



Hochschule
für Technik
Stuttgart



Innovative
Hochschule

Wirtschaftsförderung
Region Stuttgart

FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Künstliche Intelligenz: Denkende Roboter und »Maschinelles Lernen«

Künstliche Intelligenz erobert unsere Hochschule und hat Auswirkungen auf Forschung, Lehre und Transfer. Ein Beitrag des Forschungsschwerpunkts »Technologien für Räumliche Daten und Simulation« der HFT Stuttgart.

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein hochaktuelles Thema in Wissenschaft, Technik und Gesellschaft und wird insbesondere für eine Hochschule für Angewandte Wissenschaften von fundamentaler Bedeutung für die zukünftigen Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung sein. Alle Fakultäten der HFT Stuttgart werden in der einen oder anderen Weise mit diesem Thema konfrontiert werden. Es gilt zudem, zukünftige Absolvent*innen für die spätere Berufstätigkeit entsprechend vorzubereiten, da Künstliche Intelligenz in vielen Arbeits- und Aufgabengebieten eine immer wichtigere Rolle spielen wird.

von Prof. Dr.-Ing. Eberhard Gülch, Prof. Dr. Nicola Wolpert,
Dr. Janto Skowronek und Irina Kohlrutz

Was steckt hinter Künstlicher Intelligenz? Widmen wir uns dazu zunächst einigen grundlegenden Definitionen und Fachbegriffen von Künstlicher Intelligenz. Prof. Dr. Ralf Otte (Otte, 2019, Künstliche Intelligenz für Dummies) definiert KI wie folgt: »Künstliche Intelligenz ist der Versuch, rationale bzw. kognitive Intelligenz auf Maschinen zu simulieren, um sie für den Menschen gewinn- und nutzbringend einzusetzen«. Dies lässt sich zunächst als Simulation menschlicher Intelligenz und spezifischer als Technik zur Herstellung intelligenter Systeme und Programme verstehen. Dabei spielen sowohl richtiges Schlussfolgern als auch die Schaffung eines durch Fehlerbeobachtung adaptierbaren Modells der Umgebung eine zentrale Rolle.

Otte sieht den Schwerpunkt heutiger KI-Anwendungen im »Maschinellen Lernen« (Machine Learning). Zentrales Element sind dabei Algorithmen, die aus vorhandenen Daten selbstständig und vollautonom, das heißt ohne explizites Programmieren, lernen können. Eine der wichtigsten Technologien für »Maschinelles Lernen« sind heute Künstliche Neuronale Netze (KNN). Otte beschreibt diese wie folgt: »Neuronale Netze sind den Informationsverarbeitungseinheiten und Speichermechanismen des biologischen Gehirns nachgebildet. Eine Vielzahl einfacher Prozesselemente, sogenannte Neuronen, ist mit einer großen Anzahl von Nachbarneuronen über sogenannte Synapsen (gewichtete Verbindungen) verbunden. Das neuronale Netz sammelt Informationen und berechnet Ergebnisse durch sehr einfache Rechenschritte. Obwohl die Informationsverarbeitung eines einzigen Neurons im Prinzip einfach ist, kann durch die hohe Vernetzung der Neuronen untereinander eine enorme Leistung des Gesamtsystems erzielt werden.«

Ein wichtiges Einsatzgebiet von KNNs ist das überwachte Lernen. Dies soll am Beispiel von Objekterkennung in Bilddaten veranschaulicht werden. Am Anfang steht das Training des KNN auf der Basis von Tausenden annotierten Bildern. Die Markierung gibt an, was auf dem Bild zu sehen ist, zum Beispiel ein Haus, ein Auto oder ein Baum. In der Eingabeebene wird dem KNN dann ein neues, noch nicht bezüglich der Objekte markiertes Bild präsentiert. Über eine oder mehrere verknüpfte und versteckte Ebenen sprechen die Neuronen auf hochkomplexe Muster an und geben in der Ausgabeebene Wahrscheinlichkeiten für das Vorkommen von erkannten Objekten im Bild an. Der Erfolg der neuronalen Netze zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass moderne Rechnertechnik das Trainieren einer großen Vielzahl verknüpfter Ebenen erlaubt, deshalb auch der Begriff »Tiefe Neuronale Netze« (Deep Neural Networks).

