



[Prof. Dr. Gerhard Neumann // Autonome Lernende Roboter (ALR)]

Gerhard Neumann ist seit 2020 Professor für Autonome Lernende Roboter am Institut für Anthropomatik und Robotik. In seiner Forschung widmet er sich der Entwicklung neuer Methoden des maschinellen Lernens für die Robotik, mit einem Fokus auf Reinforcement Learning und Imitation Learning Methoden.

Gerhard Neumann studierte bis 2005 an der TU Graz an welcher er auch 2012 in der Informatik promovierte. 2011 wechselte er als Post-Doktorand an die TU Darmstadt und wurde dort auch im Jahr 2014 Assistant Professor (W1). Im Jahr 2016 wechselte er als Full Professor and die University of Lincoln. Im Jahr 2019 kehrte er nach Deutschland zurück und wurde auf eine Industry on Campus Professur an der Universität Tübingen berufen, welche vom Bosch Center für Artificial Intelligence finanziert wurde. Im Januar 2020 wechselte er schlussendlich ans KIT als W3 Professor.

Gerhard Neumann hat an mehreren internationalen Projekten zum Thema Robotik und künstliche Intelligenz mitgewirkt oder auch geleitet. Des Weiteren war er Co-Program Chair bei der Conference of Robot Learning (CoRL) 2021 und ist als Area-Chair und Senior Area Chair für Top-Tier Machine Learning und Robotik Konferenzen wie zum Beispiel ICLR, NeurIPS, CoRL und RSS tätig.

// Überblick und Allgemeines

Für den zukünftigen Einsatz von Robotertechnologien müssen Roboter mit sehr vielen Herausforderungen einer realistischen menschlichen Umgebung umgehen können. Die echte Welt ist meist völlig unstrukturiert und besteht aus oft unbekannten Objekten mit oder auch anderen Agenten wie

zum Beispiel Menschen mit unbekannten Verhalten.

Eine reine Programmierung des Roboters für solche Umgebungen scheint für solche Anwendungen unrealistisch. Daher entwickelt das ALR neue Lernalgorithmen, welche es einen Roboter erlauben neues Wissen und neue Fähigkeiten mittels der Interaktion mit seiner Umgebung oder auch mit einem menschlichen Lehrer zu erlernen.

// Einblicke in die Forschung

Unsere Forschung konzentriert sich auf die Schnittstellen zwischen Maschinellem Lernen, Robotik, Human-Roboter Interaktion und Computer Vision. Für die Methodenentwicklung fokussieren wir uns auf die folgenden Problemstellungen:

- **Reinforcement Learning (RL):** Hier untersuchen wir wie ein Roboter sein Verhalten selbständig verbessern kann in dem er aus Erfahrungen lernt. RL Algorithmen lassen den Roboter seine Umgebung und seine Aktionen explorieren und geben ständiges Feedback über die Güte des gezeigten Verhaltens.
- **Bewegungsrepräsentationen:** Wir entwickeln neue flexible Methoden, um Bewegungen darzustellen. Hierzu werden in der Regel Bewegungsprimitive verwendet. Unser Ansatz ist es

probabilistische Repräsentationen zu verwenden, welche einerseits auch die Variabilität der Bewegungen modellieren können, aber auch mittels probabilistischer Operationen an die momentane Situation angepasst werden können.

- **Lernen vom Menschen:** Komplexes Verhalten kann oft vom Menschen vorgezeigt werden und der Roboter lernt dieses Verhalten zu reproduzieren. Hier beschäftigen wir uns mit dem Lernen von vielseitigen Demonstrationen, also wenn der Mensch eine Aufgabe auf verschiedene Art und Weisen vorzeigt.
- **Lernen von Modellen:** Hier wollen wir komplexe Dynamik Modelle von nicht Markovschen Systemen, wie zum Beispiel hydraulischen Robotern oder Kontaktmodelle von Robotern lernen. Hierzu verwenden wir neuartige neuronale Netz Architekturen welche Unsicherheiten in die Abschätzung der Dynamik integrieren können.
- **Perzeption:** Wir arbeiten daran, komplexe sensorische Inputs wie zum Beispiel Punktwolken in den Lernprozess des Roboters zu integrieren.

Unsere Vision ist es nicht nur die State-of-the-Art für diese einzelnen Felder des Maschinellen Lernens zu verbessern, sondern wir wollen ein optimales Zusammenspiel dieser Methoden entwerfen, um schlussendlich ein vollkommen autonom lernendes Roboter-System zu erhalten

// Projekte und Erfolge

Der Lehrstuhl hat für seine Veröffentlichungen schon viele Best-Paper Awards und Best-Paper Finalist Auszeichnungen bekommen. In diesem Jahr kam ein Best-Paper Award für die Robotics: Sci-

ence and Systems Konferenz hinzu. Bezüglich Projekte war Gerhard Neumann schon mit mehreren internationalen Konsortien bei der EU oder bei chist-ERA erfolgreich. Anfang nächsten Jahres startet die DFG Forschergruppe "Ertüchtigung unreifer Prozesse", bei dem Gerhard Neumann auch als Co-Sprecher fungiert.

// Ausgewählte Publikationen

What Matters for Meta-Learning Vision Regression Tasks? Gao, N. et al., CVPR, 2022

Push-to-See: Learning Non-Prehensile Manipulation to Enhance Instance Segmentation via Deep Q-Learning, Serhan, B.; et al., ICRA 2022

Specializing Versatile Skill Libraries using Local Mixture of Experts, Celik, O. et al., CoRL 2021

Differentiable Trust Region Layers for Deep Reinforcement Learning, Fabian, O. et. al, ICLR 2021

Residual Feedback Learning for Contact-Rich Manipulation Tasks with Uncertainty, Ranjbar, A. IROS 2021

// Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Verwaltungspersonal
Christine Brand

Wissenschaftliches Personal
Philipp Becker
Mevlüt Onur Celik
Philipp Dahlinger
Niklas Freymuth
Maximilian Hüttenrauch
Ge Li
Vaisakh Shaj Kumar
Nicolas Schreiber
Michael Volpp

Technische Mitarbeitende
Andreas Rhein

// **Website**
alr.iar.kit.edu