierende Systeme handelt. Die KI-Steuerung einer technischen Anlage mag daher patentierbar sein, nicht hingegen der Algorithmus einer Online-Plattform zur Optimierung eines unternehmerischen Produktangebots oder der Umsätze.

Im Wettbewerbsrecht wirft KI vor allem Fragen der Transparenz auf: Muss ein KI-System bei Kontakt zu natürlichen Personen offenlegen, dass es kein Mensch ist? Im Verhältnis zu Mitbewerbern geht es um ausgewogene Machtverhältnisse. Dies ist nicht der Fall, wenn einzelne Mitbewerber leistungsfähigere KI-Anwendungen haben, etwa durch Zugriff auf umfangreichere und qualitativ hochwertigere Datenbestände. Im Verhältnis zu Verbrauchern schließlich geht es insbesondere um die Fairness, so etwa, wenn die ohnehin sehr „intelligenten“ Anwendungen durch Zugriff auf die personenbezogenen Daten ihres Gegenübers zusätzlich in die Lage versetzt werden, menschliche Schwächen zur Manipulation auszunutzen. Auch im Wettbewerb zwischen Unternehmen kann KI bedeutsam sein. Aktuelle Regelwerke der EU wie etwa der Digital Markets Act (DMA) und die Novellierung des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen versuchen hier, rechtzeitig gegen-zusteuern.

In der öffentlichen Verwaltung erlaubt Paragraph 35a des Verwaltungsverfahrensgesetzes des Bundes (VwVfG) den Erlass eines Verwaltungsakts „vollständig durch automatische Einrichtungen“, sofern

„dies durch Rechtsvorschrift zugelassen ist und weder ein Ermessen noch ein Beurteilungsspielraum besteht“. Seit Inkrafttreten dieser Norm zum 1. Januar 2017 kreisen die Debatten darum, ob nicht auch Ermessensverwaltungsakte durch automatische oder sogar durch autonome Systeme erlassen werden können. Hier ließe sich zwischen determinierten und nicht-determinierten KI-Applikationen differenzieren. Zu fragen ist danach, ob sich das Entscheidungs- und/oder Auswahlmessen einer Standardisierung entzieht. Letzteres ist zum Beispiel im Gefahrenabwehrrecht der Fall. Dort wird allerdings auch der Einsatz prädiktiver KI-Applikationen (*Predictive Policing*) diskutiert. Mittels teilweise auf Big Data-Verarbeitungen beruhender Verfahren soll die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Straftaten berechnet werden. Das Bundesverfassungsgericht hat derartige Applikationen in einer Entscheidung aus dem Jahr 2023 hohen Rechtfertigungsanforderungen unterworfen, soweit dabei auch personenbezogene Daten verarbeitet werden.

Die Verarbeitung personenbezogener Daten ist ebenso Gegenstand des Art. 22 der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO). Dieser normiert in

seinem Abs. 1, dass Betroffene das Recht haben, „nicht einer ausschließlich auf einer automatisierten Verarbeitung – einschließlich Profiling – beruhenden Entscheidung unterworfen zu werden“, die ihnen „gegenüber rechtliche Wirkung entfaltet oder sie in ähnlicher Weise erheblich beeinträchtigt“. Wann aber genau liegt eine solche „rechtliche Wirkung“ vor? Nur bei einem Verwaltungsakt oder auch bei einem informatorischen Handeln der Verwaltung, an dem die Betroffenen vielleicht ihr Handeln ausrichten?

Generell wird die bereits genannte KI-Verordnung auch die deutsche öffentliche Verwaltung herausfordern, da diese hohe Anforderungen an die sogenannte Hochrisiko-KI formuliert. Ist aber schon jede Entscheidung im Schul- oder Hochschulrecht bloß deswegen eine Hochrisiko-KI, weil sie gewisse Auswirkungen auf den weiteren Lebensweg von jungen Menschen haben kann? Vergleichbare Fragen stellen sich beim Einsatz von „einfachen“ Chatbots oder von Large Language Models auf sogenannten Verwaltungsportalen.

Richtet man neben dem Verwaltungsrecht auch den Blick auf das Staatsrecht, ließe sich

fragen, inwieweit Gesetzeserlass und Gesetzesvollzug in einen kybernetischen Kreislauf selbstvollziehenden Rechts eingebettet werden können. Der relativ neue Begriff „GovTech“ markiert die Idee, den Gedanken des LegalTech auch für öffentlich-rechtliche Zusammenhänge fruchtbar zu machen, geht aber auch teilweise darüber hinaus.

Eine Querschnittsmaterie ist schließlich das Medizinrecht. Eine (praktisch arztgleiche) „Behandlung“ durch eine KI mag derzeit noch Zukunftsmusik sein. Vielversprechende Ansätze zum Einsatz von KI bei der medizinischen Behandlung existieren jedoch bereits. Aber darf eine KI überhaupt medizinische Behandlungen vornehmen? Gibt es dereinst vielleicht sogar einen Anspruch darauf, etwa weil die KI-Behandlung der menschlichen qualitativ überlegen ist? Muss die Krankenversicherung für Behandlungen durch KI aufkommen? Wer haftet für Behandlungsfehler?

Die Liste der Beispiele ließe sich fast unbegrenzt fortsetzen. KI durchdringt unseren Alltag auf allen Ebenen. Das Recht muss dabei Schritt halten. Das ist herausfordernd, aber nicht unmöglich.



Lesen Sie lieber online?

Im angepassten Format für Android und Apple für Smartphone und Tablet. Oder auch im Browser für die Nutzung am PC-Bildschirm. Einfach herunterladen und auch unterwegs lesen! <https://online-magazine.uni-hannover.de/>



■ Sie möchten Ressourcen schonen und Ihre Printausgabe abbestellen? Schreiben Sie uns eine Mail: alumni@zuv.uni-hannover.de



Prof. Dr. Susanne Beck, LL.M. (LSE)

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Strafrecht, Strafprozessrecht, Strafrechtsvergleichung und Rechtsphilosophie. Ihr Forschungsinteresse gilt unter anderem den (straf-)rechtlichen Herausforderungen moderner Technologien. Kontakt: susanne.beck@jura.uni-hannover.de



Prof. Dr. Petra Buck-Heeb

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Zivilrecht, Europäisches und Internationales Wirtschaftsrecht. Ihr Forschungsinteresse gilt unter anderem der Haftung im Zivilrecht, Bank-, Kapitalmarkt- und Gesellschaftsrecht unter Einbeziehung von Künstlicher Intelligenz bzw. automatisierten Systemen. Kontakt: buck@jura.uni-hannover.de



Prof. Dr. Tim W. Dornis, J.S.M. (Stanford)

ist Inhaber des Lehrstuhls für Bürgerliches Recht und Gewerblichen Rechtsschutz. Seine Forschungsinteressen liegen auf den Gebieten des Immaterialgüterrechts, des Wirtschaftsrechts und der Rechtsvergleichung – insbesondere im Hinblick auf Fragen der Digitalisierung und Künstlichen Intelligenz. Kontakt: tim.dornis@jura.uni-hannover.de



Prof. Dr. Jan Eichelberger, LL.M.occ.

ist Inhaber des Lehrstuhls für Bürgerliches Recht, Immaterialgüterrecht und IT-Recht. Sein Forschungsinteresse gilt unter anderem den rechtlichen Herausforderungen, die Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in den genannten Rechtsgebieten sowie im Medizinrecht mit sich bringen. Kontakt: jan.eichelberger@iri.uni-hannover.de



Prof. Dr. Dr. h.c. Bernd Oppermann LL.M. (UCLA)

war Inhaber des Lehrstuhls für deutsches, europäisches und internationales Zivil- und Handelsrecht. Organisatorisch hatte er sich mit dem Ausbau europäischer Hochschulbildung befasst. Sein Forschungsinteresse gilt neben zivilrechtlichen Fragen insbesondere dem Wettbewerbsrecht. Kontakt: oppermann@jura.uni-hannover.de



Prof. Dr. Margrit Seckelmann, M.A.

ist Inhaberin der Universitätsprofessur für Öffentliches Recht und das Recht der digitalen Gesellschaft. Ihre Forschungsinteressen beziehen sich insbesondere auf das Recht der digitalen Transformation, das Datenrecht und die Schnittstelle zwischen Öffentlichem Recht und IT-Recht. Kontakt: margrit.seckelmann@iri.uni-hannover.de



FERNSTUDIUM GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ

ABSCHLUSS: PATENTREFERENT*IN / PATENTINGENIEUR*IN

01. Oktober 2024 - 30. September 2025 (2 Semester)

Anmeldefrist: 30. September 2024

www.fernstudium-gr.de

FERNSTUDIUM MARKEN- UND DESIGNREFERENT*IN

01. April 2025 - 31. März 2026 (2 Semester)

Anmeldefrist: 31. März 2025

www.fernstudium-marken-design.de

*Wir bringen
Dich weiter!*

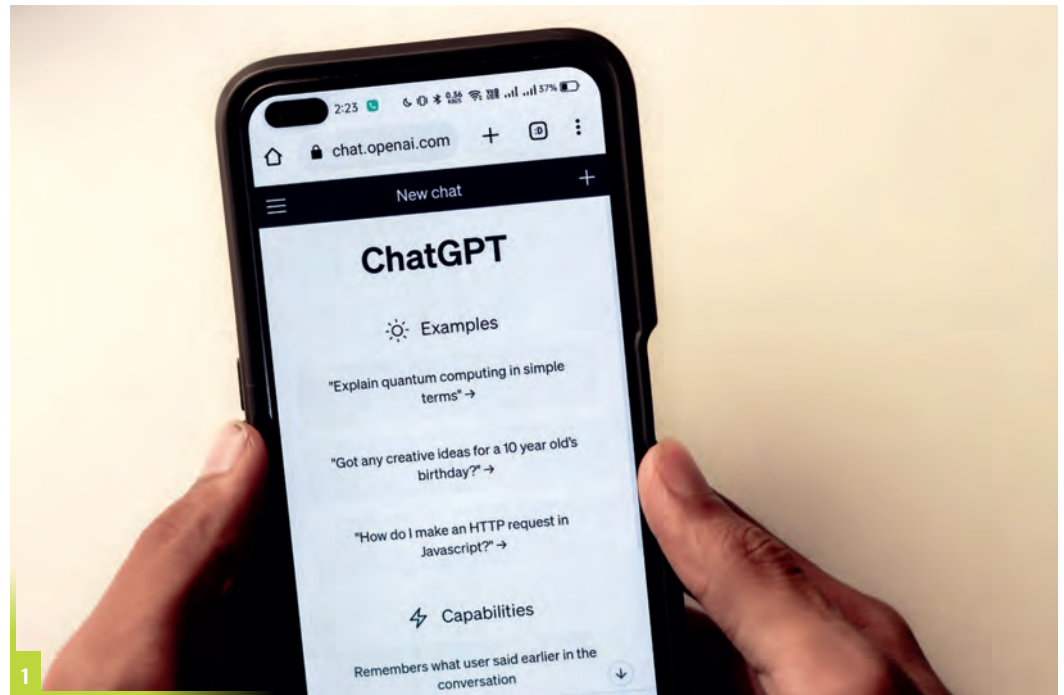


IP for IP GmbH · info@ipforip.de · www.ipforip.de

Large Language Models

Künstliche Intelligenz, die den Menschen erreicht

Im Mittelpunkt der Forschung des Fachgebiets Natural Language Processing am Institut für Künstliche Intelligenz der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik steht die maschinelle Analyse und Generierung natürlicher Texten. Die Wissenschaftler*innen untersuchen, wie Large Language Models (LLMs) so gestaltet werden können, dass sie ihre Stärken in der freien Textformulierung nutzen, ohne dabei faktisch oder ethisch fragwürdige Informationen zu produzieren.



Künstliche Intelligenz (KI), einfach gesagt die Imitation menschlicher Intelligenz durch Maschinen, ist seit Anbeginn der Informatik ein Ziel der Forschung. Über die Jahrzehnte gab es viele wichtige Errungenschaften, von der logischen Verarbeitung von Expertenwissen über die statistische Nachbildung von Lernprozessen bis zur systematischen Analyse großer Datenmengen. Mehrfach stand KI im Mittelpunkt des Interesses und schlug große Wellen – selten aber über die Grenzen der Wissenschaft und Technik-Branchen hinaus. Seit gut einem Jahr ist das anders. KI wird wiederkehrend mal als

Heilsbringer, mal als bedrohliche Gefahr für Wirtschaft und Gesellschaft angesehen. Menschen sprechen in ihrem Alltag von KI, auch diejenigen, die sich kaum für Technik interessieren. Was also hat sich geändert?

Ende 2022 kam mit ChatGPT ein im Internet frei zugänglicher KI-basierter Chatbot auf den Markt, also ein Computerprogramm, mit dem sich menschenähnliche Dialoge in Textform führen lassen. Bereits nach einem Monat hatte es über 100 Millionen Nutzer – wofür selbst Social-Media-Plattformen wie Instagram Jahre benötigten. Inzwi-

schen sprechen Schätzungen von mehr als 1,5 Milliarden, Tendenz weiter steigend (Quelle: <https://explodingtopics.com/blog/chatgpt-users>). ChatGPT erreicht den Menschen, weil es natürlicher-sprachige Kommunikation beherrscht – eine Fähigkeit, die wir seit jeher als einen Kern menschlicher Intelligenz ansehen. Es hat auf nahezu jede Frage eine sinnvoll erscheinende Antwort und es scheint beliebige Schreibaufgaben mit Leichtigkeit zu lösen, das alles in vielen verschiedenen Sprachen und in dem Sprachstil, um den wir es bitten (siehe Abb. 1). Solche Fähigkeiten bieten großes Potenzial für wirt-

Abbildung 1
Vorschläge des weitverbreiteten KI-Chatbots ChatGPT
Quelle: <https://www.pexels.com/de-de/foto/marketing-smartphone-internet-verbinding-16629368/>

schaftliche Innovationen wie auch für zahlreiche Aufgaben im Alltag und Arbeitsleben, von der individuellen Online-Betreuung von Kund*innen über die Erstellung lästiger Kündigungen bis hin zum Entwurf von Betriebsabläufen.

ChatGPT basiert auf einem so genannten *Large Language Model* (kurz LLM), das sich hinter dem eher technischen Kürzel GPT verbirgt, aktuell in Version 3.5 und 4. Ein LLM ist ein maschinelles Verfahren, das auf Basis von Milliarden von Texten selbstständig gelernt hat, welche Wörter am besten in einem gegebenen Kontext geschrieben werden können. LLMs *finden* also keine Antworten oder Lösungen im Internet, wie etwa Google das macht. Sie *erzeugen* sie selbst bei jeder Anfrage aufs Neue. Das gelingt im Falle von ChatGPT so verblüffend gut – oder zumindest scheinbar gut – weil sein LLM enorm viele Sprachbeispiele verarbeitet hat und dabei enorm viele Informationen über der Welt gespeichert und miteinander verknüpft hat. Außerdem wurde es so trainiert, dass es Anweisungen befolgt.

Aber die Funktionsweise von LLMs hat auch Grenzen und birgt Risiken. Nicht nur, dass zum Beispiel bei fachlich anspruchsvolleren Themen die Antworten öfters nicht zufriedenstellend sind. Auch erfinden LLMs mal einfach Informationen (in der Forschung nennt man das *Halluzinieren*), denn sie prüfen gar nicht, was sie erzeugen. Und sie bilden all die Darstellungen und Ansichten der Welt ab, die sich in den verarbeiteten Texten finden, selbst wenn diese Halbwahrheiten, Vorurteile und überkommene Weltbilder widerspiegeln (man spricht hier von *sozialem Bias*). Das alles ist jedoch nicht leicht erkennbar, denn wie LLMs vorgehen, ist kaum durchschaubar (es fehlt an *Erklärbarkeit*). So kann ihr

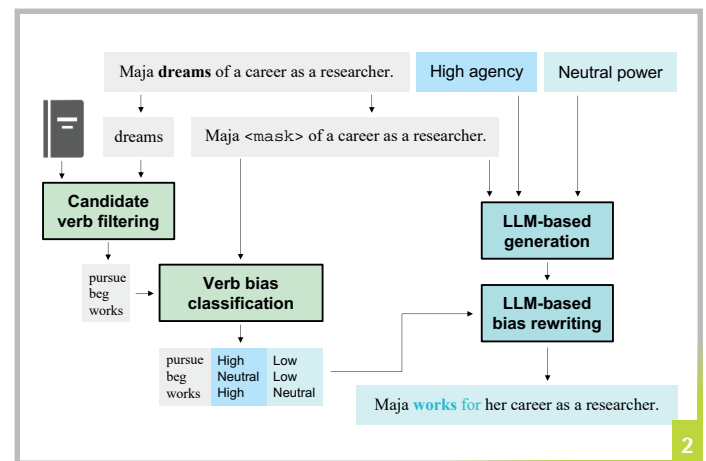
Einsatz schnell ungewünschte Konsequenzen haben, von Missbrauch ganz zu schweigen. Universitäre Forschung an LLMs ist daher wichtig und nötig, um technische Lösungen zu finden und auf Gefahren aufmerksam zu machen, so auch an der Leibniz Universität Hannover.

Im Mittelpunkt der Forschung meines Fachgebiets *Natural Language Processing* am Institut für Künstliche Intelligenz der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik steht die maschinelle Analyse und Generierung natürlichsprachiger Texte. Wir untersuchen, wie LLMs so gestaltet werden können, dass sie ihre Stärken in der freien Textformulierung nutzen, ohne dabei faktisch oder ethisch fragwürdige Informationen zu produzieren. Dafür werden sie anhand von vielen Beispielen so trainiert, dass die von ihnen getroffenen Entscheidungen und die von ihnen erzeugten Texte vorgegebene Bedingungen erfüllen. Damit lässt sich erreichen, dass Informationen in den meisten Fällen korrekt und sprachlich angemessen vermittelt werden. Ziel der Forschung der Mitarbeitenden ist, die Grundlagen dafür zu schaffen, Menschen in ihrem Alltag zu unterstützen, ohne die Kontrolle darüber zu verlieren, was LLMs im Hintergrund tun.

So haben Milad Alshomary und Wei-Fan Chen im Rahmen ihrer Doktorarbeiten herausgefunden, wie sich Antworten von LLMs stilistisch an ihre Zielgruppe anpassen lassen, dabei aber überzeugend bleiben und Halluzinationen weitestgehend vermeiden. Gerade jedoch dort, wo Menschen ihre persönlichen Ansichten teilen, findet sich oft sozialer Bias in Sprache, etwa veraltete Denkweisen über Geschlechterrollen. Um zu vermeiden, dass LLMs solchen Bias aufnehmen, können automatisch generierte Ge-

genbeispiele helfen: Wenn ein LLM stets auch das Gegenteil zu einer Aussage liest, dann kann es diese nicht mehr mit dem Geschlecht in Verbindung bringen (siehe Abb. 2). Erschwert werden solche Lösungsansätze aber dadurch, dass sich soziale Phänomene in Texten oft überlagern. Dialekte zum Beispiel (wie afro-amerikanisches gegenüber Standard-Englisch) führen leicht dazu, dass LLMs fälschlicherweise Bias in Text entdecken, womit sich Maximilian Spliethöver beschäftigt; und Bias ist nicht das einzige Problem.

In dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft



(DFG) geförderten Projekt OASiS befasst sich Timon Ziegenbein gemeinsam mit der Universität Leipzig damit, wie sich sprachlich oder sachlich unangemessene Kommunikation in den sozialen Medien erkennen lässt. Aufgrund der unzähligen Mengen an Diskussionen ist es für Plattformbetreiber kaum händisch möglich, korrigierend einzugreifen. LLMs jedoch können die Rolle eines Moderators übernehmen, in dem sie auf problematische Formulierungen hinweisen oder gar Alternativvorschläge machen. So bringen wir LLMs in dem Projekt bei, wie sie einen unangemessenen Text entschärfen, ohne dabei dessen

Abbildung 2
LLM-basierter Erstellungsprozess eines Gegenbeispiels für die passive Darstellung einer weiblichen Person durch Abwandlung der Aktion.
Quelle: eigene Erstellung

Sinn nennenswert zu verändern. Yamen Ajjour hingegen erforscht, wie sich die Eingabe von LLMs so optimieren lässt, dass sie ein gewünschtes Verhalten hervorruft.

Unser DFG-Projekt *ArgSchool* widmet sich der Unterstützung von Schüler*innen beim Verfassen argumentativer Texte. In Zusammenarbeit mit der Sprachdidaktik der Universität Paderborn entwickelt

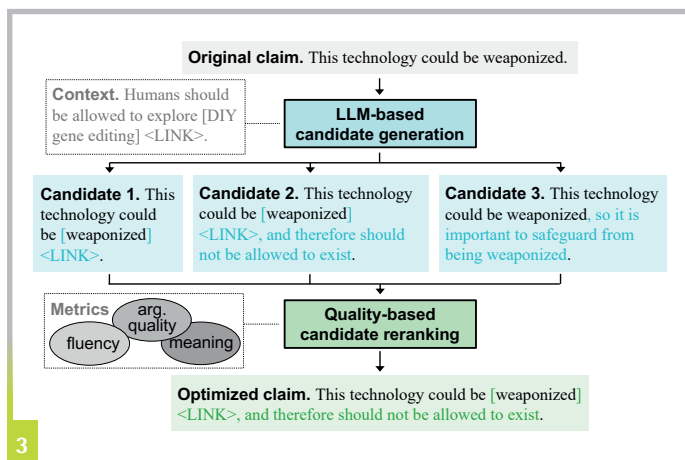


Abbildung 3
LLM-basierte Qualitätsoptimierung einer Aussage durch Ergänzung eines Links und der Konsequenz der Aussage
Quelle: eigene Erstellung

Maja Stahl spezielle LLMs, die Textentwürfe auf ihre Qualität hin bewerten, um auf dieser Basis Feedback zu geben. Gabriella Skitalinska hat sich passend dazu in ihrer Doktorarbeit damit auseinandergesetzt, wie LLMs automatisch Textbausteine umformulieren können, um deren Qualität bedeutungserhaltend zu erhöhen (siehe Abb. 3). So können die Lernenden individualisiert gefördert und damit Lehrkräfte entlastet werden, die selbst nicht die zeitlichen Möglichkeiten hätten, auf alle einzeln einzugehen. Es geht hier also explizit darum, LLMs als Chance für die digitale Bildung zu begreifen, die klassische Lehransätze nicht ersetzt, sondern komplementär ergänzt.

Wichtig bei solchen Technologien ist, dass Entscheidungen und Verhalten von LLMs und anderen KI-Systemen erklär-

bar bleiben. Darum geht es in dem transregionalen und hochgradig interdisziplinären DFG-Sonderforschungsbereich *Constructing Explainability*, an dem auch die Universität Paderborn, die Universität Bielefeld und die Ludwig-Maximilians-Universität München beteiligt sind. In Hannover stehen in diesem Zusammenhang zwei Fragen im Fokus, die mithilfe von LLM-basierten Verfahren untersucht werden: Was macht einen erfolgreichen Erklärprozess bei Menschen aus, und wie funktionieren eigentlich Erklärungen? Insbesondere für die Erklärung abstrakter Sachverhalte benutzen Menschen häufig bildliche Sprache wie Metaphern. Wie sich die Fähigkeit, solche Sprache zu verstehen auf LLMs übertragen lässt, darum geht es in der Promotion von Meghdut Sengupta.

Darüber hinaus erarbeiten wir seit Ende des Jahres in dem vom Land Niedersachsen geförderten Projekt *HybrInt* zusammen mit der Universität Osnabrück und anderen Wissenschaftler*innen unserer Fakultät Konzepte für *hybride Intelligenz*, also für die Zusammenführung der Stärken menschlicher und künstlicher Intelligenz. Als zentraler Anwendungsfall dient dabei der Einsatz von KI für effizientes Wasser-Management in der Landwirtschaft. LLMs regeln in diesem Kontext die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine, etwa um zu erklären, weshalb ein KI-System entschieden hat, Pflanzen an einem Tag mehr Wasser zu geben als es die Regel ist. Leandra Fichtel entwickelt dafür LLMs, die solche Erklärungen auf verschiedene Personengruppen zuzuschneiden, da zum Beispiel ein Domänenexperte anderes Wissen hat als ein Laie oder eine KI-Forscherin.

Dies alles sind Beispiele dafür, wie sich LLMs zielgerichtet

entwickeln und einsetzen lassen, so dass Menschen in ihren Aufgaben unterstützt werden und dabei den Einfluss von KI verstehen. So und nicht anders sollte in meinen Augen das Zusammenspiel von KI und Menschen in der heutigen Zeit gestaltet werden. KI ist in der Mitte der Gesellschaft angekommen, aber vorbereitet ist die Gesellschaft darauf kaum. Menschen müssen verstehen, was KI kann und was sie nicht kann, wofür sie hilft und wovon man sich hüten sollte. Wer ihr nur misstraut, kann ihr Potenzial nicht nutzen und so mittelfristig abgehängt werden. Wer ihr blind vertraut, läuft Gefahr, manipuliert zu werden und Schritt für Schritt die Kontrolle zu verlieren. Um dem zu begegnen, ist einerseits Regulierung seitens der Politik nötig, so wie es die EU mit dem sogenannten AI-Gesetz bereits umzusetzen versucht. (EU Artificial Intelligence Act: <https://artificialintelligenceact.eu/de/das-gesetz>) Andererseits bedarf es KI, der man vertrauen kann. Dafür Lösungen zu erarbeiten, ist nicht zuletzt die Aufgabe der Wissenschaft.



Prof. Dr. Henning Wachsmuth ist Leiter des Fachgebiets Natural Language Processing am Institut für Künstliche Intelligenz. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Computational Argumentation, Computational Sociolinguistics, Computational Explanation. Kontakt: h.wachsmuth@ai.uni-hannover.de

Die Stadt Garbsen, innovativer Universitätsstandort in der Region Hannover, bietet zum nächstmöglichen Zeitpunkt folgende Stelle:

Diplom-Ingenieur/-in (FH) oder Bachelor of Engineering (m/w/d) für die Stadtentwässerung Garbsen

Entgeltgruppe 11 TVöD-VKA | Vollzeit | unbefristet



Weitere Informationen erhalten Sie unter:
www.garbsen.de/karriere

Stadt Garbsen
Rathausplatz 1 | 30823 Garbsen
www.garbsen.de

Für lebendige Wasserstraßen



WSV.de
Wasserstraßen- und
Schiffahrtsverwaltung
des Bundes



Wir sind die **Fachstelle für Geodäsie und Geoinformatik der Wasserstraßen- und Schiffahrtsverwaltung des Bundes (FGeoWSV)**.

Wir erfassen Daten zu Land, zu Wasser und aus der Luft, erstellen Produkte für Schifffahrt, Umwelt, Nachrichtentechnik, Bau und alle weiteren Nutzenden der Bundeswasserstraßen.

Mit stetig wachsendem Aufgabenportfolio suchen wir in Hannover:

- Hydrografen (m/w/d)
- Vermessungstechniker (m/w/d)
- Geomatiker (m/w/d)
- Geoinformatiker (m/w/d)
- Kartografen (m/w/d)
- Bacheloranden und Masteranden (m/w/d)
- Ingenieure (m/w/d) mit Fachrichtung Vermessungswesen, Geodäsie, Geoinformation, Kartografie, Photogrammetrie oder Hydrografie
- Praktikanten (m/w/d)

Bewirb Dich gerne – wir freuen uns!

Weitere Informationen zu Stellenangeboten sowie unsere Social-Media-Kanäle:



www.karriere.wsv.de



Zufriedenes Lächeln aus guten Gründen

Ihrer Ausbildung zur Papiertechnologin folgt ein duales Studium. Christina Lewin pendelt gerne zwischen Theorie und Praxis. „Was ich lerne, lässt sich bei Sappi konkret anwenden“, sagt die 23-Jährige. Sie hinterfragt komplexe Themen. Das sensibilisiert und optimiert. Unser weltweit gefragtes Spezialpapier ist das Ergebnis starker Teamarbeit.

Christina möchte bei uns Prozessingenieurin werden. Das zufriedene Lächeln, mit dem sie in jeden Tag startet, sagt uns: Sie wird ihre Karrierechance bei Sappi Alfeld nutzen.



vielfältig



vernetzt



spannend



nachhaltig



innovativ



divers



Jetzt bewerben!

www.sappi.com/de/careers

Du hast weitere Fragen? Nimm Kontakt zu uns auf:
✉ AusbildungAlfeld@sappi.com ☎ 0 51 81 - 77 300

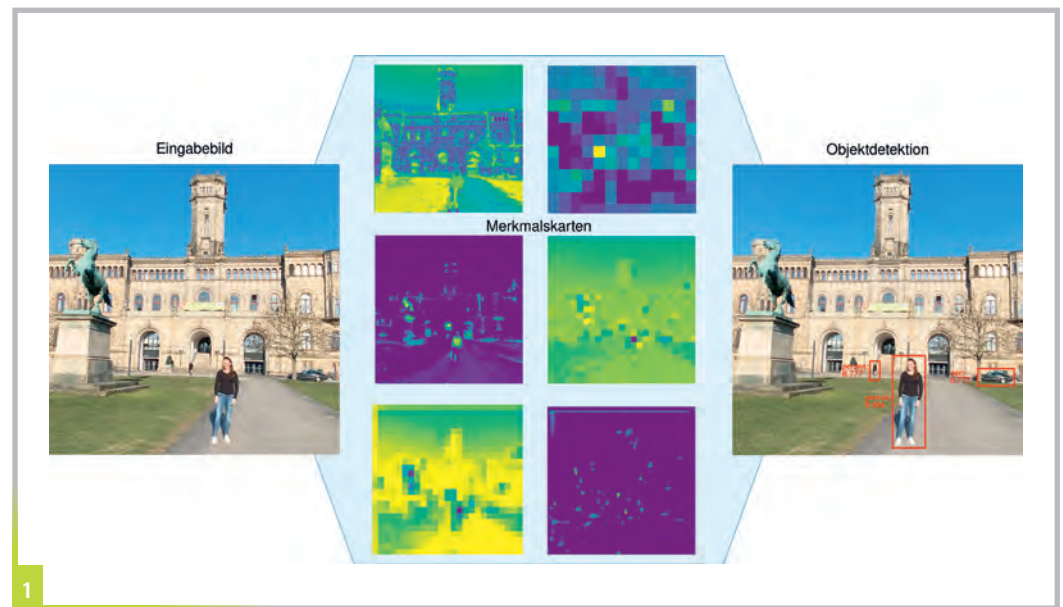
sappi

Moderne Automobilelektronik:

KI-Hardware für die Sensorsignalverarbeitung

Für das (teil-)automatisierte Fahren werden in der modernen Fahrzeugelektronik Algorithmen der Künstlichen Intelligenz (KI) eingesetzt. Die Algorithmen übernehmen dabei verschiedene Aufgaben, die in ihrer Kombination die automatisierten Fahrfunktionen realisieren.

Wissenschaftler*innen vom Institut für Mikroelektronische Systeme beschreiben den Einsatz von KI.



Ein Auto, für das (teil-)automatisiertes Fahren vorgesehen ist, muss beispielsweise in der Lage sein, seine Umgebung zu erkennen und zu verstehen. Diese wird durch Sensoren wie Kameras, Laserscanner (LiDAR-Sensoren) und RADAR-Sensoren beobachtet. Die so gewonnenen Informationen werden anschließend durch KI-Algorithmen verarbeitet und interpretiert. Durch die eingesetzten Sensoren können 3D-Positionen und Geschwindigkeiten von Objekten genau bestimmt werden. Dadurch können andere Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger und Fahrzeuge erkannt und ein eventueller Bremsvorgang eingeleitet werden. Aufgrund der komplexen und dynamischen Umgebung

in einer Fahrsituation muss eine solche Entscheidung in Echtzeit und präzise getroffen werden. Dies erfordert eine leistungsfähige Prozessorhardware. Aufgrund zusätzlicher Anforderungen wie geringer Leistungsaufnahme und Sicherheitsanforderungen kommen spezifische KI-Beschleuniger im Fahrzeug zum Einsatz. Im Rahmenprogramm „Mikroelektronik. Zuverlässig und nachhaltig. Für Deutschland und Europa“ fördert das BMBF mit dem ZUSE-Programm die Entwicklung spezieller Prozessoren für KI-Anwendungen. Das Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS) forscht im Rahmen der Projekte ZuSE-KI-Mobil und ZuSE-KI-AVF mit Projektpartnern an neuartigen KI-Beschleunigern und betrachtet die

effiziente Nutzung der Hardware für komplexe KI-Algorithmen zur Sensorsignalverarbeitung (Abb. 1).

Aus welchen Komponenten bestehen neuronale Netze?

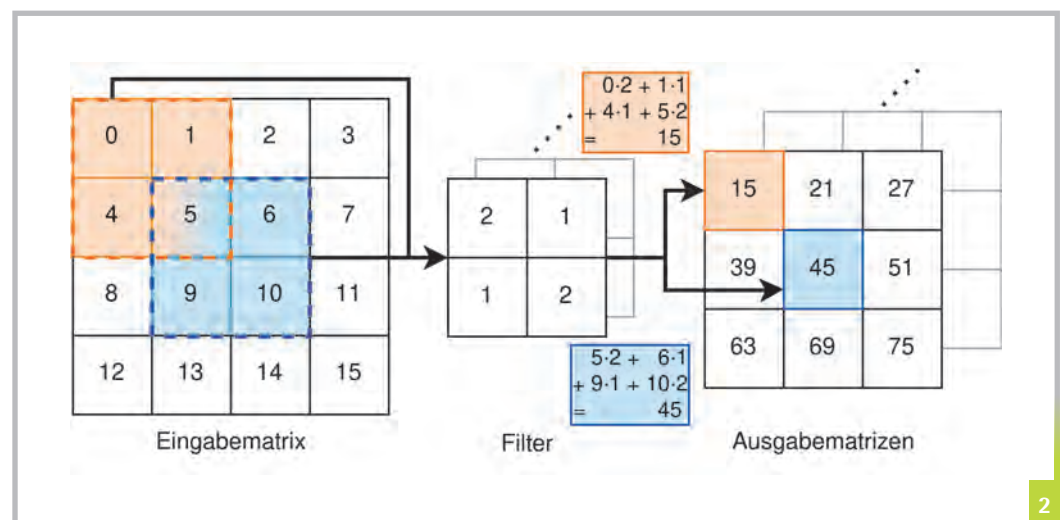
In der modernen KI-basierten Sensorsignalverarbeitung werden meist Convolutional Neural Networks (CNN), zum Beispiel zur Lokalisation und Klassifikation anderer Verkehrsteilnehmer, eingesetzt. Deswegen werden KI-Beschleuniger mit dem Ziel entworfen, die Operationen eines CNN effizient auszuführen. CNN bestehen aus Schichten (Layer), unter anderem Faltungen (Convolution), welche lo-

Abbildung 1
Ein neuronales Netz extrahiert Merkmale aus dem Eingabebild und prognostiziert Position und Art der Objekte im Eingabebild. Die Objekte sind mit roten Bounding Boxen markiert und mit der jeweiligen Klasse und Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Detektion benannt.
Quelle: IMS

kale Muster (zum Beispiel Kanten, Farben oder Texturen) in den Daten effektiv erkennen und analysieren. Innerhalb einer Faltung werden Filter eingesetzt, die über die Eingabedaten geschoben werden und dabei die relevanten Merkmale extrahieren. Dies geschieht, indem die Eingabedaten mit den Filterwerten multipliziert und die Ergebnisse aufsummiert werden. Die so entstehende Ausgangsmatrix wird anschließend in die nächste Schicht gegeben und es wird eine weitere Merkmalsextraktion durchgeführt. Nach dem Durchlaufen des letzten Layers kann die oben genannte Lokalisation und Klassifikation durchgeführt werden. Ein heutzutage typisches CNN zur Objektdetektion auf Kamerabildern hat dabei etwa 100 Faltungsschichten. Die Qualität der Detektion hängt von dem Aufbau des Netzes und den vorhergegangenen Optimierungen der Filterwerte ab (Abb. 2).

ten und Speichern von Rechenergebnissen und einem Bussystem zur Kommunikation zwischen den Einheiten. Der Entwurf und die Optimierung der einzelnen Bestandteile orientiert sich dabei an dem Aufbau und den Eigenschaften eines CNN. Ein erster Schritt ist der Aufbau der Recheneinheiten. Da ein CNN zu einem großen Teil nur auf Additionen und Multiplikation beruht, bestehen die Recheneinheiten zu einem großen Teil aus optimierten Addier- und Multiplikationseinheiten.

rechnungseinheiten implementiert. Neben den Ausführungseinheiten ist der Speicher ein kritischer Faktor, da er die Geschwindigkeit und Effizienz der Datenverarbeitung wesentlich beeinflusst. Um einen ausgewogenen Kompromiss aus Speicherkapazität, Zugriffsgeschwindigkeit und Energieeffizienz zu erreichen wird eine hierarchische Speicherorganisation eingesetzt. Register liegen nahe am PE und sind am schnellsten zugänglich, SRAMs sind größer und eignen sich wegen ihrer



Was sind die Anforderungen an die Hardware?

Für die Realisierung eines CNN-basierten Signalverarbeitungsalgorithmus für die Automobilindustrie müssen Anforderungen an die Verarbeitungsgeschwindigkeit, den Energieverbrauch und die Kosten erfüllt werden. Diese Anforderungen sind teilweise widersprüchlich, da eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit in der Regel auch zu einem hohen Energieverbrauch führt und somit von klassischen Prozessorarchitekturen nicht erfüllt werden kann. Um das Ziel dennoch zu erreichen, wird KI-Hardware erforscht und entwickelt. Der grundlegende Aufbau eines solchen Systems besteht dabei aus: Prozessoreinheiten (PEs) zur Berechnung von arithmetischen Funktionen, Speicher zum Lesen von Eingangswerten

Bei Faltungsoperationen werden Additionen und Multiplikationen in Kombination ausgeführt, weshalb sie in sogenannten Multiply-Accumulate (MAC) Einheiten zusammengefasst werden. Damit ist es möglich, innerhalb eines Rechenzyklus zwei Zahlen zu multiplizieren und das Ergebnis zu addieren und dadurch je eine Rechen- und Speicheroperation einzusparen. Da die Filter einer Faltungsschicht auf verschiedene Regionen der Eingabe angewendet werden, gibt es keine Abhängigkeiten zwischen den Berechnungen und die Berechnungen können parallel ausgeführt werden. Um diese Parallelität zu nutzen, wird in der Hardware eines KI-Beschleunigers eine große Anzahl von Ausführ-

relativ hohen Zugriffsgeschwindigkeit als Cache, DRAMs werden wegen ihrer hohen Kapazität und Energieeffizienz für große Datenmengen eingesetzt. Darüber hinaus wird in modernen KI-Beschleunigern zunehmend Wert auf die Optimierung des Speicherverbrauchs und die Reduzierung von Latenzzeiten gelegt. Dazu werden die Eingangs- und Filterwerte möglichst in einer effizienten Reihenfolge im Speicher abgelegt.