Von der Grundlagenforschung zur anwendungsorientierten KI-Forschung an der HFT Stuttgart

Die drei Kompetenzzentren des Forschungsschwerpunkts »Technologien für Räumliche Daten und Simulation« werden von der Fakultät für Vermessung, Informatik und Mathematik getragen. Das »Zentrum für industrielle Anwendungen der Informatik und Mathematik«, das »Zentrum für Geodäsie und Geoinformatik« und das »Zentrum für Digitalisierung in Forschung, Lehre und Wirtschaft«. Sie alle stellen einen Nucleus für KI-Fachexpertise an der HFT Stuttgart dar. Im KI-Forschungsschwerpunkt arbeiten eine stetig wachsende Zahl von Professor*innen und Forschungsmitarbeiter*innen fachübergreifend an Projekten. Der Forschungsschwerpunkt will dazu beitragen, dass KI in den Bereichen Wissenschaft, Lehre und Wirtschaft einen positiven und nachhaltigen Einfluss hat. Es ist dabei grundsätzlich zu klären, für welche Prozesse und Probleme KI-Methoden tatsächlich eine sinnvolle Lösung bieten. Künstliche Intelligenz als Selbstzweck ist langfristig keine Alternative. KI sollte als Gestaltungsaufgabe aufgefasst werden. Studien zur Machbarkeit bis hin zu einer prototypischen Umsetzung sind geeignete Voraussetzungen für eine Übertragung in Industrie und Wirtschaft. Schwerpunkte liegen aktuell im Bereich der Grund-

**Fakultät C:
im Bereich
»Künstliche
Intelligenz«
gut aufgestellt**

lagenforschung in der Mathematik, der Industrie 4.0, der Logistik 4.0, des Building Information Modeling, der Smart Buildings, der Gebäudeautomatisierung, dem Feld von Augmented/Virtual/Mixed Reality und der Textbewertung, die im Folgenden in Auszügen näher dargestellt werden.

Netzwerkarchitekturen und ihr Einsatz im digitalen Prototypenbau in der Automobilindustrie

Michele Adesso, Qendrim Bytyqi und Prof. Dr. Nicola Wolpert beschäftigen sich im Projekt »GeoCADUp: Geometrien von 3D CAD-Daten für das Digital MockUp verstehen und bewerten« mit dem Aufbau von Netzarchitekturen und deren Einsatz im digitalen Prototypenbau in der Automobilindustrie. Ein wichtiger Aspekt ist die Überprüfung und Absicherung von Kollisionen zwischen Bauteilen. An diesen sind häufig Befestigungselemente wie Schrauben oder Klipse beteiligt. Es werden tiefe neuronale Netze entwickelt, die Befestigungselemente klassifizieren bzw. innerhalb eines Bauteils segmentieren. Die Eingabe sind in einem ersten Ansatz zweidimensionale Bilder des Bauteils, die aus unterschiedlichen Perspektiven gerendert werden. Ein zweiter Ansatz basiert auf einer Darstellung der Objekte als Punktwolken. Nahezu alle Verfahren in der Literatur zur Klassifikation bzw. Segmentierung von Punktwolken bauen derzeit auf dem KNN-PointNet auf. Hierbei ist allerdings noch nicht abschließend klar, welches die beste Netzarchitektur für Punktwolken ist. Die Forschergruppe beteiligt sich gerade sehr erfolgreich an dem akademischen Wettbewerb um die beste Netzarchitektur, der auf dem akademischen Datensatz ModelNet40 ausgeführt wird.

Deep Learning: Objekterkennung in Fabriken

Lars Obrock, Colien Schreiber, Prof. Dr.-Ing. Eberhard Gülch, Prof. Dr. Franz-Josef Schneider und Prof. Dr. Ursula Voß setzen im Projekt »Orts- und kontextbezogene sensorische Daten vermittelt via Augmented Reality« Deep Learning zur Objekterkennung in Fabriken ein. Entwickelt werden sollen offene Assistenzsysteme zur Nutzung sensorischer Daten im täglichen Arbeitsumfeld. Ziele sind die intelligente Verknüpfung von Sensor und Objektinformationen mit den entsprechenden Positionen und eine semantische Segmentierung zur Erstellung eines 3D Raummodells. Erkannt werden sollen vor allem Objekte mit variablem Standort, also jene, die nicht ständig in Bewegung sind und nicht über eigene Sensoren verfügen, zum Beispiel Ladungsträger.

