



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir freuen uns, Ihnen nach einer längeren, Corona-bedingten Pause eine neue Ausgabe des Forschungsmagazins ‚Blick in die Wissenschaft‘ in der Ausgabe 44/45 präsentieren zu können.

Die Corona-Pandemie hat auch die Universität Regensburg und alle ihre Mitglieder vor große Herausforderungen gestellt. Dennoch konnten zentrale Zukunftsprojekte weitergeführt und umgesetzt werden. So stellt vor allem die Gründung unserer neuen Fakultät für Informatik und Data Science (FIDS) einen wahren Meilenstein in der Geschichte und Entwicklung der Universität Regensburg dar. Als größtes Strukturprojekt seit der Gründung der Fakultät für Medizin vor 30 Jahren ist unsere Informatikfakultät ein Zukunftsprojekt von weitreichenden Dimensionen. Mit der neuen strategischen Schwerpunktsetzung im Bereich Informatik und Data Science und vor allem auch der Querschnittsorientierung der neuen Fakultät sieht sich die Universität Regensburg sehr gut gerüstet, ihre bisherigen Stärken in diesen Bereichen zu bündeln, weiter auszubauen und zu

vertiefen. Schließlich sind *Digital Transformations* als eines der vier Gestaltungsfelder und Zukunftsthemen in unserem *Hochschulentwicklungsplan 2025* fest verankert. Dieses Gestaltungsfeld adressiert die neue Fakultät ebenso wie den Bereich *Integrated Sciences in Life, Health, and Disease* als ein weiteres Schwerpunktgebiet unserer Universität.

Die Grundsatzbeschlüsse in den Gremien der Universität Regensburg im Sommer und Herbst 2019 zur Einrichtung der neuen Fakultät erfolgten nach einer vorhergehenden Phase intensiver Planungen dann letztlich fast zeitgleich mit der Regierungserklärung des Bayerischen Ministerpräsidenten Dr. Markus Söder am 10. Oktober 2019 und der Verkündung der Hightech Agenda Bayern. Unterstützt und beschleunigt durch die Mittel der Hightech Agenda Bayern konnte der Auf- und Ausbau der Fakultät für Informatik und Data Science zügiger umgesetzt werden, nachdem die neue Fakultät im März 2020 formal gegründet und im Laufe des WS 2021/22 aus sich heraus handlungs- und

funktionsfähig wurde. Im Mai 2022 konnten wir gemeinsam mit Ministerpräsident Dr. Markus Söder und Staatsminister für Wissenschaft und Kunst Markus Blume den offiziellen Kickoff für die Fakultät begehen. Dass dieser komplexe Prozess im Kontext der Herausforderungen der Corona-Pandemie vollzogen und abgeschlossen werden konnte, ist ein Zeichen für die Bedeutung dieser gesamtuniversitär-strategischen Maßnahme und für den Rückhalt für das Großprojekt in der universitären Gemeinschaft.

Im Laufe des Gründungsprozesses ist es gelungen, die verschiedenen Informatiknahen und -interessierten Kräfte der Universität an einen Tisch zu bringen und gemeinsam ein zukunftsorientiertes Konzept für die Fakultät zu entwickeln. Ein externes Gutachten mit hochrangiger Expertise skizzierte und evaluierte 2019 wesentliche inhaltliche Schwerpunkte und Strukturierungen für die neue Fakultät, an denen sich in den Jahren 2019-2021 die von Vizepräsident Prof. Dr. Nikolaus Korber geleitete Gründungskommission in der

konkreten Arbeit zum Aufbau der Fakultät orientierte. In insgesamt 15 Berufungsverfahren wurden die ersten neuen Professuren in der Fakultät zügig besetzt – ein Prozess, der in Kürze abgeschlossen sein wird. Im Besetzungsprozess hat sich vor allem auch gezeigt, wie attraktiv die Neugründung einer Fakultät und die Möglichkeiten zur Mitgestaltung und zum Aufbau neuer Strukturen für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind und wie viel Zukunftspotential von unserer neuen Fakultät ausgeht. So konnten wir zum Wintersemester 2023/24 130 Studierende für den B.Sc. Informatik und den B.Sc. Data Science begrüßen.

