

Stefan Lang

*Durchgängige Mitarbeiterinformation
zur Steigerung von Effizienz und
Prozesssicherheit in der Produktion*

Stefan Lang

*Durchgängige Mitarbeiterinformation
zur Steigerung von Effizienz und
Prozesssicherheit in der Produktion*

Herausgegeben von
Professor Dr.-Ing. Klaus Feldmann,
Lehrstuhl für
Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik

FAPS



Meisenbach Verlag Bamberg

Als Dissertation genehmigt von der Technischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der Einreichung: 18. April 2007
Tag der Promotion: 20. Juli 2007
Dekan: Prof. Dr.-Ing. A. Leipertz
Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger, TU Berlin

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-87525-257-6
ISSN 1431-6226

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks
und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus,
vorbehalten.
Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des
Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein
anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichts-
gestaltung - mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG ausdrücklich
genannten Sonderfälle -, reproduziert oder unter Verwendung
elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder
verbreitet werden.

© Meisenbach Verlag Bamberg 2007
Herstellung: Gruner Druck GmbH, Erlangen-Eltersdorf
Printed in Germany

„Bei der Eroberung des Weltraums sind zwei Probleme zu lösen:

Die Schwerkraft und der Papierkrieg.

Mit der Schwerkraft wären wir fertig geworden.“

Wernher von Braun (Raketenforscher und Ingenieur)

Vorwort und Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Feldmann, dem Leiter dieses Lehrstuhls am Institut für Maschinenbau, danke ich sehr herzlich für die engagierte Förderung bei der Durchführung meiner Arbeit, die vielfältigen wissenschaftlichen Freiräume und das mir entgegengebrachte Vertrauen. Hervorzuheben ist an dieser Stelle auch das von ihm geschaffene, äußerst angenehme, Arbeitsumfeld am Lehrstuhl.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger, Leiter des Fachgebiets Montagetechnik und Fabrikbetrieb am Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin, danke ich für die Übernahme des Korreferats und die konstruktiven Gespräche. Ferner gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmachtenberg für die Übernahme des Vorsitzes bei meiner Promotionsprüfung sowie Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schröder-Preikschat für seine Teilnahme als fachfremder Prüfer.

Allen meinen Kolleginnen und Kollegen sei für die stets sehr gute Zusammenarbeit, die fachlichen Diskussionen und die schöne gemeinsame Zeit gedankt. Hervorheben möchte ich an dieser Stelle meinen Bürokollegen Herrn Dr.-Ing. Stefan Junker, der mir über die ganze Zeit ein verlässlicher und treuer Freund war. Herrn Dipl.-Ing. Matthias Brossog danke ich insbesondere für die sorgfältige Durchsicht der Arbeit sowie Herrn Dipl.-Inf. Matthias Weber und Herrn Dipl.-Inf. Wolfgang Wolf für den intensiven fachlichen Austausch. Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Stefan Slama für die langjährige Förderung als Kollege, Freund und Mentor sowie Herrn Dr.-Ing. Ulrich Wenger und Frau Dr.-Ing. Katrin Melzer.

Ferner möchte ich mich bei meinen Studenten bedanken, die mich im Rahmen ihrer Tätigkeiten bei der Dissertation unterstützt oder anderweitig entlastet haben. Besondere Beiträge leisteten dazu Herr Dipl.-Inf. Daniel Meixner, Herr Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Weinold, Herr Dipl.-Inf. Christian Philipp sowie die Herren Michael Leisgang und Florian Risch. Weiterhin gilt mein Dank Frau Dipl.-Betw. (FH) Isabel Uhlig für die redaktionellen Anmerkungen sowie meinem Freundeskreis für die stetige Unterstützung und die notwendige Ablenkung in Arbeitspausen.

Nicht genug kann ich meiner Mutter danken, die mich stets in meinen Entscheidungen bestärkt und gefördert hat. Ohne ihre Unterstützung wäre mir der Weg über Schule und Studium bis zur Promotion nicht möglich gewesen. Ein großes Dankeschön gebührt vor allem meiner Freundin Susanne, die mir jederzeit motivierend und verständnisvoll zur Seite stand.

Durchgängige Mitarbeiterinformation zur Steigerung von Effizienz und Prozesssicherheit in der Produktion

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Information in der mitarbeiterorientierten Produktion	7
2.1	Begriffsbestimmungen	7
2.1.1	Semiotik und deren Bereiche	7
2.1.2	Zeichen, Daten, Information, Kommunikation, Wissen und Kompetenz	8
2.1.3	Informations- und Wissensmanagement	15
2.1.4	Mitarbeiterinformation und Mitarbeiterinformationssystem	18
2.2	Information als Ressource in der Produktion	19
2.2.1	Aufgabe von Informationen in der Produktion	20
2.2.2	Informationsarten in der Produktion	21
2.2.3	Bereitstellung von Informationen im Produktionsumfeld	23
2.2.4	Anforderungen an produktionsbegleitende Informationen	24
3	Aktuelle Ansätze zur Mitarbeiterinformation in der Produktion	27
3.1	Studie zu Bedarf und Einsatz produktionsbegleitender Informationen	27
3.1.1	Unternehmensseitige Randbedingungen	28
3.1.2	Erstellung, Pflege und Verteilung von Anweisungen	29
3.1.3	Systemlandschaft in Unternehmen	32
3.1.4	Zusammenfassung der Umfrageergebnisse	34
3.2	Kommerzielle Systemlösungen zur Mitarbeiterinformation	36
3.2.1	Vorgehensweise zur Analyse des Marktes	36
3.2.2	Systemanbieter und Softwarelösungen	36
3.2.3	Fazit aus der Marktbetrachtung	38
3.3	Handlungsbedarf zur Verbesserung der Mitarbeiterinformation	39

4 Ergonomische Gestaltung von Arbeitsanweisungen	41
4.1 Arbeitsanweisung im Umfeld technischer Dokumentation	41
4.2 Arten von Arbeitsanweisungen	42
4.2.1 Mündliche Arbeitsanweisungen	43
4.2.2 Arbeitsfolgen-Kurztexte	43
4.2.3 Grafische Darstellungen mit Erklärungen	44
4.2.4 Videodarstellung	46
4.2.5 Mischformen	46
4.2.6 IT-gestützte (multimediale) Darstellung	47
4.3 Grundlagen zur Erstellung technischer Dokumente	48
4.3.1 Textgestaltung in Dokumenten	48
4.3.2 Optische Strukturierung des Textes	52
4.3.3 Texterläuternde und -verstärkende Gestaltungsmittel	54
4.3.4 Typografie und Layout	56
4.3.5 Bildhafte Darstellungen	59
4.3.6 Webbasierte Gestaltung	63
4.4 Gestaltungsrichtlinie zur Erstellung ergonomischer Arbeitsanweisungen	66
4.4.1 Richtlinie für papiergebundene Arbeitsanweisungen	67
4.4.2 Richtlinie für die IT-gestützte Darstellung von Arbeitsanweisungen	69
5 Effiziente Erstellung und Pflege produktionsrelevanter Informationen	73
5.1 Notwendige Aufwandsreduktion bei Erstellung und Pflege produktions- relevanter Informationen	73
5.1.1 Typisches Vorgehen bei der Erstellung von Arbeitsanweisungen	73
5.1.2 Lösungsansatz zur effizienten Erstellung von Anweisungen	75
5.2 Grafische Benutzerschnittstelle zur Bearbeitung von Arbeitsanweisungen	77
5.2.1 Methoden zur grafischen Darstellung von Produktionsprozessen	77
5.2.2 Vorranggraph zur Abbildung von Produktionsabläufen	81
5.2.3 Variantenerzeugung in Vorranggraphen	82
5.2.4 Zuordnung von Verrichtungen zu Ressourcen	85
5.2.5 Hinterlegen von Arbeitsanweisungen in Vorranggraphen	86
5.3 Struktur zur Speicherung von Anweisungsdaten	86
5.3.1 XML-Struktur	87
5.3.2 Erzeugung der XML-Struktur aus Vorranggraphen	88

5.4	Funktionalitäten zur Gestaltung von Arbeitsanweisungen	89
5.4.1	Erstellung des Vorranggraphen	89
5.4.2	Eingabe von Texten und Anweisungsdaten	90
5.4.3	Bearbeitung und Einbettung von Bildern	90
5.4.4	Hinterlegen von Zusatzinformationen	90
5.5	Systemunterstützte Generierung von Arbeitsanweisungen	91
5.5.1	Ansätze zur automatischen Textgenerierung	91
5.5.2	Methoden für selbstlernendes Systemverhalten	95
5.5.3	Konzept zur Umsetzung von intelligentem Systemverhalten	100
5.6	Kopplung an assoziierte Systeme und Planungsunterstützung	106
5.6.1	Anbindung an CAD-, PDM-, PPS- und ERP-Systeme	107
5.6.2	Kopplung an Systeme zur Anzeige der Anweisungen	107
5.6.3	Anbindung von Simulations- und Planungssoftware	108
5.6.4	Erweiterung um Produktionsplanungsfunktionen	108
6	IT-basierte Mitarbeiterinformation in der Produktion	111
6.1	Treiber für den Einsatz von MIS und daraus resultierende Funktionalitäten	111
6.1.1	Typische Situation bei Bereitstellung und Umgang mit Produktions- informationen	113
6.1.2	Anforderungen an eine effiziente Informationsbereitstellung und daraus abzuleitende Systemmerkmale	115
6.1.3	Voraussetzungen für den Einsatz von IT-basierten MIS	118
6.2	Systemgestaltung zur effizienten Mitarbeiterinformation	120
6.2.1	Datenbankbasierung	120
6.2.2	Struktur zur freien Systemkonfigurierbarkeit	121
6.2.3	Frei wählbare Datenformate	121
6.2.4	Mitarbeiterspezifische Informationen und deren Skalierbarkeit	122
6.2.5	Anbindung externer Systeme	123
6.2.6	Kopplung an Peripheriegeräte	123
6.2.7	Identifikation und Zugriffsbeschränkungen	125
6.2.8	Systematischer Ablauf der Mitarbeiterunterstützung zur Steigerung der Prozesssicherheit	125
6.3	Grundlegende Lösungen zur Informationsdistribution durch MIS	127
6.3.1	Webbasierte Anbindung von Arbeitsplätzen	127
6.3.2	Clientbasierte Anbindung von Arbeitsplätzen	128
6.3.3	Gegenüberstellende Bewertung der Distributionskonzepte	129

6.4 Gestaltung der Benutzerschnittstelle	130
6.4.1 Darstellung von Informationen	130
6.4.2 Realisierung von Rückmeldungen und Eingaben	131
6.4.3 Systemadministration	132
6.4.4 Endgeräte	132
7 Umsetzung in Softwareprototypen und Evaluierung	135
7.1 Softwareprototyp zur Anweisungsgenerierung „AGeniA“	135
7.1.1 Benutzerschnittstelle Vorranggrapheneditor	135
7.1.2 Systemunterstützte Erstellung und Pflege von Anweisungen	137
7.1.3 Generierung von Anweisungen und Anbindung an Anzeigesysteme	138
7.1.4 Fazit zu „AGeniA“	139
7.2 Softwareprototyp eines MIS zur Informationsdistribution „WIPUS“	139
7.2.1 Systembasis, Programmiertechnologie und Schnittstellen	139
7.2.2 Umgesetzte Funktionalitäten	140
7.2.3 Fazit zu „WIPUS“	143
7.3 Evaluierung unter Produktionsbedingungen	143
7.3.1 Evaluierungspartner und Randbedingungen	144
7.3.2 Systemstruktur für den Testbetrieb.....	145
7.3.3 Systemeinführung und -einsatz	146
7.3.4 Ergebnisse aus dem Testbetrieb im Produktionsumfeld	147
8 Zusammenfassung	151
Literaturverzeichnis	153
Anhang	161
A Ergebnisse zu den unternehmensseitigen Randbedingungen aus der Studie zur Mitarbeiterinformation	161
B Abbildung der Knoten des Vorranggraphen in XML-Tags.....	164
Glossar	169
Summary	171

1 Einleitung

Produzierende Unternehmen stehen zunehmend vor der Herausforderung, zwei gegenläufige Trends in Einklang zu bringen. Einerseits herrscht die Forderung der Kunden, neue und spezielle Produktausführungen bei hoher Flexibilität und Termintreue geboten zu bekommen. Daneben steht der Anspruch, unabhängig von diesen Anforderungen, wirtschaftlich zu produzieren. Der gegenwärtig anzutreffende hohe Wettbewerbsdruck der globalisierten Märkte leistet in diesem Rahmen einen weiteren Beitrag zu einer Handlungsnotwendigkeit. [2] So steht für die produzierende Industrie das aktuelle Jahrzehnt im Zeichen der Globalisierung. Die Kernthemen der Bestrebungen aus den 90er Jahren, Variantenfertigung, Flexibilität und Wandlungsfähigkeit, sind dabei zu überlebensnotwendigen Grundvoraussetzungen geworden. [98]

Neben der Entwicklung neuer Produkte oder dem Einsatz innovativer Fertigungstechnologien erweist sich daher die Optimierung der Produktion selbst als einziges Mittel, diesen Herausforderungen nachhaltig zu begegnen. Als beispielhafte Maßnahmen seien hier die Verkürzung der Durchlaufzeiten bei konsequenter Termineinhaltung, Verbesserungen der Produktivität oder eine Erhöhung der Transparenz im Auftrags- und Fertigungsfortschritt anzuführen. [33]

Um an dieser Stelle anzugreifen, begegneten die Unternehmen in der Vergangenheit den bekannten Herausforderungen – Schnelligkeit, Qualität, Produktivität, Flexibilität – vor allem mit Aktivitäten, wie der Verbesserung von Prozessen oder Organisationsstrukturen, die allesamt nach innen gerichtet waren [104]. Die durch die turbulenten Märkte verursachten neuen, vielschichtigeren Herausforderungen verlangen nun nach einer Orientierung am Kundennutzen anstatt am technisch Möglichen. Hierbei stehen die Fragestellungen „Welche Leistungen erzeugen Werte und tragen damit zum Kundennutzen bei?“ und „Wie können diese Leistungen möglichst effizient erbracht werden?“ im Vordergrund [98]. Daraus ergibt sich, auch aufgrund der für die Kundenorientierung notwendigen Variantenvielfalt und der sich damit verringernenden Mengeneffekte, die Notwendigkeit einer gänzlichen Neuordnung der Produktion [74].

Um hierbei der Tatsache, dass ein Käufer heute bestellen und morgen schon mit einem individuellen Produkt beliefert werden will, gerecht werden zu können, wird eine höchstmögliche Reaktionsbereitschaft der Produktion benötigt. Dazu gilt es, den Menschen im Mittelpunkt der Produktion zu fördern und somit mehr Flexibilität und Effizienz zu schaffen [96], als dies mit automatisierten Lösungen möglich wäre. An dieser Stelle ist der Trend zu ganzheitlichen Produktionssystemen zu erkennen, in denen in Anlehnung an das Toyota-Produktions-System eine Fabrik als sozio-technische Gesamtstruktur betrachtet wird. Dabei steht die ganzheitliche Sicht auf die Faktoren Mensch, Organisation und Technik im Vordergrund. [20]

Dieser Trend begründet sich auch im kontinuierlichen Anstieg der Anforderungen an die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen. Durch die immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen, die weiter ansteigende Variantenvielfalt und die im Wettbewerb begründete Notwendigkeit zur Rationalisierung [121] sowie die häufig negativen Standortbedingun-

gen kombiniert mit dem beschriebenen Zeitdruck müssen statt konventionellen Rationalisierungsmethoden neue Ansätze geschaffen werden, um das übergeordnete Ziel, eine nachhaltige Kostensenkung bei Einhaltung hoher Qualität und Kundenzufriedenheit, erreichen zu können [124].

Lösungsansatz mitarbeiterorientierte Produktion

Dem Kostendruck und den genannten Treibern zur Rationalisierung wurde in der Vergangenheit häufig mit wachsendem Automatisierungsgrad, vor allem in der Montage, begegnet. Basierend auf dieser Vorgehensweise nahmen jedoch die produzierenden Unternehmen einen starken Rückgang ihrer Flexibilität in Kauf, was wirtschaftlich zwar sinnvoll war, aber hinsichtlich aktueller Ziele und Kundenanforderungen keine dauerhafte Lösung darstellen kann [29]. Diese, über lange Jahre stark propagierte, Automatisierungstechnik stößt angesichts der geringen Wiederholvorgänge bei individualisierten Produkten an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit [125]. Bereits im Jahr 2001 wurde von LAY, WIENDAHL und RÖHRIG postuliert: „Es wird eine Flexibilisierung aller Unternehmensbereiche erforderlich. Die eingesetzte Technologie, die Kapazität der Produktion sowie die Produktstruktur und die Logistik müssen sich ständig den Marktanforderungen anpassen.“ [63]. Daher fand in den letzten Jahren eine zunehmende Rücknahme teurer, hochautomatisierter Lösungen statt. Bei einem Wechsel auf ein Folgeprodukt oder die Umstellung auf neue Produktionsformen kamen häufig Konzepte mit deutlich geringerem Automatisierungsgrad zum Einsatz. [63]

In diesem Rahmen muss sich eine marktnahe und mitarbeiterzentrierte Produktion ausbilden [125], da inzwischen feststeht: „Der Traum von der mannlosen Fabrik ist ausgeträumt.“ [104]. Der Mensch wird weiterhin, insbesondere vor dem Hintergrund der durch ihn erreichbaren Flexibilität, kreativer Leistungsträger sein und im Mittelpunkt der Produktion stehen [104]. Nur er ist in der Lage, in lediglich unscharf und intuitiv erfassbaren Situationen, schnell und flexibel zu reagieren [93].

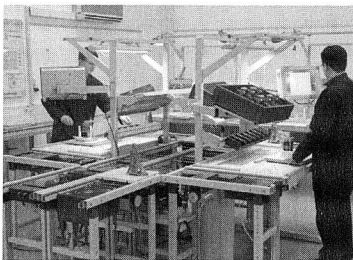
Dabei sind rein manuelle Arbeitsplätze bei steigenden Stückzahlen oft nicht leistungsfähig genug. Hier bietet sich, vor der Einführung vollautomatisierter Lösungen, das Prinzip der hybriden Produktion an, bei welchem Automatikstationen mit Handarbeitsplätzen kombiniert sind. [67] Aktuelle Ansätze, wie das Toyota-Produktions-System, verschmelzen dazu automatisierte Einzelprozesse mit den organisatorischen und mitarbeiterzentrierten Abläufen zu einer wirksamen Symbiose [127]. So können die Vorteile beider Verfahren vereinigt werden und Mensch oder Maschine führen jeweils die Tätigkeit aus, die ihnen am besten liegt. Monotone, einfache und gefährliche Teilaufgaben werden dazu bspw. von Robotern, die anspruchsvolleren dagegen von Menschen verrichtet. [72]

Somit ist es ein Ziel zukunftsfähiger Produktionskonzepte, das Zusammenwirken von Mensch, Technik und Organisation umzusetzen und dabei den wirkungsvollen Einsatz der humanen Leistungsressource bei Produktionsabläufen zu erreichen [11]. Auch aufgrund der demografischen Entwicklungen in den nächsten Jahren und dem damit ansteigenden Durchschnittsalter der Belegschaften [80] [126] wird der maßgebliche Ansatzpunkt zur Produktionsoptimierung in der effizienten Mitarbeiterintegration liegen.

Ferner gilt es, Mitarbeiter entsprechend zu motivieren und anzuleiten, da nur so deren wirtschaftlicher Einsatz zu erreichen ist. Dazu wird es eine unternehmerische Aufgabe sein, gezielt die Einstellung und das Verhalten der Werker zu entwickeln [51].

Problemstellung Mitarbeitereinsatz

Bei all den Vorteilen hinsichtlich Flexibilität, Wandlungsfähigkeit und Effizienz ergeben sich durch den Mitarbeitereinsatz dennoch einige Problemstellungen, denen es zu begegnen gilt. So wird ein unmotivierter Mitarbeiter kein zufriedenstellendes Arbeitsergebnis liefern. Selbiges gilt für einen schlecht informierten Mitarbeiter, der ohne die richtige und vollständige Information zum richtigen Zeitpunkt in der Regel nur mangelhafte Arbeit leisten kann, auch wenn er selbst bestens qualifiziert ist. Abgesicherte Prozesse und hohe Arbeitseffizienz sind somit nur zu erreichen, wenn fähige und motivierte Mitarbeiter mit notwendigem „Wissenswerkzeug“, also Informationen, versorgt werden (Bild 1).



Produktionssystem:

- Serienmontagelinie
- Einzelarbeitsplatz
- Mobiler Arbeitsplatz (bspw. Einrichter oder Kommissionierer)

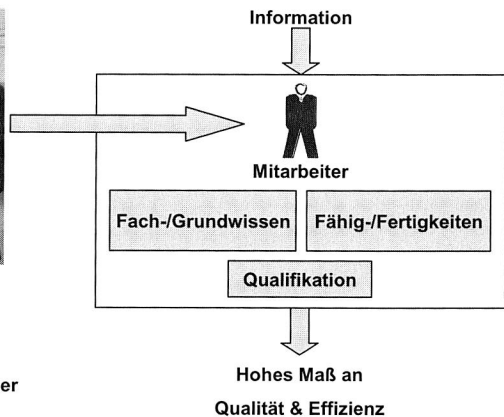


Bild 1: Mitarbeiterunterstützung in der Produktion durch Ergänzung von Qualifikation um relevante Informationen zu den durchzuführenden Tätigkeiten (nach [59])

So muss neben der Motivation auch die Information der Mitarbeiter besondere Beachtung finden, da – um die Montage als Beispiel heranzuziehen – „auftragspezifische Arbeitsumfänge [...] zu einem hohen und permanenten Informations- und Kommunikationsbedarf bei der Montageleitung und den Montagemitarbeitern“ [105] führen. Vor allem die kundenindividuelle Herstellung von Gütern erfordert dabei ein hohes Maß an Information, Wissen und Abstimmung [8]. Auch ist es üblich, dass erworbenes Wissen bereits nach kurzer Zeit wieder veraltet ist und daher dem Erhalten und Weiterentwickeln der Arbeitnehmerqualifikation durch das zur Verfügung stellen von Informationen besondere Beachtung zukommen muss [80]. Somit nimmt die Bereitstellung von Informationen und Wissen eine wachsende Bedeutung in der Produktion ein und stellt damit eine wesentliche zukünftige Herausforderung hinsichtlich deren Optimierung dar [94].

Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Um den beschriebenen Herausforderungen und Problemstellungen in der manuellen und hybriden Produktion adäquat begegnen zu können, wird ein durchgängiges und effizientes Konzept der Mitarbeiterinformation benötigt (Bild 2). Hierbei liegt der Fokus auf der Information von Mitarbeitern in den ausführenden Bereichen der Produktion. Nur wenn diese zu jeder Zeit aktuelle und richtige Informationen zur Unterstützung ihrer Tätigkeiten erhalten, können sie wirtschaftlich Produkte in hoher Qualität herstellen [25] [26]. Die übergeordnete Zielsetzung der vorliegenden Arbeit liegt daher darin, einen Beitrag zu leisten, um den neu wachsenden Anforderungen an Produktionsaufgaben gerecht zu werden und im Speziellen die Effizienz und Prozesssicherheit bei der Durchführung manueller Tätigkeiten durch verbesserte Informationsversorgung zu erhöhen.

