

Kurzfassung

Die Mensch-Roboter-Kollaboration wird als ein elementarer Baustein zur Steigerung der Flexibilität und Produktivität moderner Produktionssysteme angesehen. Dieses Ziel soll durch den kombinierten Einsatz sensitiver, mobiler Roboter, sogenannter Leichtbauroboter (LBR), mit dem Menschen erfolgen. Schutzzäune entfallen bei dieser Art der Zusammenarbeit, jedoch muss weiterhin die Sicherheit des Menschen gewährleistet sein. Soll der Mensch seine kognitiven Fähigkeiten nutzen und auf die Mobilität der LBR zurückgreifen, kann er eine Ortsveränderung im Produktionssystem durchführen. Bei einer Ortsveränderung in eine neue Arbeitsumgebung ist jedoch eine zeitaufwendige Wiederinbetriebnahme des MRK-Systems notwendig, die in den meisten Fällen nur durch einen Experten möglich ist.

Diese Arbeit stellt daher ein Sicherheitskonzept für MRK-Systeme vor (*SmartSafety*), um die Mobilität und Produktivität bei Gewährleistung aller Sicherheitsaspekte zu steigern und dabei den Nutzer zu befähigen als zentraler Bestandteil des Systems agieren zu können.

Zu Beginn werden ein Rahmenwerk für das Thema erarbeitet und anhand einer Problembetrachtung die unterschiedlichen Einflussfaktoren auf MRK-Systeme erläutert. Daraus werden die Anforderungen an den Sicherheitsprozess und die dafür zu entwickelnden Komponenten abgeleitet. Darauf aufbauend werden die sicherheitstechnischen Aspekte der Mensch-Roboter-Kollaboration, inklusive des iterativen Inbetriebnahmeprozesses, detailliert beleuchtet. Im Rahmen einer Bewertung in der Praxis eingesetzter MRK-Systeme sowie von Konzepten und Methoden aus der Wissenschaft anhand der abgeleiteten Anforderungen, werden anschließend die Handlungsbedarfe ermittelt. Diese führen zur Entwicklung eines passiven Sicherheitssystems (*SmartSkin*) und einer durch den Nutzer durchführbaren Wiederinbetriebnahme mittels Softwareunterstützung (*SmartAssistant*) für MRK-Systeme.

Abschließend wird eine Validierung des Sicherheitskonzeptes anhand zweier Betriebsversuche in der Motorenmontage der Daimler AG vorgestellt. Alle Bestandteile der Wiederinbetriebnahme, sowohl die entwickelte Hard- als auch Software sind durch den internen Arbeitsschutz freigegeben und unterliegen den geltenden Gesetzen, Normen und Richtlinien. Eine Umfrage hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit der einzelnen Module bei Anwendern, Entwicklern und Sicherheitsexperten schließt die Validierung ab. Das in dieser Arbeit entworfene Sicherheitskonzept für MRK-Systeme stellt einen weiteren Schritt zur größeren Verbreitung dieser Anlagen in der Praxis dar, da erst dadurch ein mobiler, menschenzentrierter und wirtschaftlicher Einsatz möglich wird.

Abstract

Human-robot collaboration is seen as an elementary building block for increasing the flexibility and productivity of modern production systems. This goal is to be achieved through the combined use of sensitive, mobile robots, so-called lightweight robots (LWR), with humans. Protective fences are not required for this type of cooperation, but human safety must continue to be guaranteed. If humans are to use their cognitive abilities and fall back on the mobility of the LWR, they can relocate the production system. In case of a change of location into a new working environment, however, a time-consuming recommissioning of the HRC-system is necessary and in most cases only possible by an expert.

This work therefore presents a safety concept for HRC-systems (*SmartSafety*) in order to increase mobility and productivity while guaranteeing all safety aspects and enabling the user to act as a central component of the system.

At the beginning, a framework for the topic will be developed and the different influencing factors on HRC-systems will be explained on the basis of a problem analysis. From this, the requirements for the security process and the components to be developed for it are derived. Building on this, the safety aspects of the human-robot collaboration, including the iterative commissioning process, are examined in detail. Within the framework of an evaluation of HRC-systems used in practice as well as of concepts and methods from science on the basis of the derived requirements, the need for action is then determined. These lead to the development of a passive safety system (*SmartSkin*) and a re-commissioning by the user via software support (*SmartAssistant*) for HRC-systems.

Finally, a validation of the safety concept on the basis of two operating tests in the engine assembly department of Daimler AG is presented. All components of the recommissioning, both the developed hardware and software are approved by the internal occupational safety and are subject to the applicable laws, standards and guidelines. A survey of users, developers and safety experts regarding the usability of the individual modules completes the validation process.

The safety concept for HRC-systems developed in this thesis represents a further step towards the wider dissemination of these systems in practice, as only then will mobile, human-centered and economical use in practice become possible.