Ein Ansatz beschäftigt sich mit Deep Learning in 3D-Punktwolken aus hochauflösenden Laserscans. Abzuleitende Objekte von Interesse sind Ladungsträger, technische Gebäudeausrüstung, Wand/Decke/Boden. Ziele sind die Zuordnung jedes Punktes zu einer Klasse, eine Unterteilung einer Szene in Objekte und die Unterscheidung zwischen »portablen« und »nicht portablen« Objekten. Ein weiterer Ansatz beschäftigt sich mit Deep Learning aus Bilddaten und daraus abgeleiteten Punktwolken. Ziel ist es, eine Änderung im Werk auf Basis von geometrischen und semantischen Unterschieden zu detektieren. Dazu werden Sensoren, Ladungsträger sowie Objekte unterschiedlicher Kategorien aus dem CAD-Modell des Werkes betrachtet. Objekte von Interesse sind Sensoren, Kategorien des zu Grunde liegenden CAD Modells und Ladungsträger.

Im Rahmen des Projektes »Intelligente Stadt« kommen unter anderem in zwei Teilprojekten KI-Methoden zum Einsatz, die von Joseph Gitahi, Lars Obrock, Prof. Dr.-Ing. Michael Hahn und Prof. Dr.-Ing. Eberhard Gülch entwickelt werden. Zum einen geht es um Prädiktionsmodelle für die Luftqualität in der intelligenten Stadt. Mittels Deep Learning-Netzen sollen



Fotos vom Dialogforum Region Stuttgart zum Thema »Künstliche Intelligenz – Technik begreifen, Potenziale nutzen« Fotos: HFT Stuttgart

räumlich-temporale Abhängigkeiten zwischen Feinstaubkonzentrationen und meteorologischen Bedingungen in der Stadt Stuttgart entwickelt werden. Zum anderen geht es um eine BIM-konforme Erfassung von 3D-Geometrie und semantischen Bauteilinformationen für die Gebäudemodellierung. Hier werden neuartige, flexible, mobile Datenerfassung mit bildgebenden Sensoren und Laserscanverfahren eingesetzt. Es wird eine prozessual verknüpfte, möglichst auch automatisierte Erfassung semantischer Informationen angestrebt. Die semantische Segmentierung basiert auf Deep Learning-Ansätzen und wird auf die Kombination von Bilddaten und Punktwolken angewandt. Semantische Bauteilinformationen stellen neben den Geometriedaten wichtige Bestandteile von BIM dar.

Textbewertung nach linguistischer Analyse

Prof. Dr. Ulrike Pado beschäftigt sich mit Textbewertung und der Klassifikation nach linguistischer Analyse. Als Szenario beantworten Studierende in Online-Tests Fragen in freier Form. Ziel ist das Trainieren eines automatischen Klassifizierers, der entscheidet, ob die Antworten richtig oder falsch sind. Die Strategie setzt dabei auf existierende Referenzantworten zu jeder Frage. Die Antworten der Studierenden werden mit ihnen verglichen: je ähnlicher, desto eher ist die Studierendenantwort richtig. Die Stärken des Ansatzes liegen in der linguistischen Analyse des Textes, d.h. in der Annäherung an die Bedeutung und der Vermeidung einer Schlüsselwortsuche.

Automatisierte Verhandlungen für intelligente Softwareagenten

Prof. Dr. Jörg Homberger entwirft automatisierte Verhandlungen für intelligente Softwareagenten. Während einer automatisierten Verhandlung durchsuchen autonome Agenten unter Berücksichtigung von privaten Informationen gemeinsam einen Lösungsraum nach einer allseits akzeptierten Lösung. Hierzu werden neue Komponenten für intelligente Agenten entwickelt und getestet. Beispiele hierzu sind Metaheuristiken zur Entscheidungsfindung, maschinelle Lernalgorithmen und Verhaltensstrategien auf Basis der Spieltheorie. Die Verhandlungsprotokolle sind generisch und können an Problemstellungen angepasst werden.