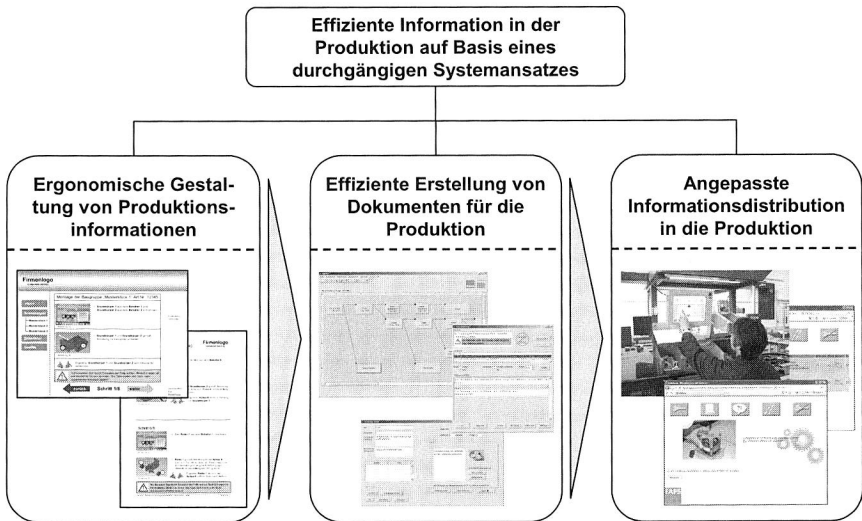


Bild 2: Wesentliche Aspekte zur Erreichung einer effizienten Mitarbeiterinformation im Rahmen eines durchgängigen Lösungskonzepts

Zur Übersicht und vertiefenden Darstellung der gesamten Thematik von Information und Wissen in der Produktion werden zunächst die zugehörigen Begriffe definiert und in den Kontext der Produktionsunterstützung eingegliedert. Hierzu wird die Funktion der Information als Ressource bei der Herstellung von Gütern aufgegriffen und deren Arten, Vermittlung und Verteilung sowie Anforderungen daran beschrieben.

Im darauf folgenden Abschnitt werden aktuelle Lösungsansätze und Vorgehensweisen zur Information in der Produktion aufgezeigt. Hierzu werden die Ergebnisse einer Befragung produzierender Unternehmen zur Mitarbeiterinformation sowie einer Marktanalyse zu kommerziell erhältlichen Systemlösungen dargelegt, welche den aktuellen Stand der Technik sowie Trends in diesem Bereich aufzeigen. Darauf basierend wird der Handlungsbedarf für dieses Feld abgeleitet.

In Kapitel 4 wird eine Richtlinie vorgestellt, die Unternehmen eine Hilfestellung bei der Gestaltung von Arbeitsanweisungen bieten soll. Hierzu werden zunächst Arten von Arbeitsanweisungen dargestellt und allgemeine Grundlagen zur Erstellung technischer Dokumente aufgezeigt. Aufbauend darauf wird ein Leitfaden zur Gestaltung von Produktionsinformationen entwickelt, der sowohl die papiergebundene als auch die rechnergestützte Informationsdistribution berücksichtigt.

Zur Optimierung der Informationserstellung und -pflege sowie der Reduktion des dabei anfallenden Aufwands wird in Kapitel 5 ein Softwarewerkzeug konzipiert, welches es auf einfachste Weise ermöglicht, Produktionsanleitungen zu erstellen und zu pflegen. Hierzu werden neben der grafischen Benutzerschnittstelle die Funktionalitäten zur Anleitungsgestaltung sowie die notwendige Software- und Datenstruktur dargestellt. Auch hier wurde wiederum Wert auf vielfältige Möglichkeiten der Informationsdistribution gelegt.

Eine effiziente Darstellung von Produktionsinformationen ist aufgrund diverser Randbedingungen und organisatorischer Abläufe kaum papiergebunden möglich, eine Rückmelde- oder Interaktionsmöglichkeit durch die Werker sogar völlig ausgeschlossen [62]. Zur Lösung dieser Problematik wird in Kapitel 6 das Konzept für ein multimediales, datenbankbasiertes Mitarbeiterinformationssystem vorgestellt. Hierzu werden zunächst die notwendigen Funktionalitäten und Voraussetzungen für ein derartiges System erarbeitet. Darauf basierend werden die Möglichkeiten der Informationsdistribution sowie die Gestaltung der Benutzerschnittstellen und die Systemgestaltung dargestellt. Weiterhin wird ein Informations-Regelkreis aufgebaut, der die Absicherung manueller Produktionsprozesse ermöglicht.

Die dargestellten Konzepte wurden in Form von Softwareprototypen umgesetzt. Die hierzu erarbeiteten Lösungen, der Anweisungsgenerator „AGeniA“ sowie das Mitarbeiterinformationssystem „WIPUS“, werden in Kapitel 7 vorgestellt. In diesen Technologie-demonstratoren wurden die grundlegenden Funktionalitäten und Abläufe softwareseitig abgebildet, womit ein Eindruck der möglichen Ausprägung einer durchgängigen Lösung zur Mitarbeiterinformation gegeben wird. Ferner wird die Überführung der Prototypen in den Testbetrieb unter Produktionsbedingungen bei einem Industriepartner beschrieben und das dabei ermittelte Ergebnis dargestellt.

2 Information in der mitarbeiterorientierten Produktion

„Sie werden kaum eine Branche, ein Unternehmen oder eine Organisation finden, die nicht die gestiegene Bedeutung von Information und Wissen für sich erkannt hätte – Wissen darüber, was Kunden anzieht, und darüber, wie man mit Hilfe von Informationstechnologien Geschäftsprozesse optimiert.“ [107]

Die hier von STEWART als Geschäftsprozesse bezeichneten Vorgänge schließen durchaus die Produktion mit ein. Besondere Wichtigkeit kommt Wissen und Information sowie deren sog. Management in mitarbeitergeprägten Umgebungen, wie bspw. der Montage, zu. In den letzten Jahren hat sich daher ein Trend hin zum Wissens- bzw. Informationsmanagement entwickelt, was die hohe Bedeutung dieser Ressourcen für die Produktion widerspiegelt. So ist festzustellen: „Erstklassige Leistung und perfekte Qualität kann nur erbracht werden, wenn die notwendige Information zur richtigen Zeit in verständlicher Weise den Leistungserbringer erreicht. Aus diesem Grund ist die Information als solche und die mit der Erstellung, Speicherung, Verteilung und Darstellung verbundenen Prozesse ein erfolgsentscheidender Produktionsfaktor.“ [106].

Unterstützt wird dieses Management von Informationen durch die zunehmende Leistungsfähigkeit der Informationstechnik. Hierdurch können Daten, Informationen und Wissen elektronisch verwaltet und verarbeitet werden, was effiziente Informationssysteme – wie auch das im Rahmen dieser Arbeit vorgestellte – erst möglich macht. In der Produktionstechnik nimmt daher die Informationstechnik eine besondere Stellung ein: „Die industrielle Informationstechnik hat sich als eigenständiger Technikzweig entwickelt. Darunter wird die Informationstechnik verstanden, die in Güter produzierenden Unternehmen zur Entwicklung, Planung und Steuerung der Produktion eingesetzt wird.“ [110].

2.1 Begriffsbestimmungen

Zur Nutzung einer einheitlichen und durchgängigen Terminologie in der vorliegenden Arbeit sind einige Begriffsbestimmungen und Definitionen notwendig. Aufgrund der komplexen und differierenden Bezeichnungen um das Themenfeld von Wissen und Information sollen diese zunächst dargelegt und für diese Arbeit definiert werden. Die folgenden Definitionen erheben nicht den Anspruch der Übertragbarkeit auf andere Fachbereiche, da der Einsatz von Information und Wissen sowie den zugehörigen Begriffen stark von dem jeweiligen Anwendungsgebiet geprägt ist.

2.1.1 Semiotik und deren Bereiche

Die Grundlage für die Beschreibung von Begrifflichkeiten im Themenfeld Wissen und Information bildet die sog. Semiotik. Sie ist die Lehre bzw. Wissenschaft der Zeichen und Symbole, welche sich in die drei Bereiche Syntaktik, Semantik und Pragmatik unterteilt. [38]

Syntaktik / Syntax

Die Syntaktik befasst sich mit den Zeichen als solchen und deren Beziehungen untereinander. Die zugehörige Syntax beschreibt, basierend auf einer Grammatik und einem Alphabet bzw. einem Zeichensatz, die Struktur von formal ableitbaren, richtigen Sätzen einer Sprache. Diese kann natürlich (z.B. menschliche Sprache) oder künstlich (z.B. Computer- oder Programmiersprache) sein. [38] [52]

Semantik

Die Semantik, auch als Bedeutungslehre bezeichnet, bezieht sich auf den Sinn und die Bedeutung von Sprache bzw. sprachlichen Zeichen. Der Bedeutungsgehalt wird hierbei sowohl inhaltlich als auch kontextabhängig betrachtet. [116] Die Basis bildet das „Verhältnis der Zeichen zum Bezeichneten und die Bedeutung der Zeichen untereinander“ [38]. Es gilt zu beachten, dass bspw. die Semantik einer Nachricht durchaus vom Wissensstand des Empfängers abhängen kann [87].

Pragmatik

Pragmatik betrachtet die Wirkung von Zeichen auf einen Empfänger bzw. die menschliche Wahrnehmung, also die Interpretation von Zeichen auf Empfängerseite. Erhebliche Relevanz kommt hier neben dem semantischen Aspekt der Zeichen deren Verwendungszweck (Anwendungskontext) und dem Zeichenbenutzer (Zeichenempfänger) zu. [66] [115] Pragmatik bezieht sich ferner auf die Absicht, die der Sender der Information mit dieser verfolgt [52].

2.1.2 Zeichen, Daten, Information, Kommunikation, Wissen und Kompetenz

Im Rahmen des Informations- und Wissensmanagements wird zwischen Zeichen, Daten, Informationen und Wissen unterschieden. Diese Gebiete stehen untereinander in Beziehung und bauen aufeinander auf (Bild 3) [56] [69]. Sie unterscheiden sich durch ihre Codierung, Syntaktik, Semantik und Pragmatik [114] (vgl. Kapitel 2.1.1), wobei jedoch die Übergänge fließend sind und die Bereiche daher nicht klar abgegrenzt werden können [68].

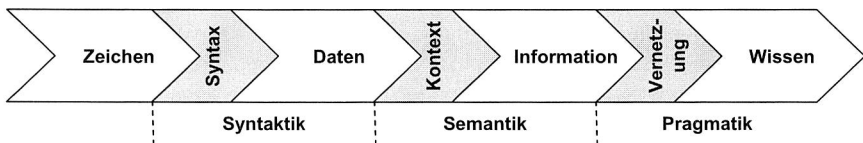


Bild 3: Beziehungen der Semiotik zwischen Zeichen, Daten, Information und Wissen

Wissen wird ferner in verschiedene Wissensarten aufgegliedert [68] [76] [82]. Dieses Wissenskonstrukt wird durch Kompetenz ergänzt [9], die ein Mitarbeiter oder ein Unternehmen durch die Aneignung von Wissen entwickeln kann.

Einen weiteren wichtigen Beitrag zum Informations- bzw. Wissensmanagement leistet die Kommunikation zwischen „Wissensträgern“. Diese können technische Systeme oder Personen sein. [84] Mit Kommunikation wird Wissen „veredelt“ bzw. aus Information Wissen gewonnen.

Zum besseren Verständnis der Thematik des Managements von Wissen und Informationen sollen zunächst die Begrifflichkeiten um dieses Themenfeld dargestellt werden. Basierend auf diesen Grundlagen kann die Herleitung zum Wissen aus Zeichen, Daten und Information erfolgen. Darüber hinaus lässt sich dies über Kompetenz bis hin zum sog. Humankapital fortführen.

Zeichen

„Zeichen werden üblicherweise durch Schrift (Schriftzeichen) wiedergegeben oder technisch [...] verwirklicht. Beispiele für Zeichen sind die abstrakten Inhalte von Buchstaben des gewöhnlichen Alphabets, Ziffern, Interpunktionszeichen, Steuerzeichen und andere Ideogramme. [...] Setzt sich der Zeichenvorrat aus numerischen Zeichen, alphabetischen Zeichen und gegebenenfalls Sonderzeichen (z.B. Interpunktionszeichen) zusammen, spricht man von alphanumerischen Zeichen.“ [45]

Diese Zeichen bzw. Symbole bilden die Grundlage für jede Information und jeden Informationsaustausch. Aus dem vorhandenen Zeichenvorrat werden einzelne Elemente zu Daten zusammengefügt.

Daten

Daten setzen sich aus Zeichen zusammen, die zu einer grundlegenden Beschreibung einer Person, einer Sache, eines Ereignisses, einer Tätigkeit oder einem Zustand kombiniert sind und durch deren Beobachtung gewonnen werden. Sie können aufgezeichnet, klassifiziert und gespeichert werden, wobei sie nach syntaktischen Regeln in einem vereinbarten Zeichensystem darzustellen sind. Jedoch sind Daten nicht durch einen spezifischen Verwendungshinweis oder einen konkreten Bezug gekennzeichnet, sie haben also für sich genommen noch keine Bedeutung (semantische Lücke). Daten können in vielfältigen Formen – z.B. numerisch oder alphanumerisch sowie als Darstellungen, Bilder oder Geräusche – auftreten und bilden die Grundlage für jeglichen Kommunikationsprozess. [19] [56] [69]

Erst durch deren sinnvolle Organisation, Kombination oder Interpretation kann daraus Information entstehen. Sie werden daher in der Semiotik auch als potenzielle Informationen beschrieben, da sie zu Informationen werden können. Man unterscheidet strukturierte, unstrukturierte und transiente¹ Daten. [112]

¹ transient = (zeitlich) vorübergehend

Information

Der Informationsbegriff ist in Wissenschaft und Literatur nicht eindeutig beschrieben. Neben unterschiedlichen Auffassungen und Interpretationen herrscht Uneinigkeit über die Abgrenzung zu den benachbarten Bereichen Daten und Wissen. Häufig wird Information umgangssprachlich im Sinne von Auskunft, Nachricht oder Wissen genutzt bzw. im technischen Bereich mit Daten oder Signalen gleichgesetzt [87].

Daher besteht besonderer Bedarf nach einer exakten Definition von Information, wie sie für Systeme, wie das entwickelte Mitarbeiterinformationssystem, relevant ist. Verschiedene Fachbereiche interpretieren in den Begriff Information unterschiedlichste Bedeutungen, was dessen klare Abgrenzung für das Verständnis in vorliegender Arbeit erfordert. Hierzu sollen zunächst gängige Sichtweisen aufgezeigt und daraus eine tragfähige Definition des fortan verwendeten Informationsbegriffs abgeleitet werden.

Gemäß der klassischen mathematischen Informationstheorie nach SHANNON ist der Begriff der Information als Summe einer Abfolge von Signalen mit bekannter Wahrscheinlichkeitsverteilung definiert [103]. Somit findet eine Reduktion auf das Spezialproblem der Übertragung von Informationen auf einem technischen Kanal statt, wobei der inhaltliche Aspekt der Information, also sowohl Semantik (Bedeutung) als auch Pragmatik (Intention), völlig außer Acht gelassen wird. Information wird hier gänzlich von deren Sender und Empfänger abgegrenzt. [56]

Nach NONAKA und TAKEUCHI sind dagegen Informationen ein Fluss von Botschaften, der in Kombination mit den Vorstellungen und dem Engagement eines Empfängers Wissen erzeugt [78]. Da es sich bei dieser Beschreibung um eine rekursive Definition handelt, d.h. Information sich hier durch Wissen definiert, wobei Wissen auf Information folgt, kann diese Darstellung nicht losgelöst herangezogen werden, da sie nicht exakt genug ist. WITTMANN bezieht sich bei der Beschreibung von Information ebenfalls auf den Wissensbegriff. So stellt er Information als „zweckorientiertes Wissen, also solches Wissen, das zur Erreichung eines Zwecks, nämlich einer möglichst vollkommenen Disposition, eingesetzt wird“ [122] dar. Ferner wird noch die Ansicht vertreten, dass eine Nachricht, also Daten, zu Information wird, wenn der Empfänger der Nachricht durch diese eine Wissenserhöhung erfährt [103].

Auch KUHLEN setzt Information und Wissen miteinander in Bezug. So baut nach der pragmatischen Beschreibung der Informationsbegriff nicht auf den Daten, sondern auf Wissen auf, da Information nicht als eigenständiges Objekt, losgelöst von deren Nutzung, existieren kann und eine Referenzfunktion von Wissen darstellt. Information ist daher nur im aktuellen Kontext ihrer Nutzung vorhanden. Somit ist „Information die Menge an Wissen, die in aktuellen Handlungssituationen benötigt wird, das der aktuell Handelnde in der Regel aber nicht selber besitzt oder über das er zumindest direkt verfügen kann“ [56]. Diese Sicht auf Information, als aktiv gewordenes Wissen, wird auch prägnant als „Wissen in Aktion“ oder „Wissen in Kontext“ benannt [56]. Ähnlich dazu ist nach DIN 44300 Information „für Übermittlung und Aneignung in Form gebrachtes Wis-

sen (objektartig), aber auch Ablauf oder Ergebnis der Übermittlung und Aneignung derartigen Wissens (vorgangsartig)“ [19].

PROBST dagegen beschreibt Information als „Daten, die in einem gewissen Kontext interpretierbar sind und damit für den Empfänger Informationen darstellen“ [84]. Diese müssen übertrag- bzw. kommunizierbar sein, Neuigkeitscharakter für den Empfänger besitzen, Veränderung erzeugen und Nutzen bringend bzw. brauchbar sein [69] [114].

Neben diesen grundlegenden Definitionen zum Informationsbegriff existieren vielfältige weitere Meinungen und Ansichten. Einige hiervon sind bspw. [43] oder [56] zu entnehmen.

Für das Verständnis in vorliegender Arbeit soll abgeleitet aus den genannten Definitionen Information verstanden werden als

Syntaktisch korrekt angeordnete Daten, die zwischen einem Sender und einem Empfänger übertragen werden und durch richtige Interpretation auf Empfängerseite zu Information werden. Sie können nur als Information verstanden werden, wenn diese Bedeutung (semantischer Inhalt) und Zweck (pragmatischer Inhalt) besitzen sowie für den aktuellen Zustand, also im konkreten Kontext, nutzenbringend sind. Dazu wird die Information beim Sender aus Wissen generiert und mit Hilfe des Empfängerwissens interpretiert, was einen Wissenszuwachs bei diesem bewirken kann.

Kommunikation

Den Vorgang der Weitergabe oder des Austauschs von Informationen zwischen mindestens zwei Beteiligten (Systemen oder Individuen) wird als Kommunikation bezeichnet. Hierbei werden durch diese Weitergabe formalisierte Informationen zur Verfügung gestellt. Die Medien hierzu können Papier, Sprache oder elektronische Träger sein. Damit Fehlinterpretationen bei diesem Kommunikationsvorgang vermieden werden, sollen die kommunizierten Informationen möglichst eindeutig sein. [21] [76] Gemäß der Definition von Information kann nur durch Kommunikation aus Information Wissen entstehen.

Wissen

Die Gesamtheit bzw. das Netz aller Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die Individuen zur Lösung oder Bearbeitung von Problemstellungen und Aufgaben einsetzen, wird als Wissen bezeichnet. Es basiert auf Daten und Informationen, wobei es gegensätzlich zu diesen an Personen, also Wissensträger, gebunden ist. Nur durch die kognitive Verarbeitung von Informationen kann Wissen entstehen (siehe auch Bild 3). Daher muss Wissen eher als Prozess denn als Zustand begriffen werden. [39] [69] [84] Wissen wird somit auch als behaltene bzw. gelernte oder gespeicherte Information verstanden [117], wobei es jedoch komplexer als reine Information ist und daher nur mit hohem Aufwand gespeichert und verarbeitet werden kann. Ferner erhöht sich (gegensätzlich

zu allen anderen Ressourcen) der „Wert“ von Wissen durch dessen stetigen Gebrauch und Teilung. [68]

Die vielfältigen existierenden Wissensarten werden durch sog. Dichotomien, die Gegensätze von Kriterien, charakterisiert. Hierbei sind die bedeutendsten Arten: [39] [76]

- Kernwissen und Randwissen,
 - implizites und explizites Wissen,
 - individuelles und kollektives Wissen,
 - Wissen um das Warum, Was und Wie,
 - internes und externes Wissen,
 - bewusstes und latentes Wissen
- sowie
- aktuelles und künftiges Wissen.

Die vier wichtigsten und für den Bereich der Mitarbeiterinformation relevanten Arten sollen im Folgenden kurz dargestellt werden.

Implizites / explizites Wissen:

Alle Erfahrungen und Einsichten eines Wissensträgers bezeichnet man als implizites Wissen. Darin werden besondere, individuelle Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie subjektive Einsichten, Ahnungen, Wahrnehmungen und Deutungen der Realität zusammengefasst. Die Verarbeitung, Übertragung und Speicherung des impliziten Wissens auf systematische Weise ist aufgrund seines individuellen Charakters sehr schwierig. Oftmals kann der Wissensträger selbst seine Erfahrungen nicht exakt oder gar nicht formulieren. [39] [76] [82]

<i>Implizites Wissen</i>	<i>Explizites Wissen</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ personengebunden ▪ im Kopf gespeichert ▪ nicht sichtbar ▪ subjektive Einsichten und Intuitionen ▪ schwer mitteil- und übertragbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ wenig kontextgebunden ▪ in Dokumenten gespeichert ▪ problemlos mitteil- und übertragbar ▪ leicht in Worte zu fassen ▪ leicht imitierbar

Bild 4: Wesentliche Eigenschaften impliziten und expliziten Wissens (nach [68])

Explizites Wissen dagegen ist beschreibbares, fassbares Wissen, wie etwa eine Arbeitsanweisung oder eine Stückliste. Es ist standardisierbar, zeitlich stabil, strukturierbar sowie formalisierbar und dadurch leicht archivier- und abrufbar. Explizites Wissen kann in Form von Dokumenten, Datenbanken, Patenten, Produktbeschreibungen, For-

meln oder Prozessen und Technologien angelegt und somit gespeichert werden. [39] [76] [82]

Individuelles / kollektives Wissen:

Das Wissen des Einzelnen bzw. einer einzelnen Person wird als individuelles Wissen bezeichnet. Um es an andere weitergeben zu können, was im Rahmen eines Informationsmanagements in der Produktion durchaus erwünscht ist, muss es standardisiert und somit mit einer allgemein verständlichen Abstraktion versehen sowie archiviert werden. Durch Weitergabe dieses Wissens bzw. Wissensaustausch (auch im Rahmen dessen Speicherung und Archivierung) kann es in kollektives Wissen überführt werden. Diese Kollektivierung ermöglicht es anderen Wissensträgern auf das ursprünglich individuelle Wissen zuzugreifen und damit neues Wissen zu entwickeln. [39] [76] [82]

Implizites Wissen

Ist schwer kommunizierbar, kaum formalisierbar und „stillschweigend“.

z.B. Intuition in neuen Situationen, Erfahrungswissen, Fertigkeiten

z.B. gemeinsame Werte, Unternehmenskultur

Explizites Wissen

Ist formalisierbar, beschreibbar und zeitlich stabil.

z.B. Wissen über Produkteigenschaften, techn. Fachwissen

z.B. festgelegte Prozessschritte, Vorschriften, Unternehmensvision

Individuelles Wissen

Ist an einzelne Personen gebunden und nur diesen zugänglich.

Kollektives Wissen

Ist mehreren bzw. vielen Personen zugänglich.

