

***Forschungsberichte***

---

***iwb***

***Band 143***

***Ralf Cuiper***

***Durchgängige rechnergestützte  
Planung und Steuerung  
von automatisierten  
Montagevorgängen***

---

***herausgegeben von  
Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart***

---

***Herbert Utz Verlag***

**UTZ**

# Forschungsberichte iwB

Berichte aus dem Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften  
der Technischen Universität München

herausgegeben von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart  
Technische Universität München  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwB)

<p>Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich</p>
--

Zugleich: Dissertation, München, Techn. Univ., 2000

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwendung, vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2000

ISBN 3-89675-783-0

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München  
Tel.: 089/277791-00 - Fax: 089/277791-01

## Geleitwort des Herausgebers

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung. Denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren und Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozeß spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Produktentwicklung über die Planung von Produktionssystemen hin zu den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb*-Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

*Gunther Reinhart*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
1.1 Rechnerunterstützung in der Produktionsplanung .....	1
1.2 Bedeutung der Montage.....	2
1.2.1 Aktuelle Situation .....	2
1.2.2 Zukunftsperspektive.....	3
1.3 Fazit und globale Intention der Arbeit.....	3
1.4 Aufbau der Arbeit .....	4
<b>2 AUSGANGSFRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG</b> .....	<b>5</b>
2.1 Begriffsklärung .....	5
2.1.1 Die Begriffe ‚Planung‘ und ‚Steuerung‘ .....	5
2.1.2 Weitere Begriffe .....	7
2.2 Betrachtungsbereich der Arbeit.....	8
2.3 Problemstellung .....	9
2.4 Zielsetzung .....	11
2.5 Forderungen .....	12
2.5.1 Forderung 1: Die Prozessplanung steht an erster Stelle der Betrachtung vor Layoutplanung / Produktgestaltung .....	12
2.5.2 Forderung 2: Wechselseitige Berücksichtigung von Anlagen- und Produkteinflüssen .....	13
2.5.3 Forderung 3: Durchgängigkeit von der Idee bis zur Realisierung .	13
<b>3 STAND DER TECHNIK UND DER FORSCHUNG</b> .....	<b>14</b>
3.1 Informationstechnische Grundlagen.....	14
3.1.1 Datenmodellierung.....	14
3.1.1.1 Grundlagen.....	14
3.1.1.2 Objektorientierung .....	16
3.1.1.3 Produktmodellierung.....	16
3.1.1.4 Modellierungsmethoden für Prozesse .....	17
3.1.2 Datentechnische Kommunikation zwischen Computerprogrammen .....	18
3.1.2.1 ISO-OSI-Modell .....	19
3.1.2.2 TCP/IP - Ethernet .....	19
3.1.2.3 CORBA.....	21
3.1.3 Resümee .....	21
3.2 Steuerungstechnische Grundlagen .....	21
3.2.1 Steuerungsarten .....	21

3.2.2	<i>Steuerungsstrukturen</i> .....	22
3.2.2.1	Hierarchische Einteilung.....	22
3.2.2.2	Aufgaben der Zellen- und Leitebene .....	23
3.2.3	<i>(Programmier-)sprachen / semantisch-syntaktische Kommunikationskonzepte</i> .....	24
3.2.3.1	Manufacturing Message Specification.....	24
3.2.3.2	Roboterprogrammierung .....	26
3.2.3.3	SPS-Programmierung nach IEC 1131-3.....	27
3.2.4	<i>Kommunikation für Steuerungskomponenten</i> .....	28
3.2.4.1	Manufacturing Automation Protocol .....	28
3.2.5	<i>Resümee</i> .....	29
3.3	Entwicklungs- und Planungsvorgehensweisen .....	30
3.3.1	<i>Grundlagen</i> .....	30
3.3.2	<i>Allgemeine Fabrikplanung</i> .....	30
3.3.3	<i>REFA-Standardvorgehen</i> .....	31
3.3.4	<i>VDI-Richtlinie 2221</i> .....	31
3.3.5	<i>Ansätze zur Arbeitsplanung</i> .....	32
3.4	Montageplanung .....	34
3.4.1	<i>Kommerzielle Ansätze</i> .....	34
3.4.1.1	Werkzeuge zur Planung manueller Arbeitssysteme .....	34
3.4.1.2	3D-Simulationswerkzeuge .....	35
3.4.2	<i>Forschungsansätze</i> .....	35
3.4.2.1	Allgemeine Montageplanungsmethodiken.....	35
3.4.2.2	Rechnerbasierte Montageplanung .....	37
3.4.2.3	Planung manueller Montageanlagen.....	40
3.4.2.4	Montageplanung bei Simultaneous Engineering .....	40
3.4.2.5	Montageplanung und Scheduling .....	45
3.4.2.6	Virtual Reality / 3D-Simulationssysteme.....	47
3.5	Prozessplanung .....	47
3.5.1	<i>Kommerzielle Ansätze der Montageprozessplanung</i> .....	47
3.5.2	<i>Forschungsansätze</i> .....	48
3.5.2.1	Allgemeine Ansätze zur Ermittlung der Montagereihenfolge .....	48
3.5.2.2	Rechnerbasierte Prozessplanung .....	49
3.5.2.3	Integrierte Produkt- und Prozessplanung .....	51
3.6	Steuerungsentwicklung .....	53
3.6.1	<i>Kommerzielle Systeme</i> .....	53