Konzept des vertikalen Vektorprozessors

Im Projekt ZuSE-KI-AVF forscht das IMS mit weiteren Kooperationspartnern an einer skalierbaren Vektorprozessorarchitektur. Vektoren

Abbildung 2
Bei der Faltung wird ein Filter elementweise mit den Einträgen der Eingabematrix multipliziert. Die Summe der Multiplikationen ergibt jeweils einen Wert der Ausgangsmatrix (s. orange und blau markierte Felder). Durch die Faltung verringert sich die Dimension der Matrix (hier $4 \times 4 \rightarrow 3 \times 3$). Je nach Anzahl der verwendeten Filter ergeben sich mehrere Ausgangsmatrizen.
Quelle: IMS

sind dabei ein Verbund mehrerer Elemente. Bei einem Vektorprozessor können Operationen direkt auf einen ganzen Vektor ausgeführt werden. So wird bei einem horizontalen Vektordesign beispielsweise eine Addition zwischen den Elementen zweier Vektoren gleichzeitig für alle Elemente ausgeführt. Dies erhöht die Parallelität der Verarbeitung und reduziert den Organisationsaufwand für den Prozessor. Eine Besonderheit an dem Vektorprozessor aus dem Projekt ist das

ring der Speicheranbindung der jeweiligen Prozessorelemente ist das Prozessordesign hierarchisch aufgebaut. Dabei sind die Prozessorelemente in Gruppen eingeordnet und diese Gruppen nochmals in übergeordnete Gruppen. Jede dieser Ebenen besitzt einen eigenständigen Zwischenspeicher. Dieses Speichersystem verringert die Komplexität der Datenanbindung. So können Daten direkt an eine ganze Gruppe verteilt werden. Außerdem erlaubt die Anzahl an Gruppen eine Anpassung des

die jeweils eine MAC-Operation ausführen. Um eine Schicht eines CNNs zu berechnen, werden zunächst die Eingabedaten (Merkmal/Bild) und Filterwerte auf das systolische Array angewendet. Anschließend werden die Daten mit MAC-Operationen berechnet und die Ergebnisse zusammen mit den Eingangswerten an die nächsten PEs weitergegeben. Systolische Arrays erreichen durch die unabhängige Verarbeitung eine hohe Parallelität und Auslastung, was zu einer beschleunigten und effizienteren Berechnung von CNNs führt. Beim Entwurf des KI-Beschleunigers im Projekt ZuSE-KI-Mobil wird eine neuartige Arraystruktur implementiert, die es erlaubt, die Vorteile der bitseriellen – einzelne Bits – und bitparallelen – mehrere Bits gleichzeitig – Verarbeitung zu nutzen und somit eine effiziente Verarbeitung von CNNs zu ermöglichen. Für einen möglichst schnellen und energieeffizienten Zugriff auf die Daten wird der Speicher des Beschleunigers in Untergruppen aufgeteilt. Durch diese Organisation ist es möglich, dass jedes Prozesselement effizient auf die Bild- und Filterdaten zugreifen kann (Abb. 4).

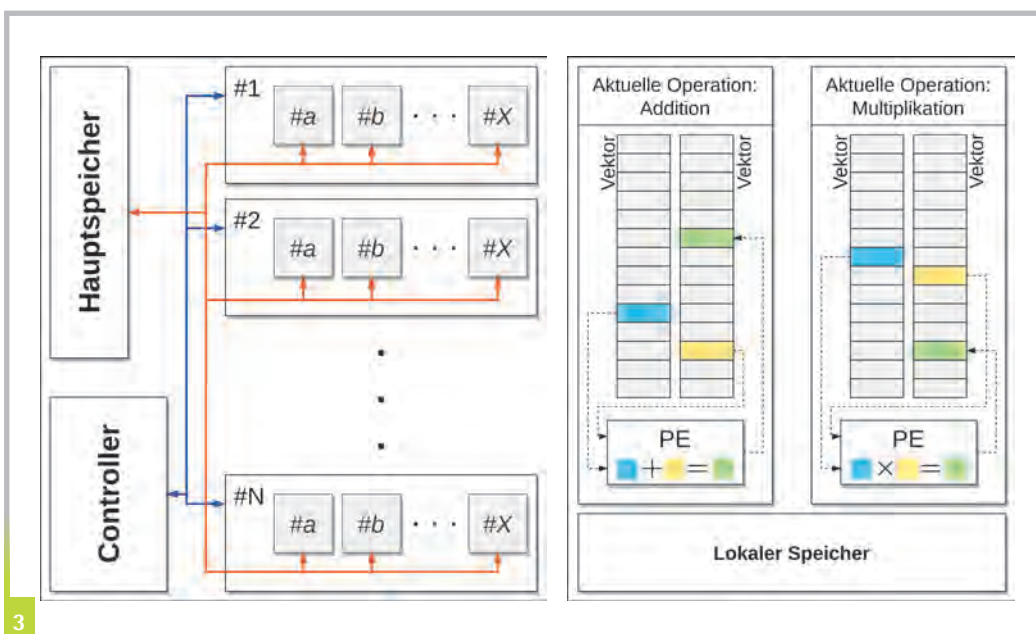


Abbildung 3
Dargestellt ist der strukturelle Aufbau des vertikalen Vektorprozessors aus dem ZuSE-KI-AVF Projekt. Im linken Abschnitt ist die Gruppierung innerhalb des Prozessors zu sehen mit Datenpfaden (rot) und Kontrollpfaden (blau). Jeder der grauen Elemente (#a, #b, ...) ist aufgebaut wie in dem rechten Abschnitt. Hier sind die eigentlichen Vektoren zu sehen und beispielhafte Berechnungen von einer Addition und Multiplikation in zwei Einheiten parallel.
Quelle: IMS

vertikale Vektordesign. Die Operation wird dabei an ein Prozessorelement übertragen, welches für die Umsetzung der Operation zuständig ist. Im Unterschied zum horizontalen Vektordesign werden die Elemente der Vektoren nicht gleichzeitig, sondern in einer vorgegebenen Reihenfolge abgearbeitet. Diese Reihenfolge kann zum Beispiel einen 2D Bereich innerhalb einer Matrix darstellen. So kann die Faltung eines CNN mit nur einem Befehl beschrieben werden. Das zweite Merkmal des untersuchten Vektorprozessors ist die Skalierbarkeit der Architektur. Zur Optimie-

Prozessors spezifisch an die Aufgabe (Abb. 3).

Konzept des Systolischen Arrays

Im Projekt ZuSE-KI-Mobil wird an einer bitseriellen systolischen Array-Architektur geforscht. Hierbei leitet sich der Begriff „systolisch“ aus der Medizin ab, da Daten, wie das Blut durch das Herz, durch die Architektur „gepumpt“ werden. Diese Rechnerarchitektur ist speziell für die Berechnung von CNN-Operationen optimiert. Ein Systolisches Array besteht aus einem regelmäßigen 2D-Netzwerk von Prozessoreinheiten,

Wie kann ein KI-Beschleuniger verwendet werden?

Um CNNs auf spezifischen Hardwareplattformen effizient ausführen zu können, müssen diese in eine hardware-spezifische Repräsentation übersetzt und optimiert werden. Ausgangspunkt für die Optimierung und Umsetzung eines CNNs ist in der Regel eine Modellrepräsentation (Tensorflow, Pytorch, Onnx, ...). Diese Repräsentation enthält sowohl das Modell, das heißt den Verarbeitungsablauf des CNNs, als auch die Modellparameter wie Filter, Bias, etc. Um diese Repräsentation

an die Zielplattform anzupassen, werden verschiedene Übersetzungs- und Optimierungsmethoden verwendet. Typischerweise wird zunächst eine Quantisierung und ein Pruning der Netze durchgeführt. Bei der Quantisierung werden die Filtergewichte und Biases von einer 32-Bit-Darstellung in eine 8-Bit-Darstellung umgewandelt. Pruning ist ein Verfahren zur Optimierung von CNNs, bei dem weniger wichtige Neuronen oder Verbindungen (Gewichte) entfernt werden, um die Komplexität des Netzes zu reduzieren. Beide Verfahren führen zu einer Reduktion des Speicherbedarfs und der Rechenzeit, allerdings muss bei der Anwendung der Verfahren darauf geachtet werden, dass die Erkennungsleistung nicht signifikant abnimmt. Zur Anpassung an die Hardware werden CNN-Compiler wie ApacheTVM verwendet. Dabei handelt es sich um spezialisierte Software, die darauf ausgelegt ist, CNN-Modelle für den Einsatz auf Hardwarebeschleunigern wie GPUs oder dedizierten KI-Prozessoren zu optimieren. Der Compiler übersetzt das Modell in eine effiziente, hardware-spezifische Darstellung, um maximale Performance und Effizienz zu erreichen. Dabei berücksichtigt der Compiler hardware-spezifische Eigenschaften und Optimierungen wie parallele Verarbeitung und Speicherzugriffsmuster, um die Ausführungsgeschwindigkeit zu maximieren und den Energieverbrauch zu minimieren.

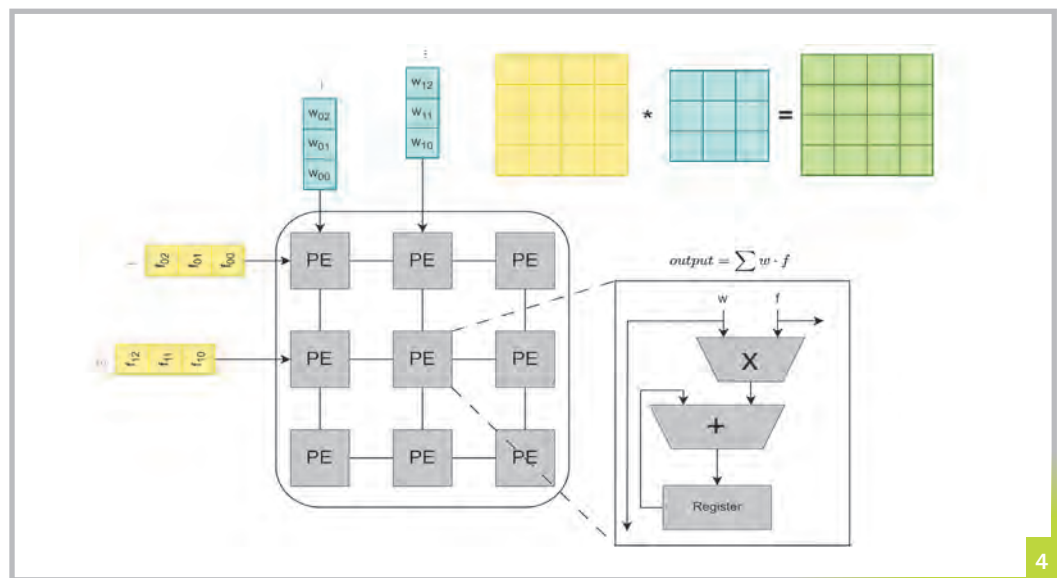
Bei welchen Anwendungen werden diese Hardware-Beschleuniger benötigt?

Für die Objektdetektion oder semantische Segmentierung im autonomen Fahren ist beispielsweise eine hohe Genauigkeit der Objektlokalisierung und Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen wie Nebel

erforderlich. Um dieses Ziel zu erreichen, werden komplexe Algorithmen eingesetzt, die die Daten mehrerer Sensoren verarbeiten. Als Sensoren kommen Kameras, LiDAR- und RADAR-Sensoren zum Einsatz. Während Kameras insbesondere für die Objektklassifikation (Einteilung von Objekten in Klassen wie Auto, Fußgänger etc.) geeignet sind, liefern Laserscanner (LiDAR) direkte Tiefeninformationen und Radarsensoren zusätzlich direkte Geschwindigkeitsinformationen. Durch Fusion,

das heißt parallele Verarbeitung der Sensordaten, können die Vorteile der Sensortypen kombiniert werden. Dies erfordert ein sehr komplexes CNN und damit einen hohen Bedarf an Speicher- und Rechenressourcen. Um diese komplexen zukünftigen Automobilanwendungen umzusetzen, forscht das IMS im Rahmen der ZUSE-Projekte an neuartigen CNN-Algorithmen zur Sensorfusion und deren effizienter Abbildung auf leistungsfähige Hardwarearchitekturen (Abb. 5).

Abbildung 4 Ein Systolisches Array ist schematisch dargestellt. Gut zu sehen ist die matrixförmige Anordnung der Prozessorelemente. Sie erlauben die effiziente Berechnung von Matrixmultiplikationen. Quelle: IMS



4

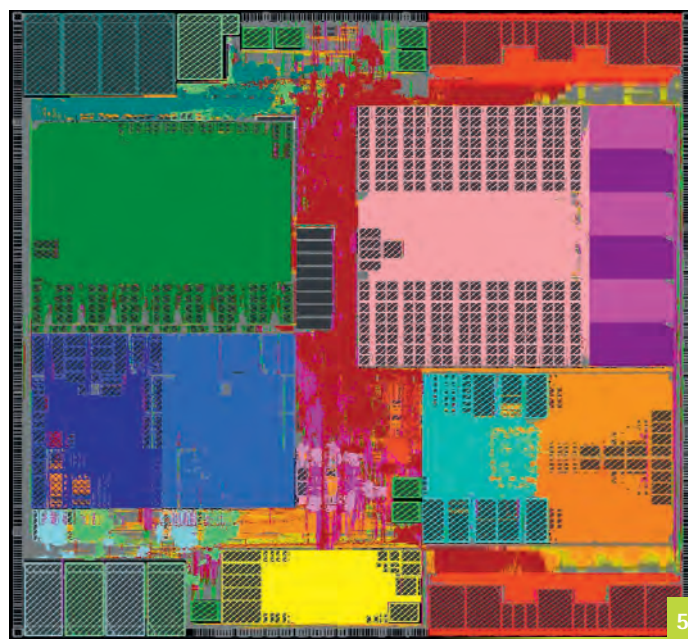


Abbildung 5 Der Siliziumchip des KI-Beschleunigers aus dem Projekt ZuSE-KI-Mobil. Zu sehen ist die Platzierung der verschiedenen Komponenten des KI-Beschleunigers auf dem produzierten Chip. Quelle: Dream Chip Technologies GmbH

5


Christoph Riggers, M.Sc.

ist derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS). Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der LiDAR Signalverarbeitung im Bereich des autonomen Fahrens. Kontakt: christoph.riggers@ims.uni-hannover.de


Matthias Lüders, M.Sc.

ist derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS). Seine Forschungsschwerpunkte sind die Abbildung komplexer KI-basierter Signalverarbeitungsalgorithmen auf Hardwareplattformen und die Systemmodellierung hinsichtlich Performance und Energiebedarf heterogener Hardwareplattformen mit Fokus auf KI-Beschleunigern. Kontakt: matthias.lueders@ims.uni-hannover.de


Sousa Weddige, M.Sc.

ist derzeit wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS). Ihr Forschungsschwerpunkt liegt in der Sensorfusion von Kamera, Radar und LiDAR für das autonome Fahren. Kontakt: sousa.weddige@ims.uni-hannover.de


Prof. Dr.-Ing. Holger Blume

leitet seit 2008 das Institut für Mikroelektronische Systeme der Leibniz Universität Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Entwurfsraum-Exploration für Hardware-Architekturen der digitalen Signalverarbeitung, der Sensorsignalverarbeitung sowie den mikroelektronischen Lösungen für Anwendungen im Bereich der Biomedizintechnik. Kontakt: blume@ims.uni-hannover.de

Deutschkurse für
Studium und Beruf
Online und Präsenz

ISK
Institut für Sprachen und Kommunikation
Lützowstraße 7 | 30159 Hannover
0511-12 35 63 60 | www.isk-hannover.de

[iskhannover](https://www.instagram.com/iskhannover)

deister electronic

Firmware-Entwickler / Embedded Software Engineer C / C++ (m/w/d)

- ✓ Elektrotechnik / Informatik Studium oder Informatik Ausbildung
- ✓ Gute Kenntnisse in den Programmiersprachen C / C++ für Embedded-Systeme
- ✓ Erfahrung mit Mikrocontrollerplattformen wie ATmega und STM32
- ✓ Kenntnisse in Bussystemen wie RS485, I2C und SPI

Jetzt bewerben!

deister electronic GmbH
Hermann-Bahlsen-Straße 11
30890 Barsinghausen, DE
Tel.: +49 5105 516111
E-Mail: karriere@deister.com

Baker Hughes

Du willst etwas bewegen, bist innovativ und bereit Herausforderungen anzunehmen?

Dann bist du bei uns richtig!



Künstliche Intelligenz (KI) spielt bei Baker Hughes eine zunehmend wichtige Rolle.

Wir nutzen Dashboards & Cockpits und verbessern Prozess- und Arbeitssicherheit auf hohem Niveau immer weiter.



Baker Hughes ist ein führendes Energietechnologie-Unternehmen. In über 120 Ländern entwickeln und implementieren wir branchenführende Technologien und Dienstleistungen, um die Energieversorgung zu transformieren. Unsere Entwicklungen tragen dazu bei, die Gewinnung von Öl, Gas und Geothermie sicherer, sauberer und effizienter zu machen.



careers.bakerhughes.com
Jetzt bewerben!

Was suchen wir?

Wir suchen nach motivierten und talentierten Menschen wie dir, um unser Team zu verstärken!

Was bieten wir?

- ✓ Attraktive Vergütung (IG-Metall)
- ✓ 35 h Woche
- ✓ Flexible Arbeitszeitmodelle
- ✓ Mobiles Arbeiten
- ✓ Vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten
- ✓ Early Career Programme

Die gerechte KI

Warum KI die Welt verändern, aber nicht alle unsere Probleme lösen kann

Wer bewertet eigentlich den Einsatz von KI? Wie ist die Rolle der Sozialwissenschaften in der Diskussion von KI? Was bringt der sozialwissenschaftliche Blick auf die spezifischen Probleme innerhalb einer Gesellschaft, wenn KI zum Einsatz kommt?

Zwei Sozialwissenschaftlerinnen wenden sich dem Potenzial und den Risiken von KI zu sowie der Frage nach einer gerechten KI.



Abbildung 1
Dieses Bild stellt den Prozess des maschinellen Lernens bei der Objekterkennung dar. Bei den Bäumen handelt es sich um Trainingsdaten, die weißen Blöcke, die sich im Verlauf von links nach rechts ausrichten, visualisieren den Fortschritt der Maschine. Der verpixelte Baum erinnert daran, dass Maschinen nicht so sehen wie wir Menschen.
Quelle: David Man & Tristan Ferne / Better Images of AI / Trees / CC-BY 4.0

Das Jahr 2023 war reich an medialen, politischen und Fachdebatten über die Rolle von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Gesellschaft, die unter anderem durch den Chatbot ChatGPT befeuert wurden. Inmitten der öffentlich ausgetragenen Debatten über KI und gesellschaftlichen Wandel ist es die Rolle der sozialwissenschaftlichen Forschung, einen konstruktiv-kritischen Blick auf KI zu entwickeln. Wir fokussieren dabei auf drei Fragen: Erstens fragen wir nach den aktuellen disziplinären Zuständigkeiten in der Bewertung von KI – Welchen Unterschied macht eine primär ethische Diskussion von KI und welche Relevanz kommt hier Sozialwis-

senschaften zu? Zweitens gilt es die Problemdefinition zu reflektieren, auf die hin technische Lösungen entwickelt werden. Drittens fragen wir, inwiefern aktuelle Initiativen wie „KI für das Gemeinwohl“ oder „Data for good“ in der Lage sind, die Risiken von KI in den Griff zu bekommen und die Bedeutung von Kontexten als etwas sozial Spezifischem zu schärfen.

