

KIRK – KI unterstützte Roboterkalibration

**Dr. O. Rettig, Prof. M. Strand, S. Müller, Informatik
RaHM-Lab (DHBW-Karlsruhe)**

Beschreibung

Ziel

Ziel des Projekts war es, mit den Möglichkeiten des Maschinellen Lernens neue Kalibrier-Methoden zu entwickeln, die flexibler in der Anwendung sind, zu höheren Genauigkeiten führen und damit die Einsatzmöglichkeiten insbesondere von preiswerten Leichtbau-Robotern erweitern.

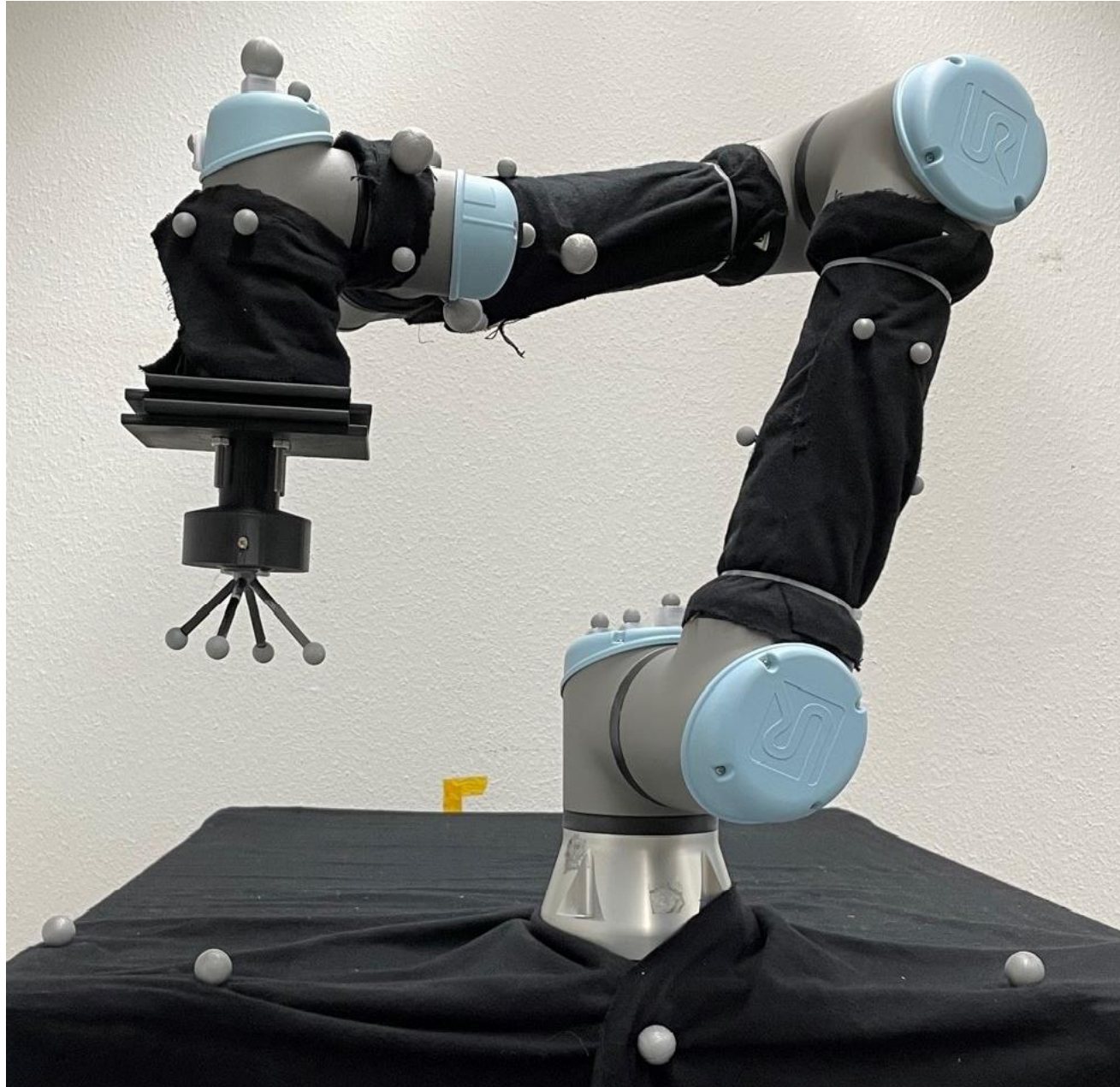


Fig. 1: „Vermarkerter“ Roboter (UR5e).



Fig. 2: Endeffektor mit Stahlplatten.