3.6.1.1	SPS Programmierung.....	53
3.6.1.2	Roboter-Programmierung.....	54
3.6.1.3	3D-Simulation für die Roboter-Programmierung .....	54
3.6.2	<i>Forschungsansätze</i> .....	54
3.6.2.1	Steuern von simulierten Maschinen und Prozessen.....	54
3.6.2.2	Modellbasierte Steuerungsentwicklung .....	55
3.6.2.3	Steuerungsplanung mit Virtual Reality.....	57
3.6.2.4	Roboterprogrammierung .....	58
3.7	Zusammenfassung der Ansätze.....	59
<b>4</b>	<b>KONZEPT FÜR EINE METHODISCHE UND TECHNISCHE UNTERSTÜTZUNG.....</b>	<b>61</b>
4.1	Grundlagen .....	61
4.1.1	<i>Teilnehmer am Montagevorgang</i> .....	61
4.1.2	<i>Montagevorgangsbeschreibung</i> .....	62
4.1.2.1	Struktureller Kern .....	63
4.1.2.2	Unterschiedliche Teilvorgänge .....	63
4.1.2.3	Synchronisation der Einzelvorgänge .....	67
4.1.2.4	Hierarchisierung der Vorgangsbeschreibung .....	68
4.1.2.5	Einsatz für die Steuerung .....	71
4.1.3	<i>Treiber des Planungsablaufs</i> .....	72
4.1.3.1	Unterschiedliche Prämissen.....	72
4.1.3.2	Vereinfachung des Treiber-Modells.....	74
4.1.3.3	Kennzeichen der produktgetriebenen Planung.....	75
4.1.3.4	Kennzeichen der anlagengetriebenen Planung.....	76
4.1.4	<i>Steuerungskonzept</i> .....	77
4.1.5	<i>Kommunikationssprache in der Steuerungshierarchie</i> .....	78
4.1.6	<i>Zusammenspiel der Vorgangsbeschreibung und der Steuerungshierarchie</i> .....	79
4.1.7	<i>Symbole für die Steuerungsbefehle</i> .....	81
4.1.8	<i>Resümee der Konzeptgrundlagen</i> .....	82
4.2	Vorgehen zur Gestaltung des Montagevorgangs.....	83
4.2.1	<i>Gesamtübersicht</i> .....	83
4.2.2	<i>Ablauf der produktgetriebenen Planung</i> .....	85
4.2.2.1	Stufe 1 P: Generelle Montagereihenfolge in Form der Produktstruktur .....	85
4.2.2.2	Stufe 2 P – Planen der Teilvorgänge.....	86