1. Warum ethische Einschätzungen von KI nicht ausreichen

In der Bewertung der Chancen und Risiken von KI sind vor allem ethische Einschätzungen und ethische Regulie-

rungen gefragt. Zugleich zeigt die Forschung, dass mit einer primär ethischen Expertise bestimmte Limitationen einhergehen. Bianca Prietl (2021) spricht in diesem Zusammenhang von „diskursiven Leerstellen“ (S. 22), also davon, dass bestimmte Themen oder Fragestellungen in ethischen Erwägungen häufig nicht aufgeworfen werden.

Eine wichtige Leerstelle entsteht dort, wo Handeln als das Handeln und Entscheiden einzelner Individuen betrachtet wird. Die soziale Prägung von Handlungskontexten zum Beispiel durch Handlungsdruck, formale und informale Erwartungen oder durch Personalknappheit wird dabei

systematisch unterschätzt (Büchner/Männle 2022). Dies zeigt sich etwa in Diskussion von KI-basierten Entscheidungsunterstützungssystemen. Oft sind es nicht autonome Individuen, die mit ausreichend Reflexionszeit und umfassendem Wissen über die Funktionsweise von KI algorithmische Empfehlungen zur Kenntnis nehmen und bewerten. Vielmehr hat man es mit Mitgliedern in Organisationen zu tun, etwa Ärztinnen und Sozialarbeitern, die unter Zeitdruck arbeiten, die notwendigerweise nur begrenzt geschult sind im Umgang mit der Einschätzung von KI und deren Abweichung oder Befolgung algorithmischer Vorschläge zum Teil dokumentiert und für nachgelagerte Überprüfungen zugänglich gemacht wird.

Hier spielen Sozialwissenschaften eine Schlüsselrolle: Sie verfügen über soziale Begriffe des Handelns, über differenziertes Wissen über reale Entscheidungsprozesse und moderierende Faktoren. Während in der Technologieentwicklung oftmals von breiten Domänen ausgegangen wird (Ribes et al 2019), spezifizieren Sozialwissenschaften: Wo greifen medizinische Logiken der Krankenbehandlung? Unter welchen „normalen Unsicherheiten“ treffen Sozialarbeiter*innen – KI gestützt oder ohne KI Entscheidungen im Kinderschutz?

Künstlicher Intelligenz werden generalisierte Lösungskompetenzen zugeschrieben, ein „enhanced decision-making“. Sozialwissenschaftliche Perspektiven sind hier entscheidend, um Idealisierungen und Generalisierungen vermeintlich „typischer Entscheidungssituationen“ zu überwinden und bieten realitätsnähere Verständnisse für den Einsatz dieser Technologien.

2. Warum Lösungsorientierung nicht immer eine Lösung ist

Ein Grundsatz des Technolagedesigns, der auch für KI-Entwicklung gilt, ist die Feststellung eines Problems, das zu entwickelnde Technologien lösen sollen. Während durch einige Problemlösungen digital unterstützt werden können, kommt es bei anderen Problemen zu einer „solutionistischen“ Lösung (Morozov 2014). Hierbei werden komplexe soziale Situationen von wenigen Expert*innen als klar definierte Problembereiche gerahmt, die eindeutig technisch gelöst werden können (Morozov 2014, S. 5).

Die Vielfalt an – sich häufig widersprechenden – Erfahrungen, Werten, Wissen und Praktiken, die soziale Probleme ausmachen, werden dabei ausgeklammert. „Solutionismus“ verspricht zwar oberflächlich schnelle Erfolge, verschließt jedoch auch mögliche Wege zur Behebung gesellschaftlicher Schief lagen, indem es Räume für kollektive Aushandlungen über Problemstellungen, die ihnen zugrundeliegenden Machtverhältnisse und alternative Lösungen vorschnell nicht zulässt. So soll beispielsweise KI-basierte Bildungssoftware zur besseren Schulbildung verhelfen, indem sie Lehrkräfte unterstützt, individuelles und umfangreiches Feedback jeder einzelnen Schüler*in zu geben. Damit dieses Szenario Erfolg hat, müssten allerdings zunächst Schulen mit flächendeckender Internetverbindung ausgestattet werden und Schüler*innen über notwendige Endgeräte sowie über gut ausgestattete Lernorte Zuhause verfügen, die oftmals gerade bei sozial benachteiligten Familien nicht zur Verfügung stehen.

Der Beitrag der Sozialwissenschaft liegt in diesem Kontext darin, genau diese Vielfalt an

Positionen, Werten und Erfahrungen zu verstehen und aus dieser Vielfalt heraus gemeinsame Problemstellungen zu definieren, für die KI-basierte oder auch andere, zum Beispiel politische, strukturelle Lösungen gesucht werden können. Die dafür wegweisenden Fragen wie „Cui bono? Who is doing the dishes? Where is the garbage going? What is the material basis for practice?“ (Star 1995, p. 3) können dabei nur sozialwissenschaftlich in der notwendigen Tiefe beantwortet werden.

3. Welches Gemeinwohl wird für die Lösung welcher Problemlagen gefördert? Und welche Akteure definieren das Problem?

Unsere Gesellschaft sieht sich multiplen Krisen gegenüber. So ist es wenig überraschend, dass ein Ausweg des Umgangs mit den Chancen und Risiken von KI darin besteht, die Entwicklung und den KI-Einsatz auf das Gemeinwohl zu verpflichten. Ohne Zweifel handelt es sich dabei um einen vielfältig ausdeutbaren Begriff (Piallat 2021). Eine aktuelle Tendenz besteht darin, die Chancen und Risiken von KI darüber zu kontrollieren, dass bestimmte Domänen als inhärent gut stilisiert werden, etwa soziale Hilfen für Kinder oder die Arbeit mit sozial benachteiligten Gruppen (Aula/Bowles 2023, S. 10).

Eine solche Stilisierung ist aus zwei Gründen problematisch: Erstens kann es naheliegender erscheinen, die technische Innovation auf eben jene „benachteiligten Domäne“ zu richten. Ob allerdings diese technischen Innovationen die dort anzutreffenden Probleme tatsächlich lösen, kann nicht mit generalisierten, sondern mit sozial differenzierten Kontextanalysen beantwortet werden, will man nicht riskieren, in die beschriebene solu-



Prof. Dr. Stefanie Büchner

leitet den Arbeitsbereich Soziologie der Digitalisierung am Institut für Soziologie, Philosophische Fakultät. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in der qualitativen vergleichenden Digitalisierungsforschung, Organisationsentwicklung, Datafizierung und dem Wandel von Professionen sowie in den Spannungsfeldern von Digitalisierung, Arbeit und Organisation. Kontakt: s.buechner@ish.uni-hannover.de



Dr. Irina Zakharova

ist Postdoc am Arbeitsbereich Soziologie der Digitalisierung am Institut für Soziologie der Philosophischen Fakultät. Ihre Forschungsinteressen liegen in der Datafizierung der Bildung und der Digitalisierung des öffentlichen Sektors, die sie insbesondere aus der Perspektive feministischer Technologieforschung untersucht. Kontakt: i.zakharova@ish.uni-hannover.de

tionistische Falle zu laufen. In diesem Sinne gilt nach den alten und neuen Akteuren zu fragen, die technisch lösbare Probleme definieren. Zweitens gilt: Auch neue Professionen wie Data Scientists verfolgen, ebenso wie andere Professionen, eigene Agenden (Dorschel/Brandt 2021). Sie ersetzen weder den Einbezug von Nutzer*innen und Betroffenen noch verfügen sie über differenzierte wissenschaftliche Kenntnisse über soziale Kontexte. Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich digitaler Technologien sollten in diesem Sinne sozialwissenschaftliche Partner*innen nicht nur als Feigenblatt „dabeihaben“, sondern deren Expertisen neben denen der Nutzer*innen als „kritische Komponente“ betrachten: Als notwendiges Korrektiv verkürzter oder vereinfachter Problem- und Lösungsverständnisse einerseits und als konstruktiver Partner in der Entwicklung sozialer Innovationen. So kann Verwaltungsdigitalisierung gut geplant von der Partizipation von Mitarbeiter*innen bei der Entwicklung neuer Formen hybrider Arbeitsgestaltung profitieren. Auch bei der Entwicklung soziotechnischer Neuerungen ist der frühe Einbezug von Nutzer*innen entscheidend, etwa wenn ausgehandelt wird, welche Mobilitätsdaten von welchen Gruppen (z.B. Fußgänger, Fahrradfahrer, Autofahrer) auf Visualisierungen wie Data Dashboards regulär erscheinen und somit bei Planungsprozessen berücksichtigt werden sollen.

Ansätze für gerechte KI

Findet die Aushandlung von Problemstellungen im engen Expert*innenkreis und unter Ausschluss der betroffenen Personengruppen statt, laufen die entwickelten Lösungen

Gefahr, die bestehenden Schieflagen nicht zu beheben oder diese sogar zu verstärken (Costanza-Chock 2020). Solche negativen Folgen der KI-Anwendungen werden häufig in öffentlichen und Fachdiskussionen thematisiert. Deshalb wird in der aktuellen Forschung zunehmend die Frage in den Blick genommen, ob und wann der Einsatz von KI unter solchen Bedingungen gerechtfertigt ist und wie alternative KI-Ansätze hergestellt werden können (vgl. McQuillan 2021). Dabei liegt eine solche Fragestellung nicht in einem grundsätzlichen Technologie-Skeptizismus begründet. Vielmehr wird hierbei der Fokus auf eine möglichst realistische Analyse der Effizienz-Versprechen gelegt, die KI-Anwendungen begleiten. Gerade mittel- und langfristig ist hier der Einsatz erheblicher personeller, technologischer und finanzieller Ressourcen nötig, um eine von Verzerrungen möglichst freie KI zu entwickeln und zu erhalten. In bestimmten Fällen kann diese Investition ohne Frage lohnend sein, aber sie kann sicher nicht in der Breite stattfinden, in der KI-Projekte aktuell pilotiert werden.

Eine realistische Debatte darüber, in welchen Fällen ein Einsatz mittel- und langfristig geboten und personell und finanziell abgesichert sein kann, ist nicht nur notwendig, sie bietet auch die Chance, weniger, aber dafür ausgereifere Lösungen zu entwickeln. Eine kritisch-konstruktive sozialwissenschaftliche Perspektive verfügt über theoretische und methodologische Instrumente, gemeinsam mit Fachexpert*innen aus der Informatik und den betroffenen Personengruppen eine gerechte KI-Entwicklung zu gestalten und dabei für die Möglichkeiten alternativer soziotechnischer und sozialer Lösungen offen zu bleiben.

Literatur

- Aula, V. und Bowles, J. (2023): Stepping back from Data and AI for Good – current trends and ways forward. In: *Big Data & Society* 10 (1), 205395172311739.
- Büchner, S., und P. Männle. 2022. Unausgeschöpfte Potenziale – Organisationssoziologische Perspektiven auf die strukturellen Herausforderungen gemeinsamer Datennutzung. *VM Verwaltung & Management* 28:51-59.
- Costanza-Chock, S. (2020). *Design justice: Community-led practices to build the worlds we need*. The MIT Press.
- Dorschel, R., und P. Brandt. 2021. Professionalisierung mittels Ambiguität. Die diskursive Konstruktion von Data Scientists in Wirtschaft und Wissenschaft. *Zeitschrift für Soziologie* 50:193-210.
- McQuillan, D. (2021). Post-Humanism, Mutual Aid. In P. Verdegem (Ed.), *AI for Everyone? Critical Perspectives* (pp. 67–83). University of Westminster Press. <https://doi.org/10.16997/book55.e>
- Morozov, E. (2013). *To save everything, click here: The folly of technological solutionism*. Public Affairs /Perseus Books.
- Piallat, C., Hrsg. 2021. *Der Wert der Digitalisierung. Gemeinwohl in der digitalen Welt. Digitale Gesellschaft*, Bd. 36. Bielefeld: transcript Verlag.
- Ribes, D., Hoffman A. S., Slota S.C. und G. C. Bowker. 2019. The logic of domains. *Social Studies of Science* 49:281-309.
- Star, S. L. (1995). *Ecologies of Knowledge: Work and Politics in Science and Technology*. SUNY Press.

Jetzt bewerben

Gross
Karriere
machen.



**PETER
GROSS
BAU**

**Du bist Student/in im Bereich
Bauingenieurwesen oder Architektur?**

Wir suchen für unsere Niederlassung **Langenhagen**
zum nächstmöglichen Zeitpunkt:

- **Werkstudent (m/w/d)**
- **Einstieg als Jungbauleiter (m/w/d)**

Wir freuen uns auf deine Initiativbewerbung
über unsere Karriereseite:

www.gross-karriere-machen.de



**Staatliches Baumanagement
Niedersachsen**

Arbeitgeber
Niedersachsen

Sicher.



Wir suchen
Ingenieure (m/w/d)

Wir bieten
**vielfältige Bauprojekte
für Land und Bund**

www.nlbl.niedersachsen.de/karriere

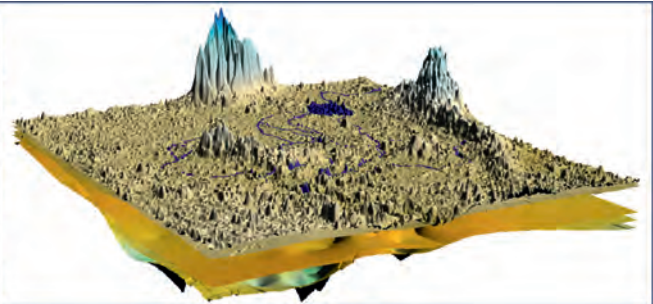


GeoDienste GmbH

Geologie - Hydrogeologie - Geothermie

Nienburger Straße 2, 31515 Wunstorf
Telefon (+49) 5031. 70488-10
www.geodienste.com

Bewirb Dich jetzt:
info@geodienste.com



Wir suchen:

- Geowissenschaftler*innen
- Bauingenieur*innen

Unsere Tätigkeiten:

- Hydrogeologische Untersuchungen
- Grundwassermodellierung
- Wasserwirtschaftliche Fragestellungen
- Probenahme und Analytik

Unsere Kunden:

- Öffentliche Trinkwasserversorgung
- Industrie
- Landwirtschaft
- Bauwesen

Klimaschützer*innen gesucht!

LBEG

Landesamt für
Bergbau, Energie
und Geologie

Wir suchen:

- Agrarwissenschaftler*innen
- Bergbauingenieur*innen
- Bodenkundler*innen
- Geograf*innen
- Geowissenschaftler*innen
- Markscheider*innen
- Rechtswissenschaftler*innen
- Verwaltungsangestellte etc.

**Nachhaltige
Jobs mit
Zukunft**

Einfach online informieren und
direkt bewerben!



www.lbeg.niedersachsen.de

Arbeitgeber
Niedersachsen **Sicher.**

Außerdem bieten wir **studentische Praktika** und
Referendariate an sowie **Ausbildungen** zu
Befähigten im **Bergbau/Markscheidewesen**.

Künstliche Intelligenz in der Wirtschaftswissenschaft

Zur Integration in Lehre und Forschung

Studierende, die neben ihrem ökonomischen Theoriewissen auch programmieren können und in der Lage sind, vielfältige effiziente KI und Machine Learning-Tools und -Methoden zu beherrschen, sind am Arbeitsmarkt sehr gefragt.

Wissenschaftler*innen der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät geben einen Überblick über den Einsatz von KI in der wirtschaftswissenschaftlichen Lehre und Forschung.

Künstliche Intelligenz in der wirtschaftswissenschaftlichen Lehre

In vielen Teilgebieten der Wirtschaftswissenschaft gehört das Training an empirischen oder experimentell erzeugten Daten zu einer konkurrenzfähigen Ausbildung. Zum Beispiel schätzen Studierende Kapitalkosten, analysieren Kauf- und Konsumverhalten, extrahieren quantitative Informationen aus großen Textdaten oder kombinieren Arbeitsmarkt-, Inflations- und sonstige Wirtschaftsdaten. Der Erwerb von ökonomischem Verständnis steht bei diesen Analysen im Vordergrund, wird aber häufig durch eine nicht geringe Hürde behindert: das Programmieren von Code zum Datenmanagement, zur abschließenden statistischen Analyse oder auch numerischen Lösung eines ökonomischen Problems in Software wie zum Beispiel R, Stata, Matlab oder GAMS. Mittlerweile können große Sprachmodelle wie ChatGPT die Rüstkosten für Studierende teilweise maßgeblich senken, indem (Teil-)Code für die jeweilige statistische Analyse, Problemstellung oder auch Datenbank-anbindung automatisch generiert wird. Natürlich ist eine kritische Prüfung des künstlich erzeugten Codes unerlässlich. Dennoch ist so eine schnellere Hinwendung zur ökonomischen Fragestellung möglich, weil die Program-

mierarbeit erleichtert wird. Zugleich kann ein beschleunigter Lernprozess beim Programmieren einsetzen, was heute als zusätzliches eigenständiges Ausbildungsziel angestrebt und vom Arbeitsmarkt sehr gut vergütet wird.

Prüfende entscheiden je nach Fokus und primärem Ausbildungsziel – ökonomische Inhalte versus methodische Fähigkeiten – inwieweit dieses Vorgehen zulässig ist. Denn Studierende lernen auch in ihrer methodischen Ausbildung Künstliche Intelligenz (KI)-Tools und -Methoden kennen. Neben der häufig im Studienprogramm verpflichtenden Statistikausbildung finden sich heute vermehrt Inhalte oder ganze Kurse zu verschiedenen KI und Machine Learning-Tools und -Methoden. Diese Entwicklung ist sehr zu begrüßen, weil damit mittelfristig neben den wichtigen Vorhersage- und Korrelationsanalysen vermehrt die für ökonomische Erkenntnisse in Wissenschaft und Praxis so wichtigen Kausalitätsanalysen betrachtet werden. Dieser Aspekt ist auch für KI Anwendungen in der heutigen Forschung bedeutend. Natürlich darf neben dem KI-Hype die Vermittlung von ökonomischen Inhalten – sprich: Theoriewissen – nicht vernachlässigt werden. Denn die hohe Nachfrage am Arbeitsmarkt nach Wirtschaftswissenschaftler*innen, die einerseits programmieren können, aber auch vielfältige

effiziente KI und Machine Learning-Tools und -Methoden beherrschen, speist sich aus der Kombination aus ökonomischen Domänenwissen und methodischer Kompetenz.

Künstliche Intelligenz in der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung

Bisher grundlegend für die Wirtschaftswissenschaft waren Entscheidungskalküle, welche oft mathematisch-formal beschrieben werden konnten. Mit dem Einzug effizienter KI kann menschliches Verhalten oder auf aggregierter Ebene auch das Verhalten von Institutionen oder ganzer Ökonomien oft weit besser abgebildet werden als etablierte deskriptive Entscheidungsmodelle. Diese bessere Präzision in der Beschreibung von Vorgängen und Verhalten in einer Ökonomie wird erkaufte durch das dann häufig nicht mehr vorhandene analytische Verständnis für Entscheidungsmechanismen und damit das analytische Verständnis für Kausalitäten und Konsequenzen von Entscheidungen. Deshalb beschäftigt sich die aktuelle Forschung auch intensiv mit erklärbarer KI (engl. Explainable Artificial Intelligence (XAI)), die die Akzeptanz und Zertifizierbarkeit von KI-Anwendungen signifikant erhöhen kann.