Bild 5: Aufteilung von Wissen in die vier im Sinne der Mitarbeiterinformation relevanten Wissensarten (nach [12])

Internes / externes Wissen:

Die Wahl des Bezugsrahmens und der Systemgrenzen gibt vor, ob Wissen als internes oder externes Wissen bezeichnet wird. Hierbei kann bspw. eine Gruppe, eine Abteilung, ein Unternehmen oder ein Konzern als System betrachtet werden. Als internes Wissen wird dabei jenes Wissen bezeichnet, das innerhalb des gewählten Systems vorhanden ist. Das außerhalb des Systems vorhandene Wissen gilt folglich als externes Wissen. [76] [82] Wird etwa das System „Unternehmen“ gewählt, kann internes Wissen bspw. bei Prozessexperten liegen, während externes Wissen z.B. bei Universitäten, Beratern, Lieferanten, Wettbewerbern usw. liegen kann. Basierend auf dieser Annahme kann internes Wissen durch externes Wissen ergänzt werden sowie internes Wissen nach außen gelangen. [39]

Bewusstes / latentes Wissen:

Der Teil des Wissens eines Wissensträgers, der diesem bewusst und zugänglich ist, wird als bewusstes Wissen bezeichnet. Dies umfasst sowohl das direkt mit einem Objekt oder Prozess verbundene Wissen als auch das Metawissen darüber. Das Metawissen gibt bspw. an, wo Aufzeichnungen über das Objekt oder den Prozess zu finden sind bzw. dass diese überhaupt existieren. Handelt ein Wissensträger nicht bewusst, aber instinktiv richtig, so verfügt er über latentes Wissen. Dieses ist ihm aufgrund struktureller Barrieren nicht direkt zugänglich und somit auch für andere nicht abruf- oder archivierbar, da es formal nicht beschreibbar ist. [76] [82]

Kompetenz und Humankapital

Die sinnvolle Anwendung von Wissen bzw. die Fähigkeit dazu kann als Kompetenz bezeichnet werden. Erst durch ein gewisses grundlegendes Talent in Kombination mit Beherrschung von Informationen entsteht Geschicklichkeit. Kompetenz wird durch Selbstentfaltung und Anwendung des Wissens erreicht. Die Verfügbarkeit von Information an sich reicht somit für kompetentes Handeln alleine nicht aus. Insgesamt ist Kompetenz durch die drei Dimensionen „Wissen“, „Fähigkeiten und Fertigkeiten“ sowie „Erfahrungen“ geprägt. Jedoch muss sie stets durch eine vierte Dimension „positive Einstellung“ untermauert und ergänzt werden. Sind darauf aufbauend viele kompetente Mitarbeiter dazu fähig, unter gemeinsamen Wertevorstellungen zusammen zu arbeiten, entsteht wertvolles Humankapital für ein Unternehmen. [9]

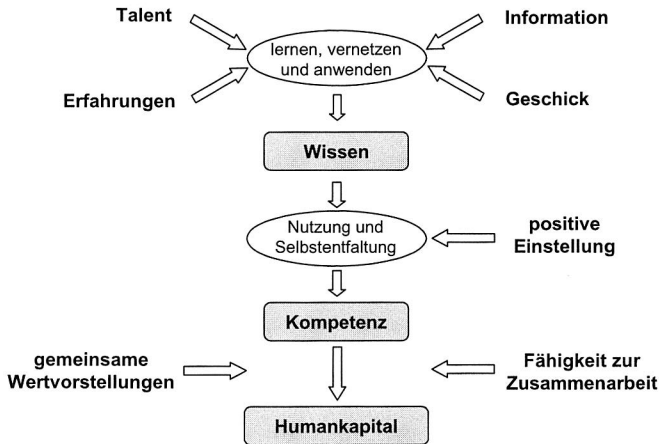


Bild 6: Entwicklung von Kompetenz und Humankapital aus Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Erfahrungen sowie positiver Einstellung

2.1.3 Informations- und Wissensmanagement

Das Management von Wissen und Information beschreibt den Umgang, die Verwaltung und die Administration sowie die Verteilung dieser Ressourcen. Ergänzend kann man darunter auch die Generierung neuer Inhalte für diese Bereiche verstehen. Grundsätzlich geht es jedoch darum, Wissen und Information als Ressource ebenso bewusst zu nutzen und einzusetzen wie bspw. die Ressourcen Kapital oder Arbeitskraft. Somit ist Informations- und Wissensmanagement mehr als nur das Speichern von Daten und Dokumenten, sondern eher deren geschicktes Organisieren und der bewusste Umgang damit, um Wettbewerbsvorteile realisieren zu können. [68]

Informationsmanagement

Informationsmanagement hat die Entwicklung, Erhaltung und Nutzung einer unternehmensindividuellen Informationsstruktur zum Ziel. Hierbei sollen die Informationsbedürfnisse der Mitarbeiter und sonstigen Beteiligten erfüllt sowie mit Hilfe des Informationsmanagements die „objektiv benötigten Informationen zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Form am Ort der Aufgabenerfüllung mit möglichst geringen Kosten“ [4] bereitgestellt werden. [4]

Wissensmanagement

Die Definitionen zum Begriff Wissensmanagement sind ähnlich heterogen wie die des Informationsbegriffs. Jede Fachdisziplin sowie zahlreiche Spezialisten für diesen Bereich sehen im Wissensmanagement zwar ähnliche, aber dennoch differierende Ziele und Vorgehensweisen verankert. STEWART bspw. beschreibt in diesem Rahmen sehr prägnant: „Das Wissensmanagement versucht [...] Wissen in Organisationen möglichst wirkungsvoll einzusetzen und zu verteilen und stellt damit einen der wichtigsten Erfolgsfaktoren für heutige Unternehmen und somit ein zentrales Zukunftsthema dar.“ [107].

Am ehesten lässt sich Wissensmanagement als ein Mittel bzw. eine Methode beschreiben, die dazu dient, Unternehmensziele besser und schneller erreichen zu können. Hierzu wird die Wissensbasis aus individuellem und kollektivem Wissen bewusst, aktiv und systematisch entwickelt sowie verwaltet. Dies hat zum Ziel, vorhandenes Wissen bedarfsgerecht abrufbar zu machen, um jedem Mitarbeiter eines Organisationssystems möglichst alle benötigten Informationen am Arbeitsplatz, situationsgerecht aufbereitet, zur Verfügung zu stellen. Die besondere Herausforderung liegt hierbei auch in der Filterung des Wissens, um ausschließlich die relevanten Informationen aus der Wissensbasis darzustellen. [39] [69]

Zur Erreichung der genannten Ziele wurden einige Konzepte zum Management von Wissen entwickelt, von denen die beiden im Bereich von Produktionsunternehmungen bedeutendsten, das von NONAKA und TAKEUCHI sowie das von PROBST, RAUB und ROMHARDT, im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Wissensmanagement nach NONAKA und TAKEUCHI:

Das Modell zur Wissensschaffung nach NONAKA und TAKEUCHI beschreibt den zu einer Innovation führenden Transformationsprozess von Wissen. Hierbei werden vier Mechanismen zur Umwandlung von implizitem zu explizitem Wissen eingesetzt, die anschaulich in Form einer Wissensspirale dargestellt werden können (Bild 7). Durch die Umwandlung in explizites Wissen wird Wissen für alle Mitarbeiter eines Unternehmens nutzbar. [7] [37] [78]

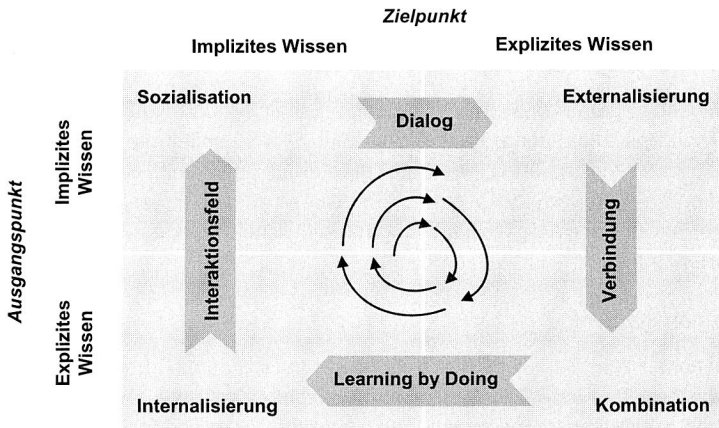


Bild 7: Wissensspirale nach NONAKA und TAKEUCHI (nach [82])

Die vier Bereiche der Wissensspirale können bei der Wissensgenerierung mehrfach durchlaufen werden. Hierbei stellt die *Sozialisierung* den Erfahrungsaustausch zwischen den Trägern impliziten Wissens dar. Bei diesem Vorgang wird implizites Wissen im Wesentlichen durch Beobachtung, Nachahmung oder Praxis weiterverteilt, wodurch wiederum implizites Wissen entsteht. Dieser Vorgang ist nicht auf Sprache oder Dokumentation angewiesen. *Externalisierung* beschreibt den Prozess der Wandlung von implizitem zu explizitem Wissen. Durch konstruktiven Dialog oder kollektive Reflexion nimmt implizites Wissen die Form von Metaphern, Analogien, Modellen oder Hypothesen an und wird dadurch artikulierbar. Im Prozess der *Kombination* werden verschiedene Bereiche expliziten Wissens miteinander in Verbindung gebracht. Hierbei können durch die fächerübergreifende Zusammenarbeit neue Methoden oder Komponenten hervorgebracht werden, womit neues Wissen gebildet wird. Als Medien dienen hierzu bspw. Dokumente, Besprechungen, Telefon- oder Datennetze. Durch intelligenten Einsatz von Informationstechnik kann dieser Vorgang der Kombination gefördert werden. Der abschließende Vorgang der *Internalisierung* beschreibt die Aufnahme von explizitem Wissen in das individuelle, implizite Wissen. Somit wird Wissen zu Wissenskapital. Dieser Prozess kann durch die Speicherung von Wissen, bspw. in Dokumenten, Handbüchern etc., unterstützt werden. [37] [53] [78]

Wissensmanagement nach PROBST, RAUB und ROMHARDT:

Dieses, in der Praxis wohl am weitesten verbreitete, Modell des Wissensmanagements setzt sich aus acht Bausteinen zusammen, welche in Bild 8 mit ihren Querbeziehungen dargestellt sind. Sechs der dargestellten Komponenten beschreiben die operativen Tätigkeiten, während zwei weitere die strategischen Aufgaben im Wissensmanagement definieren. Die operativen Elemente stehen jeweils in Verbindung miteinander, wobei die Reihenfolge, in der die Aktivitäten durchgeführt werden, vom jeweiligen Anwendungsfall abhängt und daher nicht explizit vorgegeben ist. [37] [84] Zielsetzung ist hier die Verbesserung der organisatorischen Fähigkeiten auf allen Ebenen der Organisation durch einen besseren Umgang mit der Ressource Wissen [68].

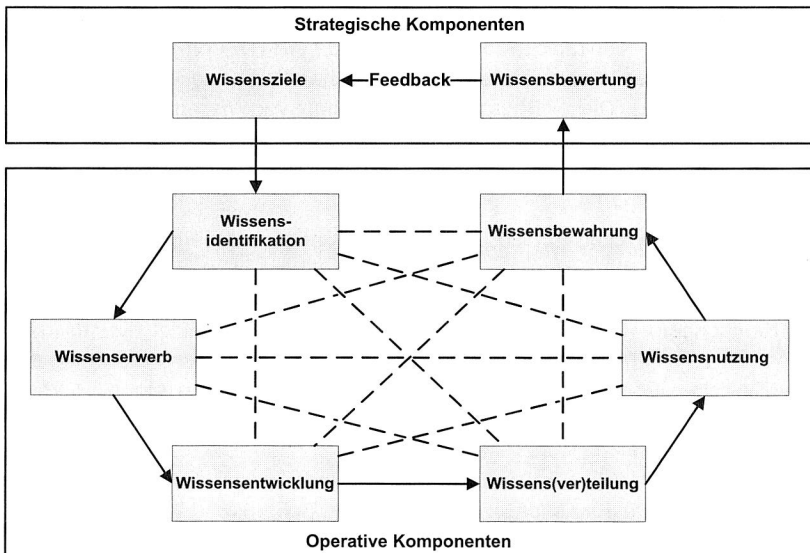


Bild 8: Wissensmanagement nach PROBST, RAUB und ROMHARDT (nach [84])

Ziel der *Wissensidentifikation* ist, vorhandenes internes und externes Wissen zu erkennen, aufzunehmen und transparent zu machen. Diese Transparenz dient dazu, unnötige Doppelarbeiten und Suchaufwand zu vermeiden oder zumindest zu verringern und hierdurch effizientere Prozesse zu ermöglichen. Einen erheblichen Teil ihres Wissensbedarfs können Unternehmen aus externen Quellen beziehen. Der *Wissenserwerb* dient in diesem Kontext dem Import von Wissen durch bspw. Kontakte zu Kunden, Lieferanten, Konkurrenten oder Partnern in Kooperationen sowie durch den Einkauf von Know-how bei Experten (z.B. Beratern) oder der Aqise besonders innovativer Unternehmen. [81] [84] Auch die Rekrutierung neuer Mitarbeiter kann hierzu einen Beitrag leisten.

Wissensentwicklung dient der internen Entwicklung von neuem Wissen, um Wissenslücken zu schließen. Hierbei sollen schwerpunktmäßig neue Fähigkeiten, neue Produkte, neue Ideen oder leistungsfähigere Prozesse entwickelt werden. Der Baustein *Wissensverteilung* dient der Distribution isoliert vorhandener Informationen und Erfahrungen in die gesamte Organisation und ist somit zwingende Voraussetzung für die Nutzung des vorhandenen Wissens. Ein Hauptaspekt in diesem Feld ist die Festlegung der individuellen Wissensbedarfe, da nicht jeder Mitarbeiter für die Ausführung seiner Tätigkeiten alle verfügbaren Informationen benötigt, sondern auch Wissen sinnvoll und bedarfsorientiert verteilt werden muss. Die *Wissensnutzung* stellt das eigentliche Ziel des Wissensmanagements dar. Sie dient dem produktiven Einsatz, welcher jedoch durch vielfältige Barrieren (z.B. Patente bei der Aquisie externen Wissens, die interne Akzeptanz fremden Wissens oder fehlendes Bewusstsein für die Nutzung) beschränkt wird, da dieser alleine durch die erfolgreiche Identifikation und (Ver-)Teilung noch nicht sichergestellt ist. Aufgabe der *Wissensbewahrung* ist die standardisierte Aufnahme und Speicherung des Wissens. Dieser Baustein soll als Schutz vor Wissensverlust (etwa durch das Ausscheiden eines Mitarbeiters) dienen, die Zugänglichkeit sicher stellen, das Gespeicherte regelmäßig auf Aktualität überprüfen sowie vor unbefugtem Zugriff Dritter schützen. [81] [84]

Neben diesen Kernprozessen beim operativen Umgang mit der Ressource Wissen benötigt ein umfassendes Wissensmanagement einen orientierenden und koordinierenden Rahmen. Dieser wird im Ansatz von PROBST, RAUB UND ROMHARDT durch die strategischen Komponenten Wissensziele und Wissensbewertung gebildet, welche das Gesamtkonzept zu einem Managementregelkreis erweitern. Die *Wissensziele* legen dazu fest, auf welchen Ebenen welche Fähigkeiten aufgebaut werden sollen. Hierbei wird zwischen normativen, strategischen und operativen Wissenszielen unterschieden, um für die einzelnen Bereiche klare Zielsetzungen zu schaffen. Die *Wissensbewertung* hat das Ziel, durch regelmäßige Beurteilung der formulierten Wissensziele diese bei Bedarf anzupassen oder ihre Erreichung zu kontrollieren. Dabei kann auch die Qualität der Zielvorstellungen erfasst und mit den beanspruchten Ressourcen abgeglichen werden, um die Wirksamkeit der Maßnahmen belegen zu können. [84]

2.1.4 Mitarbeiterinformation und Mitarbeiterinformationssystem

Die dargestellten Definitionen geben einen Überblick über die inhaltliche Breite, die durch die genannten Begrifflichkeiten aufgespannt wird. Daher sollen an dieser Stelle die für diese Arbeit relevantesten und in der Literatur bisher noch nicht verfügbaren Begriffe Mitarbeiterinformation und Mitarbeiterinformationssystem bestimmt werden. Hierzu ist es notwendig, die bestehenden Begriffe in diesem Themenfeld aufzugreifen und daraus die offenen Benennungen abzuleiten.

Mitarbeiterinformation

Als Mitarbeiterinformation werden diejenigen Informationen bezeichnet, die ein Mitarbeiter zur effizienten Ausübung seiner Tätigkeit benötigt. Sie charakterisieren sich, in An-

lehnung an die getroffenen Definitionen, als Daten zur Beschreibung von Zuständen, Abläufen und Aufgaben, welche durch den Empfänger (Mitarbeiter bzw. Werker) interpretierbar sein müssen und zur Unterstützung seiner Tätigkeit beitragen. Diese müssen so gestaltet sein, dass das durch die Information mitgeteilte Wissen mit dem Wissensschatz des Mitarbeiters verarbeitet werden kann und bei wiederholter Vermittlung ein Lerneffekt erzeugt wird. Somit ist Mitarbeiterinformation explizites, kollektiv vorhandenes Wissen, das durch geeignete Kommunikationsmethoden dem Mitarbeiter, idealerweise direkt an dessen Arbeitsplatz, in der richtigen Menge und Qualität zur Verfügung gestellt wird. Hiermit wird ein Beitrag zu dessen Kompetenz geleistet, da die grundlegenden Qualifikationen, also vorhandenes Wissen sowie Fähig- und Fertigkeiten, durch die Mitarbeiterinformationen ergänzt werden.

Weiterhin kann, abgrenzend von dieser objektartigen Verwendung, Mitarbeiterinformation in Anlehnung an DIN 44300 auch als der Vorgang des Informierens der Mitarbeiter verstanden werden. Dieser umfasst jegliche Aktion die notwendig ist, um Informationen an die Mitarbeiter zu übertragen.

Mitarbeiterinformationssystem

Mitarbeiterinformationssysteme, im Folgenden auch abgekürzt als MIS bezeichnet, vereinen Teilbereiche des Informationsmanagements und des Wissensmanagements. Mit ihnen soll gewährleistet werden, dass Mitarbeiterinformation zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Form dem Mitarbeiter, assoziiert zu seiner aktuellen Tätigkeit, zur Verfügung gestellt wird. Weiterhin unterstützen sie die Entwicklung von individuellem zu kollektivem Wissen (Wissensverteilung) sowie die Wandlung von implizitem in explizites Wissen (Externalisierung). Darüber hinaus leisten sie einen Beitrag zur Wissensnutzung und Wissensbewahrung. Ferner erheben sie den Anspruch, die Verteilung und Darstellung der Informationen in möglichst effizienter Weise zu ermöglichen.

Synonym zum Begriff Mitarbeiterinformationssystem wird auch, konkret bezogen auf Produktionsaufgaben, die Bezeichnung Werkerinformationssystem (WIS) verwendet.

2.2 Information als Ressource in der Produktion

Der gegenwärtige Wandel von der Industriegesellschaft zur Wissensgesellschaft zwingt Unternehmen dazu, stetig neue Innovationen seitens ihrer Produkte und Prozesse zu generieren. Dabei wird die Neuordnung der traditionellen tayloristischen Organisation zu einer wissensbasierten, „intelligenten Firma“ [86] und eine radikale Neubewertung des „intellektuellen Kapitals“ [107], des organisationalen Wissens und der kollektiven Expertise einer Organisation notwendig. Im immer stärker werdenden globalen Wettbewerb kann ein Unternehmen nur dann dauerhaft zukunftsfähig sein, wenn es Wissen ebenso sorgfältig wie die klassischen Produktionsfaktoren als Ressource betrachtet und handhabt [119].

Die klassischen Produktionsfaktoren bzw. -ressourcen sind diejenigen Güter, die zur Herstellung und Verwertung betriebswirtschaftlicher Leistungen als Grundlage dienen.

Nach GUTENBERG werden diese in Elementarfaktoren und dispositive Faktoren unterschieden. Elementarfaktoren umfassen dabei objektbezogene, menschliche Arbeitsleistungen, Werkstoffe (Rohstoffe, Halb- und Fertigfabrikate) und Betriebsmittel (z.B. Grundstücke, Gebäude, Maschinen, Hilfsstoffe, Betriebsstoffe). Die dispositiven Faktoren befassen sich mit Unternehmensleitung, Planung oder Organisation. [36]

Zunehmend wird jedoch, ergänzend zu GUTENBERGS Klassifizierung, auch Wissen, welches sich auf Information gründet, als Ressource für die Produktion angesehen. Es wurde erkannt, dass Information und Wissen erfolgskritische und wettbewerbsbestimmende Ressourcen im Unternehmen darstellen. Somit ist die Informationstechnologie mittlerweile für nahezu jeden Wertschöpfungsschritt von Bedeutung und eine industrielle Produktion ohne Informationen sowie deren Verteilung kaum mehr denkbar. [52] [71]

2.2.1 Aufgabe von Informationen in der Produktion

Wissen, und damit zwangsläufig auch Information, wird als Produktionsfaktor in drei Prozessen eingesetzt. Diese sind die Produktion von Gütern und Dienstleistungen, die Produktion neuen Wissens und die Produktion von Kapital inkl. Humankapital. Dabei hat diese Ressource besondere Eigenschaften, die sie von den klassischen Ressourcen abhebt. Es handelt sich um eine „immaterielle, aber keineswegs kostenlose Ressource“ [120]. Sie ist ohne Verluste wieder verwendbar, kann von einer Vielzahl von Personen gleichzeitig genutzt werden und durch Teilung von Wissen werden Synergieeffekte erzeugt [73]. Weiterhin sind die Kosten zur Vielfältigung gering und durch die Nutzung wird ein Wertgewinn erreicht [5] [52].

Einen besonderen Stellenwert nimmt der Produktionsfaktor Information bei der mitarbeiterorientierten Produktion ein. Hierbei benötigen die Mitarbeiter „je nach fachlichem Qualifikationsstand [...] verknüpft mit dem organisationalen Wissen [...] einen unterschiedlich hohen Betreuungs- und Führungsaufwand vor Ort“ [105]. Somit muss Information eine hochgradig flexible Einheit sein, die dynamisch an die spezifischen Belange der Mitarbeiter, Organisationen, Betriebsmittel und Aufgaben anpassbar ist.

Mit der Bereitstellung von Informationen wird daher das Ziel angestrebt, die Mitarbeiter, aber auch Anlagen, mit dem Wissen auszustatten, welches für eine höchstmögliche Qualität sowie Effizienz bei der Verrichtung der durchzuführenden Aufgaben benötigt wird (siehe auch Bild 1, S. 3). Dabei wird das Wissen, welches der Mitarbeiter bereits besitzt, durch die Information erweitert bzw. es wird neues Wissen gebildet. Grundbedingung ist hierbei die Motivation und der Wille des Mitarbeiters, einen wertschöpfenden Beitrag zu leisten. Unter der Annahme, dass durch die Nutzung von aktueller und richtiger Information in der richtigen Qualität zum richtigen Zeitpunkt ein Maximum an Arbeitsqualität erreicht werden kann [49], ist ferner davon auszugehen, dass mit Hilfe einer optimierten Informationsbereit- und -darstellung auch bei manuellen Tätigkeiten prozesssichere Abläufe erreicht werden können.

2.2.2 Informationsarten in der Produktion

Um die Ziele der hohen Effizienz und Qualität erreichen zu können, müssen in der Produktion Informationen unterschiedlicher Art und Ausprägung zur Verfügung gestellt werden. Diese sollen in sechs grundlegende Klassen unterteilt werden, welche typischerweise auch in Mischformen Verwendung finden und aufeinander aufbauen (Bild 9).

