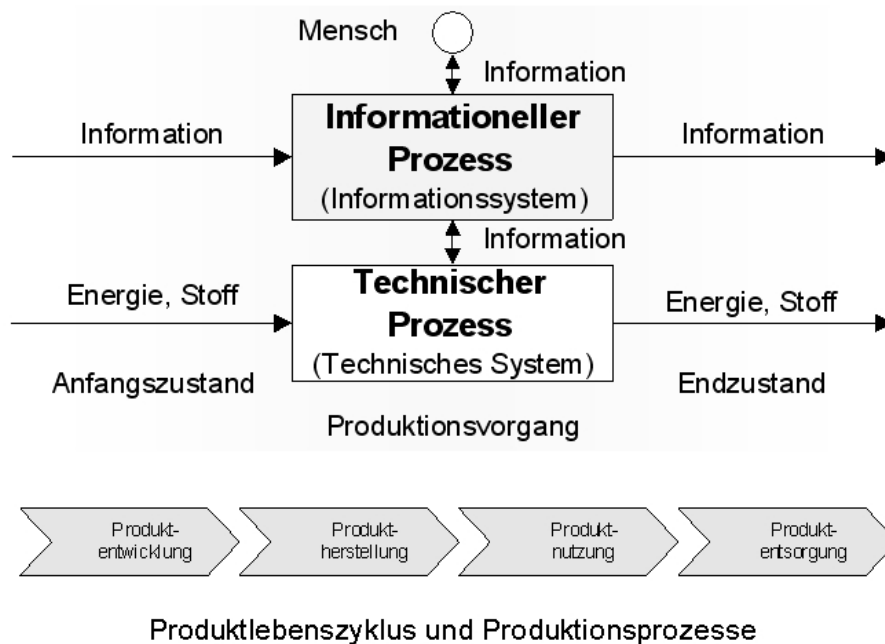


Produktionsautomatisierung – Entwicklung von Strategien zur Informationsversorgung mit neuen Softwaretechnologien

Priv.-Doz. Dr.-Ing.habil. Andreas Nestler

1 Information in der Fertigung

Informationen in der Fertigung werden in diesem Artikel für die Herstellung von Einzelteilen, also für Teilefertigungsprozesse, betrachtet. Die Ressource Information ist in den letzten Jahren zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor geworden. Automatisierte Informationsprozesse und -systeme werden zur Realisierung anspruchsvoller Leistungserstellungsprozesse in der Fertigung benötigt (Bild 1-1).



Produktlebenszyklus und Produktionsprozesse

Bild 1-1: Technischer und informationeller Prozess in der Produktion

Die Versorgung *technologischer Prozesse* mit Informationen ist in der Fertigung eine der Hauptaufgaben. Technologische Prozesse sind vorrangig integraler Bestandteil der Leistungserstellung bei der Planung und Bearbeitung. Dazu wurden mit Forschungsarbeiten¹ neue Konzepte und Lösungen zu den Themenkreisen

- automatisierten Fertigungsprozesse,
- feature-basierte NC-Planung, NC-Programmierung in der Prozesskette und
- Technologiedatenmanagement

entwickelt und mit Themen zur

- Erfahrungsbasierung technologischer Informationen,
- Methoden zur Bereitstellung von Technologiedaten sowie
- Technologiedatenmanagement verteilt vorliegender Informationen

Beiträge zur Produktionsautomatisierung spanender Fertigungsprozesse auf der Basis neuer Softwaretechnologien erarbeitet [NES-05a, NES-05b].

¹ Im Rahmen von Forschungsarbeiten durch Unterstützung der DFG, der AIF und des ARC.

2 Handlungsbedarf

Der Handlungsbedarf der Produktionsautomatisierung im gewählten Untersuchungsraum soll unter dem Aspekt der *Ermöglicherfunktion der Fertigung* dargestellt werden (Bild 2-1). Die zusammenfassende Betrachtung leitet sich aus dem Blickwinkel technologische Information zur Fertigungsplanung und -bearbeitung ab.

