

Kurzfassung

Selbststeuernde, frei verkettete Montagesysteme gelten als vielversprechender Lösungsansatz zur Auflösung des klassischen Dilemmas aus Flexibilität und Produktivität in industriellen Produktionsumgebungen. Diese Systeme bestehen aus einzelnen, flexibel ansteuerbaren Montagezellen und brechen damit mit dem Takt- und Perlenkettenprinzip von verketteten Montagesystemen. Die Koordination der Wertschöpfungsprozesse vollzieht sich hierbei autonom und dezentral auf Basis cyber-physischer Systeme. Die neu entstandenen Freiheitsgrade ermöglichen unterschiedliche Verbaureihenfolgen einzelner Produkte, welche aufwandsarm und mit geringem wirtschaftlichen Aufwand erschließbar sind.

Auf Basis der eingeführten Potentiale der sogenannten Arbeitsplanflexibilität wird in dieser Arbeit eine neue Selbststeuerungsmethode, die Flexibilitätsorientierte Selbststeuerung (FOS) vorgeschlagen. Diese zielt darauf ab, die vorhandenen Flexibilitäts-potentiale bei der dezentralen Reihenfolgebildung für die Nivellierung des Systembetriebs auszuschöpfen. Damit soll das Vertrauen in die Entscheidungen und Prozesse in autonomen Montagesystemen und die logistische Planbarkeit gesteigert werden.

Die beachtlichen Umfänge von Entscheidungsfreiräumen im Kontext der Arbeitsplanflexibilität werden in dieser Arbeit nachgewiesen. FOS quantifiziert diese Freiräume situationsabhängig und berücksichtigt diese bei der Entscheidungsfindung zusätzlich zu produktionslogistischen Zielgrößen. Anhand einer simulativen Evaluierung auf Basis synthetischer Daten und einer industriellen Fallstudie aus der Automobilindustrie werden Potentiale und Grenzen der Steuerungsmethode aufgezeigt. Durch die gezielte Ausnutzung der Flexibilitäts-potentiale kann eine mehrprozentige Steigerung aller produktionslogistischen Zielgrößen in autonomen Systeme erreicht werden.

Damit leistet die Arbeit einen Beitrag zur zunehmenden Dezentralisierung und Autonomisierung von Produktionssystemen im Kontext steigender Komplexität und weiterhin zur Umsetzbarkeit innovativer, hochflexibler Montagesysteme für die variantenreiche Produktion unter volatilen Bedingungen am Hochlohnstandort Deutschland.

Abstract

Autonomous, matrix-structured assembly systems are considered as a promising approach to resolve the ongoing dilemma between flexibility and productivity in industrial production environments. These systems consist of individual, flexibly accessible assembly cells and thus break with the cycle and pearl chain principle of interlinked assembly systems. The coordination of the value creation processes is carried out autonomously and decentrally based on cyber-physical systems. The emerging degrees of freedom can be accessed at low cost and enable various assembly sequences for individual products.

In this work, a new autonomous control method, the flexibility-oriented autonomous control (FOAC) based on the rising potentials of sequencing flexibility, is proposed. This method aims at exploiting the existing flexibility potentials in decentralised sequencing for the levelling of system operation. This is intended to increase reliability in the decisions and processes in autonomous assembly systems and to improve the logistical planning capability.

The extensive scope of decision-making freedom in terms of sequencing flexibility is demonstrated in this work. FOAC quantifies these degrees of freedom depending on the situation and considers it in the decision-making process in addition to production logistics objectives. Potentials and limits of FOAC are shown using a simulative evaluation based on synthetic data and a case study from the automotive industry. It is shown, that by a targeted exploitation of the flexibility potentials, a multi-percent increase of all logistical objectives can be achieved in autonomous systems.

Thus, this work contributes to the increasing decentralization and autonomization of production systems in terms of rising complexity and further to the feasibility of innovative, highly flexible assembly systems for multi-variant manufacturing in a volatile environment in the high-wage country Germany.