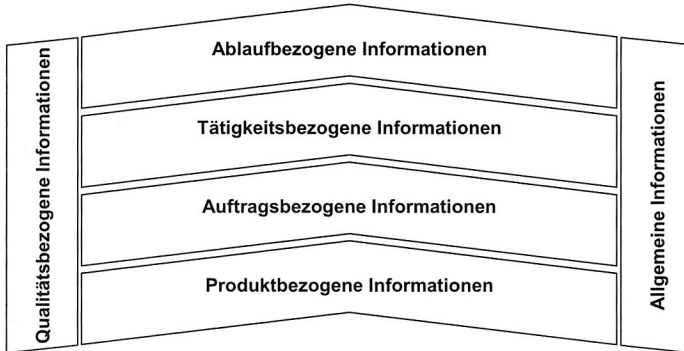


Bild 9: Klassifizierung von Produktionsinformationen gemäß ihrer Nutzung im Wertschöpfungsprozess

Produktbezogene Informationen

Unter produktbezogenen Informationen sind alle Daten zu verstehen, die direkt den Eigenschaften eines Produkts zugeordnet werden können. Hierzu zählen bspw. Datenblätter, Bedienungsanleitungen, Verwendungshinweise oder die Zuordnung zu bestimmten Kunden. Ferner sind hier produktionsrelevante Vorgaben wie Stücklisten, zu verwendende Hilfsstoffe, benötigtes Material usw. einzuordnen.

Auftragsbezogene Informationen

In den auftragsbezogenen Informationen sind alle zur Abarbeitung eines Auftrags notwendigen Daten hinterlegt. Dazu gehören die exakte Bezeichnung des herzustellenden Produkts inkl. der Variantenangabe, die Stückzahl, der Empfänger bzw. Kunde, Termine sowie weitere Angaben, die zur Bearbeitung benötigt werden. Auftragsbezogene Informationen beziehen sich dabei zu großen Teilen auf produktbezogene Informationen.

Tätigkeits- und prozessbezogene Informationen

Diese Informationen geben an, auf welche Weise, mit welchen Hilfsmitteln, in welcher Reihenfolge und an welchem Ort bestimmte Verrichtungen ausgeführt werden müssen. Ferner beinhalten diese Vorgaben, wie Ressourcen, Betriebsmittel oder Werkzeuge zu benutzen, zu warten, einzustellen oder zu rüsten sind. Grundlegende Informationsdo-

kumente hierfür sind Arbeitsanweisungen oder Prozessvorgaben. Diese können auch Daten bzw. Vorgaben enthalten, mit welchen Parametern bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind. In der Regel liegt diesen Angaben ein Produkt, eine Ressource oder ein Prozess zu Grunde.

Ablaufbezogene Informationen

Ablaufbezogene Informationen beinhalten organisatorische Vorgaben, die sich auf innerbetriebliche Flüsse und zeitliche Abläufe sowie Reihenfolgen beziehen. In diesen wird festgelegt, auf welchen Wegen und in welcher Reihenfolge bspw. Material (Bauteile und -gruppen), Betriebsmittel oder auch Mitarbeiter eine Produktion durchlaufen. Ferner beinhalten sie Daten zur Prozess- und Verweildauer an Stationen oder für die Abläufe selbst.

Qualitätsbezogene Informationen

Für die Erreichung einer möglichst hohen Produktionsqualität ist die Nutzung der bereits beschriebenen Informationsarten unabdingbar. Ergänzend hierzu existieren noch spezifische Qualitätsvorgaben, die es einzuhalten gilt. In der Regel sind dies Detaillierungen der sonstigen Informationsarten oder deren spezifische Anpassungen an Qualitätsbelege. Beispielhaft gliedern sich hier Prüfanweisungen oder Verpackungsvorschriften ein, die an sich den tätigkeitsbezogenen Informationen zuzuordnen sind, jedoch für die Erreichung der angestrebten Qualität besondere Wichtigkeit besitzen. Selbiges gilt für qualitätsbedingte Vorgehensweisen, die auch den ablaufbezogenen Informationen zugeordnet werden könnten. Die häufigste Verwendung finden Qualitätsdaten jedoch bei der Rückmeldung aus der Produktion. Hier werden vor allem erfasste Fehler, Ausschussdaten oder Prüfergebnisse sowie Prozessverläufe an übergeordnete Stellen weitergeleitet, um eine Rückverfolgbarkeit der Produkte oder gezielte Eingriffe in den Produktionsprozess zu ermöglichen.

Allgemeine Informationen

Diese stellen all jene Informationen dar, die zwar in der Produktion relevant sind, aber nicht direkt Prozessen, Abläufen oder Produkten und Aufträgen zugeordnet werden können. Typischerweise beinhalten sie Vorgaben zum Verhalten im Betrieb, Sicherheitshinweise, Richtlinien zu Sauberkeit und Ordnung, Hierarchie-Organigramme, Ansprechpartner, Schichtpläne, Kennzahlen sowie weitere produktionsbezogene Informationen.

Grundsätzlich können all diese Informationen in beide Richtungen, zum Werker und von diesem zurück in die administrativen Bereiche, fließen. So bekommt er bspw. Auftragsinformationen zu anstehenden Aufgaben und wird deren Fertigstellung zurückmelden. Dabei werden in der Regel auch assoziierte Qualitätsdaten, wie Ausschussmenge oder Gutteilanzahl, und Ablaufdaten, wie benötigte Zeit für die Verrichtungen, kommuniziert.

Ferner wird ein Mitarbeiter Informationen zurückmelden, wenn dieser etwa einen Fehler in Arbeits- oder Prüfanweisungen feststellt bzw. Verbesserungsvorschläge hierzu erarbeitet hat.

2.2.3 Bereitstellung von Informationen im Produktionsumfeld

Die beschriebenen, für die Produktion notwendigen, Informationen können auf unterschiedlichen Wegen vermittelt oder dargestellt werden. Typischerweise findet die Erstellung manuell durch Arbeitsvorbereitung, Meister oder Fertigungsplanung statt. Im Folgenden werden die am häufigsten anzutreffenden Methoden kurz dargestellt.

Mündlich

Eine nach wie vor übliche Variante des Verteilens der Informationen ist das mündliche Weitergeben durch Vorarbeiter, Meister oder Gruppensprecher. Dabei werden neben Auftragsinformationen, also wer was zu welcher Zeit zu erledigen hat, auch Änderungen in Abläufen oder Verrichtungen sowie Tätigkeitsbeschreibungen weitergegeben. Der Vorteil dieser Art der Informationsverteilung ist der geringe Aufwand, der bei der Informationserzeugung anfällt. Nachteilig ist allerdings, dass diese Informationen sehr flüchtig sind, leicht vergessen werden können und nicht frei bzw. wiederholt abrufbar sind.

Schulungen

Zur Erhöhung des Wissens von Mitarbeitern bzw. der Schaffung zusätzlicher Qualifikationen werden Schulungen genutzt. Diese können dazu dienen, grundlegende Abläufe, Vorgehensweisen oder Fähigkeiten zu erlernen bzw. zu vertiefen. Aufgrund des hohen Zeitaufwands bei dieser Methode der Informationsvermittlung ist sie als produktionsbegleitendes Medium nicht geeignet. Weiterhin kann der Erfolg der durchgeführten Maßnahme nur schwer erfasst werden. Um jedoch nachhaltiges Wissen zu vermitteln bietet sie hohes Potenzial, wenn sie gezielt und wiederholt eingesetzt wird.

Produktbeispiele und Modelle

Die Kombination von visuellen Eindrücken und unterstützenden Informationen kann einen nachhaltigen Lerneffekt erzeugen. Durch das Ausstellen von Produktbeispielen, bspw. in einzelnen Produktionsstadien, ist somit ein „anfassbares Erleben“ der produktionsbegleitenden Information möglich. Hierzu werden in Schaukästen oder an Tafeln die herzustellenden Produkte in ihren verschiedenen Wertschöpfungsstufen ausgestellt und durch zusätzliche Informationen ergänzt. Diese Art der Informationsbereitstellung bedingt einen sehr hohen Erstellungsaufwand, lässt Details häufig schwierig erkennen, kann kaum mit vertretbarem Aufwand aktuell gehalten werden und ist nicht direkt an den Arbeitsplätzen verfügbar. Jedoch ist die Visualisierung der Inhalte, sofern das Ausgestellte für die Werker auch anfassbar ist, nachhaltig erfass- und behaltbar.

Plantafeln, Poster, Boards

Häufig sind in Produktionsbereichen Whiteboards oder Plantafeln aufgestellt, die als zentrale Zugangsmöglichkeit zu ausgehängten Informationen dienen. Hier werden in der Regel allgemeine Daten, wie bspw. Produktivität oder Ausschusszahlen, oder betriebsspezifische Informationen, wie Kantinenspeisepläne, Gruppenzusammensetzungen oder Meldungen des Betriebsrats, dargestellt. Üblicherweise werden sie nicht für auftrags- oder tätigkeitsspezifische Informationen genutzt, da der Zugriff von den Arbeitsplätzen aus aufgrund zu hoher Entfernung zu viel Zeit in Anspruch nimmt und daher ineffizient ist.

Papiergebunden

Die Nutzung von papiergebundenen Informationen zur produktionsbegleitenden Bereitstellung stellt den Standard dar. Hierzu werden die benötigten Inhalte auf Begleitkarten, in Ordnern bzw. Heftern oder auf sog. Tapeten (in der Automobilindustrie) aufgedruckt und an den Arbeitsplätzen zur Verfügung gestellt. Der Umgang mit diesem Informationsmedium ist jedoch mit vielfältigen Problemen behaftet. So ist die Informationsbeschaffung mit erheblichem Aufwand verbunden, da in der Regel die Informationen an einer zentralen Stelle hinterlegt sind und vor Beginn einer Auftragsbearbeitung zunächst abgeholt werden müssen. Weiterhin besteht das Problem von Verschmutzung oder Verlust der Informationsträger sowie der Aktualität der Daten, da eine umfassende Verteilung und Aktualisierung der Medien massiven zeitlichen Aufwand erfordert. Auch die Erstellung und Pflege der Inhalte ist mit erheblichem Aufwand verbunden. Die Vorteile liegen bei den geringen Kosten, die für den Informationsträger Papier anfallen, sowie der einfachen Handhabbarkeit und dem gewohnten Umgang damit.

IT-basiert

Zunehmend findet auch die papierlose Informationsbereitstellung Anwendung in Produktionsbereichen. Hier werden die benötigten Inhalte auf Bildschirmen an den Arbeitsplätzen oder mittels Anzeigetafeln bspw. an Produktionslinien dargestellt. Der maßgebliche Vorteil liegt im geringen Aufwand bei der Informationsverteilung, da die Inhalte nach deren Eingabe sofort an allen relevanten Stellen abrufbar sind. Damit wird auch eine ständige Aktualität der Daten erreicht, da unternehmensweit an allen Zugriffspunkten die gleichen, aktuellen Informationen vorliegen. Das Manko bei diesen Systemen ist der hohe finanzielle Invest, der bei deren Einführung anfällt, welcher sich jedoch in der Regel nach kurzer Zeit amortisiert.

2.2.4 Anforderungen an produktionsbegleitende Informationen

Die Aussage von KONRAD LORENZ „Gesagt ist nicht gehört, gehört ist nicht verstanden, verstanden ist nicht einverstanden, einverstanden ist nicht behalten, behalten ist nicht angewandt, angewandt ist nicht beibehalten.“ [50] verdeutlicht, dass nicht jede Information, die eine Person erhält, von dieser auch zielgerecht verwertet wird. Um daher mit

einer Informationsversorgung der Produktion das Ziel zu erreichen, eine höhere Qualität und Effizienz gewährleisten zu können, müssen die eingesetzten Informationen einigen Grundbedingungen gerecht werden. Hierzu soll in Anlehnung an Darstellungen aus dem Qualitätsmanagement das „House of Information Efficiency“ (Bild 10) aufgestellt werden, das die grundlegenden sieben Säulen für eine effiziente Information beinhaltet.

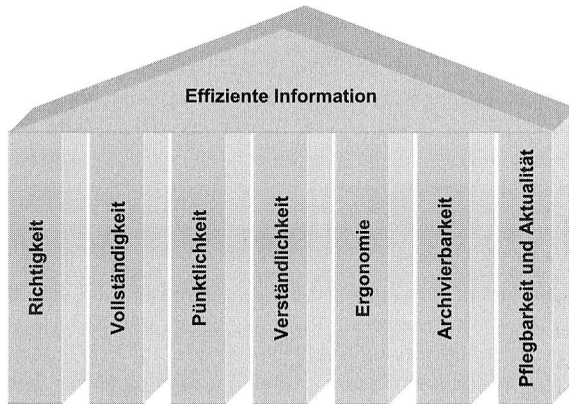


Bild 10: Wesentliche Säulen effizienter Information für die Unterstützung in der Produktion (House of Information Efficiency)

Richtigkeit

Grundlegende Anforderung an Daten und Informationen ist deren Richtigkeit. Nur inhaltlich korrekte Daten eignen sich zur Archivierung und nur diese können langfristigen Nutzen bringen. Ferner ist hier eine korrekte Versions- und Autorenangabe notwendig, da nur auf diese Weise gewährleistet werden kann, dass die richtige und keine veraltete Information eingesetzt wird.

Vollständigkeit

Als Konsequenz aus der Forderung nach Richtigkeit der Informationen ergibt sich die Forderung nach Vollständigkeit. Jegliche Informationen am Arbeitsplatz müssen komplett vorhanden sein. Demzufolge kann bspw. eine papiergebundene Arbeitsanweisung mit Fehlseiten oder starker Verschmutzung nicht toleriert werden.

Pünktlichkeit

Die Informationen müssen genau dann am Arbeitsplatz vorliegen, wenn sie tatsächlich benötigt werden. Auf diese Weise werden zusätzliche Wegezeiten für Informationsbeschaffung, wie sie im Falle nicht vorliegender Informationen auftreten, verhindert, was zu einer erhöhten Produktivität und damit zu einer Effizienzsteigerung in der Produktion führt.

Verständlichkeit

Insbesondere bei Arbeitsanweisungen wird der Anspruch auf Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit erhoben. Dem Mitarbeiter vor Ort müssen Informationen dargelegt werden, welche seinem persönlichen Sprach- und Wissensniveau angepasst sind. So dürfen Informationen weder in reiner Fachsprache noch zu laienhaft dargestellt werden.

Ergonomie

Ebenso wie die Verständlichkeit ist die ergonomische Gestaltung von Informationen bzw. deren Trägern (z.B. Dokumente oder Bildschirmmasken) eine Basisanforderung. Nur ergonomisch aufbereitete Inhalte können schnell sowie unmissverständlich erfasst und somit effizient genutzt werden.

Archivierbarkeit

Innerhalb eines Unternehmens sammelt sich über Jahre hinweg eine beachtliche Wissensmenge an. Diese wird teilweise auf Papier gebracht und archiviert, teilweise befindet sie sich jedoch an unauffindbaren Archivstellen oder nur im Gedächtnis einiger Mitarbeiter als implizites Wissen. In diesem Kontext müssen daher die wertvollen Informationen so abgelegt werden, dass diese auffindbar und somit wiederverwendbar sind.

Pflegbarkeit und Aktualität

Informationen und insbesondere Arbeitsanweisungen sind nicht als statisch und unveränderbar anzusehen, sondern unterliegen im Laufe der Zeit einem Wandel. Dies geht einher mit neuen Produktionsbedingungen, modernisierter Technik und veränderten Produkten. Um dem Bedarf nach inhaltlich richtiger Information gerecht werden zu können, ist die Forderung nach der Pflegbarkeit und Aktualität hinterlegter Daten zu stellen. Nur wenn die gespeicherten Informationen sich mit den wandelnden Umständen ändern können und immer aktuell sind, bieten sie dem Unternehmen den größten Vorteil.

Um den dargelegten Anforderungen gerecht werden zu können und somit die Mitarbeiter in der Produktion effizient zu informieren, bedarf es eines durchgängigen Ansatzes zur Mitarbeiterinformation. Mit diesem muss ein Lösungskonzept über die gesamte Erstellungs- und Verteilungskette der Informationen zur Verfügung gestellt werden, in welchem von der Gestaltung der Informationen über deren Erstellung bis hin zu deren Verteilung bzw. Distribution alle relevanten Aspekte berücksichtigt werden. Hierzu wird zunächst eine belastbare Gestaltungsrichtlinie zum ergonomischen Aufbau der relevanten Inhalte benötigt. Ferner sind softwarebasierte Hilfsmittel anzustreben, welche den Aufwand bei der Erstellung und Pflege minimieren sowie auf das spezifische Feld der Arbeitsanweisungen angepasst sind. Neben diesen besteht die Forderung nach einem Ansatz, mit welchem die Verteilung der Informationen und der benötigte Rückfluss effizient, aktuell und prozesssicher möglich ist.

3 Aktuelle Ansätze zur Mitarbeiterinformation in der Produktion

Die Information der Mitarbeiter stellt, wie die Ausführungen in Kapitel 2 belegen, eine anspruchsvolle Aufgabe und eine zunehmende Herausforderung für produzierende Unternehmen dar. Daher müssen Firmen bereits heute Lösungen einsetzen, mit denen der gestiegenen Komplexität der Produkte bei deren Herstellung begegnet und der zunehmende Informationsbedarf im Produktionsumfeld gedeckt werden kann. Beginnend bei der papiergebundenen Arbeitsanweisung bis hin zur Anzeige auf Bildschirmen bestehen hierzu häufig proprietäre Informationssysteme und Insellösungen, die in der Regel als Eigenentwicklung oder spezielle Anpassung dazu eingesetzt werden, rudimentär eine hinreichende Mitarbeiterinformation umzusetzen.

3.1 Studie zu Bedarf und Einsatz produktionsbegleitender Informationen

Zur Erfassung des Stands der Technik hinsichtlich der produktionsnahen Mitarbeiterinformation wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Umfrage bei produzierenden Unternehmen durchgeführt. Durch eine breite Streuung über verschiedene Branchen, vom Elektrotechniker bis zum Automobilhersteller (Bild 11), wurde hierbei ein möglichst signifikantes und branchenunabhängiges Ergebnis angestrebt.

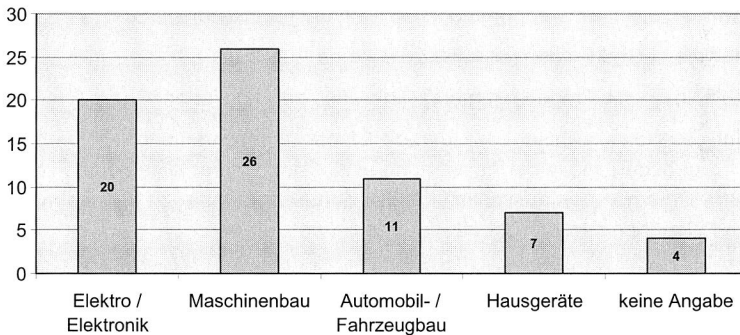


Bild 11: Branchenzugehörigkeit der befragten Unternehmen

Mit dieser Studie sollten sowohl Entwicklungstrends im Bereich der Arbeitsanweisungen und Bauanleitungen als auch der Stand der Technik bzw. das übliche Vorgehen bei deren Anfertigung, Pflege und Darstellung ermittelt werden. Ferner wurden die Anforderungen der Unternehmen an Systeme und Lösungen im Bereich der Mitarbeiterinformation sowie damit verfolgte Ziele abgefragt. Ebenso wurde die Nutzung vorhandener Systeme und Hardware untersucht sowie die Aufgeschlossenheit gegenüber IT-basierten Mitarbeiterinformationssystemen eruiert.

Als Hilfsmittel zur Erstellung der Fragebögen sowie deren Auswertung wurde die Software GrafStat² genutzt. Dieses Produkt bietet eine Vielzahl von Funktionalitäten zur Erstellung von Fragebögen, der Datenerfassung und -auswertung sowie der Ergebnisdokumentation [18]. Zur Durchführung der Studie kam aus dem GrafStat-Funktionsportfolio die Option zur Anwendung, Fragebögen als interaktives HTML-Dokument auszugeben. Dieses kann per E-Mail versandt sowie als Webseite online verfügbar gemacht werden. Beide Möglichkeiten kamen bei vorliegender Befragung zur Anwendung. Auf diese Weise wurde eine einfache Ausfüll- und Rücksendbarkeit der Bögen gewährleistet.

Der Fragebogen wurde einfach erfassbar und übersichtlich aufgebaut, um ein unkompliziertes Ausfüllen mit geringem Aufwand zu ermöglichen. Hierbei wurde im Formularkopf zunächst über die Ziele sowie das korrekte Ausfüllen informiert sowie einige Randinformationen zum Verständnis von Mitarbeiterinformation angegeben. Der darauf folgende Fragenteil wurde in vier Bereiche untergliedert:

- allgemeiner Fragenteil zur Person und zum Unternehmen,
- spezifische Fragen zum Unternehmen (Mitarbeiterstruktur, etc.),
- Fragenteil zum Thema Arbeitsanweisungen,
- Fragen zur Systemlandschaft.

Dabei kamen drei unterschiedliche Fragetypen zum Einsatz:

- Fragen, die eine freie Eingabe in ein Textfeld erforderten,
- multiple-choice Fragen mit einer zulässigen Antwort,
- multiple-choice Fragen mit mehreren zulässigen Antworten.

Insgesamt beteiligten sich an der Umfrage 51 der angeschriebenen Unternehmen mit gültigen Fragebögen, die in die Auswertung einfließen. Da der allgemeine Fragenteil zu Person und Unternehmen ausschließlich der Kontaktaufnahme zu den Befragten diente, soll im Folgenden darauf nicht näher eingegangen werden.

3.1.1 Unternehmensseitige Randbedingungen

Auf Basis der Fragen zu den Daten der Unternehmen sollten die aktuellen Randbedingungen für die Produktion erfasst und daraus Anforderungen an die Information der Mitarbeiter abgeleitet werden. Hierzu wurden neben strukturellen Daten, wie Branchenzugehörigkeit oder Verteilung der Produktionsstandorte, auch spezifische Werte, wie durchschnittliche Losgrößen und Mitarbeiteranzahl, abgefragt.

Die Ergebnisse dieses Fragenbereichs spiegelten die allgemein erkennbaren Trends wieder, die in der industriellen Produktion anzutreffen sind. So produzieren alle befragten Unternehmen am Standort Deutschland, betreiben größtenteils jedoch auch Produk-

² GrafStat kann unter www.grafstat.de bezogen werden

tionsstätten im Ausland. Ferner stellt bei den meisten Firmen, aufgrund eines hohen Wertschöpfungsanteils in der Produktion, der Mitarbeiter einen maßgeblichen Faktor dar. Jedoch ist eine Tendenz weg von Fachpersonal hin zu angelegerten Hilfskräften festzustellen, was auf die Information in der Produktion direkte Konsequenzen haben muss. Weiterhin wurde bestätigt, dass die Produkte mit immer stärkerer Kundenorientierung in geringen Losgrößen bei ansteigender Variantenzahl hergestellt werden. Damit werden die Produktlebenszyklen immer kürzer und die Produktion muss, auch im Sinne der Mitarbeiterinformation, wandlungsfähig sein. Die detaillierten Ergebnisse zum Bereich der unternehmensseitigen Randbedingungen sind in Anhang A dargestellt.

