

Grobkonzept

Automatisches finden von Fügepositionen

Özgür Gümüslü

März 2021

Contents

1	Aufgabenstellung	2
2	Grober Überblick der Wissenschaft und Technik	2
2.1	Hybride Kraft-/Lageregelung	3
2.2	Impedanzregelung	3
2.2.1	Impedanzregler im LBR iiwa 7 R800	4
3	Komponenten	5
4	Konzeptideen für die Umsetzung	7
4.1	Fügen	8
5	Weiteres Vorgehen	9
6	Literaturliste	9
6.1	Weitere Interessante Literatur	10

1 Aufgabenstellung

In dieser Arbeit wird versucht im Rahmen des Kontextstudiums in der Digital Factory ein Verfahren zu entwickeln welches es ermöglichen sollte ein Kugellager in ein Werkstück automatisch mittels eines Kollaborativen Roboters der Firma Kuka (iiwa R700) einzufügen.

2 Grober Überblick der Wissenschaft und Technik

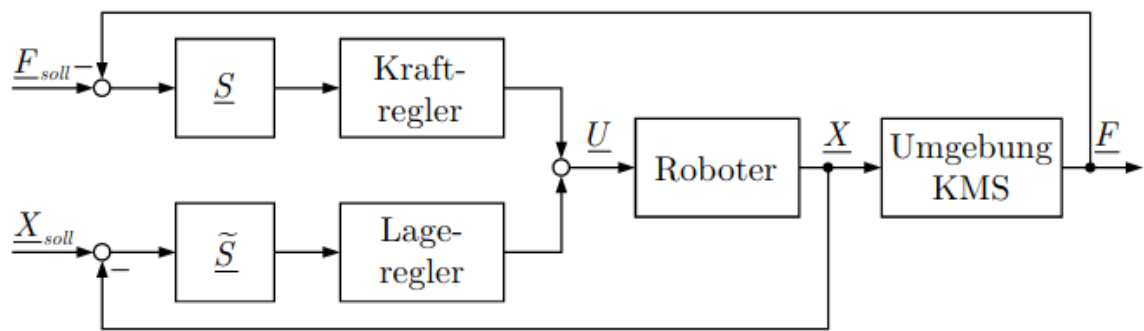
Kollaborative Roboter sind dafür ausgelegt ohne Schutzvorrichtungen mit Operatoren zusammen zu Arbeiten. Diese können in verschiedenen Modis eingesetzt werden:

- Koexistierend
In dieser Form arbeiten Manipulator und Operator zeitlich und räumlich von einander getrennt.
- Synchronisiert
Hier arbeiten sie im selben Raum, jedoch zeitlich voneinander getrennt.
- Kooperativ
Hier arbeiten sie räumlich und zeitlich zusammen, jedoch nicht am selben Bauteil.
- Kollaborativ
Im Gegensatz wird hier am selben Bauteil gearbeitet.

Ein zentraler Aspekt ist dabei die Sicherheit. Der KUKA LBR iiwa 7 R800 verfügt über Drehmomentensensoren die es erlaubt Kräfte in verschiedenen Achsen zu messen einerseits um sensitive Arbeiten durchzuführen andererseits um Quetschungen und andere Gefährdungen des Körperlichen Leibes zu vermeiden.

2.1 Hybride Kraft-/Lageregelung

Dieser besteht im wesentlichen aus zwei separaten Reglern. Hierfür wird der Raum in einen beschränkten und unbeschränkten Raum aufgeteilt. Im beschränkten Raum also in dem sich der Manipulator nicht frei bewegen kann, kommt der Kraftregler zum tragen. Im unbeschränkten Raum kommt der Lagereger zum Einsatz.



Hybrider Kraft-/Lagereger [1]

Durch die Beschränkungen der Bewegungen und Kräfte lassen sich Selektionsmatrizen ableiten welche in der oberen Abbildung unter \underline{S} und $\tilde{\underline{S}}$ dargestellt werden.

2.2 Impedanzregelung

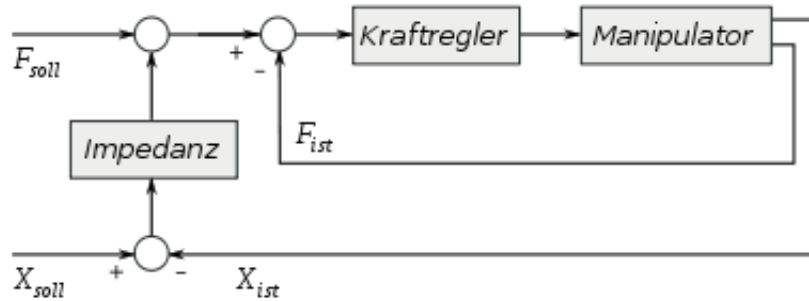
Der Kontakt zwischen Roboter und Umgebung kann mittels der Hilfe der mechanischen Impedanz bzw. Feder-Dämpfer-Masse-System modelliert im Zeitbereich als $f(t) = m\ddot{x}(t) + d\dot{x}(t) + cx(t)$ bzw.

im Bildbereich als $F(s) = (ms^2 + ds + c)X(s)$ werden.