4.2.2.3	Stufe 3 P: Synchronisation .....	87
4.2.2.4	Stufe 4 P: Montageanlauf .....	87
4.2.2.5	Gesamtdarstellung der produktgetriebenen Planung .....	88
4.2.3	<i>Ablauf der anlagengetriebenen Planung</i> .....	89
4.2.3.1	Stufe 1 A: Generelle Montagereihenfolge in Form des Montageablaufs in der Anlage .....	89
4.2.3.2	Stufe 2 A: Planen der Teilvorgänge .....	89
4.2.3.3	Stufe 3 A: Synchronisation .....	90
4.2.3.4	Stufe 4 A: Montageanlauf .....	90
4.2.3.5	Gesamtdarstellung der anlagengetriebenen Planung .....	91
4.2.4	<i>Resümee der Vorgehensweisen</i> .....	92
4.3	Datenmodell .....	93
4.3.1	<i>Das Montageplanungsmodell als Teil eines integrierten   Produkt- und Prozessmodells</i> .....	93
4.3.2	<i>Modell der Steuerung</i> .....	94
4.4	Integration in übergeordnete Leitsteuerung .....	96
4.5	Zusammenfassung des Konzepts .....	97
<b>5</b>	<b>UMSETZUNG IN EINEM RECHNERWERKZEUG</b> .....	<b>98</b>
5.1	Übersicht des Planungswerkzeugs .....	98
5.1.1	<i>Vorhandenes Basissystem</i> .....	98
5.1.2	<i>Erweiterungen</i> .....	98
5.2	Planungs- und Analyseeditoren für den Steuerungsablauf .....	99
5.2.1	<i>Planung der Ablaufsteuerung</i> .....	99
5.2.2	<i>Planung der Bewegungsabläufe</i> .....	102
5.2.3	<i>Temporale und monetäre Bewertung</i> .....	102
5.3	Schnittstelle zu Komponentensteuerungen .....	103
5.3.1	<i>Kommunikation</i> .....	103
5.3.1.1	Basismechanismus .....	103
5.3.1.2	Einsatz von MAP/MMS .....	104
5.3.1.3	Alternative: MMS-Syntax mittels CORBA übertragen .....	104
5.3.2	<i>Funktionalität der CosMonAut MMS-Schnittstelle</i> .....	105
5.4	VMDs für die Komponentensteuerungen .....	105
5.4.1	<i>Innerer Aufbau der VMD</i> .....	105
5.4.1.1	VMDs für die 3D-Simulation .....	107
5.4.1.2	VMD für einen Roboter Stäubli RX 90/130 .....	108
5.4.1.3	VMD für eine SPS Siemens S7 .....	109

5.4.2 Funktionsumfang der VMDs .....	110
5.5 Schnittstelle des Planungssystems zu PPS .....	111
5.6 Zusammenfassung des umgesetzten Planungssystems .....	113
<b>6 ANWENDUNGSBEISPIELE .....</b>	<b>114</b>
6.1 Planung der automatischen Montage eines elektrischen Dosenöffners.....	114
6.1.1 Ausgangssituation.....	114
6.1.2 Stufe 1 A - Bestimmung der Generellen Montagereihenfolge.....	115
6.1.3 Stufe 2 A: Planung der Teilvorgänge .....	116
6.1.4 Stufe 3 A: Synchronisation.....	120
6.1.5 Stufe 4 A: Montageanlauf .....	121
6.2 Planung einer Bohrmaschinengetriebemontage .....	121
6.2.1 Planungsvoraussetzungen.....	121
6.2.1.1 Produktkomponenten .....	122
6.2.1.2 Einzusetzende Komponenten der Anlage .....	122
6.2.2 Stufe 1 P: Produktkomponenten und Struktur des Ablaufs.....	123
6.2.3 Stufe 2: Planung der Teilvorgänge.....	124
6.2.4 Stufe 3: Synchronisation der Steuerung der Anlage .....	125
6.2.5 Stufe 4: Montageanlauf.....	127
6.2.6 Datenaustausch mit der Auftragssteuerungsebene .....	128
<b>7 BEWERTUNG DES ANSATZES .....</b>	<b>130</b>
7.1 Vorgehensweise.....	130
7.2 Datenmodellierung.....	130
7.3 Kommunikation der Steuerung.....	130
7.4 Erfüllung der aufgestellten Forderungen .....	131
7.4.1 Forderung 1: Die Prozessplanung steht im Vordergrund der Betrachtung .....	131
7.4.2 Forderung 2: Wechselseitige Berücksichtigung von Anlagen- und Produkteinflüssen .....	131
7.4.3 Forderung 3: Durchgängigkeit von der Idee bis zur Realisierung	131
7.5 Wirtschaftliche Bewertung.....	132
<b>8 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>134</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>136</b>
<b>ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>156</b>
<b>STICHWORTVERZEICHNIS.....</b>	<b>160</b>





---

# 1 Einleitung

## 1.1 Rechnerunterstützung in der Produktionsplanung

Die Grundidee der rechnerunterstützten Produktgestaltung und Produktionsplanung rückt in den letzten Jahren unter den verschiedensten Begriffen wie etwa **Virtuelles<sup>1</sup> Produkt**, **Virtuelle Produktentwicklung**, **Virtual Engineering**, **Virtuelle Produktion**, **Digital Manufacturing** oder **Digitale Fabrik** wieder verstärkt in das Licht der Betrachtung in der Forschung und Industrie.