3.1.2 Erstellung, Pflege und Verteilung von Anweisungen

Ziel dieses Fragenblocks war die Ermittlung der Vorgehensweisen und Abläufe beim Umgang mit Anweisungen und Anleitungen für die Produktion. Hierbei wurde sowohl die Informationsdistribution als auch die Pflege und Gestaltung von Anweisungen betrachtet. Mit den Ergebnissen dieses Abschnitts kann abgeleitet werden, wo Handlungsbedarf in diesen Bereichen vorhanden ist und wie die assoziierten Abläufe verbessert werden können.

Vorgaben, Darstellungsarten und Software zur Erstellung

Es wurde abgefragt, ob Anweisungen nach bestimmten Vorgaben oder Kriterien erstellt werden. Hierbei gaben 46 der befragten Unternehmen an, interne Richtlinien, Styleguides bzw. Vorgaben aus QM-Handbüchern anzuwenden. Externe, tragfähige Vorgaben nutzen nur 17 der Befragten, wobei unter Umständen die intern vorhandenen Regelwerke auf externen beruhen können. Völlig ohne Vorgaben und Standards werden Anweisungen bei drei der befragten Firmen erstellt, was als deutlicher Mangel anzusehen ist, da dies aufgrund fehlender Homogenität der Anweisungen Qualitäts- und Effizienz-einbußen erwarten lässt.

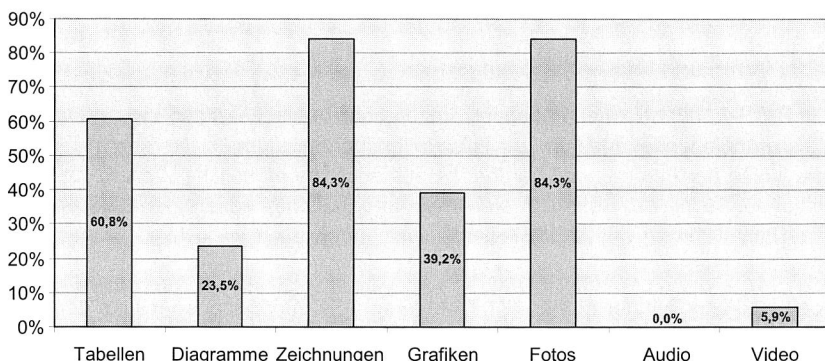


Bild 12: Eingesetzte Darstellungsmittel im Rahmen der Mitarbeiterinformation in der Produktion

Hinsichtlich der inhaltlichen Darstellung war festzustellen, dass der Großteil der Firmen keine ausschließlich textbasierten Anweisungen und Anleitungen einsetzt (Bild 12). Häufig werden Anweisungen durch Zeichnungen oder Bilder ergänzt. Ein geringer Teil der Unternehmen setzt bereits Videos zum Anleiten ein. Eine Übermittlung als Audioanweisung wird von keinem der Unternehmen realisiert.

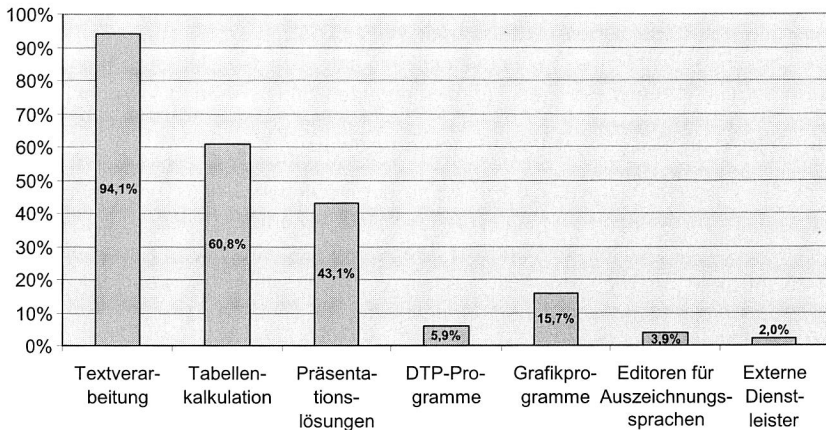


Bild 13: Genutzte Anwendungen zur Erstellung von Anweisungen für den Produktionsbereich

Die Erstellung bzw. Aufbereitung der Informationen für die Produktion (siehe Bild 13) findet überwiegend mit Standardanwendungen wie Textverarbeitung (z.B. MS Word), Tabellenkalkulation (z.B. MS Excel) oder Präsentationslösungen (z.B. MS PowerPoint) statt. Bei einigen Firmen kommen Desktop-Publishing-Programme und Editoren zum Einsatz, wobei ein geringer Anteil der Unternehmen die Erstellung von Anweisungen an externe Dienstleister vergibt.

Medien, Verteilung und Archivierung

Wie in Bild 14 deutlich zu erkennen ist, nutzen nahezu alle befragten Unternehmen Papier als grundlegendes Medium zur Informationsbereitstellung in der Produktion. Mehr als die Hälfte der Firmen nutzt darüber hinaus auch die mündliche Weitergabe von Informationen. 39,2% der Befragten stellen die Informationen bereits per Bildschirm oder Display dar, während bei 23,5% Arbeitsanweisungen auch via E-Mail versendet werden.

Bei dem größten Teil der Firmen (71,7%) werden die Informationen mittels der erfassten Medien nach dem Push-Prinzip verteilt, wobei die Produktionsmitarbeiter von der Versendung neuer Daten abhängig sind. Der geringste Teil der Befragten (3,8%) setzt hierzu das Pull-Prinzip ein, wonach Werker benötigtes Wissen aktiv anfordern können. Eine Mischform, bei welcher die Informationen bereitgestellt werden und der Werker den Erhalt bestätigen muss, wird von 24,5% genutzt.

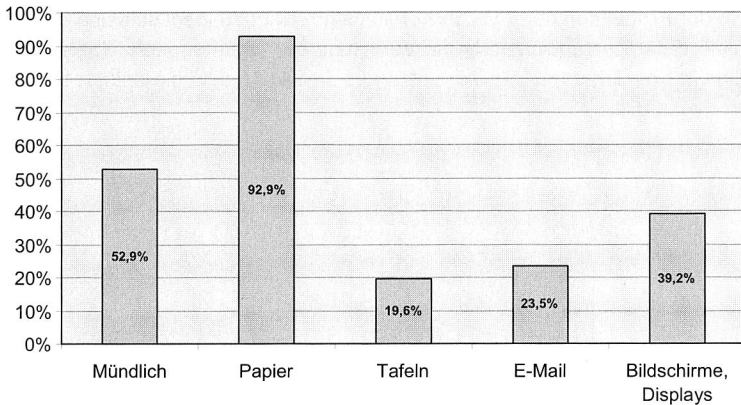


Bild 14: Medien zur Informationsdistribution bei den befragten Unternehmen

Die Archivierung der Daten findet bei 90,2% der Unternehmen im Netzwerk, in Datenbanken oder innerhalb des Intranets statt. 64,7% legen die Daten in Papierform ab, während 23,5% diese auf Diskette, CD-Rom oder DVD speichern. Als Datenpool werden bei 25,5% vorhandene ERP-Systeme genutzt. Aus den erfassten Werten lässt sich ableiten, dass häufig eine parallele Archivierung in mehreren Systemen stattfindet, was zu Redundanzen und Dateninkonsistenzen führen kann.

Änderungsdauer und Verteilzeit

Beim Erkennen von Fehlern in Anweisungen oder notwendigen Änderungen am Arbeitsablauf müssen auch die zugehörigen Informationen schnellstmöglich angepasst werden. Eine sofortige Änderung können hier nur 11,8% der befragten Unternehmen vornehmen, während dies bei 35,3% innerhalb von 24 Stunden erledigt wird. Der Großteil der Unternehmen ist jedoch nicht in der Lage, eine Änderung in weniger als einem Tag durchzuführen. Hinsichtlich des möglichen wirtschaftlichen Schadens für ein Unternehmen bei einer fehlerhaften Produktion über 24 Stunden, besteht an dieser Stelle erheblicher Optimierungsbedarf.

Deutlich weniger Zeit als für die Änderung von Informationen benötigen die Unternehmen für deren Verteilung nach Änderung oder Neuerstellung. Eine sofortige Verteilung wurde hier von 29,4% der Unternehmen angegeben, während 56,9% dies innerhalb eines Tages erreichen. 11,7% benötigen länger als einen Tag, alle liegen jedoch unter einer Woche.

Zuständigkeiten und Überprüfung der Umsetzung

Die Zuständigkeit für Erstellung und Aktualisierung von Produktionsanweisungen liegt in 55,1% der Unternehmen bei der Arbeitsvorbereitung. Bei 38,8% der Firmen wird diese Aufgabe durch die Produktentwicklung mitbetreut, während bei 36,7% die jeweiligen

Meister in der Produktion dafür verantwortlich sind. Nahezu identisch sind die Ergebnisse hinsichtlich der Zuständigkeit für die Verteilung der Informationen. Überwiegend sind hierfür die Gruppenleiter und Meister zuständig. In Bild 15 sind die entsprechenden Verteilungen dargestellt.

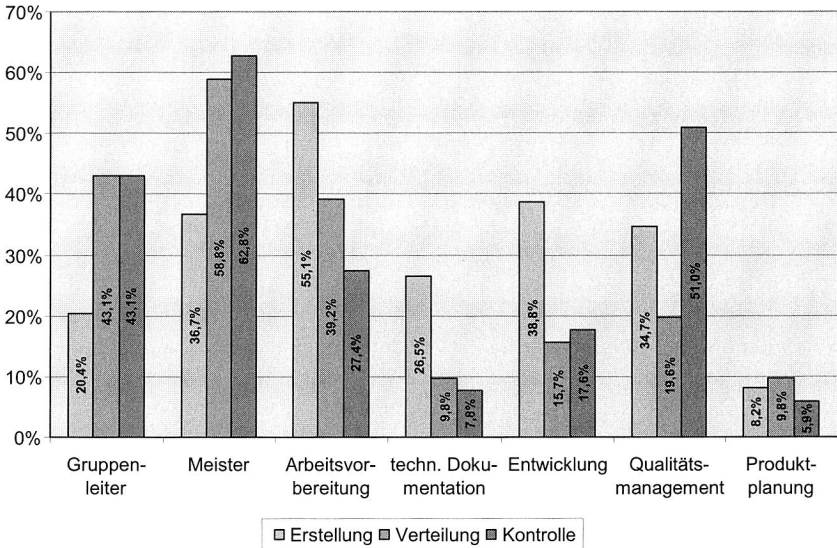


Bild 15: Zuständigkeiten für Erstellung (links), Verteilung (Mitte) und Umsetzungskontrolle (rechts) von Arbeitsanweisungen

Die Kontrollfunktion, ob geänderte oder neue Anleitungen in der Produktion umgesetzt werden, liegt in 51% der Unternehmen beim Qualitätsmanagement, in 62,8% ist der jeweilige Meister oder Vorarbeiter dafür zuständig (Bild 15). Die Überprüfung, ob die Änderungen umgesetzt wurden, wird in 84% der Firmen durch Kontrolle direkt am Arbeitsplatz mittels einer Beobachtung der Arbeitsgänge durchgeführt. 60% der Befragten kontrollieren die gefertigten Teile, 24% überwachen die Ausschusszahlen. In 2% der Unternehmen wird keine Überprüfung der Umsetzung durchgeführt. Nur 17,7% der befragten Unternehmen realisieren die Überprüfung umgehend nach einer Änderung oder Neuerstellung. 11,8% benötigen sogar länger als eine Woche.

3.1.3 Systemlandschaft in Unternehmen

Zur Implementierung IT-basierter Methoden der Informationsbereitstellung muss im Unternehmen und hier im Speziellen im Produktionsbereich eine gewisse Infrastruktur vorhanden sein bzw. aufgebaut werden. Ferner ist es möglich, an bestehende Systeme anzuknüpfen und hiermit Datenredundanzen zu vermeiden. Weiterhin muss eine gewisse Grundakzeptanz für derartige Systeme im Unternehmen, sowohl in der Führungsebene als auch bei den Mitarbeitern, vorhanden sein, um diese etablieren zu können.

Im Abschnitt zur Unternehmens-Systemlandschaft wurden derartige Fragestellungen betrachtet.

Intranet und Zugangsmöglichkeiten

Zur Einführung eines IT-basierten Informationssystems ist ein bereits vorhandenes Intranet, also die datentechnische Verknüpfung des Unternehmens, von Vorteil. 72,6% der befragten Firmen haben ein solches bereits installiert, wobei es 9,8% zum Zeitpunkt der Umfrage gerade aufbauten. Für 5,9% ist ein Intranet in Zukunft vorstellbar, nur 7,8% gaben an, es nicht für notwendig oder sinnvoll zu halten. Um die Funktionalität der Mitarbeiterinformation nutzen zu können, müssen auch gewerbliche Mitarbeiter Zugang zu diesem Datennetz haben. In 62,3% der befragten Unternehmen besteht diese Möglichkeit bereits.

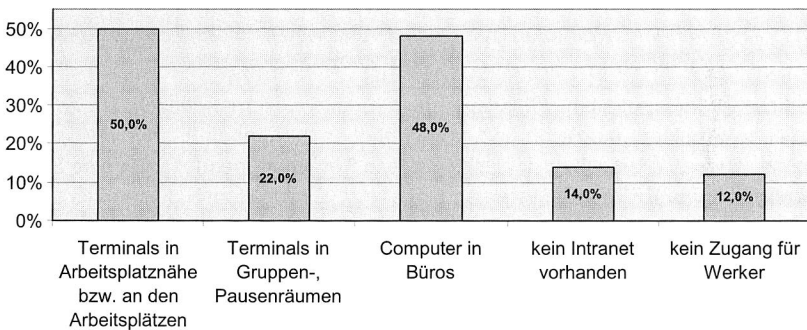


Bild 16: Zugangsmöglichkeiten zum Datennetz für gewerbliche Mitarbeiter im Produktionsbereich

Der Zugang zu den Informationen direkt am Arbeitsplatz bildet eine optimale Grundlage für den Einsatz von Mitarbeiterinformationssystemen. Bereits in 50% der Unternehmen stehen Zugangspunkte (bspw. PCs oder sonstige Terminals) in Arbeitsplatznähe oder direkt an diesen zur Verfügung. Die weitere Verteilung ist Bild 16 zu entnehmen.

ERP/PPS- und Content-Management-Systeme

Häufig existieren in Unternehmen bereits Softwarelösungen zur Auftrags-, Produkt- und Dokumentenverwaltung. Ein Großteil der befragten Unternehmen nutzt bereits ERP/PPS-Systeme, wobei hier vor allem SAP/R3 eingesetzt wird (63,9%). Der Einsatz von sog. Content-Management-Systemen ist deutlich weniger verbreitet, wobei zumindest für 66,7% der Unternehmen deren Einsatz in Zukunft vorstellbar ist. Bei 7,8% der Befragten findet bereits der Aufbau eines solchen Systems statt.

Auftragseinstuerung und Informationsrückfluss

Die Auftragseinstuerung wird in 27 der 51 befragten Unternehmen mit Hilfe von Prioritätsregeln durchgeführt. 20 gaben an, die Variante der Betriebsmittelzuteilung und Rei-

henfolgesteuerung zu nutzen. Es ist erkennbar, dass in einigen Fällen auch Mischformen Verwendung finden.

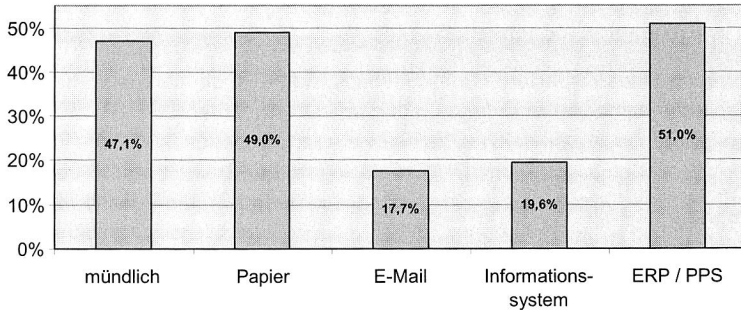


Bild 17: Angewendete Methoden zur Realisierung eines Informationsrückflusses aus der Produktion

Ein effizienter Informationsrückfluss aus der Produktion ist maßgeblich, um zeitnah auf auftretende Probleme reagieren und diese beheben zu können. Bisher wird hierzu vor allem der langsame Weg über papiergebundene Formulare genutzt oder eine Rückmeldemöglichkeit von ERP/PPS-Systemen eingesetzt. Einige Firmen nutzen hierzu bereits Informationssysteme oder setzen E-Mail ein (Bild 17).

Aufgeschlossenheit und Akzeptanz

Der effiziente Einsatz von Informationssystemen wird maßgeblich durch deren Akzeptanz und somit der Offenheit ihnen gegenüber bestimmt. Daher wurde zunächst abgefragt, ob es für die Unternehmen in Zukunft denkbar wäre, Terminals, bspw. als Touch-Screens ausgeführt, in der Produktion zu installieren. In 41,5% der befragten Firmen sind bereits Terminals, oft für andere Aufgaben, vorhanden, in 11,3% befindet sich deren Installation im Aufbau. Für 35,9% ist dies in Zukunft vorstellbar, lediglich 11,3% halten dies für nicht nötig bzw. sinnvoll oder es ist nicht erwünscht. Insgesamt sind somit 88% aufgeschlossen für derartige neue Systeme.

Ferner wurde erfasst, ob es für die Unternehmen vorstellbar ist, Online-Werkerinformationssysteme einzusetzen. 15,1% der Befragten nutzen bereits ein solches System, bei 9,4% befindet es sich im Aufbau. Für 50,9% ist es zukünftig vorstellbar, derartige Lösungen einzusetzen. Somit kann eine hohe Akzeptanz dieser Systeme erwartet werden.

3.1.4 Zusammenfassung der Umfrageergebnisse

Die Ergebnisse der Umfrage verdeutlichen, dass ein Großteil der produzierenden Unternehmen Produkte in äußerst geringen Losgrößen bei großen Erzeugnis- und Variationspektren herstellt. Über ein breites Branchenfeld verteilt, wird hierbei die Wertschöpfung zu einem maßgeblichen Teil in Montage und Fertigung erbracht, wobei bereits

Produktionsteilbereiche im Ausland angesiedelt sind. Die meisten der produzierten Güter besitzen relativ kurze Produktlebenszyklen, was einen stetigen Wandel und Änderungsbereitschaft im Produktionsumfeld erfordert.

Viele der befragten Unternehmen begegnen diesen Herausforderungen offensichtlich mit einem hohen Anteil manueller Tätigkeiten bei der Produktherstellung, was sich durch den überwiegend hohen Mitarbeiteranteil in der Produktion darstellt. Jedoch werden häufig vor allem wenig qualifizierte Werker eingesetzt, was vermutlich mit hohen Lohn- und Lohnnebenkosten, vor allem am Standort Deutschland, zu begründen ist.

Zur Erfüllung hoher Qualitätsstandards und einer effizienten Produktion ist bei derartigen Strukturen eine Versorgung der Produktionsmitarbeiter mit notwendigen Arbeitsinformationen (z.B. Anleitungen und Anweisungen) unabdingbar. Größtenteils sind Mitarbeiterinformationen in den Unternehmen bereits etabliert, wobei erheblicher Optimierungsbedarf bei deren Erstellung und Pflege, Verteilung und Darstellung besteht. Hauptsächlich werden hier die Informationen mit unangepasster Standardsoftware (bspw. MS Office Lösungen) ohne tragfähige Richtlinien zu deren ergonomischer Gestaltung erstellt, wobei überwiegend neben Anleitungstexten Zeichnungen und Bilder zur Visualisierung eingesetzt werden. Die Verteilung erfolgt ebenso wie die Rückmeldung meist papiergebunden, was eine Vielzahl von Fehlerquellen birgt (siehe Kapitel 2.2). Die wenigsten Unternehmen binden hierbei ihre Mitarbeiter aktiv in den Kommunikationsprozess ein, sondern verteilen die Informationen „von oben herab“ mittels des Push-Prinzips. Somit bieten sie den Werkern kaum die Möglichkeit, benötigte Informationen bedarfsgerecht abzurufen.

Die Dauer für die Durchführung notwendiger Änderungen, deren Verteilung und die Kontrolle der Umsetzung ist bei den meisten Firmen ein entscheidender Faktor. Aufgrund der jeweils langen hierfür benötigten Zeit muss der zugehörige Prozess als nicht beherrscht angesehen werden. Eine Reaktionszeit von teilweise über 24 Stunden ist in einer heutigen Produktion kaum tragbar, da bei Fehlproduktionen in einem solchen Zeitfenster ein beträchtlicher wirtschaftlicher Schaden entstehen kann. Hieraus ist erheblicher Bedarf an leistungsfähigen Systemlösungen abzuleiten.

Ein Großteil der befragten Unternehmen setzt bereits verschiedene Softwarelösungen als produktionsunterstützende Hilfsmittel ein. Vor allem konnten sich hier in den letzten Jahren ERP- und PPS-Systeme etablieren, wobei SAP/R3 das am häufigsten eingesetzte System ist. Ein Zugang zu internen Datenstrukturen (z.B. Intranet) wird Werkern bereits in vielen Firmen ermöglicht. Auch die Anbindung der Produktionsarbeitsplätze an Datennetze setzt sich stetig durch. Ferner stehen die Unternehmen IT-basierten Mitarbeiterinformationssystemen offen gegenüber und es sind kaum noch Hemmnisse vorhanden, Terminals, z.B. als Touch-Screen ausgeführt, im Produktionsbereich einzusetzen.

3.2 Kommerzielle Systemlösungen zur Mitarbeiterinformation

Basierend auf den dargestellten Forderungen nach besserer Informationsversorgung von Produktionsarbeitsplätzen bzw. Produktionslinien bieten bereits einige Softwarehersteller kommerzielle Lösungen zur rechnergestützten Mitarbeiterinformation an. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde daher eine Marktanalyse durchgeführt, mit welcher der erhaltene Stand der Technik sowie die Potenziale und Fähigkeiten der angebotenen Systeme erfasst und bewertet wurden. Hierbei stand die Fragestellung im Vordergrund, inwiefern diese Lösungen den dargelegten Anforderungen gerecht werden und damit einen Beitrag zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der nutzenden Unternehmen leisten können.

3.2.1 Vorgehensweise zur Analyse des Marktes

Die Problemstellung bei der Durchführung einer Marktanalyse zum Themenfeld der Mitarbeiterinformation liegt in der mangelnden Übersichtlichkeit sowie der starken Heterogenität und Dynamik dieses Marktes bzw. des Marktes um Softwarelösungen im Allgemeinen begründet. Ferner existieren vielfältige Ansätze, die eine abweichende Nomenklatur und Benennung der Systeme vornehmen, sowie solche, die nur als Sonderlösung erstellt wurden und daher nicht offen zugänglich oder auffindbar sind. Auch lässt sich auf Basis von Verkaufsprospekten oder den Informationen auf Internetseiten der Anbieter nur schwer erfassen, wo die Stärken, Schwächen und Potenziale der einzelnen Systeme tatsächlich liegen.

Eine klassische Literaturrecherche bzw. die Erfassung der Daten auf Basis von Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und im Internet war daher an dieser Stelle nicht zielführend. Mit diesen klassischen Methoden konnten lediglich assoziierte Bereiche, wie bspw. MES (Manufacturing Execution Systeme), aufgedeckt sowie Hinweise auf Randbedingungen erfasst werden.