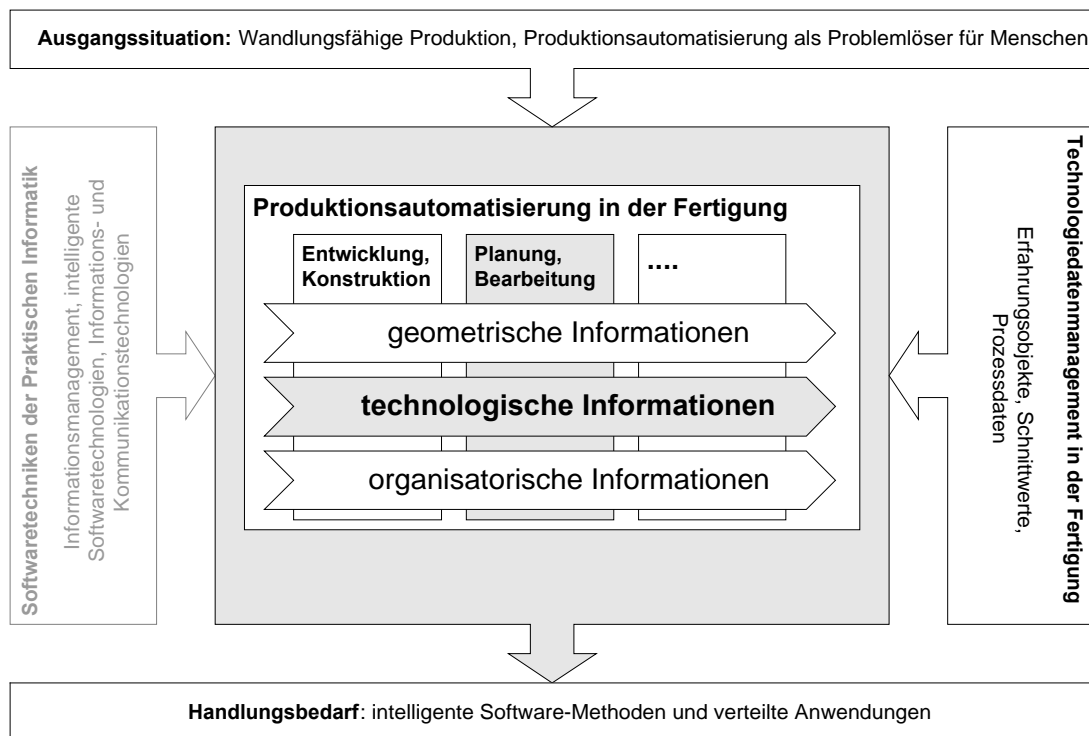


Bild 2-1: Ableitung des Handlungsbedarfes im Untersuchungsraum

- Featurebasierte NC-Planung und NC-Programmierung

Die Praxiswirksamkeit der Feature-Technologie steht erst am Anfang. Mit deren Entwicklung bis zum Einsatz an der CNC erlangt die objektorientierte Informationsversorgung für Produkte und Prozesse einen neuen Stellenwert.

Zur Umsetzung der Potentiale der Feature-Technologie müssen in der NC-Planung und NC-Programmierung Bearbeitungsobjekte verfügbar gemacht werden. Featurebasierte Planungssysteme erfordern einen hohen Interaktionsbedarf bei der Wiederverwendung von Bearbeitungsobjekten unter veränderten Bedingungen. Bearbeitungsobjekte verknüpfen Daten und Methoden noch unzureichend und besitzen kaum erfahrungs- und wissensorientierte Informationen.

Die Entscheidungsunterstützung für Planungsfunktionen der CAD/CAM-Module erweist sich besonders im Bereich der Technologiedatenversorgung für technologische Methoden als mangelhaft. Planungsvorschläge der Systeme sind bezüglich der technologischen Werte aus zentralen Datenbasen kaum aktuell zu halten. Alternativen mit intelligenten Vorhersagen für ähnliche oder neue Bearbeitungsfälle fehlen. Die Datenintegration erhält mit STEP-NC eine Perspektive zur Informationsanreicherung von Datenmodellen.