SPUR & KRAUSE (1997, S. 3) beschreiben „das **virtuelle Produkt**, d.h. die Simulation aller Phasen des Produktes für den rechnerunterstützten Produktentwicklungsprozess, als strategisches Ziel.“ Nach SPUR (1999) ist „die Entwicklung eines virtuellen Produkts [...] auf die Entwicklung eines virtuellen Produktmodells zurückzuführen, das in digitaler Form in einem Rechnersystem manipulierbar gespeichert ist. Der gesamte Ablauf einer Produktentstehung ließe sich somit in eine virtuelle Phase und eine reale Phase unterteilen (S. 370)“.

EVERSHEIM & SCHENKE (1999, S. 77) sehen „die Erfolgsfaktoren der künftigen Produktentwicklung [...] in der frühzeitigen Überprüfung der Entwicklungsergebnisse anhand virtueller Produkte, die eine ganzheitliche Produkt- und Prozesssicht ermöglichen. Systemtechnisch existieren bereits geeignete Lösungen, die die einzelnen Prozesse der Produktentwicklung wirkungsvoll unterstützen. Diese Insellösungen sind zum durchgängigen Gesamtansatz auszubauen“. Den übergeordneten Begriff nennen sie **Virtual Engineering**, dessen Bestandteile „Abläufe, DV-Systeme (Management) und DV-Systeme (Modellierung), also Simultaneous Engineering + Digital Mock-Up + Telekooperation + Electronic Data Management System (EVERSHEIM & SCHENKE, S. 76)“ sind. Nach MILBERG U. A. (1999, S. 144) umfasst Virtual Engineering „die frühzeitige, kontinuierliche, vernetzte und integrierte Unterstützung des Entwicklungsprozesses hinsichtlich der Abstimmung, Bewertung und Konkretisierung der Entwicklungsergebnisse aller Entwicklungspartner mit Hilfe eines ‚digitalen Prototypen‘.“

Die **Virtuelle Produktion** ist nach REINHART U. A. (1999, S. 26) „die durchgängige Planung, Validierung und Steuerung von Produktionsprozessen und -anlagen mit Hilfe digitaler Modelle. [...] Horizontal reicht die Virtuelle Produktion auf der Fabrikebene von der Fertigung der Einzelteile bis zur Montage des Gesamtprodukts. Vertikal müssen die einzelnen Teilprozesse von der Fabrikebene, der Anlagen- und Zellen- über die Maschinenebene bis zum technologischen Prozess in der erforderlichen Tiefe betrachtet und simulativ abgesichert werden.“

---

<sup>1</sup> SPUR (1999) definiert **Virtualität** als „Zustand einer Möglichkeit von Eigenschaften, die unter gewissen Umständen in die Wirklichkeit treten können. [...] Ein virtuelles Objekt ist zwar nur in der Möglichkeit vorhanden, erscheint also nur scheinbar, verfügt aber über Eigenschaften, die der Wirklichkeit weitgehend entsprechen. Es ist trotz der Scheinbarkeit zur Wirkung befähigt (S. 370)“.

PFEIFF (1998) gibt als Grundkonzept der **Digitalen Fabrik** die Verknüpfung von Produktstruktur samt den entsprechenden Geometriedaten mit einer digitalen Beschreibung der Fabrik über die Prozessstruktur an. Die Prozess-Simulation ist dann ein wesentlicher Baustein für die moderne Planung.

Zusammengefasst geht es also bei den aktuellen Arbeiten um den Aufbau umfassender rechnergestützter Engineering-Systeme, die alle Tätigkeitsfelder des Konstrukteurs und Produktionsingenieurs unterstützen sollen (z.B. BENDER U. A. 1997, WECK & DAMMER 1997, RIX & SCHROEDER 2000). Eine zentrale Rolle spielen dabei leistungsfähige Simulationswerkzeuge, die mittels **Virtual Reality** - Ein-/ Ausgabekomponenten bedient werden (z.B. ELSHENNAWY U. A. 1993, BULLINGER & HEGER 1997, DREWS & WEYRICH 1997, GAUSEMEIER U. A. 1997, SPATH U. A. 1997, REINHART & ROßGODERER 1998) und so die Benutzerakzeptanz und Arbeitseffizienz zu steigern suchen.

Die vorliegende Arbeit nimmt den Gedanken der rechnerintegrierten Produktionsplanung als Leitbild auf und entwickelt vor dem Hintergrund der neuen Technologien einen durchgängigen Ansatz für die rechnergestützte Planung und Steuerung in der Montage.