Wobei folgendes für

- m ... Massenträgheitsmoment
- d ... Dämpfung
- c ... Steifigkeit

entspricht.[2]



Positionsbasierte Impedanzregelung[3]

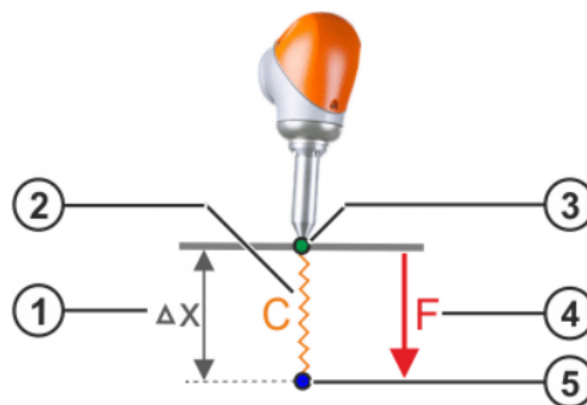
Mit Hilfe dieses Regelungskonzepts können Positionsänderungen mit Kräften und Drehmomenten in Beziehung gebracht werden.

2.2.1 Impedanzregler im LBR iiwa 7 R800

Der Kuka LBR iiwa 7 R800 hat bereits einen kartesischen Impedanzregler integriert. Sollte sich der Manipulator an der Fügeposition befinden, kommt diese Regelungsmethode zum Einsatz. Hierbei wird zwischen der Istposition und Sollposition eine virtuelle Feder eingesetzt welche sich im entspannten Zustand befindet. Wenn nun das Fügeteil mit dem Werkstück in Kontakt kommt, resultiert nach dem Federgesetz welche mit der eingestellten Federsteifigkeit C und Auslenkung Δx eine Kraft die entgegenwirkt und sich folgend berechnen lässt.

$$F = C * \Delta x$$

Mit dieser Kraft wird nun das Fügeteil in das Werkstück eingesetzt.

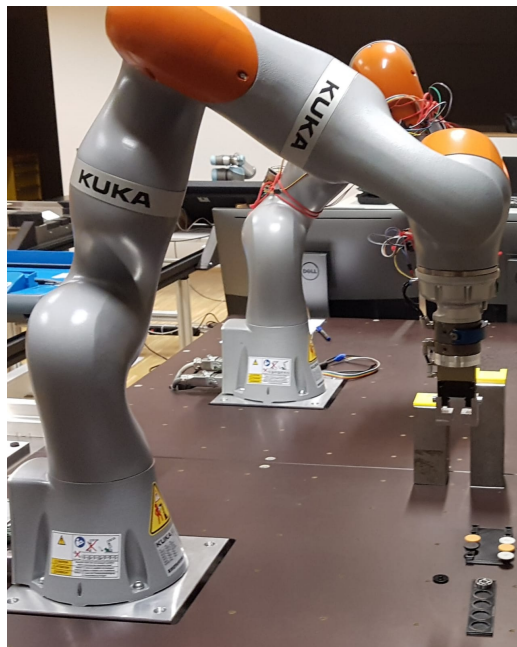


Berechnung der Kraft nach dem Federgesetz [4]

- 1...Auslenkung Δx
- 2...Virtuelle Feder mit der Federsteifigkeit C
- 3...Istposition
- 4...Resultierende Kraft
- 5...Sollposition

Diese Methode kann für alle drei Achsen im Raum angewendet werden. Mittels Kraftschwingungen(Lissajous-Figuren) können Rüttel-/Suchmuster angewendet werden. Auf welche im Grobkonzept nicht weiter eingegangen werden.

