

# Intuitive Roboterprogrammierung und automatisierte Bahnplanung

Dipl.-Ing. Wolfgang Vogl, Dipl.-Ing. Ulrich Munzert, Dipl.-Ing. Jens Hatwig,  
Dipl.-Ing. Stefan Krug

Das *iwb* stellt einen integrierten Ansatz vor, mit dem komplexe robotergestützte Prozesse auf einfache und effiziente Weise programmiert und hinsichtlich der Taktzeit optimiert werden können. Dieses Vorgehen wird am Beispiel des Remote-Laserstrahlschweißens (RLS) ausgeführt. Es wird der Ansatz eines integrierten aufgabenorientierten Systems verfolgt, welches die folgenden drei Innovationen vereint:

- 3D-Visualisierung und direkte räumliche Interaktion am realen Bauteil basierend auf projektionsgestützter, erweiterter Realität (engl. Augmented Reality, AR); dies dient der einfachen Beschreibung der Fertigungsaufgabe.
- Automatisierte Bestimmung einer optimierten Aktions- und Bewegungsabfolge auf Basis der Aufgabenbeschreibung unter Berücksichtigung benutzerdefinierter Prozessrandbedingungen.
- Direkte Überführung der berechneten Stützpunkte in ein lauffähiges und optimiertes Roboterprogramm.

## Intuitives Programmiersystem

Am *iwb* wird derzeit eine Augmented-Reality-Umgebung entwickelt, die Methoden der Off-line-Programmierung mit denen der On-line-Programmierung verbindet.

Dem Benutzer wird die Bahnkurve des Roboters dabei durch Laserprojektion direkt in die reale Umgebung eingeblendet. Mit Hilfe eines Zeigers, dessen Position von Infrarotkameras erfasst wird, können Bahnkurven des Roboters eingegeben, räumlich in der realen Roboterumgebung betrachtet und interaktiv manipuliert werden. Es ist dem Programmierer möglich, die Bahnkurve des Tool Center Point (TCP) direkt am realen Werkstück in 3D einzuzeichnen. Die eingegebenen Daten werden als Aufgabenbeschreibung zur Bahnberechnung hinterlegt.

## Bahnplanung und -optimierung

Zur Erstellung von Programmen auf Basis dieser Aufgabenbeschreibung wurden geeignete Algorithmen entwickelt. Ausgehend von der Beschreibung berechnen diese eine oder mehrere optimierte Roboterbahnen und berücksichtigen dabei den Lösungsraum der Schweißaufgabe. Dabei erfolgt die Optimierung durch Planung des Optischwerpunktes beim Festoptischschweißen bzw. durch Planung der Handwurzelpunktbahn bei Verwendung von Zoomoptiken.

## Erfahrungen und Ausblick

Das System wurde für RLS-Applikationen getestet. Diese Versuche zeigten, dass zum einen die Programmierzeit deutlich - bis zu 69 % - reduziert werden kann, zudem erfordert das System kein Expertenwissen der Roboterprogrammierung sondern lediglich Prozesswissen des Anwenders.

Die Benutzung des Systems erweist sich als intuitiv und schnell erlernbar. Darüber hinaus entfällt ein großer Teil des für die Off-line-Programmierung notwendigen Modellierungsaufwandes. Die Genauigkeit der aufgezeichneten Punkte liegt derzeit im Bereich weniger Zehntelmillimeter und ist damit für zahlreiche Applikationen durchaus ausreichend. Hinsichtlich der Präzision der Visualisierung werden am *iwb* geeignete Maßnahmen und Hilfsmittel untersucht, um eine breite Anwendbarkeit zu gewährleisten.

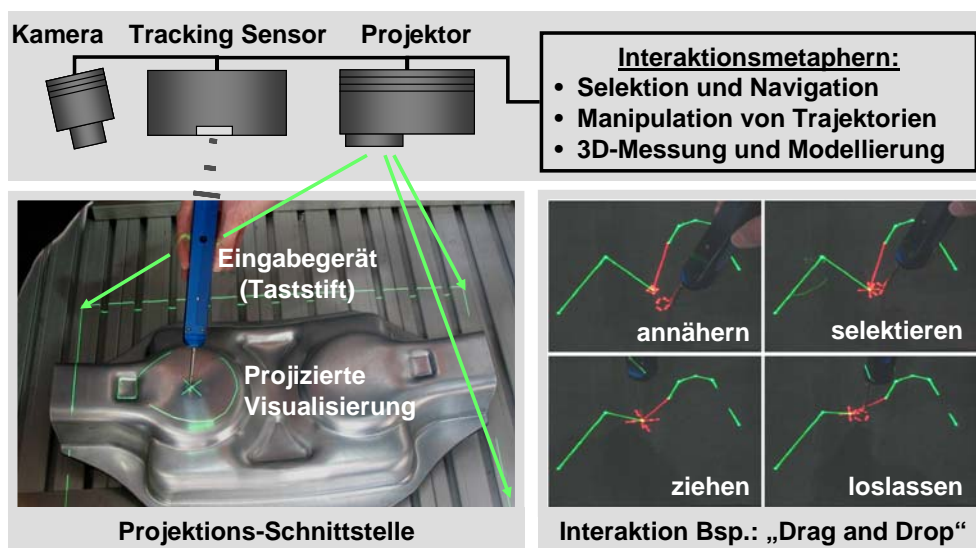
Der wesentliche Vorteil des Systems ist darin zu sehen, dass die generierten Programme hinsichtlich der Taktzeit innerhalb der Prozessrandbedingungen optimiert sind. In den durchgeführten Tests wurden damit selbst die von Experten durch manuelle Programmierung erzielten Taktzeiten um bis zu 38 % unterschritten.

# Intuitive Roboterprogrammierung und automatisierte Bahnplanung

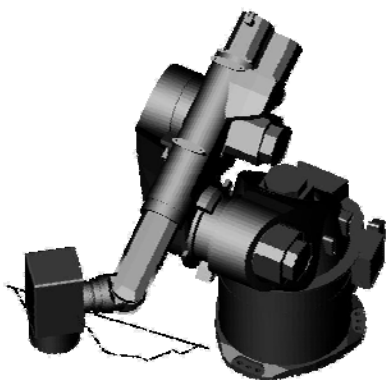
## Ausgangssituation

- Programmierung von Industrierobotern ist zeit- und kostenintensiv
- On-line-Programmierung wenig intuitiv, kein visuelles Feedback
- Hoher Modellierungsaufwand für Off-line-Programmierung
- Hoher Aufwand zur Optimierung der Taktzeit

## Lösungsansatz



- Graphisch interaktive Programmierung am realen Bauteil
- Interaktive Laserprojektion zur Bahneditierung
- Bahnplanungsalgorithmen zur effizienten Lösungssuche



## Nutzenpotential

- Wirtschaftlicher Robotereinsatz bei kleinen Losgrößen
- Programmierung auch durch Nicht-Experten
- Programmierzeitreduktion um bis zu 69 % möglich
- Taktzeitreduktion beim RLS um bis zu 38 % möglich