



# INDUSTRIE

M A N A G E M E N T



## Autonome Systeme

Dual-Arm Roboter  
für die Logistik

Zellulare Fördertechnik

Roboter mit Bahnplanung

Selbststeuerung  
in der Transportlogistik

Hybride Simulation

Wearable Computing  
System

Automatisierung  
in der Schuhindustrie

Produktionssysteme

Interaktive  
Managementsysteme

# Automatisierung in der Schuhindustrie

*Innovative robotische Konzepte zur Unterstützung komplexer handwerklicher Fertigungsprozesse*

Marc Ronthaler, José de Gea Fernández und Thomas Vögele, DFKI Robotics Innovation Center



Dr. Marc Ronthaler ist stellvertretender Leiter des Robotics Innovation Centers im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Bremen.



José de Gea Fernández arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter auf dem Gebiet der Manipulation im Robotics Innovation Center des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Bremen.



Dr. Thomas Vögele arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektentwickler an robotischen Lösungen für den Einsatz in verschiedenen Anwendungsbereichen im Robotics Innovation Center des IFKI.

Die Schuhindustrie zählt in Bezug auf die Anzahl der Beschäftigten zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen in Europa. Große Teile der Fertigungsprozesse sind allerdings immer noch

durch Handarbeit geprägt. Durch Optimierung des Produktionsprozesses und Automatisierung mithilfe robotischer Lösungen kann die Herstellung von qualitativ hochwertigen Produkten zu konkurrenzfähigen Preisen in Europa unterstützt werden. Dabei stehen die Hersteller modischer und hochpreisiger Schuhe im Zentrum.

Es gibt in vielen industriellen Bereichen, insbesondere in der Produktion, einen dringenden Bedarf an praxistauglichen Lösungen für flexibles, menschenähnliches Greifen und Manipulieren. Dies gilt im Besonderen für KMU mit schnell wechselnden Produktionszyklen und dem Bedarf einer Integration robotischer Systeme in eine manuelle Produktionslinie. Über KMU hinaus besteht dieser Bedarf vor allem in Branchen, die durch einen hohen Anteil an manuellen Tätigkeiten, eine große Zahl an Fertigungsvarianten, schwer zu standardisierenden Produkten oder auch schwer zu handhabenden oder besonders empfindlichen Objekten gekennzeichnet sind. Zusätzlich zu einer generell nötigen Flexibilität müssen robotische Systeme in diesen Anwendungsdomänen Manipulationseigenschaften haben, die den menschlichen

Greif- und Handhabungsfähigkeiten nahe kommen.

Ein Beispiel für eine solche Branche, die aufgrund besonderer, domänenspezifischer Schwierigkeiten einen sehr niedrigen Automatisierungsgrad aufweist und besondere Anforderungen an die Flexibilität, Autonomie und Handhabungsfähigkeit möglicher robotischer Unterstützung stellt, ist die Schuhindustrie.

## Die Schuhindustrie – ein wichtiger Wirtschaftszweig

Hinsichtlich der Anzahl der Beschäftigten zählt die Schuhindustrie zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen in Europa. Allerdings gehen die Umsätze in Europa in diesem Sektor zu Gunsten der Billiglohnländer zurück. In Europa werden hochpreisige Schuhe derzeit noch größtenteils handgefertigt. Die Variantenvielfalt aufgrund der hohen Zahl an un-

Bild 1: Herstellung von Schuhen.



### Kontakt

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)  
Robotics Innovation Center  
Robert-Hooke-Straße 5  
28359 Bremen  
Tel.: 0421 / 17845-4100  
E-Mail: [robotik@dfki.de](mailto:robotik@dfki.de)  
URL: <http://www.dfki.de/robotik>

verschiedlichen Modellen, verschiedenen Größen und Farben macht eine Automatisierung des Produktionsprozesses ausgesprochen schwierig:

- Jährlich werden mindestens zwei unterschiedliche Kollektionen (Sommer und Winter) an Schuhen, Sandalen, Stiefeln etc. vorgestellt, die im Schnitt aus 200 verschiedenen Modellen je Firma bestehen.
- Es müssen je Modell mindestens sechs unterschiedliche Größen und diese für zwei unterschiedliche Seiten (links und rechts) hergestellt werden.
- Jedes Modell kann in verschiedenen Lederqualitäten und diese wiederum in verschiedenen Farben hergestellt werden.

