

# Konzeption und Implementierung eines reaktiven Pfadplanungsverfahrens für 3D-Umgebungen basierend auf dem Elastic Band Framework

Helge Scheel

Masterarbeit • Studiengang Informatik • Fachbereich Informatik und Medien • 14.10.2014

## Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption und Implementierung eines reaktiven Pfadplanungsverfahrens für einen autonomen mobilen Roboter in einer 3D-Umgebung. Für das Robot Operating System (ROS) ist ein Elastic-Band-Verfahren gegeben, das für den Einsatz in einer 3D-Umgebung erweitert werden soll.

## Care-O-bot® 3

Als Roboter wird für diese Arbeit der am Fraunhofer IPA entwickelte Care-O-bot® 3 verwendet. Die Roboterbasis verfügt über drei Freiheitsgrade. Der Manipulator des Roboters wird bei der Pfadplanung berücksichtigt, aber als statisch angenommen.

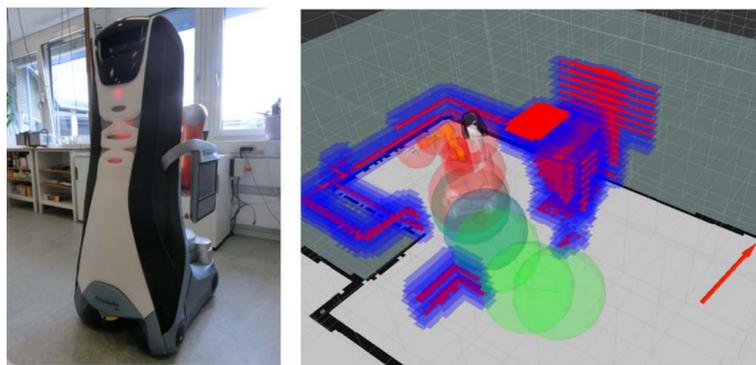


Abb. 1: Care-O-bot® 3: Außenansicht und simuliert in einem Test

## Elastic Strip Framework

Das Elastic Band Framework verbindet globale und lokale Pfadplanung. Ein globaler Pfad wird erstellt und als ein elastisches Band interpretiert, das zwischen der aktuellen Roboterpose und der Zielpose gespannt ist. Das Band wird durch interne und externe Kräfte in Echtzeit an die dynamische Umgebung angepasst und führt so um Hindernisse herum. Das Band besteht aus Blasen (in 2D z. B. Kreise), die den Freiraum um die Roboterbasis entlang des geplanten Pfades approximieren.

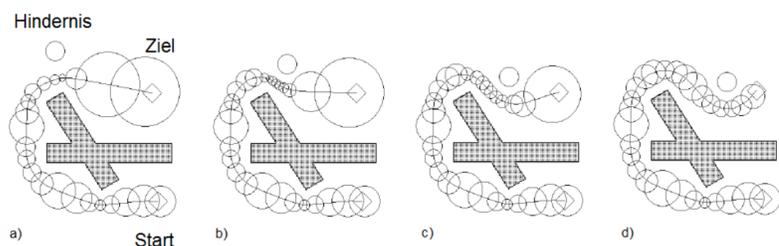


Abb. 2: Elastisches Band, das durch ein Hindernis deformiert wird

Das Elastic Strip Framework erweitert das Elastic Band Framework und agiert im Arbeitsraum statt im Konfigurationsraum. Der verwendete elastische Streifen besteht aus mehreren, unabhängig von einander optimierten elastischen Bändern. Da der globale Pfad in dieser Arbeit zwei- statt dreidimensional ist und der Roboter sich nur in der Ebene bewegen kann, wurde das Elastic-Strip-Verfahren modifiziert. Die aktuelle Pose des Roboters wird durch eine Hülle aus mehreren Blasen approximiert. Ein elastischer Streifen wird simuliert, indem die Hülle auf jede Pose des globalen 2D-Pfades projiziert wird. Kräfte, die auf die Blasen des Streifens wirken, werden für jede Pose

des 2D-Pfades kombiniert. Die kombinierten Kräfte deformieren den Streifen und sind Grundlage zur Steuerung des Roboters.

## 3D-Karte

Die vorhandene Pfadplanung nutzt eine 2,5D-Gitterkarte, in der Hindernisse in unterschiedlichen Höhen in die Ebene projiziert werden. Hindernisse werden aufgebläht und Kosten für jede Gitterzelle anhand der Entfernung zum nächsten Hindernis berechnet. Um die Geometrie des Roboters vollständig zu berücksichtigen, wurde die Pfadplanung um eine 3D-Gitterkarte ergänzt. Das Aufblähen der Hindernisse und die Berechnung der Kosten erfolgt analog für drei Dimensionen.

## Evaluierung

Es wurden vier Testszenarien entwickelt, um die Pfadplanung in statischer, dynamischer und unstrukturierter Umgebung sowie bei der Durchquerung einer Türöffnung zu evaluieren. Die Testszenarien wurden jeweils in vier unterschiedlichen Roboterposen absolviert, die Einfluss auf das erwartete Verhalten haben. Die Analyse der erfassten Daten orientierte sich an zwölf Leistungsmerkmalen, wie Fahrzeit und Abstand zu Hindernissen.

## Ergebnisse

Die Analyse der Testszenarien zeigt im Vergleich zum vorhandenen Pfadplanungsverfahren insgesamt bessere Ergebnisse des entwickelten Pfadplanungsverfahrens. Die Zielpose wurde häufiger erreicht, die Geometrie des Roboters bei der Pfadplanung berücksichtigt und Hindernisse vollständig in drei Dimensionen beachtet. Das entwickelte Pfadplanungsverfahren wurde den hohen Anforderungen der Testszenarien meist gerecht. Insgesamt traten weniger Kollisionen als beim vorhandenen Pfadplanungsverfahren auf, dennoch besteht in dieser Beziehung Bedarf zur Weiterentwicklung.

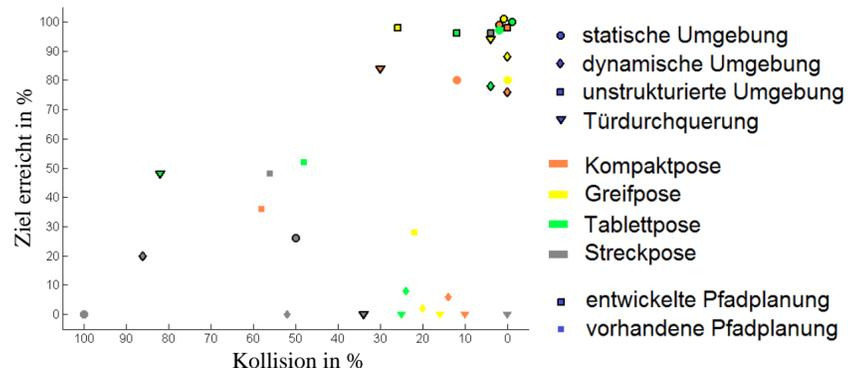


Abb. 3: Ergebnisse unterschiedlicher Testszenarien als Streudiagramm

## Fazit

Das vorhandene Elastic-Band-Verfahren wurde erfolgreich zur kollisionsfreien und effizienten Pfadplanung unter Nutzung einer 3D-Karte erweitert. Schwächen des vorhandenen Pfadplanungsverfahrens konnten dabei überwunden werden. Der Mehraufwand durch das entwickelte Pfadplanungsverfahren stellt für den praktischen Einsatz keine Einschränkung dar.