- Technologiedatenmanagement

Technologiedaten sind infolge ihrer Vielschichtigkeit und Informationsvielfalt schwer handhabbar. Das Management dieser Informationen ist äußerst komplex und führt zu erweiterten Funktionalitäten von Informationssystemen. Die

Informationsverfügbarkeit erfordert den Einsatz intelligenter Softwaremethoden. Die automatisierte Wissensakquisition für komplexes zerspanntechnologisches Know-how ist ein Hilfsmittel zur Erhaltung technologischer Informationsbasen. Systeme zur Technologiendatenverwaltung bieten kaum über die reine Datenverwaltung hinausgehende Funktionalitäten. Die Definition komplexer Objekte und die Anreicherung der Daten mit wissens- bzw. erfahrungshaltigen Informationen sind ebenso ein Erfordernis wie Aspekte der Beschaffung, Verteilung und standortüberschreitenden Anwendung von Informationen.

- Erfahrungshaltige technologische Informationen

Die Erhaltung und Weitergabe von erfahrungshaltigen Informationen wird gegenwärtig gar nicht bzw. unangemessen unterstützt. Als Informationsträger sind Bearbeitungsobjekte informationstechnisch zu erweitern. Sie gestatten auch eine Informationsversorgung für featurebasierte Datenmodelle. Explizierbare und kommunizierbare Anteile der Erfahrung ermöglichen neue Basisinformationen für technologisches Wissen und damit für entscheidungsunterstützende Funktionen von Informationssystemen.

- Methoden zur Bereitstellung von Technologiendaten

Informationsbeherrschung und Methodenakzeptanz bei Technologiendaten sind vorrangig im Bereich der Schnittwerte ständig wechselnden Anforderungen unterworfen. Deren Informationsverarbeitung haftet bis heute an völlig überholten Datenstrukturen mit quantitativ unterrepräsentierten Informationen. In diesem Bereich ist nur über eine Massendatenverarbeitung ein lernfähiger Datenbestand zu garantieren, der eine qualitativ wirksame Verbesserung von Technologiewerten ermöglicht. Dies erfordert automatisierbare, weitgehend intelligente Aufbereitungsmethoden.

- Technologiendatenmanagement verteilt vorliegender Informationen

Der Trend zu autonomen, dezentralisierten Fertigungseinheiten und informations-technisch angereicherten Informationsmodellen ermöglicht verteilt vorliegende Daten- bzw. Wissensbasen mit zusätzlichem Know-how aus dezentraler Entscheidungskompetenz. Daraus resultieren Anforderungen an Beschaffungs- und Aufbereitungsaufgaben sowie Datenmanagement, die der Mensch ohne zusätzliche Unterstützung nicht mehr bewältigen kann.

Der Handlungsbedarf im Untersuchungsbereich ist Ausdruck des Paradigmenwechsels in der Produktionstechnik unter dem Einfluss neuer Informations- und Kommunikationstechnologien. Dieser erwächst z.B. aus Übergängen von

- zentralem zu dezentralem Informationsmanagement,
- Wissens- zu Erfahrungsmanagement,
- manuellem Verwalten zu maschinellern Lernen und
- Planung zur Selbstorganisation.

Diese Übergänge werden erst durch erweiterte und neue Objekteigenschaften in der Produktion möglich (Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Objekteigenschaften zur Produktionsautomatisierung - qualitative Einschätzung einsetzbarer Techniken der Produktionsinformatik

Objekteigenschaft	Software-Technik	Internet-Techniken	Multi-, Hypermedia-Techniken	regelbasierte Techniken	fallbasierte Techniken	Fuzzy-Logik-Techniken	evolutionäre, neuronale Techniken	Agenten-Techniken
Legende: ○ gering ◐ mittel ● hoch								
lernend		○	○	◐	◐	◐	●	◐
wissend		◐	◐	●	◐	●	◐	◐
erfahren		○	●	○	●	○	○	○
verteilt vorliegend		◐	◐	○	○	○	○	●
selbstorganisierend		◐	○	◐	○	◐	◐	●

