## Hochgenaue 3D-Vermessung kooperierender Roboter

In der Industrie spielen Roboter heutzutage eine immer wichtigere Rolle. Bei immer mehr Anwendungen ist dabei eine hohe Genauigkeit der Roboter von Bedeutung. Wenn zwei Roboter kooperierend, also gemeinsam ein Werkstück handhaben oder bearbeiten, ist eine hohe Absolutgenauigkeit unerlässlich.

Ziel dieser Arbeit war es daher, zwei Roboter der Firma KUKA, die am Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart zu Verfügung standen, auf ihre Genauigkeit einzeln und in Kooperation zu überprüfen. Als unabhängiges Messinstrument wurde ein Leica Lasertracker verwendet.



Abbildung 1: Roboter und Lasertracker



Abbildung 2: Werkzeug und Reflektor

Die Grundlage dieser Genauigkeitsuntersuchungen bildete die ISO 9283 Manipulation industrial robots, die verschiedene Kenngrößen, Testszenarien, Testbedingungen etc. zur Vermessung von einzelnen Industrierobotern definiert. Nachdem eine Auswahl der Kenngrößen getroffen, der Messaufbau und das Werkzeug des Roboters entwickelt wurden, erfolgte die Vermessung der Roboter einzeln. Eine Herausforderung stellt dabei die Bestimmung aller sechs Freiheitsgrade und die Transformation dar, weil hier bereits systematische Roboterabweichungen eingehen.

Bei der statischen Messungen lag die Pose-Genauigkeit im Bereich von 0,5 mm (Lage) und die Pose-Wiederholgenauigkeit im Bereich von 0,05 mm (Lage). Die Genauigkeit der Orientierung erreichte bei allen Untersuchungen (bezogen auf ein typisches Werkzeug von 30 cm Länge) einen deutlich besseren Wert. Eine weitere Untersuchung, die die Abhängigkeit der Genauigkeit von der Verfahrrichtung darstellen sollte, brachte die in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse. Die erreichten Posen des Roboters befinden sich abhängig von der Verfahrrichtung deutlich an von einander abweichenden Positionen.

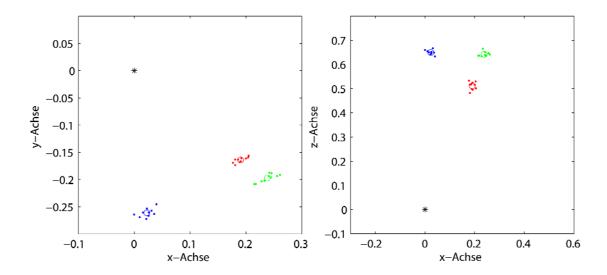


Abbildung 3: Abhängigkeit der Pose von der Verfahrrichtung (blau, rot, grün) Stern = Soll

Die Ergebnisse der kinematischen Messungen lagen für die Bahngenauigkeit bei 0,9 mm und für die Bahnwiederholgenauigkeit bei 0,2 mm. Die Orientierungsgenauigkeit konnte hier aus technischen Gründen nicht bestimmt werden.

Anschließend wurden die Untersuchungen der ISO 9283 für die Genauigkeitsprüfung von zwei Robotern, die kooperierend arbeiten, angepasst. Es wurde hierfür der Abstand der beiden Flansche voneinander bzw. die Differenzen in Lage und Orientierung zwischen den Flanschen beobachtet. Es hat sich gezeigt, dass die Abstände an den verschiedenen Testposen um bis zu 1 mm zum mittleren Abstand schwanken. Die Werte für die Orientierung, bezogen auf eine 30 cm-Werkzeug, entsprechen 10% des eben genannten Wertes.

Da es bei der Untersuchung der Bahngenauigkeit mit der am IPA zur Verfügung stehenden Ausrüstung nicht möglich war, die Bahnen beider Roboter gleichzeitig zu beobachten, musste ein Auswerteverfahren entwickelt werden, durch das zwar die zeitliche Verzögerung der Messung eliminiert, wodurch aber eine tatsächliche Bewegungsverzögerung eines Roboters gegenüber dem anderen verloren geht. Aus diesem Grund entsprechen die Ergebnisse für die Bahngenauigkeit in Kooperation einem minimalen Fehler. In Abbildung 4 ist die Veränderung der Abstände beider synchron geführter Toll Center Points im Verlauf einer Linearbahn für verschiedene Kombinationen dargestellt.

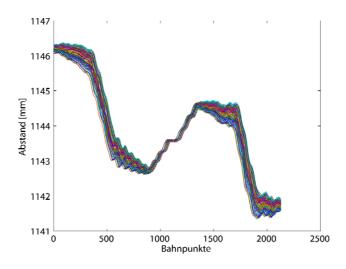


Abbildung 4: Abstände entlang der Linearbahn

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Genauigkeit der Roboter merklich von der Verfahrgeschwindigkeit und der Pose abhängig ist. Außerdem spielt die Temperatur des Roboters eine entscheidende Rolle, wie die Untersuchung der Drift gezeigt hat. Eine Untersuchung, inwiefern die Genauigkeit auch der Last abhängt, wurde nicht durchgeführt.