## 1.2 Bedeutung der Montage

### 1.2.1 Aktuelle Situation

Die Montage als letzter Schritt der Produkterstellung vor der Auslieferung an den Kunden hat eine zentrale Bedeutung für die Unternehmen (REINHART 1998). Aber auch in volkswirtschaftlicher Betrachtung ist die Montage als Teil der Produktion gemäß der Formel „Industrie = Forschung + Entwicklung + Produktion + Vertrieb (MILBERG 1997, S. 20)“ und der Erkenntnis, dass „die Wertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes [...] die Basis für die Ausweitung aller anderen Wirtschaftssektoren (MILBERG 1997, S. 21)“ ist, nicht zu unterschätzen.

Nicht erst seit den wirtschaftlichen Krisen in zahlreichen Ländern Asiens und Südamerikas in den letzten Jahren erscheinen die einst für deutsche Firmen als profitabel geltenden Verlagerungen von Produktionsstandorten ins Ausland in einem anderen Licht. Es mehren sich die Meldungen von Unternehmen, die nach Mißerfolgen im Ausland wieder zurückkehren und in Deutschland mit hochautomatisierten Anlagen profitabel arbeiten, so beispielsweise die Firma Varta (ILIC & CUIPER 1998).

Untersuchungen des VDMA belegen den Trend zu steigender Automatisierung innerhalb der Montage. Der Umsatz der Branche ‚Robotik und Automation‘ steigt (mit Ausnahme der Krisenjahre 1992 mit 1994) seit 1984 stetig an, von damals 2,4 Mrd DM auf 8,69 Mrd im Jahre 1998, bei zuletzt 36% Exportquote (VDMA 1999, S. 2). Unmittelbar kann man die steigende Automatisierung aus der Anzahl der in Deutschland eingesetzten Roboter ablesen. Danach hat sich die Anzahl in den 14 Jahren von 1984 bis 1998 auf zuletzt 85.565 Einheiten knapp verdreizehnfacht.

Die Montage spielt in Deutschland also nach wie vor eine bedeutende Rolle für die Volkswirtschaft. Trotz Bekenntnissen zur Humanzentrierung in der Produktion erfolgt in der Montage eine zunehmende Automatisierung der Wertschöpfung. Der technische (Aussschußrate) und wirtschaftliche Erfolg (Kosten) der Montage wird sehr stark von der Planung der Anlage und den dort stattfindenden Montagevorgängen beeinflusst.

### 1.2.2 Zukunftsperspektive

DREHER & CUHLS (1999) bestätigen in ihrer Zusammenfassung der Delphi-Studie die anhaltend hohe Bedeutung von Montage und Automatisierung in Deutschland und prognostizieren eine im Wesentlichen ungebrochene Fortsetzung der Entwicklung. Die wichtigsten vier Thesen der Studie in diesem Kontext sind:

- Am Standort Deutschland entstehen **Produktionsverbände mit hoher Reaktionsfähigkeit**.
- Die **Produktionsverbände haben außer Montagetätigkeiten alles ausgelagert** (erreicht bis 2007; jedoch 17,9% der Befragten stehen dem tatsächlichen Eintreten skeptisch gegenüber).
- Es werden **Betriebszeiten von 20 Stunden am Tag** eingeführt (erreicht bis 2006; 6,5% Skeptiker),
- die aber **aufgrund von geringerer Störanfälligkeit der Automatisierungslösungen von den Arbeitszeiten der Beschäftigten entkoppelt** werden können (erreicht bis 2008; 6,3% Skeptiker).

Während bei der Auslagerungsthese noch mehr als ein Sechstel der befragten Experten unsicher über das tatsächliche Eintreten waren, stimmten über 93% einer zu erwartenden längeren Betriebszeit der Anlagen und einer Verstärkung der Automatisierung zu. Die Studienersteller selbst nennen als Kritikpunkt, dass die Thesen sehr kurzfristige Realisierungszeiten haben. Es bleibt die Frage, ob die Ziele nicht zu ehrgeizig gesteckt sind.

Diese Zunahme der Automatisierung bedeutet auch ein steigendes Planungsaufkommen für automatisierte Anlagen, das von den Unternehmen zu bewältigen ist. Hierfür müssen geeignete Vorgehensweisen und Hilfsmittel bereit stehen.

## 1.3 Fazit und globale Intention der Arbeit

Fasst man nun die oben dargestellten Themenblöcke zusammen, ergibt sich folgendes Bild: Für die deutschen Unternehmen ist die Montage ein wichtiger Bereich mit Zukunftschancen, der einer weiterhin zunehmenden Automatisierungstendenz unterliegt. Um die automatisierten Anlagen schnell und effizient (um-)planen zu können, besteht trotz des derzeitigen Entwicklungsstandes weiterhin ein Bedarf an Rechnerwerkzeugen, mit denen bereits frühzeitig an