Zusätzlich sind die Fertigungsverfahren in der Schuhherstellung sehr komplex und der Arbeitskräftebedarf während der Qualitätskontrolle und den Verpackungsprozessen entsprechend groß:

- Für jedes Modell muss ein Leisten hergestellt werden, der die ungefähre Form des menschlichen Fußes nachbildet und mit dessen Hilfe die zahlreichen Bestandteile eines Schuhs hergestellt, verarbeitet und zusammengefügt werden.
- Der Prozess des Zusammenfügens der einzelnen Teile ist sehr arbeitsintensiv (etwa 25 verschiedene Vorgänge) und durch variierende Formen, der unterschiedlichen Elastizität des Leders sowie der Deformierbarkeit des Materials schwierig in Bezug auf die Manipulation.
- Qualitätskontrolle und Verpackung erfordern ein hohes Maß an Handarbeit: Jedes Paar Schuhe muss einer Endkontrolle unterzogen werden, bei der die gleichmäßige Färbung des Leders, die Passung der Teile auf dem Leisten usw. geprüft werden. Schließlich wird jeder Schuh in Seidenpapier eingeschlagen und beide Schuhe im Karton arrangiert.

Um den Automatisierungsgrad in der Schuhindustrie zu erhöhen und Konzepte für die kurz- bis mittelfristige Einführung robotischer Systeme zur Unterstützung der beschriebenen komplexen Produktionsschritte zu erarbeiten, fördert die Europäische Union das ROBOFOOT-

Projekt. Das Projekt hat zum Ziel, den Produktionsprozess zu optimieren und zu automatisieren, um es der Schuhindustrie zu ermöglichen, auch zukünftig qualitativ hochwertige Produkte zu konkurrenzfähigen Preisen in Europa herstellen zu können. Im Zentrum stehen die Hersteller von modischen und hochpreisigen Schuhen, ein Sektor, auf dem Europa immer noch eine führende Rolle einnimmt. ROBOFOOT wird von einem Konsortium bestehend aus zehn Institutionen aus drei europäischen Ländern (Italien, Spanien und Deutschland) durchgeführt (<http://www.robofoot.eu/>), darunter das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI).

## Robotische Lösungen

Das DFKI Robotics Innovation Center in Bremen untersucht den Einsatz von zweiarmigen Robotern und mehrfingerigen Händen für die Schuhproduktion und entwickelt eine Lernkomponente zum Greifen und zur Manipulation von Schuhen mittels einer mehrfingerigen Hand.

Derzeit wird die menschliche Fähigkeit, die eigene Hand beim Greifen präzise zu formen und dem zu greifenden Objekt anzupassen, durch technische Systeme noch nicht erreicht. Der Grund für diesen enttäuschenden, und für die Entwicklung vieler Branchen hinderlichen Zustand liegt darin, dass zum Greifen eines Objekts komplexe Transformationen nötig sind, um eine Abbildung der 3D Geometrie des Objekts auf die Steuerung der Handmuskeln zu erreichen.

Der aktuelle Stand der Forschung geht davon aus, dass Menschen Informationen über die Lage eines zu greifenden Objekts im Raum verwenden, um ihrer Hand in Richtung auf das Objekt zu bewegen. Um das Objekt zu greifen, verlassen sich



Bild 2: Bearbeiten von Schuhen.