Digitalisierung realer Labore

Prof. Dr.-Ing. Dieter Uckelmann und seine Arbeitsgruppe beschäftigen sich im Projekt »Open Digital Lab for You« mit der Digitalisierung realer Labore, der Verknüpfung mit virtuellen Komponenten und der Erforschung der Synergien zwischen beiden Ansätzen. Methoden des ingenieurwissenschaftlichen Lernens und Serious Gaming unter der Verwendung von Learning Analytics, Augmented/Virtual/Mixed Reality und Open Badges werden zu einem ganzheitlichen Ansatz im Rahmen einer hybriden Lern- und Forschungsumgebung verbunden. Durch die riesigen digitalen Datenmengen personalisierter Lernprozesse ist der Einsatz von KI-Methoden mehr als geeignet.

Dialogforum Region Stuttgart – Künstliche Intelligenz

Der Forschungsschwerpunkt »Technologien für räumliche Daten und Simulation« der HFT Stuttgart, das Projekt Innovationslabor Metropolregion 4.0 und die Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH veranstalteten am 22. November 2019 zusammen mit regionalen Unternehmen und Start-Ups ein »Dialogforum Region Stuttgart« zum Thema »Künstliche Intelligenz: Technik begreifen – Potentiale nutzen«. Ziel war es, verschiedene Facetten von KI zu beleuchten, Einblicke in die Technologien zu vermitteln und vor allem mit

Entscheidungsträger*innen und Entwickler*innen aus der regionalen Industrie und Wirtschaft in intensiven Meinungsaustausch zu treten.

Zwei hochkarätige Experten aus Wirtschaft und Forschung hielten die Keynotes: Dr. Thorsten Vollstedt von der Daimler AG führte in einem Vortrag zum Thema »KI in der digitalen Fabrik« in eines der zentralen Themen der Fakultät C ein. Prof. Dr. Jürgen Döllner vom Hasso-Plattner-Institut der Universität Potsdam sprach über »Geospatial Artificial Intelligence: Potential des Maschinellen Lernens für 3D-Punktwolken und georäumliche digitale Zwillinge«. In seinen Beispielen zeigte er neuartige georäumliche Aspekte auf und wies sehr anschaulich auf mögliche Grenzen von Künstlicher Intelligenz hin.

Die Keynote-Vorträge waren in ein innovatives Format von drei Postersitzungen eingebettet, mit dem Ziel, die Teilnehmer*innen aktiv zum Meinungsaustausch zu animieren. Aus der Wirtschaft präsentierten die Firmen bzw. Start-ups wie Viscan Solutions, Vector Informatik, Swarm Logistics, Spicetech, Neohelden, IT-Designers, Init, Sqooba, Daimler Trucks und Coral Innovation ihre Anwendungen von KI. Forschende der HFT Stuttgart trugen die oben skizzierten KI-Lösungen aus dem eigenen Hause vor.

Mit mehr als 120 Teilnehmer*innen erfuhr das Dialogforum eine breite Resonanz, sowohl innerhalb der Hochschule als auch in der Region, und hat damit alle Erwartungen übertroffen. Es gab ausreichend Gelegenheit, die Diskussionen zu Herausforderungen und Lösungsansätzen zu vertiefen sowie die Spannweite der Anwendungen und Anforderungen an eine Einführung der Verfahren aufzuzeigen. Es bestärkte uns Professor*innen und Mitarbeiter*innen darin, auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz weiter zu forschen und den Transfer der Erkenntnisse in die Lehre, Wirtschaft und Gesellschaft zu gewährleisten.