Auch können Simulationsstudien vermehrt Aufschluss ge-

ben. Raj Chetty argumentierte 2013 in der New York Times leidenschaftlich „Yes, Economics is a science“, musste aber auch zugeben, dass eine der großen Herausforderungen der Wirtschaftswissenschaft die begrenzte Fähigkeit zur Durchführung randomisierter Experimente ist. Konkret fragte er: „Wer will schon weitere Finanzkrisen absichtlich hervorrufen, um besser zu verstehen, wie sie funktionieren?“

Politik durchgeführt, um nachteilige Konsequenzen für verschiedenste Akteure abzumildern. Da effiziente KI aus vielen Daten lernen kann, aber in einer Finanzkrise diese Daten nur mit den durchgeführten Hilfspaketen existieren, ist es sehr schwer, Finanzkrisen so zu verstehen, dass durch Prävention zukünftig weniger Hilfspakete nötig sein werden. Anders ausgedrückt: Aus Daten lassen sich

der Wirtschaftswissenschaft. Wirtschaftsdaten werden allertorten analysiert: in der Wissenschaft, in der Privatwirtschaft, von öffentlichen Institutionen und von privaten Haushalten. Für effiziente KI-Tools und -Methoden besonders geeignete Anwendungsfelder finden sich dort, wo sehr viele Datenpunkte zur Verfügung stehen, beispielsweise in Finanzmärkten. Die Schwierigkeit bei der Vorher-

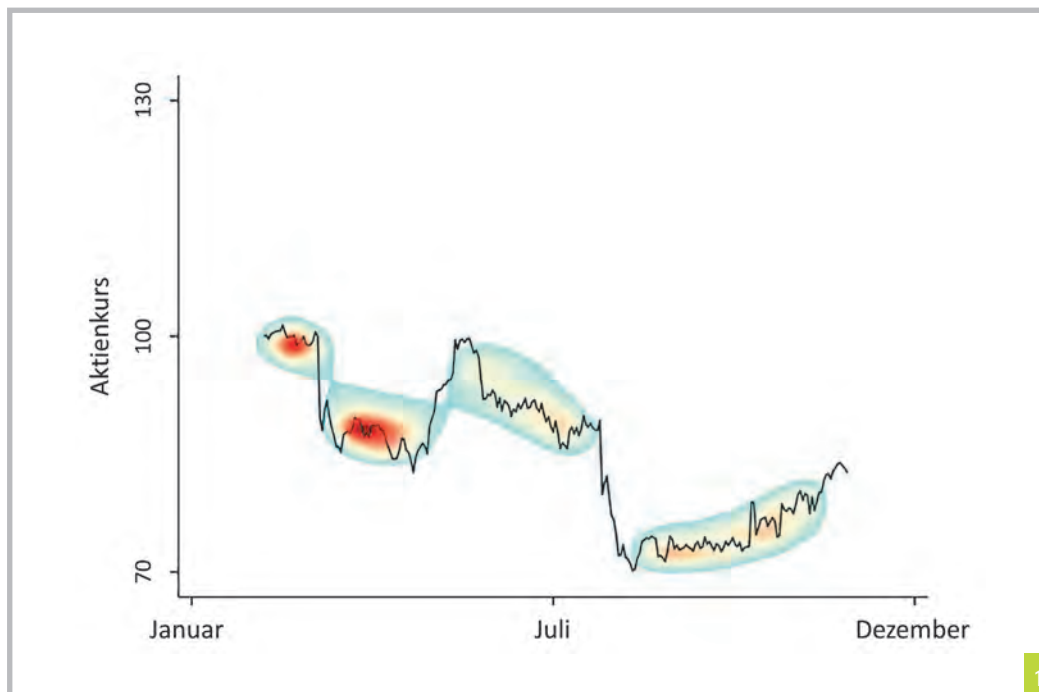


Abbildung 1
Ein Saliency Attentive Model (SAM) basierend auf einem neuronalen Netzwerk, das mit Eye-Tracking-Daten trainiert wurde, sagt vorher, welche Bereiche eines Bildes wie intensiv betrachtet werden. Für Darstellungen von Aktienkursverläufen kann man damit Investitionsentscheidungen prognostizieren (vgl. auch Abbildung 2 in Bose, D., Cordes, H., Nolte, S., Schneider, J.C., Camerer, C.F.: Decision Weights for Experimental Asset Prices based on Visual Saliency, in: Review of Financial Studies 2022(35), S. 5094-5126.). Blau-grünliche über gelbe bis hin zu dunkelroten Schattierungen kennzeichnen wenige über moderate bis sehr intensive Betrachtungen.
Quelle: Eigene Darstellung

Aber randomisierte (Feld-) Experimente sind häufig der Goldstandard, um Kausalitäten statt nur Korrelationen aufzudecken. Wenn effiziente KI in der Wirtschaftswissenschaft präzisere Beschreibungen und damit simulierte Quasi-Experimente erlaubt, die besser funktionieren als Vorhersagen aus analytisch abgeleiteten Modellen, wird ein besseres Verständnis von Wirkungsmechanismen in Ökonomien ermöglicht. Gleichwohl gibt es Grenzen der Erkenntnis, die verstanden werden müssen. In Finanzkrisen wurden verschiedene Maßnahmen von zum Beispiel Zentralbanken und

im Moment nur schwer KI-gestützte Handlungsempfehlungen und -strategien aus Simulationen oder ähnliches ableiten, welche die Hilfsmaßnahmen nicht schon voraussetzen. Mit hinreichend guter Domänenkompetenz und Modellierung könnten Wissenschaftler*innen aber auch auf diesem Weg das Verständnis von Ökonomien bedeutend erweitern.

Numerische Daten

Numerische Daten als Eingangsgröße für empirische Untersuchungen sind seit jeher ein fester Bestandteil in

sage von Aktienrenditen liegt oft darin, das „Rauschen“ von der „Signalstärke“ zu unterscheiden. Das Rauschen bezieht sich auf die zufälligen und unvorhersehbaren Schwankungen, die die Renditen aufweisen, während die Signalstärke die erwartete Rendite oder Risikoprämie darstellt, die auf längere Sicht die Entwicklung des Aktienkurses bestimmt. Regelmäßig ist an Finanzmärkten das Rauschen weit ausgeprägter, so dass es die Signalstärke überlagert und die langfristige Vorhersage erschwert. Gerade hier kann effiziente KI verzahnt mit theoriebasierter Modellierung neue Erkenntnisse

und bessere Vorhersagen zu Risikoprämien liefern. In der Versicherungsbranche liefern zum Beispiel Krankenkassendaten oder in Autos eingebaute Beschleunigungssensoren und GPS-Systeme viele Daten, die – bei Beachtung des Datenschutzes – innovative „pay-as-you-live“ beziehungsweise „pay-as-you-drive“ Versicherungen ermöglichen. Bedeutend sind heute bereits etablierte KI-Anwendung zur Betrugserkennung und -prä-

Optimum zu ersetzen oder beim alten Optimum zu bleiben. Durch dieses bestärkende Lernen (engl. Reinforcement Learning) kann sich ein Algorithmus oft selbst effizient weiterentwickeln. Auch Portfolien von Krediten können so optimiert werden. Primär geht es um die möglichst genaue Schätzung von Ausfallwahrscheinlichkeiten und Schadenshöhen bei Ausfällen. Vorhersagen beruhen primär auf Charakteristika der Kredit-

Tools ermöglichen, die Pupilentätigkeit eines Menschen angesichts von verschiedenem Bildmaterial vorherzusagen und so auch vorherzusagen, an welchem Ort Werbeartikel die meiste Aufmerksamkeit bekommen. In der Altersvorsorge kann eine mit alltäglichen Bildobjekten trainierte KI die Investitionsbereitschaft in eine Aktie mit bildlich dargestelltem Preisverlauf besser vorherzusagen als etablierte deskriptive Entscheidungskalküle (vgl. *Abbildung 1*). Zukünftige Forschung muss zeigen, ob und wie diese Erkenntnisse für die Optimierung und/oder Regulierung der Altersvorsorge oder generell der automatisierten Anlageberatung – auch „Robo-Advisor“ genannt – helfen können. In der Versicherungsbranche erlaubt KI eine schnelle, automatisierte Bewertung von Schäden durch Bilderkennung von Schadensfotos. Dabei wird auch die Identifikation von betrügerischen Aktivitäten ermöglicht, indem häufige Muster in Schadensansprüchen gelernt und Anomalien erkannt werden.

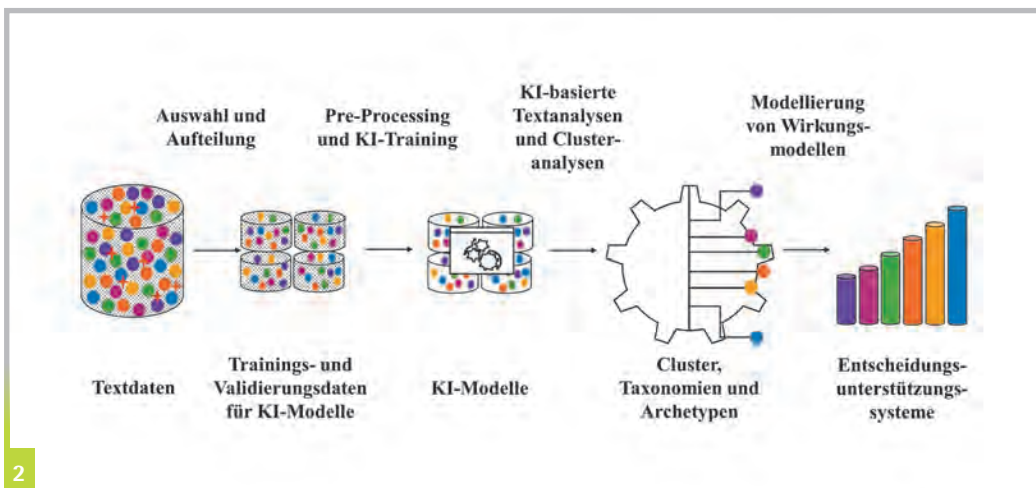


Abbildung 2
Mit Text Mining und Topic Modeling können aus Textdaten die vorherrschenden Themen eines Textes herausgearbeitet und für weitere Entscheidungsunterstützung oder wissenschaftliche Analysen verwendet werden. Diese schematische Darstellung der Vorgehensweise ist übersetzt und angepasst aus *Abbildung 2* von Lier, S.K., Gerlach, J., Breitner, M.H.: *Who needs XAI in the Energy Sector? A Framework to Upgrade Black Box Explainability*, in: *Rising like a Phoenix: Emerging from the Pandemic and Reshaping Human Endeavors with Digital Technologies* ICIS 2023(19).

Quelle: Eigene Darstellung

vention durch verbesserte Anomalieerkennung in Versicherungsdaten. Wichtig sind ferner Anwendungen, die eine Optimierung durch geschickte zufällige Variation – ein Quasi-Experiment – ermöglichen, z.B. die Platzierung von Werbung oder anderen Inhalten auf Internetseiten oder bei Video- bzw. Audio-Streamingdiensten. KI-Tools und -Methoden können aus Nutzerverhalten auf Plattformen lernen, welche Werbung zu höheren Umsätzen oder welche Inhalte zu höherem Konsum bei welchen Nutzern führt. Zugleich erlauben mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit gewählte zufällige Abweichungen – sogenannte Epsilon-Abweichungen – neue (Werbe-)Inhalte für Konsumenten auszuprobieren und damit das bisherige Optimum durch ein ggf. neues, besseres

nehmer wie z.B. bisheriges Zahlungsverhalten oder Branchenzugehörigkeit. Teils können KI-Algorithmen aber mit kleiner Wahrscheinlichkeit, genannt Epsilon, andere Kreditportfolien zur Annahme vorschlagen und messen, ob sie aus einer ggf. neuen Korrelationsstruktur dieser neuen Trainingsdaten genauere Schätzungen erstellen können.

Bilddaten

Die optimale Platzierung von Werbeartikeln zum Beispiel in Bildmaterial (Video oder Foto) ist ein offensichtliches KI-Anwendungsfeld. Ausgiebige Experimentreihen mit Variationen in der Platzierung der Werbeartikel sind nötig, um mit menschlichen Probanden die nahezu beste Validierung zu erhalten. Effiziente KI-

Textdaten und Audiodaten

Eine riesige Fülle von Textdaten konnte lange Zeit aufgrund des menschlichen Aufwands nur sehr begrenzt untersucht werden. Aktuelle KI-Tools zur Autotranskription führen sogar dazu, dass diese Menge an untersuchbarem Text weiter wächst. Wenn Unternehmen, Manager*innen oder Institutionen Texte veröffentlichten (Jahresberichte, Protokolle von Sitzungen, Internetseiten, Posts in sozialen Medien usw.), war bisher eine systematische und effiziente Verarbeitung von Textdaten nur äußerst begrenzt möglich. Hieraus ergibt sich für verschiedene KI-Tools und -Methoden ein enormes Potenzial. Große Sprachmodelle können in Bruchteilen der Zeit, die In-

dividuen benötigen würden, Themenkomplexe in großen Textdaten erfassen und quantifizieren. Hierdurch können zum Beispiel quantitative Maße erstellt werden, die besagen, zu welchem Grad sich ein Text mit einem bestimmten Thema befasst. So kann man systematisch die Bedeutung von Digitalisierung für die Unternehmensstrategie aus Volltextjahresberichten oder aus Analyst*innenreports extrahieren. Die gewonnenen Daten lassen sich mit verschiedenen Unternehmenskennzahlen kombinieren und somit zur Beantwortung neuer Fragestellungen mittels klassischer Regressionsanalysen nutzen (vgl. *Abbildung 2*). Aktuell gibt es kaum analytisch-theoretische Pendanten in den Wirtschaftswissenschaften, wie Menschen Text evaluieren oder zur Entscheidungsunterstützung nutzen, wohingegen numerische Daten seit langem in normativen und deskriptiven Entscheidungskalkülen verwendet werden. Die Forschung an großen Sprachmodellen der letzten Jahre ermöglicht heute erste umfassende Entscheidungsmodelle, um systematische Vorhersagen von menschlichem Verhalten oder zum Verhalten von Institutionen zu generieren und eine wissenschaftliche Evaluation zu ermöglichen.

Auch Audioinhalte bilden eine interessante Datenquelle. Beispielsweise stellt sich die Frage nach einem perfekten Match im Anruf-basierten Kundenservice, das heißt, welche Service-Person ist am besten für eine Kundin oder einen Kunden am Telefon geeignet? Wenn die menschliche Stimme für das Konsumverhalten wichtige Informationen transportiert, können KI-Tools und -Methoden helfen, Matches zu finden, die eine bessere Service-Erfahrung erlauben und damit Kund*innen und/oder Service-Mitarbeitende zufriedener macht.



Prof. Dr. habil. Michael H. Breitner

leitet seit 2002 das Institut für Wirtschaftsinformatik. Seine Forschungsschwerpunkte sind Digitale Transformation, effiziente, erklärbare und zertifizierbare Künstliche Intelligenz, Energie- und Mobilitätsforschung, Klimaschutz, digitale Gesundheits- und Pflegeanwendungen, Wirtschafts-, Energie- und Medizininformatik sowie Operations Research. Kontakt: breitner@iwi.uni-hannover.de



Prof. Dr. Maik Dierkes

leitet seit 2014 das Institut für Banken und Finanzierung und ist seit 2020 Dekan der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät. In seiner Forschung beschäftigt er sich am liebsten mit verhaltenswissenschaftlichen Fragestellungen und Anomalien auf Finanzmärkten. Kontakt: maik.dierkes@finance.uni-hannover.de



Prof. Dr. habil. Johann Nils Foege

leitet seit 2020 die Professur für Innovationsmanagement in der Area Strategic Management der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät. In seiner Forschung beschäftigt er sich mit Themen wie der Digitalen Transformation, Innovationsökosystemen, Künstlicher Intelligenz, der Nachhaltigkeitstransformation sowie dem Technologiemanagement. Kontakt: foege@wa.uni-hannover.de



Prof. Dr. Judith C. Schneider

leitet seit 2021 das Institut für Versicherungsbetriebslehre und ist Mitglied im House of Insurance. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich u.a. damit, besser mit Hilfe von verhaltensökonomischen Konzepten zu verstehen, wie Individuen Risiken wahrnehmen und dies ihre Entscheidungen beeinflusst. Kontakt: judith-c.schneider@insurance.uni-hannover.de

Seit Jahrzehnten im Einsatz:

Künstliche Intelligenz in den Bau- und Umweltwissenschaften

Methoden der künstlichen Intelligenz werden in vielen Forschungsfeldern im Bau- und Umweltingenieurwesen und der Geodäsie und Geoinformatik eingesetzt. Die hohe gesellschaftliche Relevanz der Forschung führt oft zu einer direkten Anwendung.

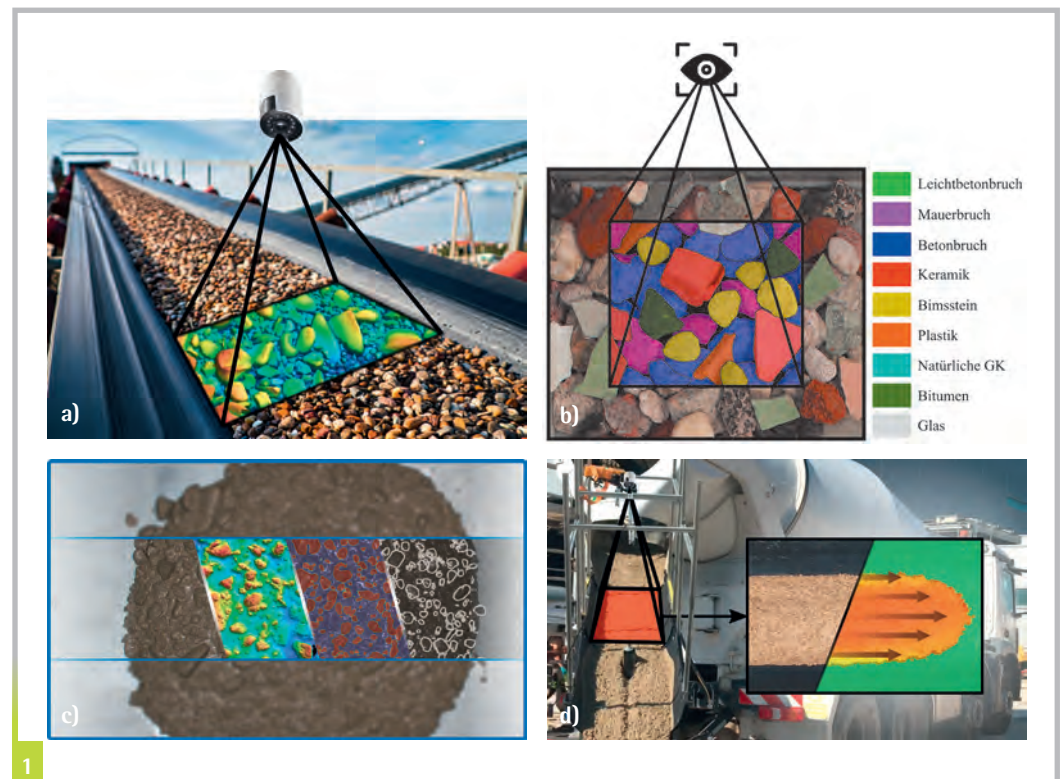


Abbildung 1
Das Ziel des „Concrete Vision Lab“ am Institut für Baustoffe der LUH ist es, mit Hilfe von Computer Vision Methoden die Qualität von Betonmischungen automatisiert zu erkennen und auszusteuern. Damit lassen sich Recyclingmaterialien (a+b) besser einsetzen. Aus der visuellen Erscheinung (c) und dem Fließverhalten des Betons (d) können ebenfalls über Computer Vision Methoden Materialeigenschaften abgeleitet und als Grundlage für eine vollautomatische Prozessregelung genutzt werden.
Quelle: Concrete Vision Lab

Sturzfluten in Echtzeit vorherzusagen, mehr Recyclingmaterial im Betonbau einsetzen, autonomes Fahren sicherer machen – mit Hilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz kommen Forschende der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie diesen Zielen näher. Bereits seit Jahrzehnten ist KI in Forschungsprojekten des Bau- und Umweltingenieurwesens und der Geodäsie und Geoinformatik im Einsatz: Seit über 25 Jahren setzen Forschende künstliche neuronale Netze und Methoden der Klassifizierung ein, beispielsweise

für hydrologische Vorhersagen oder für die Fernerkundung. Heutige sogenannte tiefe neuronale Netze wurden vor allem möglich aufgrund der Verfügbarkeit von sehr großen Datenmengen sowie leistungsfähigeren Algorithmen und Hardware, die eine effiziente Berechnung erlauben. Mit den Methoden hat sich mit der Zeit auch die Anwendung von KI in der Forschung erweitert – mit dem Fortschreiten des Klimawandels, der alternden Infrastruktur, der Energiewende und neuen Mobilitätskonzepten gibt es viele gesellschaft-

lich relevante Anwendungsfelder. Diese spiegeln sich in den drei Forschungsschwerpunkten der Fakultät zu den Themen „Resilient Infrastructure“, „Green Solutions“ und „Digital Earth“ wieder.