3 Komponenten



Kollaborativer Roboter der Firma Kuka Modell LBR iiwa 7 R800



Werkstück

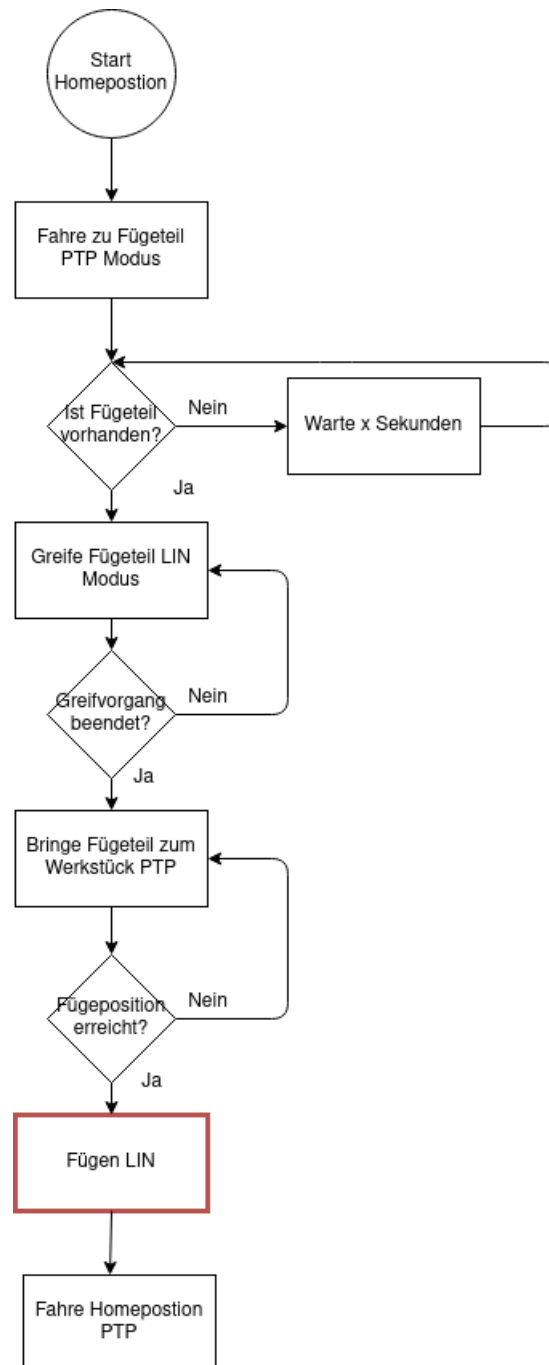


Fügeteil



Montiertes Werkstück

4 Konzeptideen für die Umsetzung

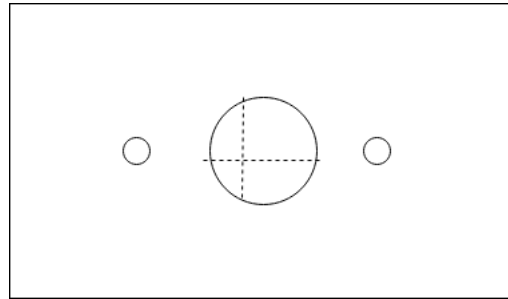


In der oberen Abbildung sollte ersichtlich sein wie dieser Prozess umgesetzt werden kann. Wie man sehen kann wurde der "Fügen im Linear Verfahren Teil" rot markiert weil hier ein großes Augemerck in dieser Arbeit gelegt wird.

4.1 Fügen

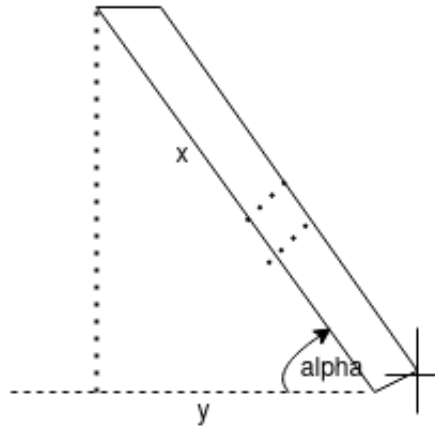
Ist das Werkstück richtig positioniert stellt das Fügen kein Hinderniss dar. Doch was ist wenn das Werkstück nicht optimal in der Fügeposition liegt?

- Wenn das Werkstück in der X/Y - Achse verschoben ist



Die schraffierten Linien sollten den Sollwert des Zentrums darstellen. In diesem Fall wäre es möglich in einer sogenannten Spiralsuche nach der Fügeposition zu suchen um das Fügeteil schlussendlich einzusetzen.

- Wenn das Werkstück nicht vollständig eben aufliegt



Hier sollte die Summe der Kräfte und Drehmomente nicht null sein, da, dass Fügeelement nicht eben auf dem Werkstück liegt. Somit sollte sich der Manipulator so bewegen bis die oben besagten physikalischen Eigenschaften in Summe null ergeben, anschließend kann mit der Spiralsuche fortgeführt werden. Es gilt hier weiter zu untersuchen welches Regelungskonzept wie es in Kapitel 2.1 erwähnt wurden sich für die Bewältigung der Füge Aufgabe besser eignet.

5 Weiteres Vorgehen

- Vertiefung und Bewertung der Konzeptideen
- Weitere Einarbeitung in Suchverfahren
- Ausarbeitung State-of-the-Art

6 Literaturliste

- [1] Alexander Winkler: Sensorgeführte Bewegung stationärer Roboter. Universitätsverlag Chemnitz, 2016, Hybride Kraft-/ Lageregelung S.39 - 41
- [2] Alexander Winkler: Sensorgeführte Bewegung stationärer Roboter. Universitätsverlag Chemnitz, 2016, Impedanzregelung S. 37

[3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftregelung>: Aktive Impedanzregelung

[4] Pub KUKA Sunrise.OS 1.15 SI (PDF) de, S. 534

6.1 Weitere Interessante Literatur

- Julia Katharina Berg: System zur aufgabenorientierten Programmierung für die Mensch-Roboter-Kooperation, 2020, Technische Universität München
- Daniel Schröter: Entwicklung einer Methodik zur Planung von Arbeitssystemen in Mensch-Roboter-Kooperation, 2017, Universität Stuttgart
- Christian Friedrich: Roboter manipulationsfähigkeiten zur Automatisierung von Instandhaltungsaufgaben, 2019 Universität Stuttgart
- Alexander Spiller: Unterstützung der Werkstückhandhabung kooperierender Industrieroboter durch Kraftregelung, 2014, Universität Stuttgart