



MASTERARBEIT

„Modellierung flexibler Verkabelungen
in Industrierobotern“

REZA BARZANOONI

Elitestudiengang Bavarian Graduate School of Computational Engineering

Technische Universität München, Dezember 2018

Modellierung flexibler Verkabelungen in Industrierobotern

Reza Barzanooni ist Absolvent des Master-Studiengangs „Computational Mechanics“ der Technischen Universität München und Absolvent des Elitestudiengangs „Bavarian Graduate School of Computational Engineering“ (BGCE). Im Zuge seiner Masterarbeit arbeitete er in Kooperation mit der Tebis AG an der Erweiterung der kinematischen Simulation von Industrierobotern, insbesondere der elastischen Verformung der Verkabelung an den Roboterarmen.

Industrieroboter und die Verformung der Verkabelung

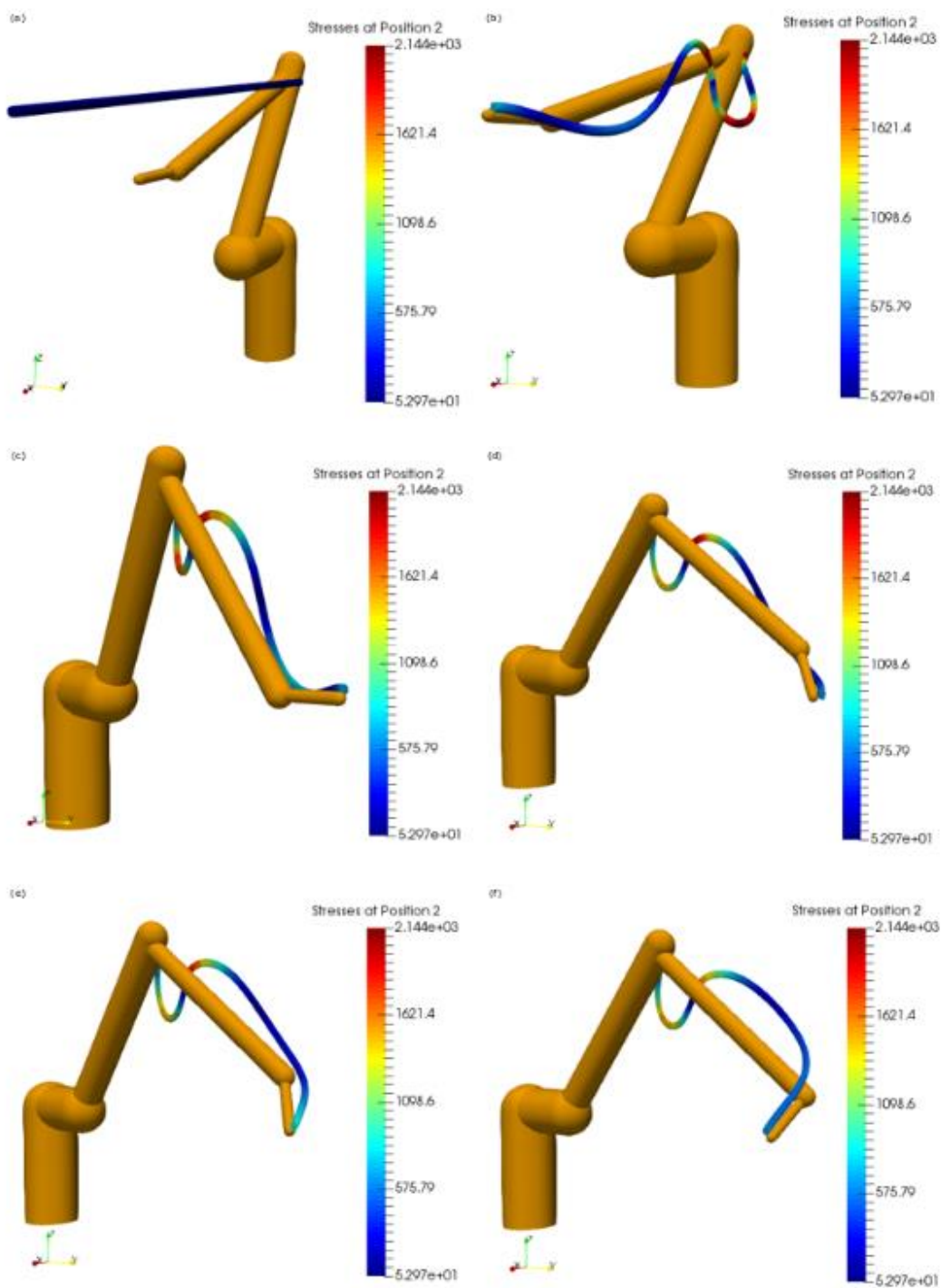
Die Arme von Industrierobotern spielen eine entscheidende Rolle bei der Automatisierung von Fließbändern. Aufgrund ihrer Fähigkeit relativ komplexe Bewegungen mit hoher Geschwindigkeit und Präzision auszuführen sind sie in modernen Fabriken weit verbreitet. Typische Anwendungen solcher Roboter sind Schweißen, Lackieren, Montieren, Fertigungsprüfung und Testen. Bereits jetzt existieren Simulationswerkzeuge mit denen Ingenieure kinematisch zulässige Bewegungen für Industrieroboter planen können. Allerdings berücksichtigen diese nicht die Verformung der Verkabelung an den Roboterarmen. Daher werden zahlreiche Bewegungskonfigurationen in Betracht gezogen, welche die Verkabelung beschädigen und dadurch den Roboter außer Betrieb setzen können. Im schlimmsten Fall führt dies zur Unterbrechung der gesamten Fertigung. Reza entwickelte ein Verfahren um die elastische Verformung der Verkabelung während der Roboterbewegung zu modellieren um damit kritische Verformungszustände zu identifizieren. Als Grundlage wurde die Finite-Elemente-Methode (FEM) verwendet.

