

# Kollisionsvermeidung und Pfadplanung im diskreten Gelenkwinkelraum redundanter Manipulatoren

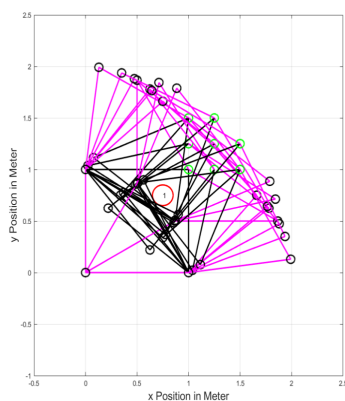
## Collision Avoidance and Path Planning in Discrete Joint Space of Redundant Manipulators

Martin Sereinig, Johannes Gerstmayr, Martin Pfurner  
Universität Innsbruck, 6020 Innsbruck, Österreich  
{martin.sereinig, johannes.gerstmayr, martin.pfurner}@uibk.ac.at

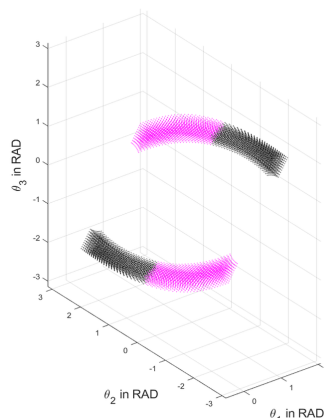
### Kurzfassung

Seit einigen Jahren sind redundante Robotersysteme immer mehr in den Fokus von Forscherinnen und Forschern gerückt. Vor allem im Bereich der mobilen Manipulatoren sind redundante Systeme kaum zu vermeiden. Dabei werden Manipulatoren, die oft einen Freiheitsgrad größer sechs besitzen, auf mobile Plattformen mit (Positions-)Freiheitsgrad drei montiert. Das entstehende Gesamtsystem besitzt gewöhnlich einen Freiheitsgrad größer oder gleich neun und muss somit als redundantes System modelliert werden. In [1] wird eine Übersicht über mobile Manipulatoren gegeben. Zusätzlich wird an weiteren hoch redundanten Systemen, wie in [2] beschrieben, geforscht.

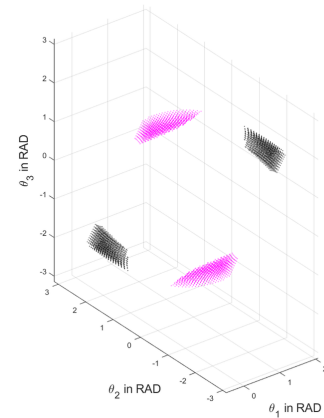
Anders als bei konventionellen, stationären Industrierobotern mit einem Freiheitsgrad gleich sechs, können redundante Roboter, wie oben beschrieben, während der Bewegung der Basis die Position und Orientierung des Endeffektors beibehalten. Eine weitere mögliche Ausnutzung der Redundanzen kann darin liegen, einem Objekt auszuweichen, während der Endeffektor einer bestimmten Bahn folgt. Das Erfüllen von bewegungstechnisch schwierigen Aufgaben, wie das Greifen in einem Rohr, kann durch redundante Systeme möglich gemacht werden.



(a) Mögliche Lösungen zur Erreichung bestimmter Punkte mit  $n_{\theta_1} = 4$ ,  $n_x = 3$ ,  $n_y = 3$ ,  $x_{min} = y_{min} = 1$ ,  $x_{max} = y_{max} = 1.5$ .



(b) Ausschnitt aus dem Gelenkwinkelraum mit  $n_{\theta_1} = 50$ ,  $n_x = 10$ ,  $n_y = 10$ ,  $x_{min} = y_{min} = 1$ ,  $x_{max} = y_{max} = 1.5$  und ohne Objekt.



(c) Ausschnitt aus dem Gelenkwinkelraum mit  $n_{\theta_1} = 50$ ,  $n_x = 10$ ,  $n_y = 10$ ,  $x_{min} = y_{min} = 1$ ,  $x_{max} = y_{max} = 1.5$  und mit Objekt.

**Bild 1** Untersuchungen der Positionieraufgabe anhand eines planaren Manipulators mit Freiheitsgrad drei.

Das Problem der Bahnplanung und Kollisionsvermeidung durch redundante Konfigurationen kann durch unterschiedlichste Methoden gelöst werden. In [3] beschreiben die Autoren die Lösung basierend auf numerischen Optimierungsalgorithmen unter Nutzung der Pseudoinversen der Jacobi-Matrix. In [4] werden wiederum neuronale Netze genutzt, um eine Lösung des Problems für einen planaren Manipulator mit drei Gelenken zu finden. In [5] und [6] wird ein Ansatz gezeigt, bei dem zur Lösung nicht ausschließlich der kartesische Arbeitsraum des Roboters, sondern auch der Gelenkwinkelraum verwendet wird.