Eine wesentliche Voraussetzung zur Umsetzung zukunftsorientierter Konzepte in der Fertigung ist der Einsatz objektorientierter Informationseinheiten in Verbindung mit intelligenten Softwaretechnologien sowie Methoden der Informations- und Kommunikationstechnologie. Deren Entwicklungsstand ermöglicht u.a. neue, zunehmend naturnahe bzw. bioanaloge Methoden der Informationsverarbeitung in produktionstechnischen Anwendungen einzusetzen. Die Erweiterung von Methoden der objektorientierten Programmierung mit denen der agentenorientierten Programmierung ermöglicht die Realisierung neuer Organisationsprinzipien zur Produktionsautomatisierung.

3 Problemstellung

In der *Produktion* bestehen wirtschaftliche Zwänge, z.B. die Qualität der Informationen zu erhöhen, um die Produktivität zu steigern und die Produkt- und Prozessqualität zu verbessern. Die bedarfsgerechte Informationsversorgung von Produktionsprozessen unterliegt ständig aktuellen Erfordernissen aus der Produktionsautomatisierung. Neben der Produktionstechnik und -organisation prägt zunehmend die Produktionsinformatik die Entwicklung der automatisierten Produktion. Eine schwierig zu lösende Aufgabe ist dabei die Erreichung intelligenter Eigenschaften zukünftiger Produktionssysteme. Dies erfordert für Informationssysteme die Einbeziehung möglichst intelligenter Softwaretechnologien in Anwendungssoftware. Damit in Verbindung stehen zwangsläufig Tätigkeiten der Informationsbeschaffung, -bewertung und -verarbeitung. Das Informationsmanagement hat mit den immer komplexer werdenden Produkten und Prozessen wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

In der *Fertigung* beschleunigen objektorientierte Technologien die Informationsprozesse und damit Entwicklungs- und Herstellungszeiten. Eine tragende Technologie ist die Feature-Technologie. Potentiale bieten Feature als Informations- und Integrationsobjekte in Prozessketten und -netzen im Anwendungsbereich der Planung und Bearbeitung. Objektorientierte Fertigungsprozesse benötigen eine dafür angemessene Informationslogistik. Der Ablauf zur featurebasierten Planung und

Bearbeitung erfordert zur Umsetzung hoher Planungsgeschwindigkeiten neue Methoden zum objektorientierten Technologiedatenmanagement.

In der gegenwärtigen Situation wird das Technologiedatenmanagement mit der Anwendung relationaler Datenbanken unterstützt. Damit lassen sich Planungs- und Berechnungsmethoden von Anwendungssystemen lediglich eingeschränkt mit technologischen Informationen versorgen. Derzeit eingesetzte Produkt- und Prozessdatenmodelle bilden keine komplexen Objekte für technologische Informationen ab. Die damit erreichbare Planungsqualität ist unzureichend, so dass der Prozess Nachbesserungen für nichtgekapselte Informationen erfordert. Aufgrund geringer technologischer Informationsgehalte in Datenmodellen und fehlender Prozessorientierung sind bisher organisierte Informationskreisläufe schwierig handhabbar. Problematisch sind u.a.

- die Notwendigkeit hoher Aufmerksamkeit und Zuverlässigkeit des Menschen bei der Informationsbeschaffung und zusätzliche Zeitaufwände zur Beherrschung der Informationslogistik,
- die fehlende Erschließung erfahrungshaltiger Informationen, die nicht ohne weiteres strukturiert vorliegen oder bereits als Erfahrungswissen kommuniziert werden können,
- fehlende Methoden zur Vorverarbeitung von Datenbeständen, d.h. zu oft wird versucht, die Informationsflut mit konventionellen Mitteln zu bewältigen,
- schwer beherrschbare Komplexität bei der Verwaltung von Technologiedaten und fehlendes Lernen von Datenbeständen,
- keine aktive Unterstützung bei verteilt vorliegenden Informationsquellen, sondern nur passive Verwaltung dieser Daten.