Verformungsmodellierung der Verkabelung

In der Arbeit werden Kabel als Balken modelliert. Das sind Strukturelemente, die in einer Dimension größer sind als in den beiden anderen und gleichzeitigen Biegekräften widerstehen können. Da die Verkabelung während der Roboterbewegungen großen Verformungen ausgesetzt ist treten geometrische Nichtlinearitäten auf. Die sogenannte „Geometrically Exact“ (GE) Balkenformulierung wird als moderne numerische Behandlung geometrisch nichtlinearer Balkenprobleme betrachtet. In der Arbeit wird eine vereinfachte Version der Formulierung verwendet, die die besonderen Anforderungen an die Modellierung von Kabeln erfüllt. Zusätzlich wird das Gewicht der Verkabelung bei der Berechnung der Verformungen berücksichtigt.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Modellierung der Verformung der Verkabelung sind die Kontaktwechselwirkungen der Verkabelung mit den Roboterarmen. Durch das Hinzufügen einer zusätzlichen Bedingung zum Modell kann das Eindringen der Verkabelung in die Roboterarme in der Simulation verhindert. Dazu werden spezielle Rechenmethoden aus der Kontaktmechanik verwendet. Zusätzlich werden noch Vereinfachungen wie die Modellierung der Roboterarme als einfache analytische Oberflächen wie Zylinder oder Kugeln oder die Vernachlässigung der Reibung vorgenommen.

Die verwendeten Balken- und Kontaktformulierungen wurden durch etablierte Benchmark-Tests aus der Literatur verifiziert. Die in der Arbeit durchgeführten numerischen Simulationen haben gezeigt, dass die entwickelte Methode zur Simulation von Verformungen der Verkabelung und von Kontaktwechselwirkungen bei Roboterarmen geeignet ist und in der Lage ist diese Aufgabe in angemessener Zeit bei moderater Rechenleistung zu bewerkstelligen.



Das Bild zeigt den

Roboter und die angeschlossene Verkabelung während der Roboterbewegung. Die Verkabelung zeigt farblich die an einem bestimmten Punkt herrschenden Spannungen.
 Rechte: 2019 Technische Universität München