Menschen auf die geometrischen Eigenschaften des Objekts (im wesentlichen Form und Größe), um die Stellung der Finger relativ zum Daumen zu bestimmen [1]. Aktuelle neurophysiologische Untersuchungen zeigen, dass Informationen über die Geometrie eines Objekts spezifische motorische Aktionen anstoßen, um Greifstrategien anzupassen [2]. Ebenso ist bekannt, dass Objekteigenschaften wie Fragilität, Größe der Kontaktfläche, Textur oder Gewicht die Greifstrategie beeinflussen [3]. Obwohl es Versuche gegeben hat, menschliches Greifen und Handhabung mit robotischen Systemen zu imitieren, sind diese Versuche noch sehr weit von der menschlichen Leistungsfähigkeit entfernt.

Nachbildungen der menschlichen Hand als Greifer werden aktuell beinahe ausschließlich in Prothesen oder in der Telemanipulation verwendet, da ihre Steuerung aufgrund der Ähnlichkeit mit der menschlichen Hand dem menschlichen Bediener vergleichsweise leicht fällt.

Um eine große Bandbreite unterschiedlicher Objekte handhaben zu können, sind über das reine Greifen der Hand hinaus noch zwei Arme nötig, die in Kombination mit einem Oberkörper das flexible Erreichen und Manipulieren von Objekten ermöglichen. Obwohl große Fortschritte in Bezug auf das robotische Greifen und Erreichen gemacht wurden, ist die Kluft zwischen der menschlichen Leistung und der eines Roboters doch noch sehr groß.

Dual-Arm Systeme werden sowohl in Forschungsprojekten, als auch von Herstellern robotischer Systeme entwickelt. Allerdings ist die Einsatzfähigkeit dieser Systeme immer noch sehr begrenzt, da sie sehr komplex und vergleichsweise langsam sind. Andererseits muss betont werden, dass in vielen industriellen Anwendungsgebieten, insbesondere in definierten, kontrollierten Umgebungen mit einer begrenzten Anzahl möglicher Aufgaben, einarmige Manipulatoren der Anwendung angemessen und sowohl der menschlichen Hand, wie auch einem Dual-Arm System überlegen sind.

Einer der wesentlichen Gründe für das unzureichende Verhalten robotischer Systeme in komplexen Applikationsdomänen wie bspw. der Schuhindustrie liegt darin, dass diese Systeme allein auf der Basis ihrer eingebauten Sensoren und ihrer integrierten Fähigkeiten zur Identifikation, Handhabung und zum Greifen eines Objekts agieren. Die Leistungsfähigkeit robotischer Systeme könnte dramatisch gesteigert werden, wenn der Roboter in einer angemessen instrumentierten Umgebung tätig wäre. In einer solchen Umgebung würden Informationen über das Objekt (Gewicht, Größe, Zustand, Angriffspunkte, Handhabungsanweisungen, Bestimmungsort etc.) dem Roboter automatisch und in maschinenverständlicher Form übermittelt und müssten nicht mehr aufwendig vom Roboter inferiert werden. Aktuelle Robotersysteme für intelligente Manipulation (d.h. außerhalb einer kontrollierten, industriellen Umgebung wie der einer Fabrik) verwenden Kameras, um diese Objektinformationen (Identifikation des Zielobjekts, Position, Lage im Raum, Angriffspunkte etc.) zu erhalten, aber trotz elaborierter Ansätze für maschinelles Sehen ist dieses Vorgehen weit von einer generellen Lösung und einer ausreichenden Robustheit bspw. in Hinblick auf wechselnde Lichtverhältnisse entfernt.