Unzulängliche Informationsprozesse verhindern die Nutzung der Potentiale vorhandener Daten, Informationen und von Erfahrungswissen. Aufgrund der genannten Problemstellungen lassen sich im Folgenden Ziele und Aufgaben formulieren.

4 Ziele und Aufgabenstellung

Das globale Ziel ist, Informationsprozesse in der Fertigung zu beschleunigen, indem Informationen in einer neuen Qualität einem breiten Benutzerkreis zur Verfügung stehen. Dazu sind Erfahrung, Lernen und Assistenz zentrale Aufgabenbereiche.

Zur Erhöhung der Entwicklungsgeschwindigkeit und Effizienz wird auf die durchgängige Anwendung der Feature-Technologie orientiert. Mit dem Bezug zum Feature erhält die semantische Komponente durch technologische Inhalte einen neuen Stellenwert für Entwicklungs- und Herstellungsprozesse. Im Mittelpunkt des Anliegens zur automatisierten Informationsversorgung steht deshalb der Bezug zu Bearbeitungsobjekten und beschreibenden Merkmalen, wie den Schnittwerten. Sie sind als „Informationscontainer“ der Planung und Bearbeitung zu erschließen, da Bearbeitungsobjekte für Informationsprozesse in featurebasierten Prozessketten bzw. -netzen Technologie objektorientiert bündeln, transportieren und kommunizieren können. Diese Aufgabe erfüllen sie bisher nur eingeschränkt für wenige technologische Daten. Vor diesem Hintergrund ordnet Tabelle 4-1 neue Aufgaben mit Bezug zu Inhalten des Verbundes der Produktionsprozesse ein, die strategisch als

Lösungsansatz zur Produktionsautomatisierung anwendbar sind. Die Zielfindung soll an 3 Beispielen dargestellt werden.

Tabelle 4-1: Bezüge der Aufgabenbereiche zu Inhalten der Produktionsprozesse

Aufgabenbereiche - Bedarf an neuen Eigenschaften	Bezug zu Inhalten der Produktions- technik	Bezug zu Inhalten der Produktions- organisation	Bezug zu Inhalten der Produktions- informatik
1. Erfahrungs- basierung - Erfahrung, Wissen	Prozessplanung, Operationsplanung, NC- Programmierung, Bearbeitungsobjekte	produkt-/auftrags-bezogene Prozesse, Kommunikation personalisiertem Wissens	Multimedia, Datenbanken, Internettechnologien
2. Lernmaschinen - Lernen, Generalisieren	fertigungstechnische Systeme, Komplexität der Zerspanvorgänge, Schnittwerte	bereichsübergreifende Planung, vorverarbeitete Informationen	maschinelles Lernen, Künstliche Neuronale Netze
3. Assistenz - Autonomie, Selbstorganisation	CNC-Bearbeitung, Prozesswerte, Planungs- und Berechnungsmethoden	Beauftragung zur Koordination, verteilt vorliegende Informationen	Verteilte Künstliche Intelligenz, Agententechnologien
	Featuretechnologie, objektorientierte Ablaufplanung, erfahrungsbasierte Bearbeitungsobjekte, Technologiedatenbanken, maschinelles Lernen von Schnittwerten, Assistenten und Agenten für Technologiedaten		
	<i>Bezug zu Inhalten der Produktionsautomatisierung</i>		

Eine erste Zielstellung sieht vor, neue Formen der Einbeziehung von *Erfahrungen* aus Leistungserstellungsprozessen in Informationssysteme zu erreichen. Bisher in Daten und Dokumenten noch nicht berücksichtigte Erfahrungsanteile sollen zur Kommunikation komplexer, erfahrungshaltiger Informationen eingesetzt werden. Ein weiteres Ziel verfolgt eine schnelle Bereitstellung aktueller Technologiedaten für die Planung. Vorliegende Datenbestände sollen kontinuierlich durch maschinelles *Lernen* an neue Bedingungen anpassbar sein. Mit einem dritten Ziel wird infolge zunehmender Dezentralisierung die Unterstützung bei der Beschaffung und Aufbereitung verteilt vorliegender Technologiedaten verfolgt. Zu dieser Aufgabenerledigung sind für den Anwender neue Formen der *Assistenz* zu entwickeln.

