

1 Einleitung

Innovative Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie haben in den vergangenen Dekaden zu weitreichenden Veränderungen in unserer Gesellschaft geführt. Ergebnis ist ein nahezu zeitlich und örtlich unbegrenzter Zugang zu einem nie zuvor da gewesenen Informationsraum. Dieser Zugang ebnet sogleich den Weg für potenzielle Anwendungen, die den Menschen mit notwendigen Informationen versorgen und ihn damit in seinem täglichen Handeln unterstützen. So stellen informationstechnische Systeme wie Smartphones oder Navigationssysteme Informationen situativ bereit, auf deren Basis der Anwender unmittelbar Entscheidungsprozesse tätigen kann. Zudem übernehmen derartige Systeme Routineaufgaben, sodass der Anwender sich auf das Wesentliche seines Handelns fokussieren kann.

Potenziale, die sich aus dem Einsatz von informationstechnischen Systemen ergeben, motivieren auch derzeit die produktionstechnische Forschung und Industrie, um die Entwicklungs- und Innovationskraft des produzierenden Gewerbes am Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken. Im Rahmen von Industrie 4.0 wird eine vollständige Digitalisierung und Vernetzung der Produktion durch die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien angestrebt. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Adaptivität und Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen und Produktionsnetzwerken zu erhöhen. Diese Attribute sind erforderlich, um die Leistungsfähigkeit und Reaktionsfähigkeit der Produktion in einem zunehmend dynamischeren und komplexeren Umfeld bewahren zu können.

„Eine leistungsfähige Produktion ist und bleibt für eine moderne Volkswirtschaft wie Deutschland unverzichtbar.“

(ANNETTE SCHAVAN, [BMBF07, S. 2])

In diesem Zusammenhang kommt dem Produktionsfaktor Wissen eine Schlüsselfunktion zu. Um die zuvor genannten Eigenschaften der Produktion auf Systemebene erzielen zu können, bedarf es der Integration von Systemansätzen, die sich zur Ausführung von Optimierungs-, Überwachungs-, Regelungs- oder Selbstoptimierungsfunktionen auf eine interne Wissensbasis stützen. Gleichermäßen kann durch die Verfügbarkeit von Wissen die Handlungs- und Entscheidungsfähigkeit der im dynamischen und komplexen Produktionsumfeld agierenden Mitarbeiter situativ unterstützt werden. Die durch die Wissensanwendung erzielbaren Vorteile für die Produktion sind dabei sowohl auf Mitarbeiter- als auch auf Systemebene hochgradig von der Aktualität, Qualität und Verfügbarkeit des Wissens abhängig.

Vor diesem Hintergrund positioniert sich der wissenschaftliche Beitrag dieser Arbeit. Gegenstand ist die Entwicklung eines Systems zur automatisierten Generierung von fertigungsspezifischen Prozesswissen, welches einen beschleunigten Zugriff auf Kenntnisse der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge ermöglicht. Der Fokus liegt dabei auf der Identifikation und Adaption von empirischen Prozessmodellen. Dieses System stellt einen Lösungsansatz dar, mit dem die Aktualität und die Verfügbarkeit von adäquatem Prozesswissen, sowohl im industriellen als auch wissenschaftlichen Umfeld,

verbessert wird. Zudem setzt der Lösungsansatz keine Modellierungserfahrung beim Anwender voraus.

Der Systementwicklung wird das spanende Fertigungsverfahren Fräsen zugrunde gelegt. Eine Übertragbarkeit des Systems auf andere Verfahren der Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide ist grundsätzlich gegeben. Das Fräsen verfügt über eine gleichermaßen hohe wirtschaftliche als auch wissenschaftliche Relevanz. Aufgrund der hohen Flexibilität im Hinblick auf die erzeugbare Bauteilgeometrie wird das Verfahren in vielen Industriebereichen wie dem Werkzeug- und Formenbau, der Automobilindustrie, der Medizinindustrie oder der Luftfahrtindustrie eingesetzt. Die hohe Flexibilität geht allerdings mit einer hohen Komplexität des Verfahrens einher, die sich in einer Vielzahl von Ein- und Ausgangsgrößen darstellt. Um diese Komplexität unter technologischen und wirtschaftlichen Aspekten beherrschen zu können, besteht das generelle wissenschaftliche Interesse in der systematischen Analyse und modellhaften Abbildung der zwischen diesen Größen bestehenden Zusammenhänge.