Im vorliegenden Heft von ‚Blick in die Wissenschaft‘ möchten wir Ihnen nunmehr vor allem die Forschungsaktivitäten der Fakultät für Informatik und Data Science näher vorstellen. Dabei beglückwünsche ich die Fakultät, dass sie bereits eineinhalb Jahre nach ihrer vollständigen Handlungs- und Funktionsfähigkeit und während der weiteren Planungen zum Aufbau und der Ausarbeitung ihrer Studiengänge insbe-

sondere im Master-Bereich ein so vielfältiges Themenheft zu ihren aktuellen Forschungsarbeiten vorlegen konnte.

Das facettenreiche und vielfältige Themenspektrum dieses Sonderhefts illustriert, wie die Fakultät für Informatik und Data Science die an der Universität Regensburg bisher vorhandenen IT-Kompetenzen erfolgreich bündelt und in die Zukunft gerichtet erweitert. Sie ermöglicht die essentielle interdisziplinäre Vernetzung mit der gesamten Universität, von den Geistes- und Sozialwissenschaften bis zu den Natur- und Lebenswissenschaften. Die Beiträge verdeutlichen, wie interdisziplinäre Forschung das Fundament starker methodischer und fachlicher Grundlagen weiterentwickelt und wie die bisherigen Informatik-Schwerpunkte der Universität Regensburg (Computational Science, Informationswissenschaft, Medieninformatik, Wirtschaftsinformatik) erfolgreich in die neue Fakultät überführt werden konnten und die Querschnittsorientierung unterstützen.

Das vorliegende Heft mit seinem Schwerpunkt auf aktuellen Forschungsar-

beiten begleitet den im Wintersemester 2023/24 erfolgten Start der beiden grundständigen Bachelor-Studiengänge Informatik und Data Science. Ein kurzer Überblicksbeitrag zur Lehre in der neuen Fakultät zeigt anschaulich die bereits gewachsene Vielfalt der Informatikstudiengänge und die intensive und gelebte Verbindung von Forschung und Lehre auch an dieser neuen Fakultät.

Unsere neue Fakultät leistet hervorragende Arbeit und ich bin sicher, dass Ihnen die nachfolgenden Seiten einen spannenden Einblick in die verschiedenen Facetten der FIDS geben werden. Ein ganz besonderes Dankeschön möchte ich an dieser Stelle an das gesamte Dekanat der Fakultät für Informatik und Data Science und insbesondere an Forschungsdekanin Prof. in Dr. Meike Klettke richten, die für diese Sonderausgabe die Koordinationsarbeit der vorliegenden Ausgabe federführend übernommen hat.

Prof. Dr. Udo Hebel
Präsident der Universität Regensburg

**Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin
der Universität Regensburg**

ISSN 0942-928-X
Heft 44/45
31. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Udo Hebel
Präsident der Universität Regensburg

Redaktionsleitung für diese Ausgabe

Prof.in Dr. Meike Klettke / Fakultät für Informatik und Data Science

Redaktionsbeirat

Prof. Dr. jur. Christoph Althammer
Prof. Dr. rer. nat. Ferdinand Evers
Prof. Dr. rer. nat. Stefan Friedl
Prof. Dr. rer. nat. Mark W. Greenlee
Prof. Dr. theol. Andreas Merkt
Prof. Dr. phil. Omar W. Nasim
Prof. Dr. rer. nat. Klaus Richter
Prof. Dr. rer. pol. Daniel Rösch
Prof. Dr. med. Ernst Tamm
Prof. Dr. paed. Oliver Tepner
Prof. Dr. phil. Christiane Heibach

Universität Regensburg
93040 Regensburg
Telefon +49 941 9432300
Telefax +49 941 9433310

Verlag

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Leibnizstraße 13, 93055 Regensburg

Telefon +49 941 78785-0
Telefax +49 941 78785-16

info@univerlag-regensburg.de
www.univerlag-regensburg.de
Geschäftsführer: Dr. Albrecht Weiland,
Felix Weiland M.A.

