

## Kurzfassung

Nach Jahren der Effizienzsteigerung in der modernen Fertigungsindustrie steht ein Wechsel in den Produktionsparadigmen an. Neue Anforderungen zwingen die produzierende Industrie zum Umdenken.

Die Globalisierung mit ihren Chancen und Risiken bringt volatile Märkte, kürzere Produktlebenszyklen, breitere Produktportfolios, internationale Kooperationen und steigende Individualisierung von Produkten. Unternehmen müssen nicht nur die Qualität von Premiumprodukten wie Automobilen aufrechterhalten, sondern auch stetig profitabler werden, um das Wachstum zukunftsfähig zu gestalten.

Aufgrund der steigenden Komplexität von Produktionsautomaten kann die Profitabilität nicht allein durch konventionelle Automatisierung erreicht werden. Zur Unternehmens- und Standort-sicherung muss auch die Effizienz der menschlichen Wertschöpfung gesteigert werden, da sie das zentrale Element der Wettbewerbsfähigkeit darstellt.

Ein wichtiges Element zur Steigerung der Effizienz liegt in der Symbiose der Wandlungsfähigkeit des Menschen mit den repetitiven Qualitäten von Automaten. Gerade in der Automobilmontage ist diese Symbiose von Bedeutung: Da sie sich durch einen hohen Anteil an menschlicher Arbeitskraft auszeichnet, kann hier die Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) zur Effizienzsteigerung beitragen. Eine sinnvolle Arbeitsgestaltung kann die Vorteile beider Welten optimal ausnutzen, um so zukunftsfähige Arbeitsplätze zu gestalten.

In dieser Arbeit wird ein Planungssystem erarbeitet und vorgestellt, das eine frühzeitige Aussage über die Zulässigkeit von Roboterbewegungen bei Kooperationen mit Menschen ermöglicht. Die sicherheitsrelevanten Rahmenbedingungen für den Menschen können somit bereits im digitalen Planungsstadium bestimmt und die Gefährdung minimiert werden. Dieses Vorgehen ermöglicht es, über ganzheitliche, nachhaltige Planungen von MRK-Applikationen sowohl die Planungskosten als auch die Dauer einer Inbetriebnahme drastisch zu reduzieren und dabei den Schutz der an der Produktion beteiligten Personen sicherzustellen.

Wesentliche Schritte auf dem Weg zu einer zielgerechten Erstellung eines Planungssystems für die sichere Mensch-Roboter-Kooperation waren:

1. die Untersuchung und Recherche des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik zu MRK-Robotersystemen und bekannten Planungsmethoden;
2. die Formulierung der Randbedingungen für das Planungssystem und die technische Analyse relevanter Effekte auf die Mensch-Roboter-Kontakte;
3. die Konzeption eines Planungssystems für die sichere Mensch-Roboter-Kooperation;
4. die Umsetzung des Planungssystems mittels eines generalisierten Roboterprüfstandes zur gesetzeskonformen Messung kritisch bewerteter Roboterbewegungen;
5. die Validierung des Planungssystems durch dessen Einsatz bei zwei geplanten MRK-Anwendungen in der Automobilmontage (eines in der Antriebsstrangmontage und eines in der Endmontage des Gesamtfahrzeuginnenraums).

Als Zusammenfassung und Fazit werden die gewonnenen Erkenntnisse reflektiert. Diskutiert wird, wo das Planungssystem in seiner jetzigen Form einzuordnen ist. Ein Ausblick zeigt, welche künftigen Einsatz- und Weiterentwicklungspotenziale es in sich birgt.

## Abstract

After years of rising efficiency in the modern manufacturing industry, there is a paradigm shift in the fields of production. New requirements are forcing the industry to grow in new directions.

The opportunities and risks of globalization include volatile markets, shorter product life-cycles, and a wider range of products. Besides conserving the quality of premium products such as automobiles, enterprises constantly have to become more profitable in order to stay sustainable.

Due to the fact that the complexity of automated manufacturing plants has increased, profitability cannot be achieved by using conventional automation. For this reason, the human added value, which represents the central element of competitiveness, has to be raised to ensure that the corporation may remain a running concern at its place of location.

An important element for bringing about this improvement in efficiency lies in the symbiosis of human mutability with the repetitive qualities of automated manufacturing plants. In the automotive assembly, which is distinguished by a high percentage of human workforce, this element can be the human-robot collaboration. Through an expedient job design, the advantages of both worlds can be exploited and future-oriented workplaces be created.

The following developed topic illustrates the planning process, which allows an early statement about the permissibility of human-robot plants and its' motions. The potential risks for human can be determined in the digital planning phase and therefore adapted. By using this procedure, planning costs and time for bringing into service can be reduced and an integrated, sustainable scheduling of human-robot plants enabled.

To achieve the targets of the planning system, for a safe human-robot collaboration, the following basic steps have been executed:

1. the investigation of the current state of the art of science and technology of human-robot systems and common planning methods;
2. the formulation of boundary conditions of the planning system and the technical analysis of relevant effects on human-robot contacts;
3. the conception of a planning system for the save human-robot-cooperation
4. the implementation of the planning system by using a generalized robot test bed for legislative conform measurements of critical evaluated robot motions;
5. the validation of the planning system through using it on two planned human-robot applications in the automotive assembly (one in the powertrain assembly and one in the final assembly of the vehicle interior).

As a conclusion of the thesis the previous results are reflected and a prospect formulated, where the planning system has to be classified today and where future applications and potentials are to find.