Resilient Infrastructure

Ein hoher Verbrauch natürlicher Ressourcen und hohe CO₂-Emissionen entfallen momentan noch auf die Bauindustrie, vor allem beim Bauen mit Beton. Würde beispielsweise der Zementgehalt

im Beton gezielt reduziert, ließen sich die CO₂-Emissionen sehr signifikant senken. Werden gleichzeitig Rohstoffe wiederverwendet, zum Beispiel als rezyklierte Gesteinkörnung, können Primärressourcen geschont werden. Die Herausforderung besteht hierbei darin, trotz der schwankenden Zusammensetzung der Ausgangsstoffe die Qualität des Betons zu gewährleisten. Das „Concrete Vision

werden. Auch auf der Baustelle könnte künftig die Qualitätskontrolle des Frischbetons von KI unterstützt werden. Um von den Sensordaten ausgehend die Materialeigenschaften vorherzusagen zu können, sind Methoden des Machine Learnings, insbesondere des Deep Learnings hilfreiche, recheneffiziente Techniken, die herkömmliche Methoden der Modellierung übertreffen können. Auf diesem Gebiet

Überflutungen und Dürreperioden. Genauere und schnellere Vorhersagen solcher Ereignisse können zu gezielteren Warnungen beitragen, so dass sich Menschen rechtzeitig in Sicherheit bringen und ihr Hab und Gut schützen können. Am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft entwickelt Jörg Dietrich beispielsweise Hochwasserwarnungen auf Basis von Niederschlagsvorhersagen und Bo-

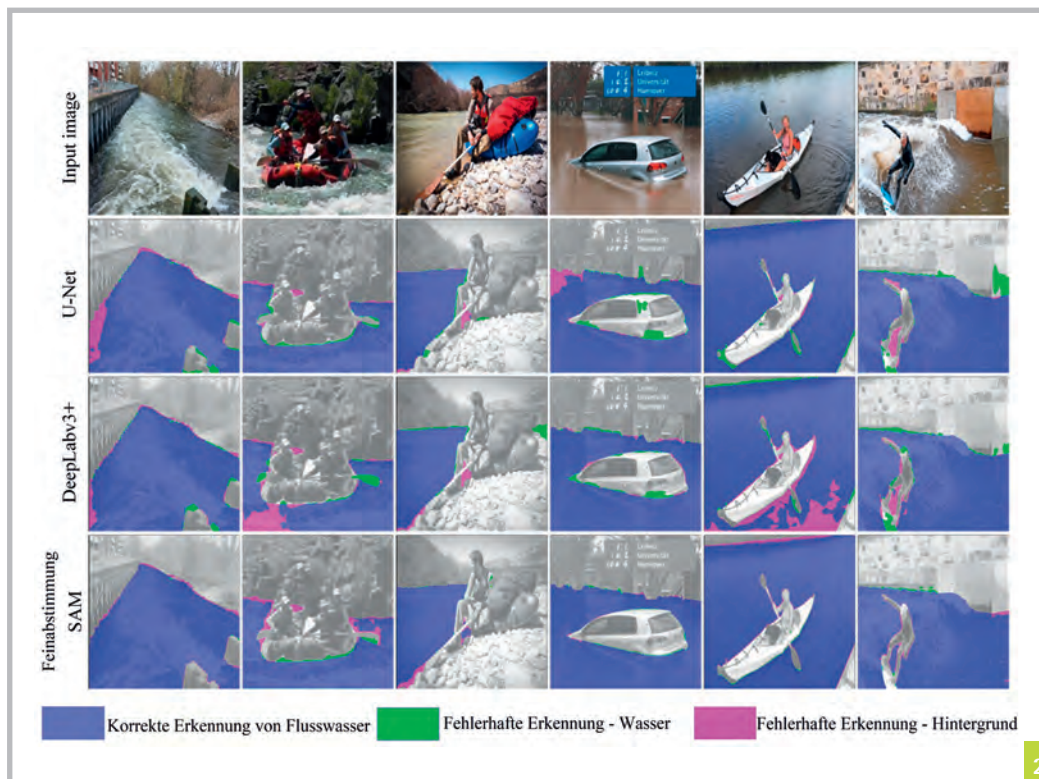


Abbildung 2
Wie verändert sich ein Fluss mit der Zeit? Forschende optimieren im Projekt „RiverSnap“ das Deep Learning Modell „SAM“. Es soll unter anderem Wasseroberflächen auf Smartphone-Fotos sicher erkennen. Das ist gelungen, wie der Vergleich mit den Modellen „DeepLabv3+“ und „U-Net“ zeigt.

Quelle: A. Moghimi et al., A Comparative Performance Analysis of Popular Deep Learning Models and Segment Anything Model (SAM) for River Water Segmentation in Close-Range Remote Sensing Imagery, in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 52067-52085, 2024; <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3385425>

Lab“ am Institut für Baustoffe entwickelt automatisierte Systeme für die Betonproduktion und Qualitätsregelung, indem die Forschenden um Max Coenen und Michael Haist neuartige Sensorsysteme mit Methoden der Künstlichen Intelligenz kombinieren. Bereits während der Beton gemischt wird, sollen mit Hilfe von Computer-Vision die Ausgangsstoffe präzise charakterisiert und die Eigenschaften des fertigen Betons vorhergesagt werden. So könnte die Zusammensetzung des Betons bei Bedarf direkt angepasst

unterstützt Fadi Aldakheel vom Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik das Institut für Baustoffe mit seiner Expertise im Bereich der numerischen Mechanik. Er setzt Machine Learning in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten ein, etwa dem Structural Health Monitoring oder im Bereich additiver Fertigungstechnologien.

Green Solutions

Immer häufiger erleben wir Extremwetterereignisse wie

denfeuchte; Elahe Fallah Mehdipour arbeitet an der Echtzeit-Steuerung von Talsperren mit Hilfe von genetischer Programmierung: Sind der Füllstand einer Talsperre und die vorhergesagten Zuflüsse bekannt, werden Abgaberegeln ermittelt. In beiden Beispielen wird eine KI an vorhandenen Daten trainiert und kann dann neue Informationen – also Vorhersagen – generieren. Herausforderungen für KI-Ansätze sind bisher unbeobachtete Situationen, in denen hybride Ansätze aus KI und deterministi-

schen Modellen die Robustheit der Vorhersage steigern können. Am Institut für Strömungsmechanik und Umweltphysik im Bauwesen unter Leitung von Insa Neuweiler werden ebenfalls Vorhersage-Tools auf Basis von KI-Methoden entwickelt. Hier geht es um die Vorhersage von Sturzfluten und Hochwasser in Städten, die beispielsweise im Projekt „AVOSS“ oder „FURBAS“ vorangetrieben wird.

ter genauer, effizienter und effektiver zu ermitteln und zukünftig der Wasserwirtschaft zum Beispiel in der Hochwasserüberwachung zu dienen.

Digital Earth

Am Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) unter Leitung von Christian Heipke sind Methoden

jektverbund „SilkNow“: Forschende des IPI haben zur Dokumentation historischer europäischer Seidenstoffe beigetragen, indem sie ein CNN mit Mustern der Seidenstoffe trainierten. Das CNN kann nun für Stoffe, bei denen Daten wie der Produktionsort, die Produktionstechnik oder das Material in Sammlungsdatensätzen fehlen, diese Daten automatisiert ableiten. Mit einem Foto eines Stoffs lässt sich nach ähnlichen Stoffen suchen. Das hilft dabei große Sammlungen aufzubereiten und zugänglich zu machen.

Im Bereich der Ingenieurgeodäsie am Geodätischen Institut, das Ingo Neumann leitet, kommt die KI-Analyse neben zahlreichen anderen Projekten insbesondere im Infrastrukturmonitoring zum Einsatz. Ein Beispiel ist das smarte Building-Lifecycle-Management für Hafenbauwerke im Projekt „portAI“, das in enger Kooperation zwischen der Geodäsie und dem Bauingenieurwesen bearbeitet wird. Hafenbauwerke werden dabei mit verschiedenen Sensoren laufend digital erfasst, ein vorab trainiertes neuronales Netz analysiert die Aufnahmen, lokalisiert und klassifiziert Schäden. Mit einem solchen digitalen Management lassen sich Schäden frühzeitig erkennen und Instandsetzungen vorausschauend planen – und damit auch Kosten einsparen. In der Regel ist durch die Datenanalyse eine erhöhte Lebensdauer der Bauwerke gegeben. Die Gruppe um Hamza Alkhatib setzt zudem Methoden des maschinellen Lernens für die Unsicherheitsmodellierung von Laserscanning-Punktwolken ein.

Auch am Institut für Kartographie und Geoinformatik unter Leitung von Monika Sester sind KI-Methoden Bestandteil zahlreicher Forschungsprojekte in unterschiedlichsten Anwendungs-

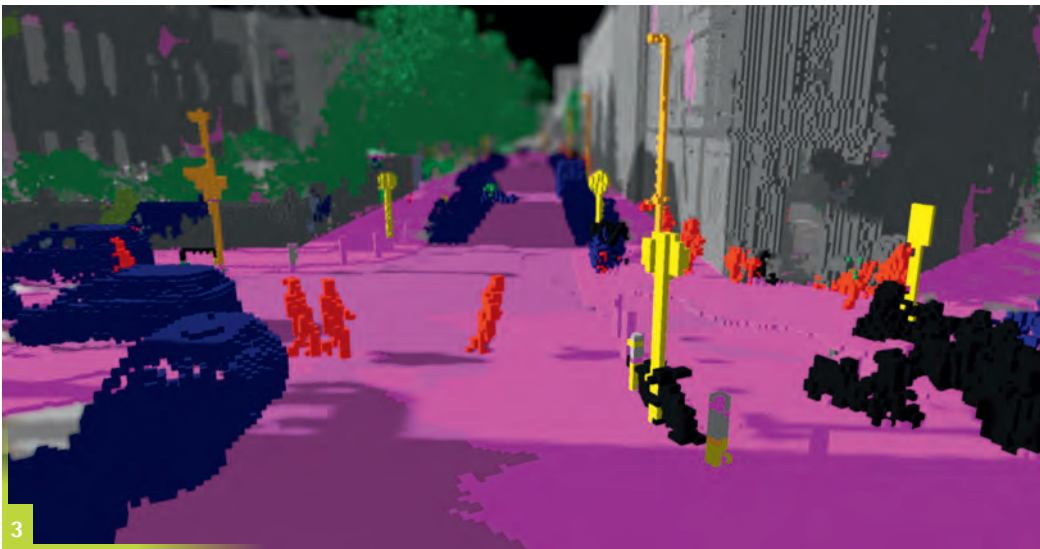


Abbildung 3
In Laserscans können mit Hilfe von Deep Learning bestimmte Objekte automatisch klassifiziert werden z. B. Personen (rot), Straßenschilder (gelb), Bäume (grün), Straße/Gehweg (pink). Davon können autonom fahrende Fahrzeuge profitieren. Forschende des Instituts für Kartographie und Geoinformatik wollen mit solchen Ansätzen die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen.
Quelle: Institut für Kartographie und Geoinformatik / Udo Feuerhake

Die Veränderung von Flussläufen hat hingegen das Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau und Ästuar- und Küsteningenieurwesen unter der Leitung von Torsten Schlurmann im Blick: Dabei setzen sie unter anderem mit einem „Citizen Science“-Ansatz auf die Mithilfe aus der Bevölkerung. Für das Projekt „Zukunftslabor Wasser, Teilprojekt RiverSnap“ werden bestimmte Standorte an Flüssen markiert, an denen Passanten mit dem Smartphone Fotos aufnehmen können und diese mit den Forschenden oder über soziale Medien teilen. Mit Hilfe von Deep-Learning-Modellen lassen sich aus den Fotos unterschiedliche Merkmale des Flusses und hydrologische Parameter herauslesen. Das Ziel des Projekts ist es, diese Merkmale und Parame-

der KI schon lange im Einsatz. Ursprünglich sollten damit topographische Geodaten automatisch erfasst und aktualisiert werden. Diese Daten sind die Grundlage jeglicher räumlichen Planung, etwa bei Umweltverträglichkeitsprüfungen, Untersuchungen der Landnutzung oder in der Regionalplanung. Inzwischen sind weitere gesellschaftlich relevante Anwendungen hinzugekommen, etwa das autonome Fahren, die Erfassung von Kulturgütern, die Überprüfung von Fernwärmeleitungen oder die Überwachung großer Waldgebiete. Seit gut zehn Jahren spielen dabei Convolutional Neural Networks (CNN) eine immer größere Rolle. Besondere Aufmerksamkeit und Auszeichnungen erhielt der interdisziplinäre, europäische Pro-

gebieten. Der Bereich „Mobilität“ zielt unter anderem darauf ab, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen. Lassen sich etwa die Bewegungen verschiedener Verkehrsteilnehmenden gut vorhersehen, könnten Zusammenstöße vermieden werden. Würden Fahrzeuge untereinander Sensordaten austauschen, könnten sie einen größeren „Wahrnehmungshorizont“ erhalten und so Objekte einsehen, die sie mit ihrer eigenen Sensorik nicht sehen können. KI-Methoden sind zudem in der Umwelterfassung hilfreich: 3D-Laserscans eines Ortes, sogenannte Punktwolken, können automatisch bearbeitet und daraus Umgebungs- und auch Gelände-

modelle abgeleitet werden. Mit Hilfe von Deep Learning lassen sich auch automatisch Karten unterschiedlicher Maßstäbe erstellen.

In der Erdmessung unterstützen KI-Methoden unter anderem dabei, Erdrotationschwankungen vorherzusagen oder künftig die Schwerefeldbeobachtung zu optimieren. Hier ist angedacht, KI-Methoden etwa zur Auswahl passender Satellitenbahnen oder geeigneter Standorte für spezialisierte Messsensoren zu nutzen.

KI im Studium

Der Umgang mit und die Entwicklung von Methoden der

Künstlichen Intelligenz finden sich bei der Breite der Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften auch im Studium wieder. Gerade bei studentischen Arbeiten können sich die Studierenden intensiver in die Methoden einarbeiten. Einen anderen Bereich betrifft die Nutzung vorhandener KI-Werkzeuge wie zum Beispiel Chat GPT. Grundsätze zum verantwortlichen wissenschaftlichen Einsatz wurden unter anderem von der DFG publiziert. In der Fakultät hat sich ein Selbstverständnis entwickelt, dass der verantwortliche und kritische Umgang mit solchen Werkzeugen heute Gegenstand einer modernen universitären Lehre sein sollte.



Dipl.-Biol. Dipl.-Journ. postgrad. Eva Maria Mentzel

ist Mitarbeiterin der Dekanatsgeschäftsstelle der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Sie koordiniert die Aktivitäten in der Öffentlichkeitsarbeit, insbesondere im Studierendenmarketing, und ist Fakultätswebbeauftragte. Kontakt: mentzel@fbg.uni-hannover.de

Für weitere Informationen zu einzelnen Projekten:

| Institut | Ansprechperson | Ausgewähltes Projekt | Weblink |
|---|--|--|--|
| Institut für Baustoffe | Prof. Dr.-Ing. Michael Haist Dr.-Ing. Max Coenen | Concrete Vision Lab | www.baustoff.uni-hannover.de/de/forschung/concrete-vision-lab |
| Institut für Baumechanik und numerische Mechanik | Prof. Dr. Fadi Aldakheel | SPP2020 – Experimental Virtual Lab (Teilprojekt) | www.ibnm.uni-hannover.de |
| Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft | PD Dr.-Ing. Jörg Dietrich Dr. Elahe Fallah Mehdipour | | www.iww.uni-hannover.de |
| Institut für Strömungsmechanik und Umweltphysik im Bauwesen | Prof. Dr. Insa Neuweiler | AVOSS FURBAS | www.hydromech.uni-hannover.de |
| Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau und Ästuar- und Küsteningenieurwesen | Prof. Dr.-Ing. Torsten Schlurmann Dr.-Ing. Mario Welzel | RiverSnap | www.lufi.uni-hannover.de |
| Geodätisches Institut | Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib | portAI | www.gjih.uni-hannover.de |
| Institut für Erdmessung | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller | | www.ife.uni-hannover.de |
| Institut für Kartographie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Monika Sester | 5GAPS | www.ikg.uni-hannover.de/en/research/laser-scanning/laser-scanning-details/projects/5gaps |
| Institut für Photogrammetrie und GeoInformation | Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner | SilkNow | www.ipi.uni-hannover.de |



Prof. Dr.-Ing. Udo Nackenhorst

war von April 2022 bis März 2024 Dekan der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie und ist seit April 2024 Studiendekan für die Studiengänge des Bauingenieurwesens. Er ist seit 2000 Professor am Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik. Seine Forschungsschwerpunkte sind die numerische Mechanik und Materialmodellierung mit Anwendungen in der Materialermüdung und der Biomechanik. Kontakt: nackenhorst@ibnm.uni-hannover.de

Big Data der Vergangenheit

Wie KI hilft, den Biodiversitätswandel zu analysieren

Historische Sammlungen von Wissenschaftler*innen können für die Gegenwart und Zukunft sehr nützlich sein. Es ist jedoch nicht einfach, diese oft umfangreichen, auf Papier festgehaltenen Datensätze, Kartierungen und Tabellen zu nutzen, da sie für eine Analyse zunächst digitalisiert werden müssen.