Abonnementsservice

bestellung@univerlag-regensburg.de

Anzeigenleitung

Larissa Nevecny
MME-Marquardt
info@mme-marquardt.de

Herstellung

Universitätsverlag Regensburg GmbH
info@univerlag-regensburg.de

**Einzelpreis € 7,00
Doppelheft € 14,00**

Jahresabonnement

bei zwei Ausgaben pro Jahr

€ 10,00 / ermäßigt € 9,00

Für Schüler, Studierende und Akademiker/innen im Vorbereitungsdienst (inkl. 7% MwSt.) zzgl. Versandkostenpauschale € 1,64 je Ausgabe. Bestellung beim Verlag. Für **Mitglieder des Vereins der Ehemaligen Studierenden der Universität Regensburg e.V.**, des **Vereins der Freunde der Universität Regensburg e.V.** und des **Vereins ehemaliger Zahnmedizinstudenten Regensburg e.V.** ist der Bezug des Forschungsmagazins im Mitgliedsbeitrag enthalten.

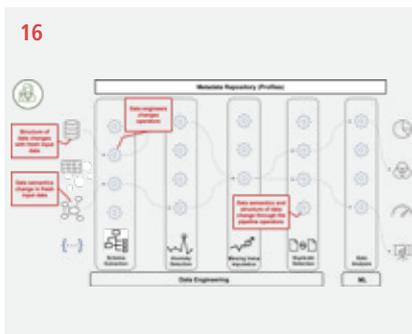
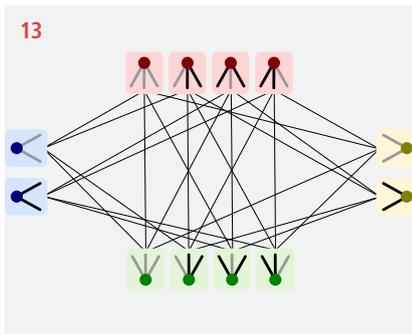
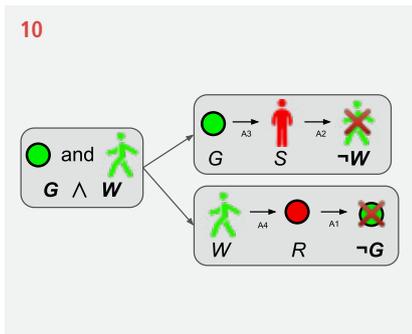
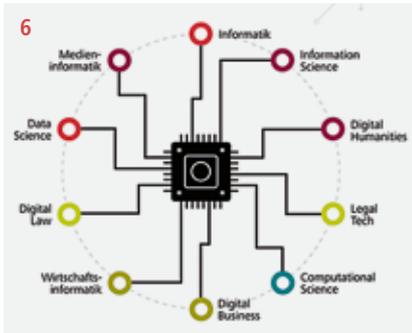


Rohstoffe
Transporte
Produktion

g CO₂e
492
Pro Produkt

CO₂-Emissionen
ausgeglichene

Inhalt



Einleitung 5
Florian Erhard, Bernd Heinrich, Meike Klettke, Christian Wolff

Lehre an der Fakultät für Informatik und Data Science 6
Florian Erhard, Udo Kruschwitz, Bernd Heinrich, Christian Wolff

Automatisches Beweisen: Methoden und Anwendungen 10
Julie Cailler, Philipp Rümmer

Algorithmen und Komplexitätstheorie 13
Radu Curticapean

Evolution in Datenbanken und Data Engineering Workflows 16
Meike Klettke

IoT-basiertes Prozessmanagement – Mobile Benutzerführung in der digitalen Fabrik 19
Stefan Schönig

Cyber Threat Intelligence: Gemeinschaftliche IT-Sicherheit durch den Austausch von Informationen 23
Johannes Grill, Daniel Schlette, Günther Pernul

Kann man den Entscheidungen Künstlicher Intelligenz trauen? Zu den Auswirkungen unsicherer Daten auf die Entscheidungen Neuronaler Netze 26
Thomas Krapf, Bernd Heinrich