Die Grundfunktionalität des Systems umfasst die automatisierte Generierung einer experimentellen Datenbasis. Hierzu wird ein externes Steuerungssystem aufgebaut, das über eine Kommunikationsschnittstelle mit einer Werkzeugmaschine verbunden wird und die systematische Planung, Organisation und Durchführung von Fräsversuchen übernimmt. Parallel dazu erfasst es zur Beobachtung des Prozessverhaltens die Signale integrierter Sensoren und verdichtet diese über eingebettete Signalverarbeitungsfunktionen direkt zu prozessspezifischen Kennwerten. Auf diese Weise können sowohl im industriellen als auch im wissenschaftlichen Umfeld umfassende Datenbasen bei reduziertem Personal- und Maschineneinsatz flexibel erzeugt werden.

Aufbauend auf dieser Grundfunktionalität wird das System dahingehend erweitert, dass die experimentell erzeugte Datenbasis zur direkten Adaption von empirischen Prozessmodellen genutzt wird. Hierzu werden in Verbindung mit einem geeigneten Adaptionsverfahren weitere Systemfunktionen entwickelt, die eine direkte und effiziente Wissensbereitstellung auf Systemebene ermöglichen. Dieses Wissen kann dem Anwender an der Maschine unmittelbar kommuniziert oder in modellbasierte Anwendungssysteme distribuiert werden. Gleichzeitig ergeben sich Nutzungspotenziale im Transferbereich zwischen Industrie und Wissenschaft. Das System eröffnet die Möglichkeit zur Auswahl und Bewertung von empirischen Prozessmodellen mit Hinblick auf konkrete Anwendungsszenarien sowie den Aufbau von modellspezifischen Datenbanken.

Zur Entwicklung und Demonstration des Automatisierungssystems wird ein konkreter Untersuchungsgegenstand zugrunde gelegt. Dieser beinhaltet die Modellierung des Aktivkraftmaximums in Abhängigkeit von Arbeitseingriff, Schnitttiefe und Zahnvorschub beim Fräsen mit Schafffräs Werkzeugen.

Introduction

In the past decades, innovations in the area of information and communication technologies have led to far-reaching changes in our society. The result is an almost temporally and locally unlimited access to a previously unprecedented information space. This approach paves immediately the way for potential applications that provide people with the necessary information and assist them in their daily activities. For example, information technology systems such as smart phones or navigation systems provide information situationally. On this basis the user can take decisions immediately. In addition such systems take on routine tasks so that the user can focus on essential activities.

Potentials that reveal from the use of information technology systems are also currently motivating production research and industry. Aim is the improvement of innovation and development strength of the manufacturing industry at the economic location Germany. As part of the overall program Industry 4.0, a complete digitalization and networking of production is aimed through the integration of information and communication technologies. Here, the purpose is to increase the adaptability and the changeability of production systems and production networks. These attributes are required to preserve the efficiency and responsiveness of the production in an increasingly dynamic and complex environment.

“An efficient production is and will remain indispensable to a modern economy such as Germany.”

(ANNETTE SCHAVAN, [BMBF07, S. 2])

In this context knowledge as a production factor plays a key role. To achieve the previously mentioned attributes on the system level, approaches need to be transferred to production systems that perform optimization, monitoring, control or self-optimizing functions based on an internal knowledge base. Similarly, available knowledge can be used to support the abilities of users to act and to decide in a dynamic and complex production environment. The achievable benefits for production, through the application of knowledge, on both employee and system level are significantly dependent on the actuality, the quality and availability of the knowledge.

The scientific contribution of this thesis is located in this area. The objective is to develop a system for the automated generation of process knowledge, which allows an accelerated access to specific knowledge of the cause-effect relationships. The focus is on the identification and adaptation of empirical process models. This system provides an approach that improves the actuality and the availability of adequate process knowledge in both industrial and scientific environments. In addition, the approach is not dependent on modeling experiences of the user.

The system development will be focused on the metal cutting process milling. A basic transferability of the system approach to other processes with geometrically defined cutting edges is possible. Milling has high economic and scientific relevance. Due to its high flexibility with respect to manufacturable component geometries, the process