In der Abteilung Geobotanik des neuen Instituts für Erdsystemwissenschaften (IESW) wird die KI-gestützte Erschließung des Reinhold-Tüxen-Archivs bearbeitet. Ein Beispiel für die Nutzung von KI in den Naturwissenschaften.



Biodiversität, Legacy Data und Künstliche Intelligenz

Biodiversität beschreibt die Vielfalt von Arten und Ökosystemen auf unserem Planeten. Sie spielt die Schlüsselrolle bei der Bereitstellung von Ökosystemleistungen, die menschliches Wohlergehen erst ermöglichen, etwa Biomasseproduktion, Wasserrückhaltung und Bodenbildung. Angesichts dieser existenziellen Bedeutung ist es umso alarmierender, dass sich die globale Biodiversität in einem starken Abwärtstrend befindet, der in Ausmaß und

Geschwindigkeit an die größten Artensterben der Erdgeschichte erinnert.

Während der Mensch selbst als Hauptverantwortlicher dieser Entwicklung gilt, sind viele Details des Biodiversitätsverlustes zu wenig bekannt, um überzeugende Bilanzen aufzustellen und daraus wirkungsvolle Gegenmaßnahmen zu formulieren. Langfristige Aufzeichnungen und Vergleiche mit historischen Daten, sogenannten Legacy Data, sind entscheidend für die exakte Analyse der Reaktionen von Pflanzen- und Tierarten auf

globale Veränderungen, unter anderem auf Klimawandel und biologische Invasionen. Die überzeugendsten Belege für Auswirkungen auf die Biodiversität stammen aus Langzeitstudien, die präzise Vergleiche aktueller mit historischen Daten ermöglichen, weil sie auf methodischer Konsistenz und räumlich eindeutigen Datensätzen basieren.

In diesem Zusammenhang kommt der Analyse historischer Datensammlungen über Artenvorkommen eine besondere Bedeutung zu, da sie eine Beurteilung von Langzeit-

Abbildung 1
Handschriftliche Aufzeichnungen aus dem Tüxen-Archiv.
Foto: Maximilian Lübben

effekten ermöglicht. Eben solch eine Gelegenheit bietet das Archiv von Prof. Reinhold Tüxen (1899 bis 1980), einem Mitbegründer der Pflanzensoziologie und des Konzeptes der Potenziellen Natürlichen Vegetation (PNV). Seine Sammlung wird seit Jahrzehnten im Institut für Geobotanik der Leibniz Universität Hannover aufbewahrt. Neben Zeitungsartikeln, Briefkorrespondenzen und Publikationen fin-

stützte Erschließung der etwa 45.000 Werke umfassenden Separatensammlung werden seit 2021 die darin enthaltenen Datensätze im Projekt „Digispecies – Digitization of plant and animal species occurrence records for documenting the extent of biodiversity loss“ extrahiert, um Entwicklungstrends der pflanzlichen Artenvielfalt in dieser Region aufzuzeigen und mit aktuellen Beobachtungen abzuglei-

bewahrt, die sich in den Kellergewölben des Institutes für Geobotanik befinden. Die darin enthaltenen Werke sind fortlaufend nummeriert, wobei die Nummern des jeweils ersten und letzten Werkes in einem Ordner auf seiner Außenseite notiert sind. Da der genaue Inhalt der Sammlung zu Beginn des Projektes weitgehend unbekannt war, wurde zum Zweck der Inventarisierung jeder Ordner geöffnet und die bibliografischen Informationen der enthaltenen Werke erfasst.

Von den etwa 45.000 Werken der Teilsammlung konnten bisher insgesamt knapp 21.700 Werke inventarisiert werden. Wie sich vermuten ließ, stammen die meisten Werke aus der Zeit zwischen 1930 und 1960, wobei ein deutlicher Einschnitt Anfang der 1940er Jahre festzustellen ist.

Neben Merkmalen wie Nummer, Autor, Sprache sowie Jahr und Art der Veröffentlichung wurden die Werke ebenfalls nach Tabellen mit Vegetationsdaten durchsucht. Auf diese Weise konnten jene Werke identifiziert werden, die vorrangig digitalisiert werden sollten. Diese Werke wurden anschließend in die Abteilung für Retrodigitalisierung der Technischen Informationsbibliothek (TIB) der Universität Hannover geschickt. Dort wurden digitale Kopien der Werke erstellt und die Ergebnisse auf einen Projektserver hochgeladen. Aufgrund des Umfangs der Sammlung wurde die Bearbeitung zunächst auf Werke in deutscher Sprache beschränkt, um so die Weiterarbeit mit den Digitalisaten zu erleichtern.

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich zahlreiche Forschungsarbeiten auf die Extraktion von strukturierten Informationen aus Bildern konzentriert. Die meisten aktuellen Methoden in diesem



2

den sich darin zahlreiche, teils unveröffentlichte Vegetationskartierungen aus Niedersachsen und Norddeutschland.

Der Großteil der Sammlung stammt aus der Hauptschaffenszeit Prof. Tüxens (1950/60er Jahre), während einzelne Werke auch deutlich weiter zurückreichen. Die digitale Erfassung der Werke verspricht neben der langfristigen Sicherung dieses historischen Wissensschatzes vor allem einen Einblick in die jüngere Vegetationsgeschichte Niedersachsens und Norddeutschlands. Durch KI-ge-

chen. Das Projekt wird aus Mitteln des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur (Nieders. Vorab) finanziert und gemeinschaftlich vom Institut für Geobotanik (künftig Institut für Erdsystemwissenschaften, Abteilung Geobotanik) und dem Forschungszentrum L3S der LUH bearbeitet.

Methoden der Inventarisierung und Digitalisierung

Die in Digispecies behandelte Teilsammlung Prof. Tüxens wird in DIN A4 Ordnern auf-

Abbildung 2
Die Teil-Sammlung von Prof. Tüxen in DIN A4 Ordnern umfasst 45.000 Werke und befinden sich in den Kellergewölben des Institutes für Geobotanik.
Foto: Maximilian Lübben

Bereich sind jedoch auf Daten zugeschnitten, die mit Textverarbeitungsprogrammen wie MS Word erzeugt wurden, und übersehen die Problemstellungen, die alte Bilder mit sich bringen. Diese sogenannten „End-to-End“-Methoden erwiesen sich bei den Tüxen-Datensätzen als ungeeignet, da selbst kleine Fehler die Endergebnisse erheblich beeinträchtigen können.

Um diese Einschränkungen zu überwinden und die besonderen Herausforderungen der Daten effektiv zu bewältigen, wurde die Aufgabe in mehrere Teilschritte unterteilt, wie zum Beispiel die Erkennung von Tabellen, Rändern und Linien. Für jede Teilaufgabe wurden bestehende Algorithmen auf dem neuesten Stand der Technik verbessert, um die spezifischen Herausforderungen des Datensatzes besser zu bewältigen und die Modelle auf der Grundlage dieser Daten zu optimieren.

Die erste Phase der Datenextraktion

In der ersten Phase der Datenextraktion werden Seiten identifiziert, die Tabellen enthalten. Im Durchschnitt enthalten weniger als 10 Prozent der Bilder Tabellen. Von dieser Teilmenge werden etwa 15 Prozent als irrelevant eingestuft (zum Beispiel Inhaltsverzeichnis), und 25 Prozent sind keine pflanzensoziologischen Tabellen, liefern also keine relevanten Informationen über Pflanzenarten. Die Erkennung dieser Tabellen als erster Schritt ist von entscheidender Bedeutung, da sie die Datenmenge auf 5 Prozent des ursprünglichen Volumens reduziert. Da die Publikationen jedoch aus unterschiedlichen Quellen stammen und ohne Textverarbeitungssoftware wie Microsoft Word hergestellt wurden, gibt es mehrere Probleme, darunter (1) unter-

schiedliche Größen, Schriftarten, Formen und Stile; (2) verblasste Zeilen und Texte; (3) Verunstaltungen, einschließlich Tinte, altersbedingte Flecken und handschriftliche Anmerkungen; (4) keine klare Grenze zwischen Tabellen und Text; (5) Fälle, in denen bestimmte Abbildungen Tabellen ähneln; (6) Schwierigkeiten bei der Erkennung komplexer Tabellen und (7) verschachtelte bzw. gedrehte Tabellen. *Abbildung 1* zeigt eine gescannte Beispielseite.

Inhaltsextraktion aus Tabellen

In der anschließenden Phase geht es darum, strukturierte Informationen aus den Tabellen zu extrahieren, was zwei Teilschritte umfasst:

- **Erkennung von Tabellerrändern:** Bei diesem Teilschritt wird der spezifische Bereich, den die Tabelle im Bild einnimmt, identifiziert. Zu den Herausforderungen bei dieser Aufgabe gehören Tabellen, die sich über zwei Seiten erstrecken, Teile anderer Seiten, die zusammen mit der Tabelle gescannt wurden, Rauschen (wie Schatten oder handschriftliche Notizen), unterschiedliche Stile und Formen von Tabellen, verschachtelte und gedrehte Tabellen, durchsichtige Papiere und handschriftliche Anmerkungen.
- **Extrahieren von strukturierten Informationen:** Dieser finale Schritt erzeugt das eigentliche Ziel der Datenextraktion, nämlich den Inhalt der Tabelle als digitalen Datensatz. Eine der Herausforderungen ist ein nicht immer geradlinig ausgerichteter Text. Die Erkennung von Linien zwischen Zeilen und Spalten ist entscheidend für die Verbesserung der Modellgenauigkeit und hilft bei der Identifizierung von

Zeilen und Spalten, vor allem, wenn der Text in einem bestimmten Bereich nicht erkannt wird. In unserem Datensatz fehlen jedoch in vielen Tabellen horizontale Linien zwischen den Zeilen; selbst wenn sie vorhanden sind, sind sie möglicherweise nicht perfekt ausgerichtet.

Datenmodellierung und Zugänglichmachung

Naturhistorische Sammlungen, Umweltüberwachungsprogramme, Citizen Science und andere Projekte verfügen über Daten zur Biodiversität. Diese sind unterschiedlich strukturiert und werden in unterschiedlichen Systemen verwaltet. Um solche Daten über die verschiedenen Systeme hinweg interoperabel und integrierbar zu machen, wurde der *Darwin Core Standard* (DwC) entwickelt, der inzwischen als etablierter Standard für Biodiversitätsdaten gilt. Er umfasst ein Begriffsglossar, das den Austausch von Informationen über die biologische Vielfalt erleichtert, und basiert auf Taxa-Gruppen von Lebewesen mit gemeinsamen Merkmalen – und ihrem Vorkommen in der Natur, das durch Beobachtungen, Exemplare, Proben und verwandte Informationen dokumentiert ist.

Im Projekt „Digispecies“ werden die aus der Tüxen-Sammlung extrahierten und strukturierten Daten in ein Darwin Core Dokument (Darwin Core Archive) übertragen, das auf GBIF, die *Global Biodiversity Information Facility*, hochgeladen wird. GBIF verwaltet einen Datensatz, der momentan über 460 Millionen Einträge allein zu Pflanzenvorkommen enthält. Der Datensatz gilt als weltweit größter Biodiversitätsdatensatz, zu dem die Daten aus der Tüxen-Sammlung beigetragen werden sollen. Die GBIF Plattform stellt umfassende Such- und Visualisie-

rungsfunktionen zur Verfügung, mit denen der Tüxen-Datensatz dann über eine eigene Tüxen-Sammlungsseite für die Öffentlichkeit zugänglich und erkundbar gemacht werden kann.

Zusätzlich wird der Tüxen-Datensatz auch in den *Open Research Knowledge Graph* (ORKG) importiert. Der ORKG ist eine Infrastruktur für die Produktion, Kuratierung, Veröffentlichung und Nutzung von Informationen aus wissenschaftlichen Publikationen. Dazu werden die Informationen in einen sowohl von Menschen als auch von Maschinen lesbaren Wissensgraphen überführt. Um den Tüxen-Datensatz in den ORKG importieren zu können, muss er zunächst in ein Graphenmodell überführt werden und Einträge, die im Darwin Core Archive noch als einfache Strings gespeichert sind, auf kontrollierte Vokabulare „gemappt“ werden. Kontrollierte

Vokabulare liefern für jeden ihrer Begriffe einen weltweit einzigartigen und damit eindeutigen Identifier, was deren Maschinenlesbarkeit erhöht. Sobald die Tüxen-Daten im ORKG importiert sind, werden sie dem Tüxen Observatory zugeordnet und sind damit als Datensatz ansprechbar und im Graphen erkundbar. Damit können die Vorteile, die Wissensgraphen für die Auffindbarkeit von Informationen bieten, genutzt werden. Die erhöhte Maschinenlesbarkeit unterstützt zudem die Entwicklung weiterer Anwendungen und Datenanalysepipelines.

Ausblick

Die Digitalisierung der Tüxen-Sammlung ist ein erster Gehversuch in einem riesigen neuen Arbeitsfeld, das sich weltweit auf eine unübersehbare Anzahl ungenutzter und teilweise vergessener Datensätze

zur Biodiversität erstreckt. Zentrale Aufgabe dieses Gehversuchs ist, Herausforderungen, Möglichkeiten und Grenzen bei der Erschließung historischer Datensätze aufzuzeigen. Die Abteilung Geobotanik des IESW verwendet bereits Legacy-Datensätze für die Langzeitüberwachung tropischer Bergregenwälder auf Hawaii, um die langfristige Regenwalddynamik im Klimawandel besser zu verstehen, und für das Langzeitmonitoring naturschutzfachlicher Pflegemaßnahmen in Kalkmagerrasen der Fränkischen Alb. Diese Daten allerdings beruhen noch auf Datenextraktion per Hand. Der nächste Schritt wird sein, die im Projekt „Digispecies“ durch KI-Einsatz verfügbar gemachten historischen Daten für flächenscharfe Analysen des Biodiversitätsverlustes in Niedersachsen heranzuziehen und damit ein Anwendungsmodell einzuführen, das weltweit einsetzbar ist.



Sajjad Kamali Siah Roudi

ist seit 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter (Doktorand) am L3S Forschungszentrum. Seine Forschungsschwerpunkte sind Klassifizierung von unausgewogenen Daten, Klassifizierung von Daten mit mehreren Labels, Bildklassifizierung und Klassifizierung von Datenströmen. Kontakt: kamali@l3s.de



Dr. rer. nat. Lars Vogt

ist seit 2023 kommissarischer Leiter des Bereichs Curation & Community Building des Open Research Knowledge Graphs an der TIB. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen unter anderem Wissensgraphen, Ontologien, FAIR Data und Wissensmanagement im Allgemeinen, sowie theoretische und philosophische Fragen in der Biologie. Kontakt: Lars.Vogt@tib.eu



Dr. Daniel Kudenko

ist seit 2019 Forschungsgruppenleiter am L3S Forschungszentrum. Seine Forschungsschwerpunkte sind Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen, insbesondere Reinforcement Learning. Dr. Kudenko ist auch im Wissenstransfer aktiv, u.a. in der Funktion als Geschäftsführers des European Digital Innovation Hubs für KI und Cybersicherheit (DAISEC). Kontakt: kudenko@l3s.de



Prof. Dr. rer. nat. habil. Hans Jürgen Böhrer

ist seit 2022 Professor für Geobotanik in der Abteilung Geobotanik des Instituts für Erdsystemwissenschaften (IESW). Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen unter anderem die Dynamik pazifischer Regenwälder unter Einfluss der Klimaerwärmung, Biologische Invasionen sowie die Erschließung historischer Biodiversitätsdaten (Legacy Data). Kontakt: boehmer@geobotanik.uni-hannover.de

Personalia und Preise

BERUFUNGEN

Rufe an die Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr. **Antje Bruns** hat den Ruf auf die W3-Professur „Räumliche Transformation“ angenommen.

Dr.-Ing. **Michael Färber** hat den Ruf auf die W3-Professur mit Tenure Track „Künstliche Intelligenz in der Wissenschaftskommunikation“ abgelehnt.

Dr. **Fritz Kleinschroth** hat den Ruf auf die W2-Professur für „Planungsbezogene Biodiversitätsentwicklung mit Schwerpunkt Vegetation“ angenommen.

Prof. Dr. **Malte Friedrich Kramme** hat den Ruf auf die W3-Professur für Bürgerliches Recht und IT-Recht erhalten.

Dr. **Robby Peibst** hat den Ruf auf die W2-Professur „Halbleitertechnologien für nachhaltige Energiesysteme“ erhalten und angenommen.

Dr. **Jochen Rauber** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Öffentliches Recht mit einem internationalen Schwerpunkt“ angenommen.

Dr.-Ing. **Amr Rizek** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Verteilte Echtzeitsysteme“ erhalten.

Prof. Dr. **Selma Saidi** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Verteilte Echtzeitsysteme“ abgelehnt.

Prof. Dr. **Marina Theresia Schröder** hat den Ruf auf die W3-Professur „Volkswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Innovationsökonomik“ angenommen.

Prof. Dr. **Roxana-Mihaela Halbleib** hat den Ruf auf die W3-Professur „Data Science und Finanzmarktökometrie“ abgelehnt.

Dr. **Jantje Sönksen** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Data Science und Finanzmarktökonomie“ angenommen.

Dr. **Birgit Stiller** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Optik und Photonik“ erhalten und angenommen.

Juniorprofessor Dr. **Andra Trabattoni** hat den Ruf auf die W2-Professur „Ultraschnelle Photoelektronenforschung“ erhalten und angenommen.

Prof. Dr.-Ing. **Stephan Tremmel** hat den Ruf auf die W3-Professur „Maschinenkonstruktion und Tribologie“ abgelehnt.

Prof. Dr. **Antje von Ungern-Sternberg** hat den Ruf auf die W3-Professur „Öffentliches Recht mit einem internationalen Schwerpunkt“ abgelehnt.

Dr. **Sahar Vahdati** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure Track für „Künstliche Intelligenz in der Wissenschaftskommunikation“ erhalten.

Dr. **Christof Weitenberg** hat den Ruf auf die W2-Professur „Quantensimulation“ abgelehnt.

Dr. **Johannes Zeiher** hat den Ruf auf die W2-Professur „Quantensimulation“ erhalten.

Rufe nach außerhalb

Prof. Dr. **Ziawasch Abedjan** hat den Ruf auf die W3-Professur „Information Integration and Data Preparation“ der TU Berlin angenommen.

Prof. Dr. **Anja Binanzer** hat den Ruf auf die W2-Professur „Deutsch als Fremdsprache / Deutsch als Zweitsprache“ der TU Dresden angenommen.

Prof. Dr. **Selin Kara** hat den Ruf auf die W3-Professur „Grenzflächenverfahrenstechnik“ der Universität Stuttgart in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik abgelehnt.

Prof. Dr. **Meik Zülsdorf-Kersting** hat den Ruf auf die W3-Professur „Geschichtsdidaktik“ der Pädagogischen Hochschule Freiburg abgelehnt.

Prof. Dr. **Tanja Mehlstäuber** hat den Ruf auf die Professur „Quantum Optics and Technology“ der University of Sussex abgelehnt.

ERNENNUNG ZUR UNIVERSITÄTSPROFESSORIN / ZUM UNIVERSITÄTSPROFESSOR

Dr. **Philippe van Baßhuysen**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung vom 01.02.2024

Prof. Dr. **Eike Schling**, Fakultät für Architektur und Landschaft, mit Wirkung vom 01.02.2024

Prof. Dr.-Ing. **Matthias Schmidt**, Fakultät für Maschinenbau, mit Wirkung vom 01.04.2024.