Mensch vs. Maschine: Wettbewerb und Kooperation mit künstlicher Intelligenz in digitalen Märkten 30
Andreas Schauer, Daniel Schnurr

Notfallpläne für den Ernstfall testen 34
Maria Leitner

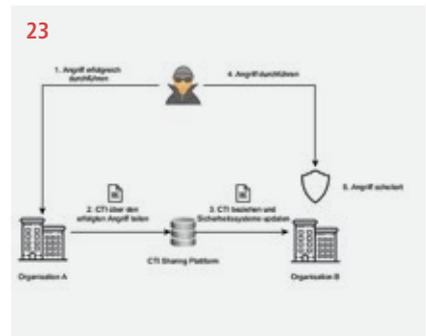
Maschinelles Lernen mit Anwendungen in den Naturwissenschaften 37
Merle Behr, Markus Schmitt

Automatisierte, KI-basierte Analyse von Bilddaten:

Der Lehrstuhl für Bildverarbeitung

Dorit Merhoff

40



Die Genome des Menschen – Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe für Algorithmische Bioinformatik

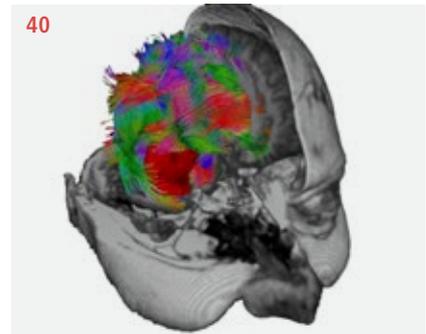
Birte Kehr

43

Algorithmen zum Entschlüsseln der Genregulation

Francisca Rojas Ringeling, Stefan Canzar

46



Mit Hilfe von Daten Immunprozesse entschlüsseln:

Der Lehrstuhl Computational Immunology

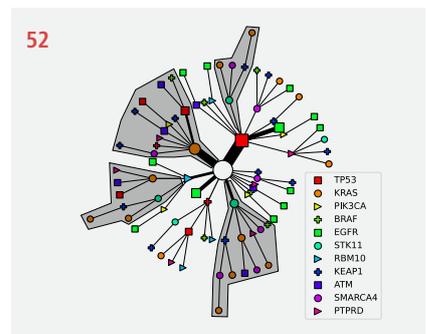
Florian Erhard

49

Maschinelles Lernen enthüllt den verborgenen Prozess der Tumorentstehung

Linda Hu, Andreas Lösch, Rainer Spang

52



Allgegenwärtige Mensch-Maschine-Interaktion: Entwicklung, Forschung und Infrastruktur der Medieninformatik

Raphael Wimmer, Johanna Bogon, Niels Henze, Christian Wolff

54

Wissen aus dem Internet – Genug, genau, geprüft und geeignet?

Informationswissenschaft in Regensburg

Udo Kruschwitz, Bernd Ludwig, David Elsweiler

60



SOFTWAREENTWICKLER (M/W/D) GESUCHT

Voll- oder Teilzeit (30 -40 Std.) | Alle Fachbereiche

Hallo, **wir sind mb Support.**

Seit 20 Jahren unterstützen wir die Versicherungswirtschaft mit unseren Lösungen, u.a. Konzerte und Kunstwerke weltweit zu versichern. Als inhabergeführtes **Familienunternehmen** arbeiten wir auf Augenhöhe in einer familiären Atmosphäre. Als stark wachsendes und profitables Unternehmen bieten wir gleichzeitig **attraktive Benefits**.

Wer bist du? Jedes unserer rund 60 Teammitglieder bringt seine eigene Persönlichkeit, Geschichte und Perspektive mit. Für uns zählt, was dich interessiert, was dich antreibt, wie du bist. Du entscheidest, wie du bei uns mitgestalten möchtest. **Wir freuen uns auf dich.**

Die gesamte Stellenausschreibung findest du auf www.mbsupport.de/karriere.

www.mbsupport.de | Friedenstraße 18 | 93053 Regensburg | +49 941 942 60 0 | mb Support GmbH