Funktionsweise

Im **RaHM-Lab** (Robot- and Human Motion Lab) der DHBW Karlsruhe wurde die Kinematik eines Roboters vom Typ UR5e (Fig. 1) vermessen. Dabei wurden 300 statische Positionen des Tool center points (TCP) in 6 Ebenen mit jeweils 6x10 Punkten angefahren und mit Hilfe eines markierbasierten Bewegungs-Analyse-Systems die Position des TCP auf 1/10mm genau bestimmt. Die Messungen wurden mit 7 verschiedenen Gewichten, die in Form von Stahlplatten an den Endeffektor geschraubt wurden (siehe Fig. 2) wiederholt, sodass insgesamt 2100 Messungen für das Training eines Neuronalen Netzes (NN) zur Verfügung standen. Eingesetzt wurde ein tiefes neuronales Vorwärts-Netz (deep feed forward net) mit sieben Zwischenschichten (hidden layers), bestehend aus 64, 128, 256, 512, 256, 128 und 64 Neuronen. Trainiert wurde das NN auf Basis der Differenzen zwischen Zielpositionen und gemessenen Positionen (Fig. 3).

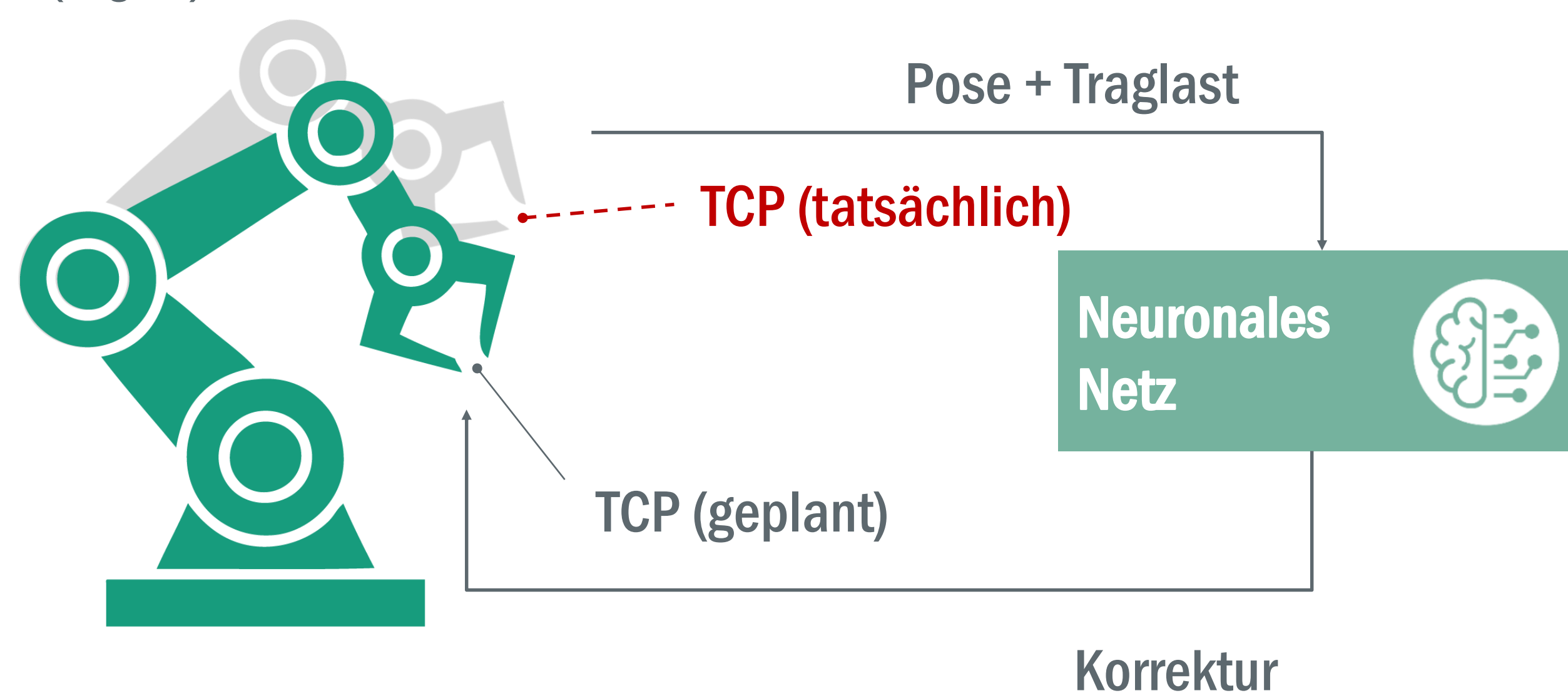
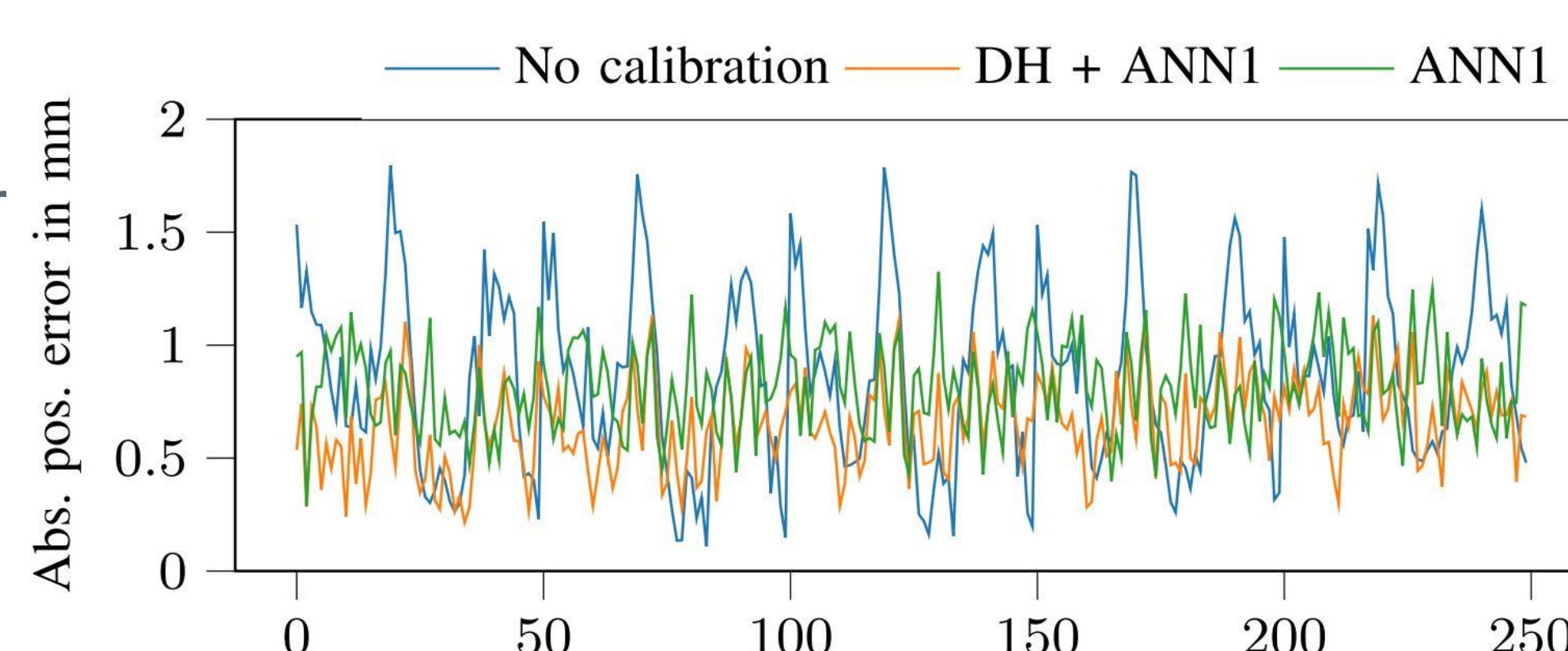