Primäres Ziel ist der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien und intelligenten Softwaretechnologien zur automatisierten Informationsversorgung von Leistungserstellungsprozessen. Damit soll zur Steigerung des Produktionsfaktors „Information“ für Eigenschaften zukünftiger Produktionssysteme beigetragen werden. Zur Verwirklichung der genannten Ziele stehen z.B. folgende Aufgabenstellungen:

- Erfahrungsbasierung von Bearbeitungsobjekten,
- Lernen von Schnittwerten in Künstlichen Neuronalen Netzen und
- agentenorientiertes Assistenzsystem für verteilte Technologiedaten.

Die Aufgabe besteht darin, zur Informationslogistik neue Formen einer automatisierten Organisation technologischer Informationen zu erforschen. Damit wird untersucht, wie sich Technologiedaten mit zusätzlichen erfahrungshaltigen Informationen anreichern lassen, technologische Datenbestände lernfähig entwickeln und verteilt vorliegende Daten koordinieren lassen.

5 Konzeption

Die Gesamtkonzeption orientiert sich an Bearbeitungsobjekten als Träger technologischer Informationen. Die Grundidee des Lösungsansatzes verfolgt drei Entwicklungslinien mit Forschungspotential für informationelle Prozesse (Bild 5-1):

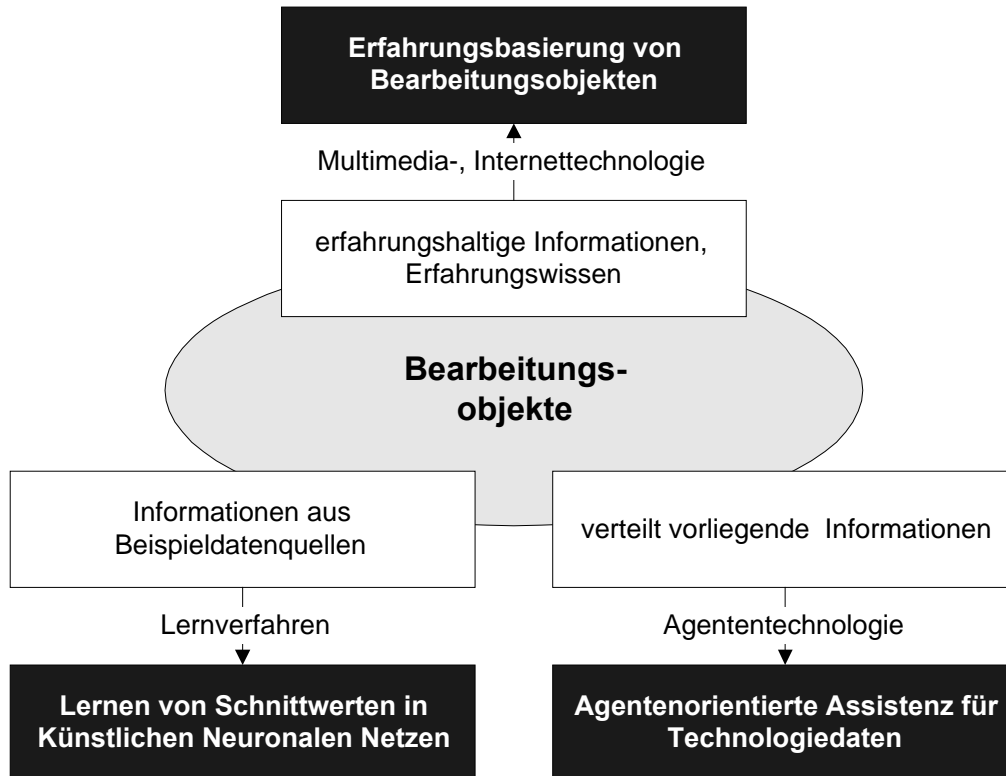


Bild 5-1: Bearbeitungsobjekte als Informationscontainer

- Voraussetzung zur Entwicklung einer Erfahrungsbasierung von technischen Prozessen ist ein methodisches Konzept zur Ermittlung und Strukturierung von Erfahrungsgehalten. Den Untersuchungsraum zur Erschließung von Erfahrungen bilden die erfahrungsintensiven Planungs- und Bearbeitungsprozesse. Erfahrungshaltige Informationen lassen sich mit multimedialen Beschreibungsmöglichkeiten aufbereiten. Mediendaten sind ein geeignetes Mittel zur Darstellung und Kommunikation der Inhalte. Motiviert wird der Einsatz von Multimedia- und Internettechnologie in technischen Arbeitsbereichen durch die Verfügbarkeit kostengünstiger und leistungsfähiger IuK-Technik, die zur Beschreibung komplexer Situationen und Sachverhalte einsetzbar ist.

Zum Zweck der Erfahrungsbasierung wurde z.B. eine Technologiedatenbank erweitert, da sie als Integrationsinstrument für unterschiedliche Anwendungen geeignet ist. Zum Management erfahrungsbasierter Bearbeitungsobjekte mit multimedialen Anwendungslösungen sind modulare Systemkonzepte und internetbasierte Komponenten zu Informationssystemen erforderlich.