Daher wurde der methodische Fokus auf die eigenständige Erhebung von Informationen gelegt. In vielfältigen Fachgesprächen mit Anwendern, Anbietern und Experten zu dem Themenfeld um Mitarbeiterinformation konnte ein umfassender Einblick in aktuelle Methoden und Lösungen zur Informationsbereitstellung an Produktionsarbeitsplätzen gewonnen werden. Die Kontakte fanden vorwiegend in Form von Messebesuchen, Telefonaten, auf Basis von individuellen Fragebögen sowie Unternehmensbesuchen statt. Auch hierbei wurde wiederum bestätigt, dass dieser Softwarebereich äußerst heterogen ist und seitens der Anwender erheblicher Optimierungsbedarf besteht.

3.2.2 Systemanbieter und Softwarelösungen

Grundsätzlich existieren Anbieter, die Mitarbeiterinformationssysteme als eigenständiges Produkt anbieten, sowie Hersteller von Softwarelösungen oder Anlagen, die dieses Segment neben ihrem Hauptgeschäftsfeld zusätzlich bedienen. Dies sind vorwiegend Firmen aus dem Bereich der Manufacturing Execution Systeme, der Produktionsplanung und -steuerung oder des Produktdatenmanagements sowie Vertrieber von Pro-

duktionsanlagen. Weiterhin bestehen vereinzelt Lösungen, die in Eigenentwicklung der Anwender entstanden sind und dementsprechend spezifisch ausgelegt wurden.

Die Systeme der MES-Anbieter sind in der Regel derart ausgelegt, dass zwar ein Modul zur Mitarbeiterinformation enthalten ist oder zugekauft werden kann, dies jedoch nur als integraler Bestandteil des Gesamtsystems lauffähig ist und nicht losgelöst davon genutzt werden kann. Bei diesen Systemen steht üblicherweise die automatisierte Produktion im Vordergrund, weshalb die Mitarbeiterinformation nur einen sekundären Aspekt darstellt. Häufig wird diese für Wartungs-, Reparatur- oder Instandhaltungsaufgaben, teilweise bereits unter Nutzung mobiler Endgeräte, implementiert. Für eine auftrags- bzw. tätigkeitsbezogene Unterstützung der Mitarbeiter an Produktionsarbeitsplätzen ist sie jedoch in der Regel nicht ausgelegt. Dagegen bietet die MES-Technologie einen vielversprechenden Ansatz zur papierarmen Produktion und der damit verbundenen Datenerfassung, indem darüber der Produktionsbereich in eine übergeordnete Produktionsplanungs- und Steuerungsstruktur integrierbar ist. Beispielhaft für Anbieter von MES-Lösungen, die bereits Ansätze der Mitarbeiterinformation enthalten, seien hier die Firmen FASTEC GmbH und MPDV Mikrolab GmbH aufgeführt.



Bilder: DE software & control GmbH

Bild 18: Administrationsbereich (links) und Ausgabemaske (rechts) des Mitarbeiterinformationssystems WORK.DESC von DE software & control GmbH für die taylororientierte Serienproduktion

Eigenständige Mitarbeiterinformationssysteme werden bspw. von den Firmen DE software & control GmbH, INTREX Systems GmbH, ITPlan GmbH oder Cellfusion Inc. angeboten. Die Zielsetzung bei den jeweiligen Systemlösungen liegt vor allem auf der Anzeige von auftragspezifischen Informationen direkt an den Arbeitsplätzen im Rahmen einer taylororientierten Serienproduktion mit hoher Variantenanzahl bei Losgröße-1. Häufig werden dabei vorwiegend Varianteninformationen, bspw. durch Abbildungen, visualisiert oder weiterführende Daten aus übergeordneten Systemen, z.B. ERP oder PPS, angezeigt. Die Führung bei Produktionstätigkeiten ist in der Regel nicht nachhaltig implementiert. So beschränkt sich eine Anzeige von Arbeitsplänen oder -anweisungen häufig auf die Wiedergabe von vorhandenen Dokumenten in Standardformaten, wodurch keine spezifische Anpassung an die Belange der Tätigkeitsunterstützung realisiert ist. Nach Aussage der Systemanwender ergibt sich in diesem Zusammenhang bei den

meisten der angebotenen Systeme auch die Problematik eines hohen Aufwands der Datenpflege und Systemadministration. So ist bisher keine Lösung am Markt erhältlich, mit welcher in einem durchgängigen Konzept ergonomische Arbeitsanweisungen effizient erstellt und in der Produktion verteilt werden können. Großes Potenzial bieten die erhältlichen Systeme dagegen bei der Darstellung der aktuell herzustellenden Variante, wofür auch bspw. bei der Lösung WORK.DESC der DE software & control GmbH effiziente Visualisierungs- und Pflegemöglichkeiten bestehen (Bild 18).

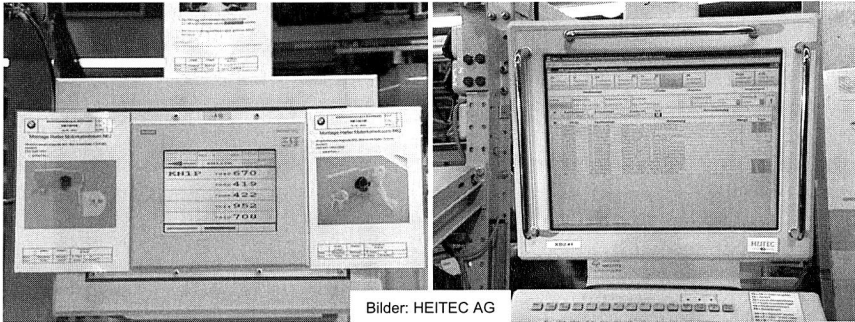


Bild 19: Einsatz des Mitarbeiterinformationssystems MOVIS der HEITEC AG zur Visualisierung und Rückmeldung von Produkt- und Prozessdaten (im Bild links: zusätzliche Arbeitsanweisungen in Papierform notwendig)

Gängige PDM-, ERP- und PPS-Systeme ermöglichen oftmals eine Anzeige von Informationen direkt an den Produktionsarbeitsplätzen. Jedoch liegt auch hier der Fokus nicht auf der Tätigkeitsunterstützung der Mitarbeiter, weshalb die Informationen nicht darauf angepasst dargestellt werden können. So können zwar Stücklisten, Produktzeichnungen sowie weitere Daten angezeigt werden, detaillierte und ergonomische Arbeitsanweisungen sind in der Regel jedoch nicht für die werkgerechte Anzeige hinterlegt. Ferner bieten Anlagenhersteller, wie bspw. die HEITEC AG oder die erfi GmbH, Mitarbeiterinformationssysteme zu ihren Anlagen an. Diese Lösungen sind überwiegend sehr einfach aufgebaut und dienen meist der Anzeige von Daten aus ERP-Systemen oder der Datenerfassung an manuellen Arbeitsstationen (Bild 19). Die Führung der Mitarbeiter begrenzt sich in der Regel auf die Darstellung von Stücklisten oder rudimentären Anleitungssequenzen. Eine Lösung zur effizienten Erstellung der Inhalte ist nach Aussage befragter Anwender nicht vorhanden.

3.2.3 Fazit aus der Marktbetrachtung

Bei exakter Betrachtung des Marktes hinsichtlich Lösungen zur Mitarbeiterinformation wurde deutlich, dass zwar eine Vielzahl an Systemen erhältlich ist, diese jedoch immer sehr spezifisch auf besondere Umgebungsbedingungen angepasst sind. Häufig ist dabei die Darstellung von Anweisungsinformationen nur ein Randbereich, welcher neben der Variantenvisualisierung, der Anzeige von Prozessparametern oder der Datenerfassung geleistet wird. Ferner sind die erhältlichen Systeme nach Meinung vieler Anwen-

der meist nicht ergonomisch in Hinblick auf deren Bedienung gestaltet sowie mit hohem administrativem Aufwand behaftet.

Dennoch ist ein deutlicher Trend hin zu IT-basierter Mitarbeiterinformation zu erkennen. Dies zeichnet sich sowohl durch die zunehmende Akzeptanz auf Seite der Unternehmenszielgruppe als auch durch die ansteigende Zahl der Anbieter solcher Systeme ab. So existieren neben den hier dargestellten Eingruppierungen weitere Softwarelösungen zur Mitarbeiterinformation, die sehr spezifisch und individuell entwickelt wurden und daher nicht als eigenständiges Produkt angeboten werden. Auch ist erkennbar, dass zunehmend Lösungen zu dieser Thematik als unterstützende, assoziierte Systeme zu Produktionsanlagen bereitgestellt werden. Am Markt sind somit bereits vielversprechende Ansätze vorhanden, die Maßgabe einer effizienten und durchgängigen Mitarbeiterinformation wird jedoch bisher von keinem dieser Systeme erfüllt.

3.3 Handlungsbedarf zur Verbesserung der Mitarbeiterinformation

Insgesamt wird deutlich, dass aufgrund der sich ändernden Produktionsstrukturen und der wachsenden Herausforderungen hinsichtlich einer flexiblen Güterherstellung Informationen für Mitarbeiter im Produktionsbereich eine absolute Notwendigkeit erreicht haben. Da die in Unternehmen aktuell angewendeten Methoden und Hilfsmittel hierzu bisher nur wenig effizient und zielgerichtet sind, besteht erheblicher Bedarf an verbesserten und durchgängigen Lösungen. Für den Einsatz IT-basierter Mitarbeiterinformationssysteme zeichnet sich ferner eine hohe Akzeptanz und Bereitschaft zur Einführung bei der produzierenden Industrie ab.

Kommerziell erhältliche Systeme leisten hierzu bereits einen Beitrag, werden jedoch den Anforderungen an eine effiziente und durchgängige Informationsbereitstellung in der Produktion bisher nicht gerecht. Vor allem der Bereich der aufwandsarmen Erstellung von (Anweisungs-) Informationen, die ergonomische Gestaltung der Inhalte sowie die Administration sind noch nicht zufriedenstellend gelöst.

Daher wird, um den Herausforderungen und Problemstellungen in der manuellen und hybriden Produktion adäquat begegnen zu können, ein durchgängiges und effizientes Konzept der Mitarbeiterinformation benötigt. Die Notwendigkeit einer durchgängigen Lösung ergibt sich dabei aus der Erstellungskette von produktionsrelevanten Informationen. Derartige Daten müssen bisher manuell erstellt und gepflegt werden. Hier fehlt neben einer leistungsfähigen Lösung zur Administration von Produktionsdaten – im Speziellen Anleitungen und Anweisungen – eine eindeutige und ergonomische Richtlinie, wie die notwendigen Informationen darzustellen sind. Weiterhin werden die Daten häufig noch papiergebunden in die Produktion verteilt, was mit vielfältigen Fehlereinflüssen behaftet ist [61]. An dieser „Wertschöpfungskette der Informationsbereitstellung“ bietet sich ein Ansatzpunkt, um durch entsprechende Verbesserungen einen nachhaltigen Beitrag zur Erreichung der dargestellten Ziele zu leisten sowie den Erstellungs- und Verarbeitungsprozess der Informationen an sich effizienter zu gestalten.

In der vorliegenden Dissertation wird angestrebt, diese „Wertschöpfungskette der Informationsbereitstellung“ in einem durchgängigen Ansatz darzustellen. Die durchgeführten Arbeiten zu den Bereichen Informationsgestaltung, Informationsadministration und Informationsdarstellung werden dazu detailliert als Lösungskonzepte beschrieben und miteinander verknüpft.

4 Ergonomische Gestaltung von Arbeitsanweisungen

In den vorangegangenen Kapiteln wurde deutlich, welchen hohen Stellenwert Informationen in der Produktion einnehmen. Nur durch deren effiziente Bereitstellung und Nutzung können Unternehmen den aktuellen Herausforderungen begegnen. Ebenso ist festzustellen, dass erheblicher Optimierungsbedarf bei der Informationsdarstellung besteht, was in Kapitel 3.1.2 im Rahmen der durchgeführten Studie belegt werden konnte. Bisher existiert keine einheitliche Richtlinie zur Erstellung ergonomischer Arbeitsanweisungen für die Produktion, es liegen lediglich rudimentäre Leitfäden vor, die entweder firmeninternen Charakter haben oder für gänzlich andere technische Dokumente ausgelegt sind. Die Zielsetzung einer durchgängigen Mitarbeiterinformation beinhaltet somit auch, Anwendern effizienter Informationssysteme eine Hilfestellung bei der Gestaltung der Informationen zur Verfügung zu stellen.



Bild 20: Verknüpfung von Vorschriften zur Dokumentenerstellung zu einer Gestaltungsrichtlinie für Arbeitsanweisungen

Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Richtlinie zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsanweisungen für Produktionsaufgaben entwickelt. Hierzu wurden grundsätzliche Vorschriften zur Erstellung von Dokumenten mit denen für technische Dokumentationen verknüpft und daraus ein Leitfaden entwickelt, der Autoren von Arbeitsanweisungen bei deren Erstellung unterstützen soll. Ferner wurden Merkmale bestehender Anweisungen bei Industriepartnern aufgenommen und in die Entwicklung der Richtlinie einbezogen (Bild 20). Besondere Beachtung fanden dabei die einfache Les- und Erfassbarkeit der Anweisungen, welche einen maßgeblichen Anteil an der späteren effizienten Nutzbarkeit im Produktionsbereich tragen.

4.1 Arbeitsanweisung im Umfeld technischer Dokumentation

Der Fokus im Rahmen dieser Arbeit liegt auf Arbeitsanweisungen, die einen maßgeblichen Teil betrieblicher Informationen ausmachen. Sie sind Teil der technischen Dokumentation, die ferner Dokumente, wie bspw. Pflichtenhefte und Betriebsanleitungen für Maschinen und Anlagen, umfasst. Generell ist technische Dokumentation zu verstehen als „die Gesamtheit aller notwendigen und zweckdienlichen Informationen über ein Produkt und seine Verwendung, die in strukturierter Form – sei es auf Papier oder als elektronische Medien – festgehalten sind“ [40].

Sie wird nach VDI-Richtlinie 4500 in interne und externe Dokumentation unterteilt. Interne Dokumentation umfasst hierbei sowohl Anweisungen des Unternehmens an seine Belegschaft, Konstruktions- und Fertigungsdaten als auch Pflichtenhefte und Qualitätssicherungsdokumente. Als externe Dokumentation werden die sog. Benutzerinformationen, also Betriebsanleitungen, Gebrauchsanweisungen und Hinweise für Produkte des Unternehmens bezeichnet. [83]

Betriebsanweisung	Regelt das allgemeine oder spezielle Verhalten im Betrieb oder im Umgang mit dortigen Produkten bzw. Hilfsstoffen / Medien, umfassende Anweisung.
Fertigungsanweisung	Sofortanleitung für Fertigungsvorgänge, einzelschrittorientiert, keine oder geringe Lernfunktion, mögl. mit Bedienhinweisen für Vorrichtungen, Sicherheitshinweisen, Verhalten im Fehler- /Stör- / Notfall.
Einrichtanleitung	Sofortanleitung für Einrichtvorgänge, mögl. mit Entscheidungskriterien für unterschiedliche Einstellparameter, ansonsten wie Fertigungsanweisung aufgebaut.
Arbeitsvorbereitungsanweisung	Benutzerorientierte Anleitung, umfangreiche Umsetzungsmöglichkeiten, mit Hinweisen auf Vorschriften und notwendige Vorbereitungen, Sicherheit, Warnungen.
Unfall- / Notfallplan	Sofortanleitung, einzelschrittorientiert, mögl. mit Rettungswegeplan, Erste-Hilfe-Maßnahmen, Unfallverhütung, Zutrittsregelung, Verbote.

Bild 21: Anweisungen zur Regelung des Verhaltens im Betrieb (nach [83])

Die hier betrachteten Arbeitsanweisungen sind somit der internen Dokumentation zuzuordnen und gehören Regelungen zum Verhalten im Betrieb an (Bild 21), wobei zwischen Dokumentationsarten und Dokumentationsinhalten unterschieden wird. So kann bspw. eine Montageanleitung (möglicher Inhalt) ein Teil einer Fertigungsanweisung (Dokumentationsart) sein, stellt dabei jedoch keine eigenständige Dokumentationsart dar. [83]

4.2 Arten von Arbeitsanweisungen

Arbeits- und Montageanweisungen sind arbeitsplatz- bzw. prozessbezogene Vorgaben und besitzen im Wesentlichen den Charakter einer Checkliste. Sie legen einen Arbeitsablauf verbindlich und detailliert fest, wobei angegeben wird, in welcher Weise und Reihenfolge die Arbeitsschritte an einer zu produzierenden Baugruppe durchzuführen und welche Qualitäts- bzw. Sicherheitskriterien zu beachten sind. Weiterhin dienen sie zum Auffinden von Schwachstellen, der Optimierung von Arbeitsabläufen sowie als Hilfsmittel bei der Schulung und Information. In den Arbeitsanweisungen wird ferner auf die Prüfanweisungen zu den jeweils beschriebenen Arbeitsabläufen hingewiesen. Bisher

kommen verschiedene Arten von Arbeitsanweisungen zum Einsatz, die im Folgenden kurz beschrieben werden sollen.

4.2.1 Mündliche Arbeitsanweisungen

Die mündliche Form der Arbeitsanweisung findet häufige Anwendung in der Praxis (siehe Kapitel 2.2.3 und 3.1.2). Gegenüber der papiergebundenen oder multimedialen Anweisung hat sie den großen Vorteil der kurzen Laufzeit. Sobald sie ausgesprochen ist, erreicht sie sofort den Empfänger. Bei Missverständnissen oder unklaren Angaben kann der Anweisungsempfänger umgehend nachfragen. Vom Sender bzw. Autor der Anweisung kann direkt überprüft werden, ob eine Umsetzung stattfindet und ob diese korrekt erfolgt.

Jedoch ist diese Form nicht schriftlich oder anderweitig fixiert und somit nicht rekonstruierbar. Sie besitzt ihre Gültigkeit nur im Moment der Formulierung der Aussage und kann nur diejenigen Mitarbeiter direkt erreichen, die zum Zeitpunkt der Distribution, also des Aussprechens, anwesend sind. Daher kann diese Form der Anweisung nur als Ergänzung dienen oder muss umgehend fixiert und abrufbar gespeichert werden.

4.2.2 Arbeitsfolgen-Kurztexte

Die rein textgebundene Formulierung von Arbeitsanweisungen wird in der Produktion kaum eingesetzt. Ein Beispiel eines Arbeitsfolgen-Kurztextes, im Einsatz bei einem deutschen Automobilhersteller, ist in Bild 22 dargestellt. Hierbei werden ausführliche Beschreibungen im Sinne einer schnellen Erfassbarkeit stark reduziert.

Arbeitsplatz-Kurztext	Arbeitsfolgen-Kurztext
Vormontage Montageplatte (VM1)	Blick Monitor/Schreibung, BKV aus Beh. in Aufnahme
Vormontage Montageplatte (VM1)	Zum Materialbehälter BKV und zurück
Vormontage Montageplatte (VM1)	Lesen Schreibung Klima, L0R-L0L
Vormontage Montageplatte (VM1)	Weg zum Materialbeh. Montagepl. und zurück
Vormontage Montageplatte (VM1)	Montageplatte in Teileträger, 3x verriegeln
Vormontage Montageplatte (VM1)	Weg zum Mat.-behälter Dämpfung und zurück
Vormontage Montageplatte (VM1)	Dämpfung auf Montageplatte
Vormontage Montageplatte (VM1)	2 Montagehilfsdorne aufn., 4 Klemmstopfen aufn.
Vormontage Montageplatte (VM1)	Klemmstopfen, Montagehilfsdorne setzen
Vormontage Montageplatte (VM1)	Dämpfung Klima entfernen
Vormontage Montageplatte (VM1)	Dämpfung Kupplung entfernen
Vormontage Montageplatte (VM1)	Weg zum Mat.-platz FHW und zurück
usw.	usw.

Bild 22: Arbeitsfolgen-Kurztexte zur Anleitung bei Produktionstätigkeiten (aus [65])

Bei Betrachtung des Beispiels wird deutlich, dass der Text nicht zwingend von jedem Werker, auch wenn dieser eine Grundqualifikation besitzt, verstanden werden kann. Den Textblöcken fehlt für ungeübte Mitarbeiter der Kontext, ferner kommen nicht definierte Abkürzungen zum Einsatz. Somit sind derartige Anweisung zwar für erfahrene, langjährig geübte Mitarbeiter eine nutzbare Option, bei hohem Variantenaufkommen,

geringen Losgrößen oder kurzen Produktlebenszyklen ist jedoch auch für diese der Informationsgehalt im Hinblick auf eine qualitativ hochwertige Produktion zu gering.

4.2.3 Grafische Darstellungen mit Erklärungen

Häufig werden zur Mitarbeiterinformation im Rahmen von Arbeitsanweisungen grafische Darstellungen zur Visualisierung von Produkten, Prozessen oder Arbeitsabläufen eingesetzt. Dies können technische Zeichnungen, Fotografien oder sonstige Darstellungen (z.B. Skizzen) sein. In den meisten Fällen werden diese durch textbasierte Erklärungen ergänzt.

Technische Zeichnungen

Einige Firmen setzen Auszüge aus Konstruktionsunterlagen, bspw. technische Zeichnungen, als Arbeitsanweisung ein (siehe Kapitel 3.1.2). Die Problematik liegt hierbei darin, dass mithilfe dieser Zeichnungen zwar das Produkt und dessen Aufbau visualisiert wird, jedoch nicht die Realität als solche abgebildet ist. Es ist nicht davon auszugehen, dass Werker – welche zunächst als technische Laien anzusehen sind [65] – grundsätzlich in der Lage sind, die Fachsprache „technische Zeichnung“ zu lesen und zu interpretieren. Hier können bspw. Arten von Linien, Betrachtungsperspektiven etc. missverstanden werden und somit zu Fehlproduktionen führen [65]. Die häufige Verwendung spezifischer Abkürzungen birgt weiteres Fehlerpotenzial. Daher ist die Nutzung von technischen Zeichnungen zur Arbeitsinformation nur für ein begrenztes Spektrum von Workern und Aufgaben sinnvoll.

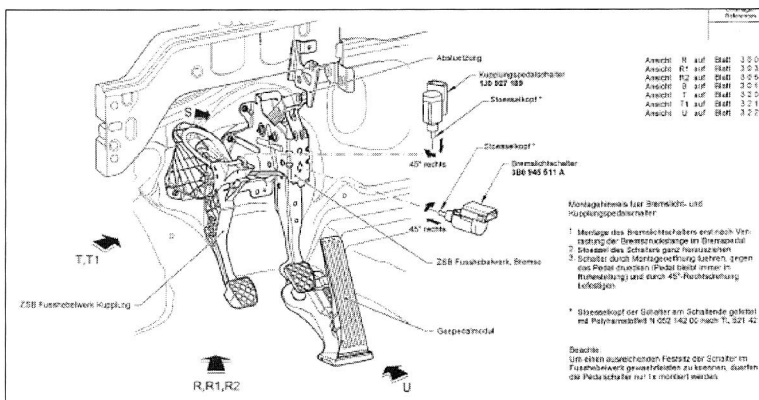


Bild 23: Technische Zeichnung als Arbeitsanweisung (aus [65])

Produktbilder (Fotografien)

Eine deutlich bessere Verständlichkeit als technische Zeichnungen bieten Fotografien der herzustellenden Produkte oder Baugruppen. Diese sollten in hoher Qualität vorliegen, um gute Erkennbarkeit gewährleisten zu können. Mit ihrer Hilfe kann für die Mitar-

beiter eine einfache Verknüpfung von Anweisung und Realität stattfinden. Um ein solches Bild zu einer Arbeitsanweisung aufzuwerten, muss es mit Hinweisen ergänzt werden. Hierzu kann die Überlagerung einer sog. Interpretationsebene genutzt werden, um Arbeitsschritte zu erklären (Bild 24) [65]. In dieser können, zur Vermeidung textgebundener Beschreibungen, Bildsymbole (sog. Piktogramme) eingesetzt werden, welche jedoch die Gefahr bergen, nicht allgemeingültig oder nicht eindeutig zu sein.