Maschinelles Lernen mit Anwendungen in den Naturwissenschaften

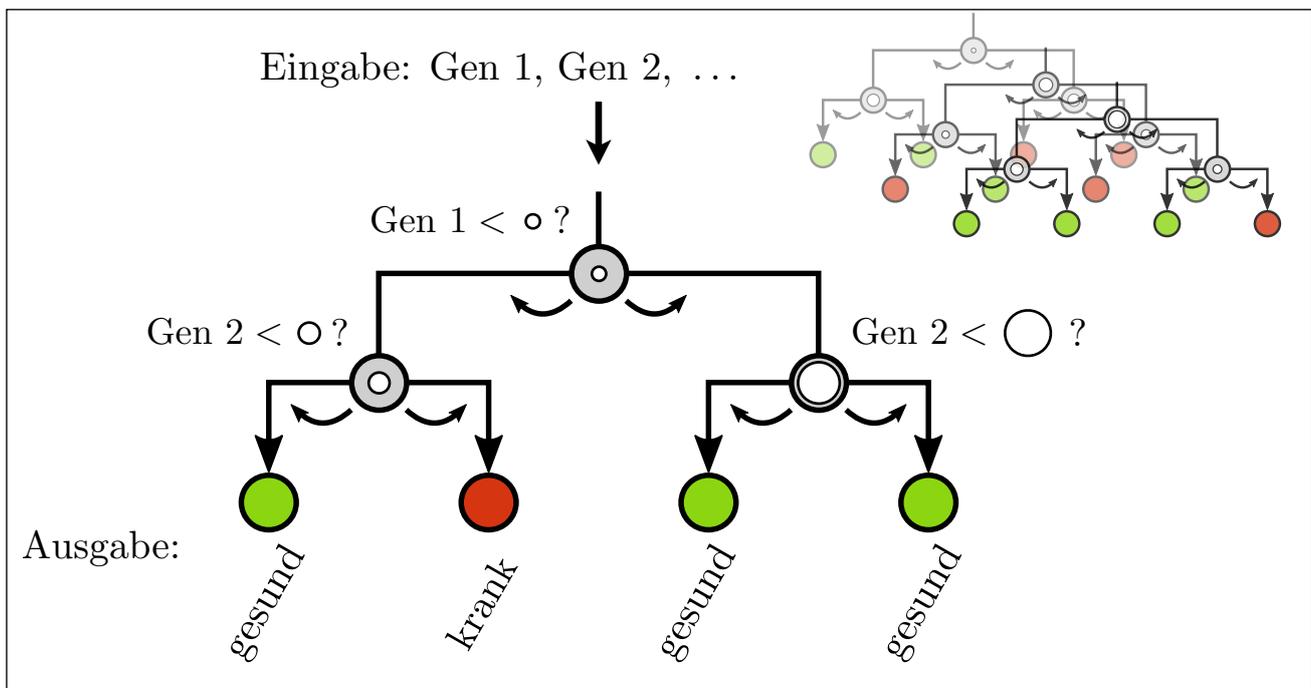
Prof. Dr. Merle Behr, Dr. Markus Schmitt

Eine der zentralen Triebfedern für die Entwicklung moderner Methoden des maschinellen Lernens ist die Verfügbarkeit zuvor unvorstellbar großer Datenmengen durch umfassende Digitalisierung und die weltweite Vernetzung über das Internet. Auf dieser Grundlage konnten zum Beispiel auf den Gebieten der Bilderkennung, der Verarbeitung natürlicher Sprachen und der automatischen Strategiefindung in komplexen Umgebungen bedeutende Durchbrüche erzielt werden, wodurch das maschinelle Lernen auch unseren Alltag

zunehmend mitbestimmt. In dieser Hinsicht zeigen insbesondere die neuesten Sprachmodelle wie GPT oder Bard zukünftige Möglichkeiten auf, die noch vor kurzem undenkbar erschienen, und illustrieren damit populär die Bedeutung dieser technologischen Umwälzung.