- Das maschinelle Lernen aus vorhandenen Beispieldaten ist eine Möglichkeit zur Entwicklung entscheidungsunterstützender Komponenten für Standardsoftware. Motiviert wird der Einsatz automatischer Generierungsmethoden durch die drastische Kostenreduzierung zur Erstellung des Systems. Diese begründet sich auf einer Zeitersparnis durch automatisierbare Abläufe, z.B. zur Erstellung

neuronaler Anwendungen, und einer reaktionsschnellen Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen, d.h. an veränderte Beispieldaten. Als indirekter Effekt ist die Transparenz der Datenbestände nicht zu unterschätzen, die mit der schnellen Bereitstellung der aktueller Beispieldaten einhergeht.

- Voraussetzung zur Erstellung neuronaler Anwendungen ist ein Leitfaden, der für den Fall der Vorverarbeitung von Schnittwerten mit Künstlichen Neuronalen Netzen als handlungsorientierte Methode dient. Diesen Prozess der Entwicklung führen i.d.R. Systementwickler und Fachexperte gemeinsam aus. Daraus resultierende Aufgabenteilungen und Aufwände lassen sich durch automatisierte Abläufe reduzieren. Eine einfache Einbindung entwickelter Netze in Standardsoftware ist eine weitere Bedingung. Das heißt, für vorgegebene Systeme müssen Basisdaten zu verwenden und die Ergebnisse des Lernprozesses einzubinden sein. Der Nutzer soll nur mit einer erweiterten Funktionalität in seiner Standardsoftware konfrontiert werden, die eigentlichen Lernprozesse bleiben verborgen. Nur so kann Praxisrelevanz und Einsatzakzeptanz maschineller Lernverfahren erreicht werden.
- Dezentrale, verteilt vorliegende Information sind eine wichtige Quelle für zentrale Informationssysteme. Technologische Prozesse haben für Planungszwecke einen hohen Bedarf an dezentralen Informationen, die es aufwandsarm zu beschaffen gilt. Für diese Arbeitsumgebungen ist die Entwicklung von Assistenten zur Informationsversorgung ein Hilfsmittel für Leistungserstellungsprozesse. Die Verbindung von Assistenz mit agentifizierten Systemen stellt für technologische Prozesse neue Unterstützungsmöglichkeiten bereit. Innerhalb vernetzter Produktionssysteme können Softwareagenten Aktivitäten und Dienste organisieren, die der Mensch über Assistenten zur Verfügung erhält. Ein agentenorientiertes Assistenzsystem ist zur Beschaffung und Aufbereitung von verteilt vorliegenden Technologiedaten für Planungs- und Berechnungsmethoden von Anwendungssystemen einsetzbar.