Dr. **Matthias Weigelt**, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Wirkung vom 01.11.2023

Prof. Dr. **Tuba Esatybeyoglu**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Wirkung vom 23.11.2023

Prof. Dr. **Malte Kramme**, Juristische Fakultät, mit Wirkung zum 01.03.2024

Prof. Dr. **Andrea Trabattoni**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 01.05.2024

Prof. Dr. **Dietmar Kracht**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 01.05.2024 (gemeinsame Berufung mit dem LZH im Thüringer Modell)

Prof. Dr. **Guido Müller**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 01.05.2024 (gemeinsame Berufung mit der MPG im Thüringer Modell)

Prof. Dr. **Isabel Stenger**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 01.10.2023

BESTELLUNG ZUR JUNIORPROFESSORIN / ZUM JUNIORPROFESSOR

Prof. Dr. **Maike Hagena**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung vom 01.11.2023

Dr. **Christoph Hirche**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, mit Wirkung vom 01.02.2024

BESTELLUNG ZUM / ZUR AUSSERPLANMÄSSIGEN ODER HONORARPROFESSOR/IN

Dr.-Ing. **Reza Rezaei**, Fakultät für Maschinenbau, mit Wirkung zum 21.11.2023

BEENDIGUNG DES BEAMTENVERHÄLTNISSSES MIT DEM LAND NIEDERSACHSEN

Prof. Dr. **Ziawasch Abedjan**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, mit Ablauf des 29.02.2024

Prof. Dr. **Nadja-Carola Bigall**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf vom 01.04.2024

Prof. Dr. **Matthew Sample**, Philosophische Fakultät, mit Ablauf des 14.10.2023

Juniorprof. Dr. **Philipp Otto**, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Ablauf des Monats August

VERSETZUNG IN DEN RUHESTAND VOR ERREICHEN DER ALTERSGRENZE

Prof. Dr. **Michael Reich**, Fakultät für Architektur und Landschaft, mit Ablauf des Monats März 2024

Prof. Dr.-Ing. **Winrich Voß**, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Ablauf des Monats September 2023

EINTRITT IN DEN RUHESTAND

Prof. Dr. **Bernd Oppermann**, Juristische Fakultät, mit Ablauf des Monats März 2024

Prof. Dr.-Ing. **Heyno Garbe**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, mit Ablauf des Monats September 2023

VERSTORBEN

Dietger Ahlborn, ehemals Technik und Verwaltung, verstarb am 10.04.2024 im Alter von 65 Jahren.

Prof. Dr. rer. pol. **Reinhard Franzke**, ehemals Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung, verstarb am 08.03.2024 im Alter von 78 Jahren.

Uwe Gartung, ehemals Leiter der Innenrevision, verstarb am 04.02.2024 im Alter von 73 Jahren.

Gudrun Gerstler, ehemals Dezernat für Personal und Recht, verstarb am 18.03.2024 in Alter von 70 Jahren.

Prof. Dr. **Hansjörg Küster**, ehemals Institut für Geobotanik, verstarb am 26.02.2024 im Alter von 67 Jahren.

Timo Lastinger, ehemals Technik und Verwaltung, Institut für Turbomaschinen und Fluidodynamik, verstarb am 31.03.2024 im Alter von 37 Jahren.

Prof. Dr. **Franz Meyer**, ehemals Institut für Landschaftspflege und Naturschutz, verstarb am 30.11.2023 im Alter von 95 Jahren.

Prof. Dr. **Oskar Negt**, ehemals Institut für Soziologie, verstarb am 02.02.2024 im Alter von 89 Jahren.

Prof. Dr. rer. nat. **Christoph Peterhänsel**, ehemals Institut für Botanik, verstarb am 19.02.2024 im Alter von 56 Jahren.

Prof. Dr.-Ing. **Wolf-Hagen Pohl**, ehemals Institut für Entwerfen und Konstruieren, verstarb am 26.01.2024 im Alter von 84 Jahren.

Prof. Dr. **Ernst-Wilhelm Schenk**, ehemals Institut für Gartenbauökonomie, verstarb am 27.12.2023 im Alter von 86 Jahren.

GASTWISSENSCHAFTLER/INNEN

Prof. **Jacob Stegenga**, Vereinigtes Königreich, Institut für Philosophie, 01.10.2023 bis 15.07.2024

Prof. Dr. **Young Soo Lim**, Republik Korea, Institut für Physik. Chemie und Elektrochemie, 23.02.2024 bis 28.08.2024

Dr. **Lucas Li Bassi**, Frankreich, Institut für Algebraische Geometrie, 01.01.2024 bis 31.03.2024

Dr. **Stephen Adeniyi Adefegha**, Nigeria, Institut für Lebensmittelchemie, 01.01.2024 bis 31.03.2025

Dr. **Mara Murri**, Italien, Institut für Mineralogie, 01.01.2024 bis 31.03.2024

Dr. **Teresa Liberto**, Österreich, Institut für Baustoffe, 01.01.2024 bis 01.04.2024

Dr. **Christine Sommerlade**, Vereinigtes Königreich, Institut für Sportwissenschaft, 01.02.2024 bis 23.12.2024

Dr. **Huang Xinjun**, China (VR), Institut für Bodenkunde, 11.03.2024 bis 11.03.2025

Dr. **Vir Bulchandani**, USA, Institut für Theoretische Physik, 01.02.2024 bis 30.06.2024

Associate Prof. **Manolya Eser Oner**, Türkei, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung, 20.01.2024 bis 20.09.2024

Adjunct Prof. **Federico Manuel Pont**, Argentinien, Institut für Anorganische Chemie, 01.02.2024 bis 12.08.2024

Visiting Fellow **Swati Malik**, Schweiz, Juristische Fakultät, 21.04.2024 bis 21.05.2024

Dr. **Zhaowei Liu**, China (VR), Institut für Photonik, 01.04.2024 bis 28.06.2024

Dr. **Krushil Watene**, Neuseeland, Institut für Philosophie, 03.04.2024 bis 03.07.2024

Associate Prof. **Masahiko Kato**, Japan, Institut für Bodenkunde, 15.04.2024 bis 31.03.2025

Dr. **Gary Hoover**, USA, Institut für Wirtschaftspolitik, 01.06.2024 bis 30.06.2024

Prof. **Matthew J. Brown**, USA, Institut für Philosophie, 01.06.2024 bis 24.07.2024

Prof. Dr. **Konstantin Zuev**, USA, Institut für Risiko und Zuverlässigkeit, 01.06.2024 bis 31.08.2024

Prof. **Craig Callender**, USA, Institut für Philosophie, 01.06.2024 bis 30.06.2024

PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

Prof. Dr. **Carl-Hans Hauptmeyer** wurde am 20. Juni 2023 das Verdienstkreuz am Bande in Anerkennung von Verdiensten um das Land Niedersachsen verliehen.



Foto: Claus Kirsner/Region Hannover

Auszeichnungen mit dem Lehrpreis 2023 der Leibniz Universität Hannover:

Kategorie 1: Motivation und Inspiration

Prof. Dr. Jana Gohrisch ist seit 2006 Professorin für Englische Literaturwissenschaft am Englischen Seminar der LUH.

Dr. Lennard Zyska ist seit November 2022 als PostDoc am Institut für Öffentliche Finanzen beschäftigt.

Dr. Tina Otten arbeitet seit 2021 als Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Literaturdidaktik und im Bereich Sprachdidaktik am Deutschen Seminar.

Kategorie 2: Strategie und Transfer

Prof. Dr. Jutta Papenbrock ist seit 2010 Professorin an der LUH. Darüber hinaus ist sie Studiendekanin an der Naturwissenschaftlichen Fakultät, Austauschkoordinatorin für Biologie und Pflanzenwissenschaften und EULIST-Beauftragte der Fakultät.

Kategorie 3: Professionalisierung und Lehrkultur

Prof. Dr. Sophia Rudorf ist seit April 2021 Professorin am Institut für Zellbiologie und Biophysik.

Prof. Dr. Thomas Seel hat im April 2023 die Leitung des Instituts für Mechatronische Systeme übernommen.

Prof. Dr. **Andreas Hahn**, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung, ist für grundlegende Beiträge im Bereich der Vitamine und Nährstoffe mit dem GVF Forschungspreis 2023 der Gesellschaft für angewandte Vitaminforschung e. V. (GVF) ausgezeichnet worden.

Prof. Dr. **Christiane Lemke**, Professorin i.R. des Instituts für Politikwissenschaft, hat im Deutschen Haus in New York den Volkmar und Margret Sander-Preis 2023 erhalten. Geehrt werden Persönlichkeiten, die sich um die kulturellen, politischen und akademischen Beziehungen zwischen dem deutschsprachigen Raum und den Vereinigten Staaten verdient gemacht haben.

Vanessa Schwarzkopf, Institut für Gestaltung und Darstellung, hat einen 3. Platz beim Wettbewerb „Auf IT gebaut – Bauberufe mit Zukunft“ erhalten.

Prof. Dr. **Benjamin Burkhard** wurde zum Generalsekretär der International Association for Landscape Ecology (IALE) gewählt. IALE fördert die Landschaftsökologie als wissenschaftliche Grundlage für die Analyse, Planung und das Management von Landschaften weltweit und fördert die internationale Zusammenarbeit durch wissenschaftliche, akademische, bildungsbezogene und kommunikative Aktivitäten. Derzeit hat die IALE etwa 1400 Mitglieder weltweit.

Die ETH Zürich hat Prof. Dr. **Carolin König**, Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, den Hans G.A. Hellman-Preis der Arbeitsgemeinschaft der Theoretischen Chemie verliehen.

Prof. Dr. **Detlef Kuhlmann** hat am 27. April 2023 einen Ars legendi-Sonderpreis vom Stifterverband und der Heinz-Nixdorf-Stiftung in Würdi-

gung seines langjährigen Engagements für exzellente Lehre in der Sportwissenschaft und seiner Verdienste um den Ars legendi-Fakultätenpreis erhalten.

Dr. **Maike Beier**, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, ist als eine von zwölf Wasserwirtschaftsexpertinnen und -experten von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. für ihr ehrenamtliches Engagement geehrt worden.

Große Ehre für zwei Experten in der Wissenschaftsphilosophie und ein Studierendenteam der Leibniz Universität Hannover (LUH), das Pflanzen als Nahrungsquelle im Weltall erforscht: Prof. Dr. **Mathias Frisch** und Prof. Dr. **Torsten Wilholt** sowie das **Projekt Glücksklee** freuen sich über den Wissenschaftspreis Niedersachsen 2023. Das Land hat die Auszeichnung am 22. November in mehreren Kategorien an Persönlichkeiten verliehen, die sich in herausragender Weise um die Hochschulentwicklung verdient gemacht haben.

Für ihre besonderen akademischen Leistungen sind Dr. phil. **Stefano Canali**, Dr.-Ing. **Christian Werner Dietrich**, Dr.-Ing. **Nina Loftfield** sowie Dr. rer. nat. **Fabian Wolf** mit dem Wissenschaftspreis Hannover ausgezeichnet worden.

Die Leibniz Universitätsgesellschaft e. V. hat die mit je 4.000 Euro dotierten Preise am 23. Januar 2024 an die Nachwuchswissenschaftler*innen der Leibniz Universität Hannover (LUH) verliehen. Bei der diesjährigen Preisverleihung handelt es sich um die Preisträger*innen, die bereits im Jahr 2020 ausgewählt wurden. Aufgrund der Corona-Pandemie musste die Verleihung mehrmals verschoben werden.

Das Präsidium lobt jährlich den Preis **Leibniz Talents** für herausragende Studierende und studentische Gruppen aus. Damit werden Studierende ausgezeichnet, die überdurchschnittliche Leistungen in Master-, Bachelorarbeiten oder in juristischen Schwerpunktarbeiten zeigen (Kategorie 1) oder sich innerhalb der LUH bzw. über das eigentliche Studium hinaus besonders engagieren (Kategorie 2). Die Leibniz Talents 2023 sind:

Für die Kategorie 1 (besondere akademische Leistungen)

Althoff, Franziska (Philosophische Fakultät)
Barkey, Manuel (Fakultät für Maschinenbau)
Becker, Julia (Philosophische Fakultät)
Benecke, Mareike (Fakultät für Elektrotechnik und Informatik)
Biermann, Merle (Naturwissenschaftliche Fakultät)



Von links nach rechts:
Stefano Canali, Nina Loftfield
und Werner Dietrich
(Fabian Wolf ist nicht dabei.)
Foto: Thomas Damm

Brundiers, Steffen
(Fakultät für Maschinenbau)
de Haan, Esther
(Juristische Fakultät)
Dietze, Hannah Selina
(Fakultät für Architektur und
Landschaft)
Feig, Laura Joyce
(Philosophische Fakultät)
Fuchs, Ronja
(Fakultät für Elektrotechnik
und Informatik)
Giese, Annika
(Wirtschaftswissenschaftliche
Fakultät)
Hennig, Tobias
(Naturwissenschaftliche
Fakultät)
Kenjo, Ghandi
(Fakultät für Bauingenieur-
wesen und Geodäsie)
Klamt, Janis
(Fakultät für Mathematik und
Physik)
Klaric, Elena
(Philosophische Fakultät)
Shheibar, Mohamad
(Fakultät für Elektrotechnik
und Informatik)
Sievert, Alida Maddalena
(Fakultät für Architektur und
Landschaft)
Stemwedel, Katharina
(Naturwissenschaftliche
Fakultät)
Treichel, Niclas
(Juristische Fakultät)

von Knoblauch, Brian
(Wirtschaftswissenschaftliche
Fakultät)
Weeke, Hendrik
(Fakultät für Architektur und
Landschaft)

Für die Kategorie 2 (besonderes Engagement innerhalb der LUH)

Hoffmann, Jan
(Naturwissenschaftliche
Fakultät)
Students for Future Hannover
(mehrere Fakultäten)
siehe Foto unten

Humboldt-Forschungs- stipendien für Postdocs der Leibniz Universität:

Dr. **Hyun Ho Lee**, Bodenwis-
senschaften, Yonsei University,
Wonju, Südkorea, Gastgeber:
Prof. Dr. Marcus A. Horn

Dr. **Yang Chen**, Polymere und
biogene Werkstoffe und darauf
basierende Verbundwerkstoffe,
University of Bath, Vereinigtes
Königreich, Gastgeber: Prof.
Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult.
Peter Wriggers

Dr. **Raymond Cheng**, Algeb-
raische Geometrie, Columbia
University, New York, USA.
Gastgeber: Prof. Dr. Matthias
Schütt

Dr. **Musharavati Ephraim
Munyanyi**, Angewandte Öko-
nomie, RMIT University, Aust-
ralien. Gastgeberin: Prof. Dr.
Ulrike Grote, Institut für Um-
weltökonomik und Welthandel

Georg Forster-Forschungs- stipendium für Postdocs:

Dr. **Taiwo Aderinola**, Lebens-
mittelchemie, Federal Univer-
sity of Technology Akure
(FUTA), Akure-Ondo State,
Nigeria, Gastgeberin: Prof. Dr.
Tuba Esatbeyoglu

Georg Forster- Forschungspreis:

Prof. Dr. **Juanita Bornman**,
Allgemeine und Historische
Erziehungswissenschaft, Uni-
versity of Pretoria, Südafrika,
Gastgeberin: Prof. Dr. Ulrike
Lüdtke

Prof. Dr. **Esra Capanoglu
Guven**, Lebensmittelchemie,
Technische Universität Istan-
bul, Gastgeberin: Prof. Dr.
Tuba Esatbeyoglu

Dr. **Sylvain Tome**, Baustoff-
wissenschaften, Bauchemie,
Bauphysik, Université de Dou-
ala, Douala, Kamerun. Gastge-
ber: Prof. Dr. Claus H. Rüscher

SONSTIGES

Prof. Dr. **Hans Jürgen Böh-
mer**, Institut für Geobotanik,
ist in die Studentendeutsche
Akademie der Wissenschaften
und Künste berufen worden.

Das Präsidium hat am
6. Dezember 2023 mehr als
20 Studierende im Lichthof des
Welfenschlosses mit dem Preis
Leibniz Talents ausgezeichnet.
Foto: Moritz Küstner



Zeitraum der Personalameldungen:
15.02.2024 bis 06.05.2024

Heimat ist da, wo man gerne hinfährt

Finden Sie Ihre berufliche Heimat bei der VGH. Sie haben den Abschluss in der Tasche und brennen darauf, Ihr Wissen anzuwenden? Dann packen Sie es an – bei uns!

fair versichert
VGH 

Finden Sie bei uns Ihre berufliche Heimat. Die VGH ist mit über 1,9 Millionen Privat- und Firmenkunden der größte regionale Versicherer in Niedersachsen. Mehrfach ausgezeichnet als Top-Arbeitgeber bieten wir Ihnen spannende Aufgaben, tolle Entwicklungsmöglichkeiten und einen sicheren Arbeitsplatz.

Gemeinsam mit Ihnen realisieren wir für Ihre künftigen Aufgaben einen maßgeschneiderten Karriereestieg. In unserem 18 Monate dauernden Traineeprogramm werden Sie ressortübergreifend eingesetzt und durch individuelle Fördermaßnahmen gezielt und professionell auf Ihren beruflichen Weg in unserem Unternehmen vorbereitet. Hierbei bieten wir Ihnen einen verantwortungsvollen Freiraum, Ihr Können zu entfalten und sich fachlich und persönlich weiterzuentwickeln.

Die VGH Versicherungen suchen engagierte und qualifizierte

Trainees (m/w/d) Master (m/w/d)

Rechtswissenschaften | Mathematik | Informatik | Wirtschaftswissenschaften

Ihr Profil:

- ✓ abgeschlossenes Masterstudium mit sehr gutem Leistungsbild in rechtlichen, mathematischen, wirtschaftswissenschaftlichen, Ingenieur- oder IT-Studiengängen
- ✓ gerne (versicherungsnahe) Praxiserfahrung durch Praktika
- ✓ eine selbständige, strukturierte und eigenverantwortliche Arbeitsweise
- ✓ Bereitschaft zu partnerschaftlicher Zusammenarbeit

Ihre Aufgaben:

- ✓ praktische Mitarbeit in verschiedenen, zu Ihnen passenden, Bereichen unseres Hauses
- ✓ Kennenlernen der wesentlichen Prozesse, Methoden und Verfahren des Unternehmens

Wir bieten Ihnen:

- ✓ individuell auf Sie angepasste spannende Praxisphasen und begleitende Schulungen
- ✓ ein unbefristetes Arbeitsverhältnis
- ✓ ein gutes Betriebsklima
- ✓ flexible Arbeitszeiten und die Möglichkeit zum Home-Office
- ✓ gute Karriere- und Entwicklungsmöglichkeiten
- ✓ ein attraktives Gehalt nach Tarifgruppe VI PVT
- ✓ einen attraktiven Standort im Herzen von Hannover

Ihre Bewerbung

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung! Geben Sie Ihre persönlichen Daten im Online-Bewerbungsformular an und laden Sie Anschreiben, Lebenslauf und Zeugnisse in wenigen Minuten hoch.

Für Vorabinformationen:

VGH Versicherungen
Christiane Besa-Schmidt
Telefon 0511 362-2152
www.karriere.vgh.de





**Für jeden guten Start
gibt es den richtigen Moment.**

Mit einem Praktikum, einer Werkstudierendentätigkeit oder einem Traineeprogramm: In der NORD/LB startest du immer in einem Berufsumfeld, das in seiner Dynamik und seinem Leistungsumfang beste Perspektiven eröffnet. Weitere Infos unter: www.nordlb.de/karriere