Fig. 3: Korrektur der TCP-Position auf Basis eines NN.

Erreichte Positioniergenauigkeiten

Für den vermessenen fabrikneuen Roboter vom Typ UR5e konnte der mittlere quadratische Fehler (0,97mm für das unkalibrierte System) auf 0.57mm reduziert werden. Praktisch relevant ist dabei, dass der maximale Fehler von 1.8mm auf 0.98mm und damit zuverlässig auf unter 1mm gedrückt werden konnte.

Vergleich der absoluten Fehler mit/ohne Kalibrierung, sowie zusätzlicher DH-Parameter-Optimierung für 250 Test-Punkte. (Hybrides Verfahren)



Ergebnisse

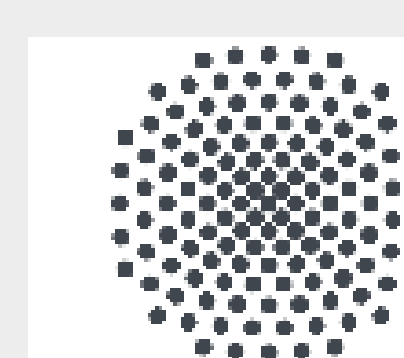
Die Kombination eines kinematischen Modells zur Korrektur von geometrischen Fehlern mit einem NN zur Korrektur von nichtlinearen Fehlern wurde erfolgreich umgesetzt.

- » Die absolute Positioniergenauigkeit von Leichtbaurobotern konnte zuverlässig auf deutlich besser als 1mm erhöht werden.
- » Dies gilt insbesondere auch bei nahezu ausgestrecktem Roboterarm.
- » Auch von der Traglast abhängige Fehler konnten kompensiert werden.

Ausblick

Durch eine Validierung entsprechend den Vorgaben der ISO Norm 9283 und für weitere Roboter-Typen lässt sich das Anwendungsgebiet der erarbeiteten Methoden ausweiten. Dabei sind insbesondere Langzeit-Messungen erforderlich, bis hin zu komplett verschlissener Roboter-Hardware.

Förderung und Kooperationspartner



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb IFF

- » Das Projekt wurde in Kooperation mit der Universität Stuttgart und der Firma Artiminds Robotics GmbH durchgeführt.
- » Finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „Anwendungen von Methoden der Künstlichen Intelligenz in der Praxis“.
- » Laufzeit: 1.4.2020 bis 6.5.2022



Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Dr. Oliver Rettig
Erzbergerstrasse 121, 76133 Karlsruhe
+49 721 9735622, Oliver.Rettig@dhbw-karlsruhe.de