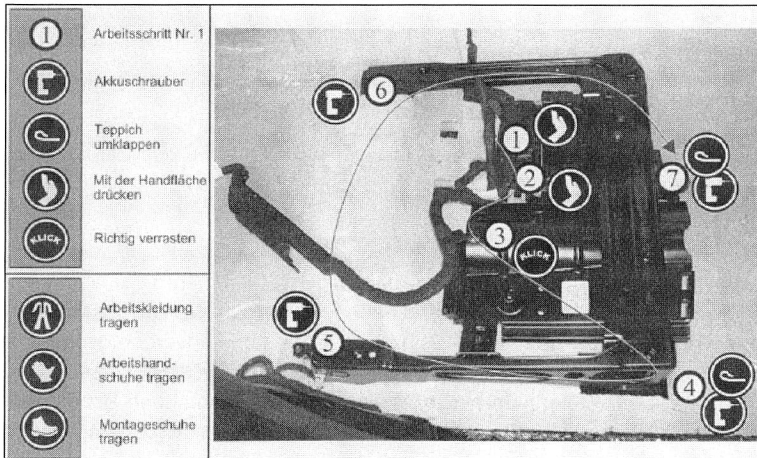


Bild 24: Fotografie mit Interpretationsebene zur Mitarbeiterinformation (aus [65])

Bilder von Prozessen oder Arbeitsabläufen

Eine weitere Variante der bildlichen Darstellung bzw. Unterstützung von Anweisungen ist die Abbildung der Aufgabe an sich. Hier kann zum einen ein Produktbild mit eindeutigen Fügehinweisen (z.B. zu montierendes Bauteil vor der Fügestelle und Darstellung von Fügerichtung und -art mittels Symbolik) versehen werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit, eine Fotografie des Vorgangs bzw. der Handhabung an sich darzustellen (Aufnahme erfolgt hier während eines realen Arbeitsvorgangs, wie bspw. in Bild 25 dargestellt). Hier kann wiederum die Arbeitsfolge mit Textbausteinen oder Piktogrammen kommentiert werden. Bei dieser Variante der Anleitungsgestaltung kann jedoch in einem Bild immer nur eine geringe Anzahl von Arbeitsfolgen dargestellt werden.

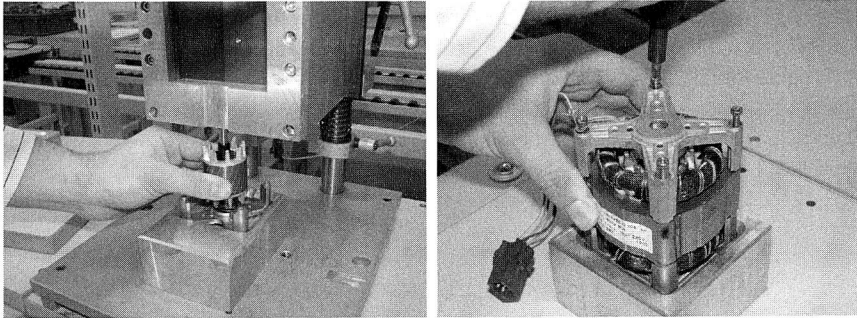


Bild 25: Bildliche Darstellung von Fügeprozessen am Beispiel des Einpressens eines Motorläufers (links) und des Verschraubens eines Loslagerschildes (rechts)

4.2.4 Videodarstellung

Die realitätsgetreueste Darstellung einer Arbeitsfolge ist mit einem Videofilm möglich, da der Faktor Zeit berücksichtigt wird. Hierbei können von den Workern die visuell aufgenommenen Handlungsweisen verhältnismäßig einfach kopiert werden, wodurch weiterhin noch ein Lerneffekt erzeugt werden kann. Doch bietet der Ablauf eines Videofilms keine Möglichkeit zur Werkerinteraktion. Weder können verstandene Schritte bestätigt, noch die Darstellungsart ausgewählt werden. Ferner ist es mit großem Aufwand verbunden, eine gezielte Schrittanwahl zu ermöglichen. Daher wird dem Worker ein Arbeitsgesamtablauf präsentiert, bei dem ein Ungelernter Probleme haben könnte, wesentliche und unwesentliche Aspekte zu unterscheiden. Auch die Grenze der Aufnahmefähigkeit des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses wird schnell erreicht, da dieses maximal etwa fünf oder sechs zusammenhängende Sequenzen erfassen und umsetzen kann. [79] Weiterhin können gezeigte Abläufe oft nicht selbsterklärend sein. So müssen Audioinformationen beige-steuert werden, die das Gezeigte kommentieren und verdeutlichen [65]. Insgesamt stellt die Videodarstellung eine sehr gute Variante der Arbeitsanweisung dar. Allerdings ist die Anzeige mit hohem Zeitaufwand für die Worker und die Erstellung eines nutzbaren Films mit erheblichem Aufwand für die Autoren verbunden. Dabei birgt auch diese Darstellung noch Probleme der Eindeutigkeit.

4.2.5 Mischformen

Üblicherweise werden in produzierenden Unternehmen Arbeitsanweisungen eingesetzt, die Arbeitsfolgen-Kurztexte mit kommentierten grafischen Darstellungen verbinden (Bild 26). Diese Darstellungsart stellt einen Kompromiss zwischen den beschriebenen Arten dar, da sie eine gewisse Eindeutigkeit durch die Visualisierung mit Hilfe von Bildern und Grafiken in Kombination mit der textbasierten Beschreibung herstellen. Hier kann der Autor jeweils eine Auswahl treffen, ob für die betreffende Arbeitssequenz eine Grafik (bspw. technische Zeichnung oder Skizze) oder ein Bild höheren Informationsgehalt besitzt. Die Erstellung einer solchen Anweisung ist mit hohem Aufwand verbunden und

erfordert erfahrene Autoren, um für unterschiedliche Zielgruppen der Werker (z.B. Neulinge und Erfahrene) verständliche Dokumente bereitzustellen.

3	Einsetzen 2x Adapter Gasdämpfer (950664/0000.1) , kann alternativ mit Pos. 3 erfolgen	
4	Einsetzen ZSB Träger in Aufnahme und Einkleben 4x Filzstreifen (2x links und 2x rechts)	
5	Fügen 2x Kabelschutz (950677/0000) Kabelschutz bis Anschlag einschieben	

Bild 26: Beispielhafter Auszug aus einer Montageanweisung für eine PKW Mittelarmlehne

4.2.6 IT-gestützte (multimediale) Darstellung

Die IT-basierte Arbeitsanweisung befindet sich im Grenzbereich zwischen Anleitungstyp und System zu deren Anzeige. Hierbei besteht die Möglichkeit, nahezu alle genannten Arten zu verbinden und für den Werker mit diversen Auswahl- und Detaillierungsmöglichkeiten zu versehen. Dabei kann zwischen Systemen der Augmented Reality und multimedialen Mitarbeiterinformationssystemen (Kapitel 2.1.4 und 6) unterschieden werden.

Augmented Reality

Bei Nutzung von Augmented Reality werden dem Werker zusätzliche Informationen über Datenbrillen oder ähnliche Lösungen direkt in das Sichtfeld projiziert, wodurch eine Verschmelzung der realen Umgebung mit den virtuellen Zusatzdaten stattfindet [111]. Hierzu sind gänzlich eigene Darstellungsformen der Anweisungen notwendig, da immer der Bezug zwischen dem Gesehenen und den dargestellten Informationen bestehen muss. Eine effiziente und wirtschaftliche Nutzung derartiger Systeme ist aktuell noch nicht möglich, da erheblicher Aufwand zur Erstellung und Pflege der Anweisungen besteht sowie die Hardwarekosten für Head Mounted Displays etc. noch zu hoch sind.

Multimediale Mitarbeiterinformationssysteme

Multimediale Mitarbeiterinformationssysteme, welche den Schwerpunkt vorliegender Arbeit bilden, stellen keine Anweisungsart im klassischen Sinne dar. Sie dienen vielmehr der freien und skalierbaren Darstellung der genannten Varianten mit einem hohen Maß an möglichen Zusatzfunktionen. Das entwickelte Konzept eines effizienten Mitarbeiterinformationssystems wird in Kapitel 6 detailliert vorgestellt.

4.3 Grundlagen zur Erstellung technischer Dokumente

Arbeitsanweisungen sind, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, Teil der technischen Dokumentation. Auch wenn zur Erstellung von Arbeitsanweisungen keine speziellen Richtlinien vorliegen, können hier die generellen Gestaltungsvorgaben genutzt werden, die dem ergonomischen Aufbau technischer Dokumente bzw. von Dokumenten im Allgemeinen dienen. Diese Vorgaben sollen als Grundlage für die entwickelte Gestaltungsrichtlinie für ergonomische Arbeitsanweisungen herangezogen und auf diese übertragen werden. Einen guten Überblick über Regeln zur Gestaltung technischer Dokumente gibt HOFFMANN in [40]. Die wichtigsten Aspekte werden im Folgenden kurz dargestellt und erläutert.

4.3.1 Textgestaltung in Dokumenten

Die Gestaltung von Texten findet auf zwei unterschiedlichen Ebenen statt. Zum einen ist dies die inhaltlich-sprachliche Ebene, zu der die Anordnung der Information, der Sprachstil und die detaillierte Sprachgestaltung (Wortwahl, Satzbau, Orthografie etc.) gehört. Zum anderen ist dies die Ebene der äußerlich-formalen Textgestaltung, welche die optische Strukturierung des Textes, die Beschriftung von Bildern sowie die Schrift- und Seitengestaltung beinhaltet. Bei der Text- bzw. Dokumentenerstellung sind beide Ebenen einzubeziehen und diese harmonisch zu verbinden. [40]

Anordnung von Information

Bei der Anordnung von Informationen sind einige Grundregeln zu beachten. Beispielsweise sind allgemeine Informationen vor besonderen anzuführen, der Normalfall vor der Ausnahme zu beschreiben oder thematisch zusammengehörende Abschnitte auch im Dokument nahe beieinander anzuordnen. Der für Arbeitsanweisungen relevanteste Aspekt ist die Vorgabe, dass bei Handlungsabläufen die Handlungsschritte in der richtigen Reihenfolge vor dem Ergebnis der Handlung darzustellen sind. Ferner müssen die Einzelinformationen in einen sinnvollen und logischen Zusammenhang gebracht werden, wozu der Autor den zu beschreibenden Vorgang oder Ablauf selbst verstanden haben sollte. [40]

Sprachstil

Der korrekte Sprachstil für einen Text ist an die Absicht, die mit dem Dokument verfolgt wird, anzupassen. Für eine technische Dokumentation gilt die Maßgabe, notwendige

Informationen schnell, sachgerecht und einprägsam darzustellen. Hierzu sollte vor allem für Anweisungen der sog. Sachstil genutzt werden. Er ist durch eine besonders übersichtliche Textstruktur und eine knappe Ausdrucksweise in klarer, nüchterner Sprache gekennzeichnet. [40]

Sprachgestaltung und Terminologie

Bei der Verfassung technischer Dokumente liegt die Aufgabe des Autors darin, für die Gegenstände und Abläufe, über die er informiert, die korrekten Bezeichnungen zu identifizieren und zu nutzen sowie diese grammatikalisch richtig in verständliche Anweisungen einzubetten. Dabei ist zunächst die richtige Wortwahl relevant. So müssen die verwendeten Formulierungen und Begriffe zutreffend sowie dem Leser, bei Arbeitsanweisungen dem Werker, bekannt sein. Ferner ist es notwendig, diese konsistent und somit im gesamten Text einheitlich zu verwenden, also für den gleichen Gegenstand konsequent den gleichen Begriff einzusetzen. Besondere Beachtung sollte hierbei Fachbegriffen und Fremdwörtern zukommen. Sofern diese nicht ohnehin allgemein (in der Zielgruppe) bekannt sind, müssen sie erklärt werden. [40]

Satzbau und Grammatik

Wie die Wortwahl dient auch der Satzbau der schnellen und eindeutigen Verständlichkeit der Texte. Hierzu muss die syntaktische Informationsgestaltung auf die Zielgruppe ausgerichtet werden, wobei ein relativ geringes Verstehensniveau zu Grunde gelegt werden sollte, um möglichst viele Personen der Zielgruppe ausreichend informieren zu können. Für eine gute Satzverständlichkeit sind zwei grundlegende Bedingungen zu erfüllen, wie aus lernpsychologischen Untersuchungen hervorgegangen ist [40]:

- Die Satzlänge soll maximal 20 Wörter umfassen.
- Ein Satz soll aus höchstens drei nebengeordneten Hauptsätzen (Parataxe) oder aus einem Hauptsatz mit zwei untergeordneten Nebensätzen (Hypotaxe) bestehen, also maximal dreigliedrig sein.

Diese Regeln gelten vor allem für technische Dokumentationen wie Bedienungsanleitungen. Für Arbeitsanweisungen im Produktionsumfeld erscheinen danach formulierte Sätze, für eine schnelle und korrekte Erfassung, noch zu komplex. Hier sollte darauf Wert gelegt werden, Sätze noch deutlich einfacher auszuführen.

Weiterhin ist darauf zu achten, Satzklammern zu vermeiden, um den Informationsfluss (Lesefluss) eines Satzes nicht zu unterbrechen. Dies kann in der Regel durch Umstellen von Satzgliedern oder die Umformung von Nomen zu Verben in Nebensätzen umgesetzt werden. Sofern möglich und inhaltlich sinnvoll, sollten vorwiegend Aktivsätze verwendet werden. Diese sind wesentlich prägnanter als Passivsätze. Ferner wird in Passivsätzen erst aus dem Kontext erkennbar, wer oder was das handelnde Subjekt ist. In Fällen, in denen der Leser das Subjekt unbedingt kennen muss – wie es in Anleitungen der Fall ist – sollten daher Aktivsätze genutzt werden. [40]

Einer der häufigsten Mängel in der Formulierung von Texten ist der fehlerhafte Bezug zwischen Satzgliedern. Falls dieser offensichtlich ist und somit vom Leser eindeutig als Fehler erkannt wird, ist er eher unproblematisch. Deutlich schwerwiegender wird dieser Mangel der sog. Grammatischen Kongruenz erst dann, wenn die Formulierung zwar grammatikalisch richtig ist, die Satzaussage aber mehr als einem Subjekt oder Objekt zugeordnet werden kann. [40] Aufgrund der Vielfältigkeit grammatikalischer Regeln kann hier nur auf eine explizite Beachtung dieser Problematik hingewiesen werden. Zur Lösung sei auf die gängigen Regelwerke zur sprachlichen Grammatik verwiesen.

Die Basis für Arbeitsanweisungen bildet die Formulierung von Handlungsanweisungen, die als genaue und knappe Aufforderungen zu verstehen sind, bestimmte Tätigkeiten oder eine Folge von Einzeltätigkeiten auszuführen. Dazu haben sich, syntaktisch betrachtet, zwei verschiedene Formen etabliert. Zum einen ist dies der Aufforderungssatz, dessen Prädikat ein Handlungsverb im Imperativ ist (z.B. „Ziehen Sie die Schraube mit 15 Nm Drehmoment an.“). Zum anderen kann der Satz aus einer Kombination von einem Handlungsverb im Infinitiv und einem oder mehreren Objekten bestehen (z.B. „Die Schraube mit 15 Nm anziehen.“). Diese beiden Formen der Handlungsanweisung sprechen den Leser direkt an und fordern ihn auf, in gewünschter Weise tätig zu werden. In Arbeitsanweisungen ist, auch wenn generell beide Formen verwendet werden können, die zweite Variante vorzuziehen. Hier wird die persönliche Anrede vermieden, wodurch sie sprachökonomischer ist und nicht aufdringlich wirkt. Bei Verboten und Warnhinweisen ist ebenfalls der Infinitiv dem Imperativ vorzuziehen. Zudem können Adverbien wie „niemals“, „mindestens“ oder „keinesfalls“ einer Anweisung zusätzlichen Nachdruck verleihen (siehe Bild 27). [31] [40]

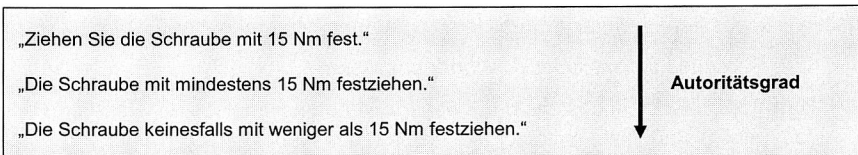


Bild 27: Einsatz von Adverbien zur Steigerung des Autoritätsgrads in Arbeitsanweisungen (nach [31])

Dagegen sollte auf Modalverben wie „müssen“ oder „sollen“ verzichtet werden. Sie klingen zu autoritär und können daher negative Empfindungen des Lesers hervorrufen und somit die Intention des Anweisens und Anleitens verfehlen. Zudem bleibt der Ausführende der Handlungen unklar, wenn solche Formulierungen in das Passiv gesetzt werden. Ebenso verhält es sich bei der Nutzung des Infinitivs mit „zu“ und „sein“. Weiterhin ist die Bildung von Konjunktivsätzen mit „man“ zu vermeiden. Diese Form ist veraltet und impliziert eher Empfehlungscharakter, als eine klare Anweisung. [31] Erläuternde Beispiele sind in Bild 28 dargestellt.

Modalverben: „Sie müssen die Schraube mit 15 Nm festziehen.“ „Die Schraube muss mit 15 Nm festgezogen werden.“ „Die Schraube soll mit 15 Nm festgezogen werden.“	} zu autoritär, kann daher negative Empfindungen beim Leser hervorrufen
Konjunktiv mit „man“: „Man ziehe die Schraube mit 15 Nm fest.“	} veraltet und eher Empfehlung statt Anweisung
Infinitiv mit „zu“ und „sein“: „Die Schraube ist mit 15 Nm festzuziehen.“	} der Ausführende der Handlung bleibt unklar
Passiv: „Die Schraube wird mit 15 Nm angezogen.“	

Bild 28: Beispiele zu vermeidender Satzkonstrukte in Produktionsanweisungen

Präpositionen (Verhältniswörter) werden eingesetzt, um Aussagebeziehungen und Verhältnisse darzustellen. Hierzu bilden jeweils eine Präposition und mindestens ein Substantiv oder Pronomen ein Präpositionalgefüge. Bei deren Verwendung ist darauf zu achten, einen Satz nicht mit diesen zu überfrachten und dadurch unübersichtlich werden zu lassen. Die Nutzung von Aktiv- anstatt Passiv-Sätzen kann diesem Fehler häufig vorbeugen. Auf jeden Fall sind jedoch geschachtelte Präpositionalgefüge (z.B. „... von aus dem ...“ oder „... aufgrund von durch ...“) zu vermeiden, was durch eine teilweise Auflösung gepaart mit der Einführung von Relativsätzen erfolgen kann. Selbiges gilt für Partizipialkonstruktionen. Diese treten in adjektivischer Art häufig gemeinsam mit Präpositionen auf (z.B. „nach abgeschlossener Montage“). Hierbei ist darauf zu achten, die korrekte Partizipform anzuwenden, da ansonsten durch verschiedene Bedeutungen Aussagen missverstanden werden können (z.B. „nach abgeschlossener Montage“ vs. „nach abschließender Montage“). [40]

Rechtschreibung und Interpunktion

Rechtschreibfehler werden vom Leser als störend wahrgenommen, da sie zu den häufigsten Fehlerbereichen gehören. Selten auftretende Flüchtigkeitsfehler, wie bspw. die typischen „Tippfehler“ mit einem überzähligen oder fehlenden Buchstaben, werden dabei vom Leser in der Regel toleriert, sofern sie selten und offensichtlich zufällig auftreten. Sich wiederholende Fehler der gleichen Art dagegen (bspw. das notorische Falschschreiben bestimmter Wörter) erwecken beim Leser den Eindruck, die Verfasser würden die Rechtschreibung mit mangelnder Relevanz betrachten oder seien dieser nicht mächtig. In diesem Fall wirkt auch die fachlich-inhaltliche Kompetenz der Autoren verringert, was sich direkt auf die Akzeptanz der Anweisung auswirkt. Daher ist in jedem Fall auf die korrekte Orthografie nach den jeweils aktuellen Regeln der entsprechenden Sprache zu achten. [40]

Die Interpunktion und dabei vor allem die Kommasetzung stellen eine besondere Herausforderung bei der Verfassung technischer Dokumente dar. Durch die Kommasetzung werden die Sätze in Sinneinheiten untergliedert. So stört eine fehlerhafte Verwendung nicht nur den Lesefluss, sondern kann auch zu einer inhaltlichen Veränderung

einer Information führen, da ein Komma einem Satz eine völlig andere Bedeutung geben kann, wenn es an einer anderen Stelle gesetzt wird. Daher sind diese Regeln zwingend korrekt anzuwenden, um die notwendige Eindeutigkeit von Anweisungen herzustellen. Diese Regeln gelten für optisch strukturierte Informationen ebenso wie in Fließtexten. Somit wird in einem optisch strukturierten, aber vollständigen Satz die Kommasetzung ebenso vollzogen wie in einem nicht gegliederten Satz. Werden dagegen Aufzählungen dargestellt (bspw. aufeinander folgende Handlungsanweisungen), so sind am Ende der jeweiligen Zeilen weder Punkt noch Komma zu setzen. [40]

4.3.2 Optische Strukturierung des Textes

Um ein Dokument effizient lesbar zu gestalten, muss dessen Inhalt in eine gut erfassbare optische Struktur eingebettet sein. Nur so kann eine schnelle und sichere Aufnahme der Information durch den Leser gewährleistet werden. Die Anwendung der optischen Strukturmittel dient daher dazu, die Gliederung des Textes für den Leser einfach und logisch zu verdeutlichen. So sollte für jedes Strukturmittel eine inhaltliche Relevanz vorliegen und im Gegenzug die Aussagezusammenhänge auch optisch visualisiert werden. Die Gefahr liegt hierbei in der Überstrukturierung der Dokumente, welche mit deren optischer Überfrachtung einhergehen. Die wichtigsten Strukturmittel für technische Dokumentationen werden im Folgenden kurz mit ihren Einsatzmöglichkeiten vorgestellt.

