

Kurzzusammenfassung der Dissertation

Titel: Entwurf, Simulation und Optimierung mehrkamerabasierter 6D-Pose-Messsysteme (zur Verringerung der Positionsunsicherheit in der robotergestützten Koordinatenmesstechnik)

Promovent: Michael Kreutzer, (M.Sc.)

Hauptberichterstatter Prof. Dr. sc. techn. habil. Oliver Zirn

Robotergestützte Koordinatenmesssysteme haben gegenüber klassischen Koordinatenmessgeräten) viele Vorteile. Zum Beispiel die gute Integrierbarkeit in Produktionslinien und die hohe Beweglichkeit des Roboterarms, sowie die relativ niedrigen Investitionskosten. Jedoch liegt die Positionsunsicherheit eines Industrieroboters auch nach einer Kalibrierung weit über der eines typischen Koordinatenmessgeräts. Das Einsatzgebiet bleibt darum auf Messanwendungen mit geringen Genauigkeitsanforderungen beschränkt.

Abhilfe können externe kamerabasierte Zusatzmesssysteme zur Lagebestimmung der Roboterhand und des eingesetzten Koordinatenmesskopfs schaffen, wie sie teils auch zur Roboterkalibrierung eingesetzt werden. Marktübliche Systeme basieren aber meist auf teuren Spezialekameras und haben Schwächen in der Orientierungsmessung. Darum können sie nur in Ausnahmefällen wirtschaftlich betrieben werden oder erreichen keine hinreichende Genauigkeit.

In dieser Arbeit wird ein (mehr-)kamerabasiertes Pose-Messsystem (CPMS) entwickelt. Es besteht aus einem mobilen 3-Kamera-Pose-Sensor zur Montage an der Roboterhand. Dieser Sensor basiert auf Standardkameras und bestimmt seine räumliche Pose durch die Beobachtung raumfester photogrammetrischer Zielmarken.

Zur Herstellung der mathematischen Beziehung zwischen den Bildbeobachtungen der Zielmarken und der räumlichen Pose des Messsystems, wird ein Mehrkamera-Abbildungsmodell, sowie eine effiziente Vorgehensweise zur Lösung der daraus resultierenden Modellgleichungen erarbeitet.

Zur Konzeption eines optimalen Messsystemdesigns, das einen guten Kompromiss zwischen Aufwand, Kosten und Messgenauigkeit darstellt, sind zahlreiche Systemeigenschaften abzustimmen. Dies ist am realen System aufgrund unkontrollierbarer Variablen und komplexer Wechselwirkungen sehr schwierig. Aus diesem Grund wird eine Simulations-Umgebung entwickelt, mit der die Zusammenhänge zwischen Beleuchtung, Bildaufnahme und der räumlichen Kamera- und Zielmarkenanordnung systematisch untersucht werden.

Auf dieser Grundlage werden Zusammenhänge der Systemparameter aufgedeckt und Regeln für die Konzeptionierung eines CPMS erstellt. Durch eine systematische Untersuchung und Verbesserung der Kameraanordnung wurde die Pose-Messgenauigkeit bei Einsatz des gleichen Kameratyps wesentlich erhöht. Darüber hinaus konnte die Algorithmik zur Bestimmung der Lage einer Zielmarke im Kamerabild durch die Erweiterung mit Verfahren zum Ausgleich inhomogener Beleuchtung und der Kompensation von Bewegungsunschärfen verbessert werden.

Zuletzt werden anhand der Simulation praxisorientierte Verfahren zur Systemkalibrierung erarbeitet. Auch wird gezeigt, wie ein CPMS für eine spezifische Messanwendung am Rechner geplant werden und so Zeit und Kosten für aufwendige Experimentalaufbauten gespart werden kann.