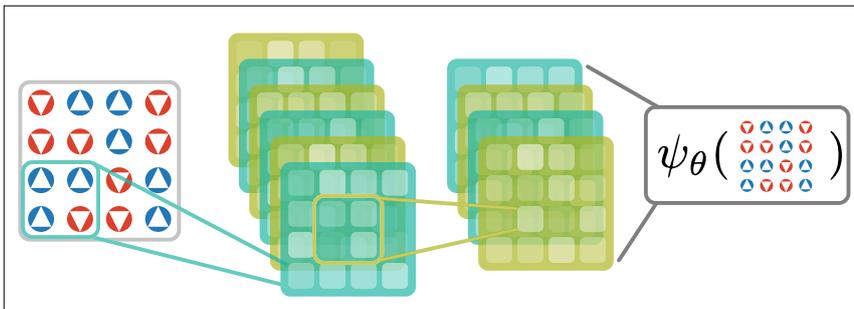
Auch in den Naturwissenschaften spielen die Methoden des maschinellen Lernens eine stetig wachsende Rolle. Viele Experimente oder Computersimulationen erzeugen große, hochdimensionale Datenmengen, aus denen die entscheidende

Information für die wissenschaftliche Erkenntnis extrahiert werden muss. Diese Anwendungen stellen spezielle Anforderungen an die verwendeten Algorithmen, da sie oft besonders präzise sein müssen, statistische Abweichungen zu quantifizieren sind und die Funktionsweise durchschaubar sein muss, um wissenschaftliche Schlüsse zu ziehen. Die Herausforderung besteht also darin, effiziente Algorithmen zu entwickeln, die idealerweise gleichzeitig den Analysemethoden der mathematischen Statistik zugänglich sind. Darüber



Bildnachweis: Markus Schmitt

1 Schematische Darstellung des Random Forest Algorithmus angewendet auf genetische Daten, um eine Krankheit vorherzusagen. Für ein Individuum, bei dem eine Krankheit vorhergesagt werden soll, werden unterschiedliche genetische Informationen (z. B. über Gen 1, Gen 2, usw.) als Eingabe an den Algorithmus übergeben. Der Algorithmus hat vorab aus Trainingsdaten unterschiedliche Entscheidungsbäume erlernt. Jeder Entscheidungsbaum liefert eine Vorhersage, ob das Individuum krank oder gesund ist. Die Vorhersagen der unterschiedlichen Entscheidungsbäume werden dann im Random Forest Algorithmus zu einer einzigen Vorhersage zusammengefasst.



2 Schematische Darstellung eines künstlichen neuronalen Netz, das eine quantenmechanische Wellenfunktion in komprimierter Form repräsentiert. In diesem Beispiel ordnet die Wellenfunktion jeder möglichen Kombination von »up«- (blau) und »down«- (rot) Zuständen der 16 quantenmechanischen Spins (links im Bild) eine komplexe Zahl (rechts im Bild) zu. Anstelle einer großen Nachschlagetabelle, in der alle Werte gespeichert sind, verarbeitet das neuronale Netz die gegebene Konfiguration und berechnet die zugehörige komplexe Zahl. Es ist dabei durch eine kleinere Menge von Gewichten (θ) parametrisiert und stellt in diesem Sinne eine komprimierte Form der Wellenfunktion dar.

hinaus hat die allgemeine Forschung an Methoden des maschinellen Lernens neue algorithmische Bausteine hervorgebracht, die als Teil wissenschaftlicher Computersimulationen auch die Erzeugung von Daten beschleunigen können.

Der Lehrstuhl »Maschinelles Lernen« an der Fakultät für Informatik und Data Science beschäftigt sich neben der grundlegenden Entwicklung und Analyse von Methoden des maschinellen Lernens insbesondere mit deren Anwendungen auf den Gebieten der Biologie, Medizin und Physik. Im Folgenden werden zwei Beispiele konkreter erläutert, in denen zwei der bekanntesten und erfolgreichsten Algorithmen des maschinellen Lernens verwendet werden: der Random Forest Algorithmus mit Anwendung in der Genetik und Künstliche Neuronale Netzwerke mit Anwendung in der Quantenphysik.