Im Zuge der vorliegenden Arbeit sollen Möglichkeiten der Pfadplanung und Kollisionsvermeidung von redundanten Systemen unter Nutzung des Gelenkwinkelraumes und der inversen Kinematik untersucht und mit bestehenden Lösungen verglichen werden. Erste Schritte werden am Beispiel eines planaren seriellen Manipulators mit Freiheitsgrad drei (wie auch in [4] beschrieben) durchgeführt. Die Orientierung des Endpunktes wird außer Acht gelassen, somit verfügt das System über eine Redundanz vom Grad eins. Bild 1a zeigt mögliche Konfigurationen zum Erreichen der Zielpositionen (grün), wobei der Manipulator um das Objekt (rot) herumgeführt wird. Die durch das Objekt ausgeschlossenen Konfigurationen werden aus dem Gelenkwinkelraum ausgenommen. Bild 1b zeigt einen Ausschnitt aus dem diskreten Gelenk-

winkelraum anhand einer Punktwolke (diskreter Volumskörper) ohne Berücksichtigung eines Objektes. Zum Unterschied wird in Bild 1c dieselbe Punktwolke ohne die durch das Objekt auszuschließenden Konfigurationen der Gelenkwinkel gezeigt.

Ziel ist es, durch eine Kombination von analytischen und numerischen Methoden eine optimale Bahnplanung unter Berücksichtigung von Hindernissen im Gelenkwinkelraum durchzuführen. Im rein numerischen Ansatz entstehen im Gelenkwinkelraum diskrete Hyperquader, welche durch Hindernisse beschnitten werden. Jedes verbleibende, zusammenhängende Netz aus Hyperquadern stellt ein Gebiet dar, welches in der Bahnplanung eingesetzt werden kann. D.h., befinden sich Start- und Endposition innerhalb eines zusammenhängenden Netzes, so ist eine Fahrt möglich. Da dieser Ansatz mit höherer Dimension zu hohem Speicher- und Rechenbedarf führt, sollen die Gebiete möglichst auf Gleichungsebene durch Ungleichungen beschrieben werden. Somit folgt für die Bahnplanung ein zusammenhängender Satz an Gebieten. In dieser Arbeit werden die unterschiedlichen Ansätze, ausgehend von der bestehenden Literatur, getestet und bewertet. Zukünftig sollen analytische Lösungen der inversen Kinematik wie in [7] genutzt werden, um auch höher redundante Systeme im räumlichen Fall untersuchen zu können.

## Literatur

- [1] Brandstötter, M.; Mirkovic, D.; Hofbaur, M.: *Mobile Manipulation – Eine altbekannte Technologie findet durch sensitive Robotertechnologie Einzug in die Industrie*. In: C-AR2017 Conference on Automation and Robotics (2017).
- [2] Pieber, M.; Neuraüter, R.; Gerstmayr, J.: *An Adaptive Robot for Building in-plane Programmable Structures* IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (2018), S. 5321–5327.
- [3] Zlajpah, L.; Petric, T.: *Obstacle Avoidance for Redundant Manipulators as Control Problem*. In: Serial and Parallel Robot Manipulators – Kinematics, Dynamics, Control and Optimization (2012), S. 203–230.
- [4] Choong, P. M.; et al.: *Simulation of a Three-links Planar Redundant Manipulator for Obstacle Avoidance Using Neural Networks*. In: IEEE Industrial Electronics and Applications Conference (2016), S. 297–303.
- [5] Bhattacharya, S.; Pivtoraiko, M.: *A Classification of Configuration Spaces of Planar Robot Arms for a Continuous Inverse Kinematics Problem*. In: Acta Applicandae Mathematicae (2015), S. 133–166.
- [6] Stilman, M.: *Global Manipulation Planning in Robot Joint Space With Task Constraints*. In: IEEE Transactions on Robotics (2010), Vol. 26, no. 3, S. 576–584.
- [7] Husty, M.; Pfurner, M.; Schröcker, H.: *A New and Efficient Algorithm for the Inverse Kinematics of a General Serial 6R Manipulator*. In: Mechanism and Machine Theory (2007), S. 66–81.

## **Kollisionsvermeidung und Pfadplanung im diskreten Gelenkwinkelraum redundanter Manipulatoren**

Sereinig, Martin Siegfried; Gerstmayr, Johannes; Pfurner, Martin

In: IFToMM D-A-CH Konferenz / Fünfte IFToMM D-A-CH Konferenz 2019

Dieser Text wird über DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt.

Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: <https://doi.org/10.17185/duepublico/48196>

URN: <urn:nbn:de:hbz:464-20190221-184148-2>

Link: <https://duepublico.uni-duisburg-essen.de:443/servlets/DocumentServlet?id=48196>

Lizenz:

Sofern nicht im Inhalt ausdrücklich anders gekennzeichnet, liegen alle Nutzungsrechte bei den Urhebern bzw. Herausgebern. Nutzung - ausgenommen anwendbare Schrankenregelungen des Urheberrechts - nur mit deren Genehmigung.