Einfluss von Künstlicher Intelligenz auf die Lehre

Mit ersten Abschlussarbeiten zu neuronalen Netzen vor rund zehn Jahren hat die Fakultät schon sehr früh das Thema Künstliche Intelligenz aufgegriffen. Aktuell beschäftigt sich eine Vielzahl von Abschlussarbeiten in den verschiedenen Studiengängen der Fakultät C mit diesem Thema. In vielen Bereichen verlangen die KI-Algorithmen enorme Rechenleistungen, die zum Teil nur durch extrem leistungsfähige Rechner, Grafikkarten und Serverstrukturen angeboten werden können. Dies wird in Zukunft nur durch starke Priorisierung im Haushalt und weiterer Drittmittel für die Lehre zu leisten sein. Hier kommen zunächst auf die betroffenen Labore der HFT Stuttgart neue Anforderungen in der Erweiterung der bestehenden Ausstattung zu. Für eine breitere Anwendung in der Lehre müssen dann auch

Serverstrukturen für ausgewählte PC Räume aufgerüstet werden. Damit verbunden sind notwendige Maßnahmen zur Weiterbildung der Mitarbeiter*innen, die im Bereich Künstliche Intelligenz arbeiten.

Nachdem Digitalisierung ein zentrales Zukunftsthema – auch für Baden-Württemberg – ist, bleibt zu hoffen, dass hierfür auch ausreichend Fördermöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Wie wichtig KI für die Zukunft bewertet wird, zeigt unter anderem auch der KI-Wettbewerb für Hochschulen in Bayern. In dem Bundesland sollen 50 zusätzliche Professuren für Künstliche Intelligenz eingerichtet und der Freistaat Bayern zu einem »KI-District« ausgebaut werden.

Für KI-Forschung werden finanzielle Mittel und eine gute technische Ausstattung benötigt

Die Schwerpunkte gruppieren sich unter anderem um intelligente Robotik, Data Science und Mobilität, die auch an der HFT Stuttgart wichtige Zukunftsthemen sind.

KI an der HFT Stuttgart: Großes Potenzial!

Der KI-Forschungsschwerpunkt der Fakultät C ist gut aufgestellt. Durch die engen fachübergreifenden Kooperationen hat sich eine fruchtbare Eigendynamik entwickelt. Erste Synergieeffekte werden sichtbar. Forschungsmitarbeiter*innen können sich in einem immer größeren Team austauschen, Studierende werden über Abschlussarbeiten verstärkt ein-

Wichtig ist der Austausch untereinander und der Transfer

gebunden. Durch die einzigartige inhaltliche Spannweite von Theorie und Grundlagenforschung bis hin zu innovativen Entwicklungen von Algorithmen und Verfahren zur Anwendung in anspruchsvollen Themengebieten ergibt sich ein großes Potenzial, das Know-how aller Beteiligten zu erhöhen. Erste Verbindungen vom global agierenden Automobilhersteller über den mittelständischen Produzenten bis hin zum Ingenieurbüro sind etabliert.

Mittelfristig werden fakultätsübergreifende Kooperationen angestrebt, um Synergien mit Arbeiten in den anderen Fakultäten der HFT Stuttgart zu generieren. So geht es künftig auch darum, ethische Aspekte von KI-Anwendung zu thematisieren, so dass sich ein starkes Gesamtpaket für einen »KI-Distrikt Stuttgart« nach bayerischem Vorbild an unserer Hochschule entwickeln kann. Forschungsk Kooperationen mit anderen Hochschulen und Unternehmen werden die HFT-Leistungen auf diesem Gebiet nach außen hin sichtbar machen. Veranstaltungen spielen für eine starke Vernetzung und den Transfer in Industrie, Wirtschaft und Gesellschaft hinein eine wichtige Rolle. Hier bietet die Reihe »Dialogforum Region Stuttgart« eine hervorragende Möglichkeit für Wissenschaftler*innen der HFT Stuttgart und Vertreter*innen aus Wirtschaft und Politik in der Metropolregion Stuttgart, sich auszutauschen.



Die Autor*innen des Leitartikels: Prof. Dr.-Ing. Eberhard Gülch, Fachgebiet Industrielle Optische Messtechnik, Prof. Dr. Nicola Wolpert, Fachgebiet Geometrie und industrielle Anwendungen, Dr. Janto Skowronek, Geschäftsführer Forschungsschwerpunkt Technologien für Räumliche Daten und Simulation, Irina Kohlrautz, Transfermanagerin, M4_LAB (v.l.n.r). Foto: HFT Stuttgart