Eine elegante und technisch effiziente Lösung für dieses Problem wäre der Einsatz von RFID-basierten Techniken. RFID wird bereits in zahlreichen Anwendungen, insbesondere in der Logistik, eingesetzt und könnte zukünftig auch für den Einsatz in Produktionsszenarien

in Frage kommen. Über ein RFID Label an einem Produkt oder an Objekten wie bspw. einer Verpackung kann ein „digitales Produktgedächtnis“ etabliert werden, das geometrische Parameter wie Gewicht und Größe des Objekts, als auch Informationen über Textur, Inhalt (flüssig, fest etc.) und Zustand (im Falle eines Behälters bspw. offen/geschlossen) bereit stellt [4, 5]. Aus diesen Informationen kann der Roboter direkt schließen, ob ein Objekt besser von oben oder von der Seite gegriffen werden sollte, oder ob ein Griff vorhanden ist. Gleichmaßen kann das Objekt den Roboter über den Objektinhalt und mögliche Konsequenzen für den Transport informieren, bspw. wenn ein Objekt nicht gekippt werden darf, da es sich um einen offenen, gefüllten Behälter handelt. Große oder schwere Objekte können ihr Gewicht mitteilen und dadurch eine optimierte Handhabungsstrategie erwirken (Zwei-Arm vs. Ein-Arm Manipulation, beide Arme an den Objektseiten vs. ein Arm unter dem Boden und einer an der Spitze etc.).

Die auf einem RFID Label zur Verfügung gestellten Daten können den Roboter ausreichend über das Zielobjekt und die angemessenen, objektspezifischen Handhabungsstrategien informieren.

Die Kombination aus den angestrebten Fortschritten bei der Objektmanipulation mit Dual-Arm Systemen und nach dem Vorbild der menschlichen Hand gebauten Greifern einerseits und der Entlastung des Roboters durch eine maschinenlesbare, am Objekt angebrachte „Gebrauchsanleitung“ andererseits wird unseres Erachtens Systeme möglich machen, die auch in äußerst komplexen und bislang wenig oder gar nicht automatisierten Anwendungsdomänen, wie sie oben beschrieben wurden, erfolgreich und sicher handeln können.

#### Literatur

- [1] Jeannerod, M.: Intersegmental coordination during reaching at natural visual objects. In: Long, J.; Baddeley, A. (Eds): Attention and performance IX. Hillsdale, NJ (USA) 1981, pp. 153-169.
- [2] Cattaneo, L.; Voss, M.; Brochier, T.; Prabhu, G.; Wolpert, D. M. and Lemon R. N.: A cortico-cortical mechanism mediating object-driven grasp in humans.

In: PNAS 102 (2005) January, pp. 898-903.

- [3] Smeets, J. B. J; Brenner, E.: A new view on grasping. Motor Control 3 (1999) Jul, pp. 237-271.
- [4] Wahlster, W.; Kröner, A.; Schneider, M.; Baus, J.: Sharing Memories of Smart Products and Their Consumers in Instrumented Environments. In: it - Information Technology 50 (2008) 1, pp. 45-50.
- [5] SemProM: Homepage. URL: <http://www.sempro.org>, Abrufdatum: 16.11.2010.

#### Schlüsselwörter:

Robotische Lösungen in der Produktion, Schuhindustrie, Dual-Arm Manipulation, flexible Handhabung

*Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts „ROBOFOOT“, das von der Europäischen Kommission gefördert wird (grant agreement no: 260159; FP7-2010-NMP-ICT-FoF).*

#### Automation in the Footwear Industry – Innovative Robotics to Support Complex Artisan Production

Shoe manufacturing provides employment to a large number of European citizens. Large parts of the manufacturing process are still dominated by manual work. Robotic solutions to automate and optimize the production can ensure that European companies, in particular manufacturers of high-quality, high-price fashion shoes, retain their competitive edge on the global markets. There are many sectors of industry, in particular industrial production, that have a strong need for practical, flexible, and human-like manipulation and gripping. This is true in particular for SMEs characterized by fast changing product-cycles and the need for robots that can be integrated in manual product lines. In general, all industrial sectors with a high percentage of manual labour, a large number of product variants, and non-standardized or delicate products do need robots that exhibit a general flexibility and the capacity for human-like manipulation. Shoe manufacturing is an example for an industrial sector that, due to its tough requirements to robotic systems regarding flexibility, autonomy, and dextrous manipulation, today still has a low degree of automation.

#### Keywords:

robotics in manufacturing, footwear industry, dual-arm manipulation, dextrous gripping