Zukunftsorientierte Eigenschaften von bestehenden und neuen Informationssystemen für reaktionsschnelle technologische Planungs- und Bearbeitungsprozesse werden mit einer stärkeren Einbeziehung von erfahrungshaltigen Informationen, Lernverfahren und Agententechnologien gesehen.

6 Beispiel Programmassistent für DNC-Systeme

Am Beispiel „Agentenbasierter Programmassistent zur Verwaltung von NC-Informationen in Produktionssystemen mit Kommunikationsnetzwerken“ wurde ein weiteres Anwendungsgebiet erschlossen und als Pilotlösung zur Anwendung der vorgestellten Strategien zur Produktionsautomatisierung erforscht [NEDA_08, DAM_08, DAN_08]. Die Arbeit untersucht die Problemlösung für Aufgaben bei der Beschaffung von Informationen in der Produktionsautomatisierung, speziell die Automatisierung der Informationsprozesse für NC-Informationen für Werkzeugmaschinen.

Der Ausgangspunkt im Bereich der Anwendungssysteme für die Versorgung von Werkzeugmaschinen mit NC-Informationen sind heterogene DNC-Systeme mit denen verteilt vorliegende NC-Informationen verwaltet werden. Intelligente Softwaretechnologien ermöglichen neuartige Funktionen in bestehende DNC-Systeme zu integrieren. Dazu wurden die Fähigkeiten von Multiagentensystemen untersucht und agentenbasierte Lösungen und Anwenderszenarien betrachtet.

Aufbauend auf der Anwendungsarchitektur AgentAP [NEDA_07] als Realisierungsbasis wurden neue Module zum NC-Datenmanagement entwickelt. Ein Prototyp als Programmassistent unterstützt NC-Planer und NC-Programmierer und überwacht Änderungen an NC-Daten im heterogenen DNC-System.

Literatur

- [NES_05 a] Nestler, A.: Intelligente Softwaretechnologien als Strategie der Produktionsautomatisierung. In: Nestler, A.: Intelligente Produktionsprozesse - Softwarelösungen zur Gestaltung von Fertigungsprozessen. Vortragsband zum Fachkolloquium am 18.03.2005, Dresden: Selbstverlag TU Dresden, 2005, ISBN 3-86005-464-3
- [NES_05 b] Nestler, A.: Produktionsautomatisierung unter dem Einfluss der Informationstechnologien - Intelligente Informationsprozesse zum Technologiedatenmanagement in der Fertigung. Dresden: Selbstverlag TU Dresden 2005, ISBN 3-86005-486
- [NEDA_07] Nestler, A.; Dang, T.N.: Agent based Assistance for Distributed NC Information in DNC Systems. In: Kuzman, K: 6th International Conference on Industrial Tools and Material Processing Technologies ICIT&MPT 2007. Slovenia, Bled. September 11-14 2007, Vol. 6, pp. 291-296, 2007. Celje: TECOS, ISBN 987-961-6692-00-7
- [NEDA_08] Nestler, A.; Dang, T. N.: The Application of a Multi-Agent System for Process Management and NC Data Transfer Aided by a DNC System. Advances in Production Engineering & Management (APEM) Journal, Vol. 3 (2008) Issue 1 (Mar. 2008) pp. 03-16, Maribor: Production Engineering Institute, ISSN 1854-6250
- [DAM_08] Development of a signature Mechanism for data communication in DNC systems based on agent technology. Diplomarbeit, TU Dresden, 2008
- [DAN_08] Agentenbasierter Programmassistent zur Verwaltung von NC-Informationen in Produktionssystemen mit Kommunikationsnetzwerken. Dissertation ,TU Dresden, 2008