Genetische Interaktionen in Bäumen des Random Forest

Innerhalb zahlreicher Fachgebiete der Medizin und Biologie stellt sich eine essenzielle Frage: Wie hängen genetische Merkmale und phänotypische Eigenschaften, wie beispielsweise das Auftreten bestimmter Krankheiten, miteinander zusammen? Diese Verbindung ist in den meisten Fällen äußerst komplex. Zum einen beeinflussen oft vielfältige genetische Varianten das Erscheinungsbild einer Krankheit. Zum anderen interagieren diese genetischen Varianten häufig auf komplexe Weise miteinander, wodurch ihr Einfluss, etwa auf die Ausprägung einer Krankheit, nicht isoliert betrachtet werden kann. Methoden des Maschinellen Lernens stel-

len eine Möglichkeit dar, solche komplexen, nicht-linearen Zusammenhänge aus Datensätzen zu erlernen. Eine besonders effektive Gruppe von Algorithmen zur Darstellung von Interaktionseffekten sind sogenannte tree-ensemble Methoden, wobei der Random Forest Algorithmus als einer der prominentesten und erfolgreichsten Vertreter gilt. Im Gegensatz zu künstlichen neuronalen Netzen, die auf einer Netzwerkstruktur basieren (siehe nächster Abschnitt), nutzen Random Forests Baumstrukturen. Dabei werden verschiedene Entscheidungsbäume kombiniert, um Zusammenhänge – beispielsweise zwischen genetischen Variationen und Krankheitsbildern – darzustellen. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung eines solchen Random Forest Algorithmus. Die Arbeitsgruppe um Professorin Merle Behr widmet sich unter anderem der Herausforderung, wie sich Interaktionseffekte aus den Baumstrukturen des Random Forests auf eine leicht verständliche Art extrahieren lassen. Dieser Ansatz ermöglicht es Medizinern und Biologen, die komplexen Zusammenhänge, die der Random Forest erlernt hat, nachzuvollziehen. Letztendlich kann dies dazu beitragen, gezielte Therapiemaßnahmen für Krankheiten zu entwickeln. Zum Beispiel kooperiert die Arbeitsgruppe eng mit Medizinern und Biologen innerhalb des DFG Transregio TRR 374, wo Forschung an Nierenerkrankungen betrieben wird. Ein zentraler Schwerpunkt der Arbeitsgruppe Behr liegt dabei nicht nur auf der Entwicklung von Methoden und Algorithmen – beispielsweise zur Extraktion von Interaktionseffekten mittels Random Forests – sondern auch auf der mathematischen und statistischen Analyse dieser

Ansätze. Dies ermöglicht es einerseits, die Bedingungen zu identifizieren, unter denen die verwendeten Methoden valide Ergebnisse liefern. Andererseits lässt sich die Unsicherheit der Ergebnisse mathematisch präzise quantifizieren. Beides ist gerade bei medizinischen Anwendungen von großer Bedeutung, da hier eine besonders hohe Zuverlässigkeit und Interpretierbarkeit der Ergebnisse notwendig ist.

Simulation komplexer Quantensysteme mit künstlichen neuronalen Netzwerken

Die Simulation komplexer Quantensysteme stellt eine der großen Herausforderungen in der rechnergestützten Physik dar. Die mathematische Modellierung basiert auf einem Zustandsraum, der exponentiell mit der Zahl der im System enthaltenen Teilchen wächst, wodurch naive Herangehensweisen selbst die Kapazitätsgrenzen der größten Supercomputer sehr schnell erreichen. Für effizientere Algorithmen muss die zusätzliche Struktur physikalisch interessanter Zustände genutzt werden, um eine komprimierte Beschreibung zu erhalten. Während man die Besonderheiten vieler relevanter Situationen verstanden und in numerischen Methoden nutzbar gemacht hat, sind Systeme jenseits des Gleichgewichts oder in zwei räumlichen Dimensionen weiterhin äußerst schwierig zu behandeln. Um dieses Regime zu erschließen, das aktuell in den Fokus experimentell realisierter Quantensimulatoren rückt, verfolgt unsere Arbeitsgruppe Computational Quantum Science unter der Leitung von Dr. Markus Schmitt, einen neuen Ansatz, der auf der Kompression des quantenmechanischen Zustands durch künstliche neuronale Netzwerke beruht (siehe Abbildung 2). Während diese Methodenentwicklung einerseits von den allgemeinen Fortschritten im Bereich des Deep Learning profitiert, sind für die numerischen Simulationen gleichzeitig spezielle Herausforderungen zu bewältigen – zum Beispiel, weil zur Optimierung der neuronalen Netze anders als in herkömmlichen Anwendungen die Trainingsdaten aus diesen selbst generiert und mit den physikalischen Bewegungsgleichungen kombiniert werden müssen. Erste Anwendungen demonstrieren, dass auf diesem Weg neue physikalische Situationen numerisch zugänglich werden, wie etwa universelles Verhalten in der Phasenübergangsdynamik von zweidimensionalen Quantenmagneten.



Bildnachweis: Markus Schmitt

3 Gruppenbild der Mitglieder des Lehrstuhls für Maschinelles Lernen an der Fakultät für Informatik und Data Science. Hinten (von links nach rechts): Dr. Markus Schmitt (Gruppenleiter), Dr. Jonas Rigo, Wladislav Krinitsin, Nicolas Ihlo, Prof. Merle Behr (Lehrstuhlinhaberin); vorne (von links nach rechts): Laura Pietschmann (Sekretariat), Mohammad Abedi, Dr. Kata Vuk, Francesca de Franco

DREI FRAGEN ...

Welche Entwicklung im Bereich Data Science hat Sie im letzten Jahr am meisten überrascht?

Wie wahrscheinlich die meisten Wissenschaftler im Bereich Data Science fällt uns hier als erstes ChatGPT ein. Was uns auch überrascht hat, ist, dass Europa bis jetzt keine größeren Anstrengungen unternimmt, um ein eigenes Large Language Model zu etablieren.

Welche Entwicklung in dem Bereich Data Science wünschen Sie sich für die nächsten 5 Jahre?

Eine noch bessere Digitalisierung und Verfügbarkeit von Daten, die für wissenschaftliche Publikationen verwendet werden; außerdem eine Etablierung von Data Science als eines der grundlegenden Studienfächer in Deutschland.

Welches Problem möchten Sie gern durch Ihre Forschung lösen?

In der Data Science findet häufig theoretische und angewandte Forschung getrennt voneinander statt. In unserer Arbeitsgruppe möchten wir beides möglichst gut miteinander verbinden, weil wir davon überzeugt sind, dass beide Bereiche voneinander profitieren.



Foto © Markus Schmitt

Prof. Dr. Merle Behr leitet seit 2022 den Lehrstuhl für Maschinelles Lernen an der Universität Regensburg. Nach ihrer Promotion in Mathematik an der Georg-August Universität Göttingen im Jahr 2018 verbrachte sie zweieinhalb Jahre als Postdoc und Neyman Visiting Assistant Professor am Department of Statistics der UC Berkeley. Vor ihrem Wechsel nach Regensburg war sie in der Pharmaforschung der Bayer AG tätig. Ihre Forschung konzentriert sich auf die statistische Analyse und Weiterentwicklung von Methoden des Maschinellen Lernens, insbesondere tree-ensemble Methoden, change-point Methoden, causal inference und blind source separation.

statistische Analyse und Weiterentwicklung von Methoden des Maschinellen Lernens, insbesondere tree-ensemble Methoden, change-point Methoden, causal inference und blind source separation.



Foto © Markus Schmitt

Dr. Markus Schmitt leitet die Gruppe "Computational Quantum Science" im Lehrstuhl Maschinelles Lernen an der Universität Regensburg. Gleichzeitig ist er Helmholtz Young Investigator Group Leader am Forschungszentrum Jülich. Nach seiner Promotion in Physik an der Georg-August-Universität Göttingen im Jahr 2018 absolvierte er verschiedene Postdoc-Stationen, z.B. als Leopoldina Postdoctoral Fellow an der UC Berkeley. Seine Forschung dreht sich um

komplexe Quantensysteme jenseits des Gleichgewichts, mit einem Fokus auf der Entwicklung von neuen numerischen Methoden, die Ideen des maschinellen Lernens mit einbeziehen.