Überschrift

Überschriften dienen der Textstrukturierung in zweifacher Weise. Sie sollen sowohl den Text in Blöcke einteilen, also dem Leser mitteilen, dass der Text, der auf die Überschrift folgt, bis zur nächsten Überschrift thematisch zusammengehört, als auch über das Thema des Textes informieren. Dazu sollten Überschriften immer möglichst prägnant das jeweilige Thema bezeichnen. Grammatikalisch gesehen können sie aus einem einzelnen Nomen oder auch aus einem unvollständigen Satz bestehen. Für eine besser lesbare Struktur sollten sie mit typografischen Mitteln hervorgehoben werden. Hier können bspw. größere Schrift, anderer Schrifttyp oder Fett- und Kursivdruck ebenso eingesetzt werden wie eine vom Normaltext abweichende Ausrichtung, vorangestellte Nummerierung oder eine inverse Darstellung. Zu beachten ist hierbei die Konsistenz innerhalb der gleichen Hierarchieebene, um Überschriften der gleichen Ebene auch optisch die gleiche Bedeutung zuzuweisen. [34]

Absatz und Leerraum

Bei der Nutzung von Absätzen, der einfachsten und häufigsten Art der Textstrukturierung, ist darauf zu achten, den Textfluss und somit die Lesbarkeit nicht durch zu viele oder zu lange Absätze einzuschränken. Ein Leerraum, quasi ein erweiterter Absatz, entsteht durch das zusätzliche Einfügen einer oder mehrerer Leerzeilen zwischen zwei Absätzen. Mit ihm wird der inhaltliche Zusammenhang zweier Textblöcke voneinander getrennt. Der Leser sollte immer logisch nachvollziehen können, warum der Text an der jeweiligen Stelle aufgetrennt wird und daher ein Leerraum gesetzt ist. [34]

Strukturierte Aufzählungen

Aufzählungen sollten in Anweisungen für eine bessere Übersichtlichkeit strukturiert dargestellt und nicht als Fließtext ausgeführt werden. Jedes Aufzählungsglied kann dabei am Anfang einer Zeile mit einem Aufzählungskennzeichen hervorgehoben werden. Am häufigsten wird hierzu der (lange) Spiegelstrich und der sog. Großpunkt genutzt. Bei einer Kombination von beiden Elementen hat der Großpunkt Vorrang und kennzeichnet die höhere Hierarchieebene. Weiterhin kann noch ein Vielzahl anderer Sonderzeichen (z.B. +, *, >) als Aufzählungskennzeichen eingesetzt werden. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass dem Leser die hierarchischen Verhältnisse dieser Zeichennutzung bekannt sind. [40]

Speziell für Handlungsanweisungen bietet sich die Nummerierung der Aufzählungen an. Diese unterstützt die logische Reihen- und Rangfolge von bspw. Tätigkeiten, sollte jedoch nur genutzt werden, wenn auch eine solche (zeitlich oder wertend) besteht. Als Aufzählungskennzeichen können sowohl arabische Ziffern, als auch Kleinbuchstaben verwendet werden. Bei der Kombination der beiden Varianten haben die Ziffern hierarchischen Vorrang. Insgesamt ist bei der Nutzung von Aufzählungszeichen zu beachten, dass diese konsistent eingesetzt werden müssen und somit deren Bedeutung nicht wechseln darf. [40]

Tabellen

Für die Darstellung mehrerer gleichartiger Aussagen, die von zwei oder mehr Bedingungen abhängig sind, bietet sich die tabellarische Ausführung an. Vor allem bei mehr als vier solcher Aussagen sind Tabellen dem Fließtext vorzuziehen, da mit diesen Informationen deutlich übersichtlicher und knapper, somit ergonomischer und effizienter, vermittelbar sind. Hier muss der Autor die Informationen nicht syntaktisch korrekt in komplexen Sätzen ausdrücken, da der Leser in der tabellarischen Darstellung die logischen Verknüpfungen selbst vollziehen kann. [40]

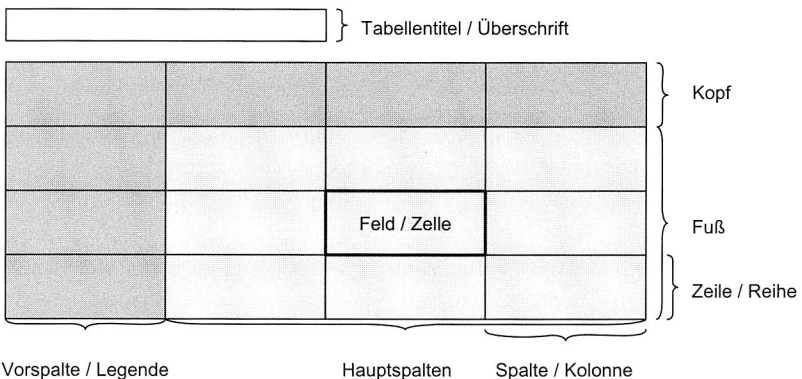


Bild 29: Aufbau von Tabellen zur übersichtlichen Darstellung von Sachverhalten

Tabellen werden immer zweiachsig (horizontal und vertikal) aus Feldern oder Zellen aufgebaut, in welche die Inhalte eingetragen werden (Bild 29). Hierbei werden mit der Kopf- bzw. Vorspalte die Funktionen oder Kategorien der einzelnen Spalten und Reihen benannt. Innerhalb der Hauptspalten des Tabellenfußes sollte die Ausrichtung der Werte einheitlich sein. Im Kopf der Tabelle bietet sich der zentrierte Satz an, während Angaben in der Vorspalte meist linksbündig gesetzt werden. In Vorspalte und Kopf können zur besseren Übersicht durchaus Abkürzungen, anstatt der ausführlichen Benennungen, genutzt oder bei kurzen Ausdrücken im Tabellenfuß auch die Daten im Kopf um 90° gegen den Uhrzeigersinn gedreht dargestellt werden. Bei Tabellen über mehrere Seiten ist der Kopf am Anfang jeder Seite zu wiederholen. [34] [40]

4.3.3 Texterläuternde und -verstärkende Gestaltungsmittel

Mit Gestaltungsmitteln besteht die Möglichkeit, die Aufmerksamkeit des Lesers auf bestimmte Textabschnitte oder -teile zu lenken. In diesem Zusammenhang kommen sog. Aufmerker und optische Auszeichnungen im Text zur Anwendung.

Aufmerker

Die Unterscheidung wichtiger von weniger wichtigen Inhalten kann einem Leser durch Einsatz von Aufmerkern erleichtert werden [40]. Auch können mit ihrer Hilfe wesentliche Informationen herausgestellt werden. Die für Anweisungen relevanten Arten sind Signalwörter und Piktogramme.

Achtung: Die Markierung am Gehäusedeckel muss sich in montiertem Zustand auf der rechten Seite befinden! Ansonsten Deckel wenden.

oder:

Achtung: Die Markierung am Gehäusedeckel muss sich in montiertem Zustand auf der rechten Seite befinden! Ansonsten Deckel wenden.

Bild 30: Hervorhebung von Inhalten in Anweisungen durch Einsatz von Signalwörtern (im Beispiel: „Achtung“)

Als Signalwörter werden bspw. „Achtung“, „Wichtig“, „Gefahr“, „Hinweis“ oder „Warnung“ verstanden. Bei deren Verwendung ist in jedem Fall darauf zu achten, dass der mitgeteilten Information das inhaltlich passende Signalwort zugeordnet wird. Sie können innerhalb des Grundtextes über der Information stehen, aber auch außerhalb neben der Information angeordnet sein (Bild 30). [40]

Als nichtsprachliche Aufmerker werden Piktogramme eingesetzt, die aus Symbolzeichen sowie stilisierten Gegenständen oder Situationen bestehen können. Ihre Bedeutung sollte ohne jegliche weitere sprachliche Beschreibung erkennbar sein, weshalb sich vor allem auch Symbole eignen, die in anderen Bereichen (z.B. Straßenverkehr) etabliert sind und idealerweise internationale Gültigkeit besitzen. Es sollten nur so wenig verschiedene Piktogramme wie nötig verwendet werden, da zum einen nicht sicher-

gestellt ist, dass jedes Piktogramm von jedem verstanden wird und zum anderen mit jedem Symbol zusätzlicher Lernaufwand für den Leser erzeugt wird. Weiterhin sind alle Piktogramme in einer Bild- und Symbollegende zu erklären, die bei Arbeitsanweisungen auch zentral zur Verfügung gestellt werden kann. Einige gebräuchliche Piktogramme sind in Bild 31 dargestellt. [40]



Gefahr, Vorsicht



Schutzhandschuhe tragen



Information

Bild 31: Gebräuchliche Piktogramme in technischen Dokumenten

Auszeichnen im Fließtext

Mit typografischen Mitteln besteht die Möglichkeit, Textteile optisch hervorzuheben. In technischen Dokumenten können hierzu die in Bild 32 gezeigten Auszeichnungsformen genutzt werden. Unterstreichungen dagegen sollten auf jeden Fall vermieden werden, da hierdurch der Text unleserlich wird und die Unterlängen von Buchstaben verdeckt werden [40].

Halbfette Schrift

Kursive Schrift

Dicktengleiche Schrift

Andere Schriftgröße

Andere Schriftart

Farbige Schrift

Bild 32: Typografische Auszeichnungsformen zur optischen Hervorhebung von Textteilen

Es wird die Unterscheidung zwischen notwendigem und wertendem Auszeichnen getroffen. Ersteres wird eingesetzt, um bspw. Aufschriften optisch analog wiederzugeben (z.B. „EIN/AUS-Schalter“), metasprachliche Begriffe von Normaltext zu unterscheiden (z.B. „Die mit *dateiname* bezeichnete Datei wird geladen.“) oder einzelne Wörter im Satz zu betonen (z.B. „Kleberolle nur **einmal** über das Bauteil führen.“). Das wertende Auszeichnen stellt die besondere Wichtigkeit von Aussagen oder Begriffen heraus. Es ist sachlich nicht notwendig, dient dem Leser allerdings als Hilfe zur schnelleren Erfassung des Textes. Beide Formen des Auszeichnens sollten in Arbeitsanweisungen sparsam und konsistent eingesetzt werden. [40]

4.3.4 Typografie und Layout

Bei der Konzeption eines Dokuments sollten zunächst die Seitenformate und der zugehörige Satzspiegel gewählt werden. In diesem wird darauf ein Gestaltungsraster festgelegt, das die Spaltenanzahl, Spaltenanordnung und die Bereiche für Abbildungen vorgibt.

Format

Bei der Nutzung von Papier als Medium sollten vorgegebene Dokumentformate eingesetzt werden. In der Regel finden die Formate der DIN A-Reihe Anwendung, welche sich aus dem Ausgangsformat DIN A0 (841 mm x 1189 mm) ableiten und sowohl im Hoch- als auch im Querformat verwendet werden können [41]. So genannte Nonprintmedien, also papierlose Darstellungen, sind systembedingt in den Formaten 3:2 (Kleinbild), 4:3 (Monitor) oder 16:9 (Fernseher, Monitor) zu verfassen [10].

Satzspiegel

Als Satzspiegel wird die bedruckte Fläche einer Seite ohne Seitenzahl (Pagina), Randbemerkungen (Marginalien) und Kolumnen (Kopf- und Fußzeilen) bezeichnet. Er gilt als optimal gesetzt, wenn er der Regel des sog. „Goldenen Schnittes“ genügt. Ferner sollte immer etwa ein Drittel einer Seite frei bleiben. Somit ergeben sich für eine Seite im Format A4 die Stegmaße [31]:

- Bundsteg: 23,5 mm
- Außensteg: 46,5 mm
- Kopfsteg: 35,0 mm
- Fußsteg: 58,0 mm

Oftmals ist es aus Gründen der Platzausnutzung auf einer Seite oder einer vorgegebenen Corporate Identity nicht möglich, diese Vorgaben einzuhalten. Durch den für Arbeitsanweisungen üblichen hohen Anteil an grafischen Darstellungen können diese Dokumente optisch aufgelockert werden. Daher ist nicht zwingend der Goldene Schnitt anzuwenden, jedoch sollte die für Stege generell geltende Faustregel „Bundsteg < Kopfsteg < Außensteg < Fußsteg“ eingehalten werden [31]. Als Standard für einen noch akzeptablen Weißraum einer Seite gelten in der Literatur die in Bild 33 aufgeführten Werte.

Format	Satzspiegel	Bundsteg	Außensteg	Kopfsteg	Fußsteg
DIN A4	180 x 257 mm	10 mm	20 mm	15 mm	25 mm
DIN A5	124 x 178 mm	8 mm	16 mm	12 mm	20 mm

Bild 33: Weißraumwerte für einen ergonomischen Seitenaufbau (nach [31])

Kolummentitel

Kopf- und Fußzeilen werden als Kolummentitel bezeichnet und dienen dem Leser zur Orientierung. Sie werden als „tote Kolummentitel“ bezeichnet, wenn nur die Seitenzahl enthalten ist. „Lebende Kolummentitel“ dagegen enthalten Informationen wie das Kapitel, den Abschnitt oder die Art der Anweisung. Bei der Nutzung sollte entweder die Kopf- oder die Fußzeile aktiv genutzt werden, um die Seite nicht zu überfrachten. Jedoch können Randinformationen in einer zweiten Kolumne dargestellt werden. Wenn bspw. die orientierende Kolumne (etwa das Kapitel) in der Kopfzeile steht, kann so z.B. ein Copyrighthinweis in der Fußzeile untergebracht werden. Dabei ist zu beachten, dass Informationen am äußeren und oberen Rand einer Seite durch den Leser mehr Beachtung finden als am inneren oder unteren. [31] [83]

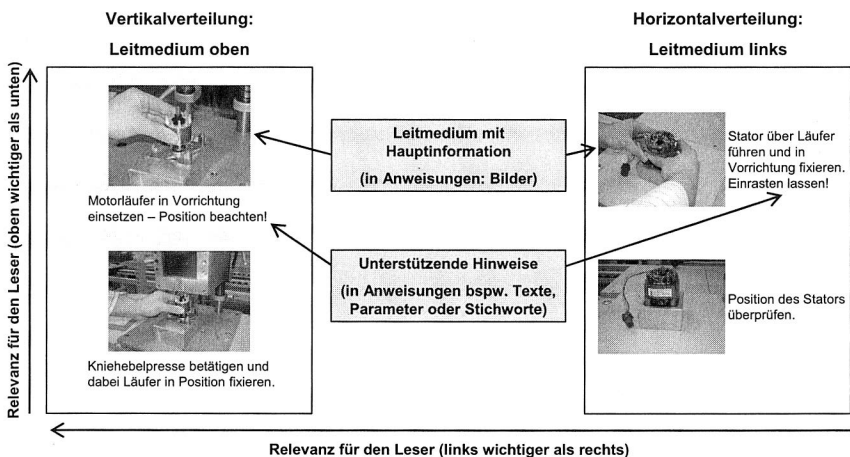


Bild 34: Alternativen zur Verteilung von Bild und Text in Anweisungsdokumenten bei absteigender Wichtigkeit von oben nach unten und von links nach rechts

Bild- und Textverteilung im Satzspiegel

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Bilder und Texte vertikal, horizontal und gestreut zu verteilen (Bild 34). Bei der Vertikalverteilung werden Bilder und Texte untereinander angeordnet. Das sog. Leitmedium, das Medium welches die Hauptinformation beinhaltet, muss dabei über dem anderen angeordnet sein. In der Horizontalverteilung werden Bilder und Texte nebeneinander angeordnet, wobei das Leitmedium gemäß der Lese-richtung (meist links) anzuordnen ist. Bei der Anordnung auf Bildschirmen und Displays werden oben und links stehende Inhalte wichtiger eingestuft als diejenigen rechts und unten. Die Streuverteilung wird häufig in Werbetexten genutzt, hat jedoch für Anweisungen keine Relevanz, da hier der Text zu sehr durchbrochen und dadurch unleserlich wird. [31]

Farbe

Sofern keine Vorgaben, wie bspw. durch Corporate Identity, bestehen, haben Autoren der technischen Dokumentation die Möglichkeit das gesamte Farbspektrum zu nutzen. Jedoch sollte generell mit Farben eher sparsam umgegangen werden, da ein zu buntes Dokument mehr verwirren als informieren wird. Für Anweisungen empfiehlt sich aufgrund der bestmöglichen Lesbarkeit wegen des hohen Kontrastes die Verwendung schwarzer Schrift auf weißem Hintergrund. Auf einen farbigen Seitenhintergrund sollte weitgehend verzichtet oder auf blasse Töne zurückgegriffen werden. In Tabellen dagegen eignen sich blasse Hintergründe zur inhaltlichen Strukturierung. [10] [34]

Vor allem bei der Einbindung von Piktogrammen und Bildsymbolen, wie auch bei Text, ist zu beachten, dass Farben Signalwirkung besitzen. So ist Rot bspw. Signalfarbe, steht jedoch auch für Wärme, Hitze oder Aktivität. Blau dagegen gilt als Gebotsfarbe und steht auch für Kühlichkeit und Distanziertheit, wogegen durch Grün Hilfen oder Hilfestellungen signalisiert werden. Gelb wird in der Regel als Achtungsfarbe genutzt. Hierbei ist zu beachten, dass diese Farbeinteilungen nur im europäischen Kulturkreis zutreffend sind. In anderen Räumen besitzen diese Farben abweichende Bedeutung. [34]

	Schriftbeispiel	Eigenschaften	Eignung in Anweisungen
serifenbetont	The image shows the word 'Pil' in a serif font. The letters have a thick, solid black outline (Grundlinie) that follows the shape of the letters, making them stand out against the background.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorgabe einer Grundlinie für den Leser ▪ Sehr gute Lesbarkeit im Fließtext ▪ „Endstriche“ bzw. „Füßchen“ an den Buchstaben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei Nutzung von Text als Leitmedium bzw. umfassenden Erklärungen ▪ Bei großem Leseabstand zur Anweisung
serifenlos	The image shows the word 'Pil' in a sans-serif font. The letters are clean and lack the thick outlines of the serif font, appearing more compact and modern.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schlechter lesbar bei langen Texten ▪ Häufige Verwendung, daher hohe Akzeptanz ▪ Gut für Bildschirmdarstellung geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei IT-gestützter Anweisungsverteilung ▪ Für unterstützende, textbasierte Erläuterungen neben bildlichen Darstellungen ▪ Bei kurzen Textpassagen

Bild 35: Gegenüberstellung serifenloser und serifenbetonter Schriftarten zur Nutzung in Arbeitsanweisungen (abgeleitet nach [31], [34] und [40])

Schrift und Satzart

Generell findet eine Unterscheidung zwischen serifenlosen und serifenbetonten Schriften (Bild 35) sowie Sonderschriften statt. In Fließtexten bietet sich die Verwendung von serifenbetonten Schriften (z.B. Times New Roman) an, da diese dem menschlichen Auge eine Grundlinie vorgeben und daher besser lesbar sind. In Tabellen oder Abbildungen dagegen empfiehlt sich die Nutzung von serifenlosen Schriften (z.B. Arial), da diese durch Wegfall der Serifen mehr Freiräume lassen, kompakter wirken und somit mehr Übersichtlichkeit bieten. Grundsätzlich werden jedoch Schriften, mit denen ein Leser häufig konfrontiert ist, besser aufgenommen. Für die Darstellung von Texten auf Bildschirmen sollten serifenlose Schriften genutzt werden, da diese dort leichter zu lesen

sind. Ferner sollte in einem Dokument keine Durchmischung von Schriften stattfinden. Jedoch können bspw. Überschriften zur Hervorhebung in einer anderen Stilrichtung dargestellt werden. [31] [40]

Bei der Wahl der Schriftgröße sind die Umgebungsbedingungen, in denen das Dokument gelesen werden soll, mit ausschlaggebend. Grundsätzlich empfiehlt sich für ein normales Dokument eine Schriftgröße von 10 bis 12 Punkten im Grundtext. Überschriften sind für niedrige Ebenen mit 16, 18 oder 24 Punkten zu setzen, während in höheren Ebenen eine Größe von 36, 48 oder 72 Punkten genutzt werden kann. Bei Arbeitsanweisungen, die in Produktionsumgebungen, bspw. bei unzureichenden Lichtverhältnissen oder großem Leseabstand, erfasst werden müssen, sollte die Schriftgröße erhöht werden. [10] [31] [40]

<p>Blocksatz Alle Zeilen enden auf gleicher senkrechter Linie. Dies hat unterschiedliche Abstände zwischen den Wörtern zur Folge. Blocksatz ist hervorragend für Fließtext geeignet, da ein beruhigendes Element von ihm ausgeht. Für Zeilen mit weniger als 35 Zeichen sollte der Blocksatz nicht verwendet werden, da dies zu große Wortzwischenräume zur Folge hätte. Es empfiehlt sich zudem, die automatische Silbentrennung zu aktivieren.</p>	<p>Linksbündiger Flattersatz Überschriften über Fließtexte sollten grundsätzlich linksbündig gesetzt werden. Für Zeilen mit weniger als 35 Zeichen ist dieser Satz besser geeignet als der Blocksatz. Auch bei Handlungsfolgen in Anweisungen ist der linksbündige Flattersatz besser geeignet, da der Leser die gerade gelesene Zeile nach einer Handlung aufgrund ihrer Länge schneller wieder finden kann.</p>
<p>Mittelzentrierter Satz Ist für Fließtext unüblich und empfiehlt sich hauptsächlich für Überschriften oder kurze Texte auf Deckblättern</p>	<p>Rechtsbündiger Flattersatz Findet hauptsächlich Anwendung in linken Marginalien oder Beschriftungen. Für den Fließtext wegen seiner unruhigen Wirkung ungeeignet. Zudem fällt es dem Leser schwer, den nächsten Zeilenanfang wieder zu finden.</p>

Bild 36: Verschiedene Arten der Zeilenausrichtung in Dokumenten (nach [31])

Der Zeilenabstand richtet sich nach dem sog. Durchschuss zwischen den Zeilen. Dieser sollte etwa 20% bis 30% des Schriftgrades betragen, um dem Leser einen leichteren Zeilensprung und somit eine bessere Lesbarkeit zu ermöglichen. Die Ausrichtung der Zeilen kann auf vier verschiedene Arten erfolgen. Diese sind in Bild 36 mit ihren Einsatzfällen beschrieben. [31]

4.3.5 Bildhafte Darstellungen

Im Gegensatz zu Sprache muss bei Bildern sowie anderen grafischen Darstellungen der Leser nicht erst eine abstrakte Information transformieren und interpretieren, sondern kann das Dargestellte direkt ein- und umsetzen. Damit erfüllen diese nahezu optimal die Forderung einer ökonomischen Wissensvermittlung durch Arbeitsanweisungen im Rahmen der technischen Dokumentation. [3] Da mit Abbildungen eine deutlich höhere Informationstransferrate zwischen Informationsträger und Leser realisiert werden kann, wird deren Nutzung in Anweisungen und Anleitungen bereits durch vielfältige Regelwerke gefordert (z.B. DIN V 8418, DIN V 66055, DIN EN 292 etc.).

Eine Empfehlung, wann Bilder oder Texte das besser geeignete Medium zur Informationsübertragung darstellen, ist in Anlehnung an PÖTTER aus den verschiedenen Informationsklassen abzuleiten. Darauf basierend sind grafische Darstellungen für

- inventarische Informationen (was wird dargestellt?),
- operationale Informationen (was wird ausgeführt?),
- räumliche Informationen (wo wird etwas ausgeführt?) und
- kontextuelle Informationen (was ergibt die Ausführung?)

besser geeignet, während sich für die Übertragung von

- kovarianten Informationen (warum wird etwas ausgeführt?),
- zeitlichen Informationen (wann wird etwas ausgeführt?),
- qualifizierenden Informationen (wie gut wird etwas ausgeführt?) und
- empathischen Informationen (wie wichtig ist die Ausführung?)

Texte anbieten [83]. Häufig besitzen Abbildungen auch einen motivierenden Charakter für das Lesen des zugehörigen Textes oder Dokuments. So gehen in technischen Dokumenten Bild und Text in der Regel ein Komplementaritätsverhältnis ein, da sie sich gegenseitig ergänzen und häufig eigenständig keine korrekte und vollständige Aussage vermitteln können. Somit verbinden sich Text und Bild zu einer Informationseinheit. [31] [40]

Piktogramme und Bildsymbole

Wie in Kapitel 4.3.3 beschrieben, werden Piktogramme häufig als Aufmerker eingesetzt. Sie stellen Objekte in abstrakter, symbolhafter, eindeutiger, einheitlicher und einfacher Art dar. Ihr Vorteil liegt darin, dass sie in der Regel spontan und ohne weitere Erklärung von jedem sofort verstanden werden. Somit sind sie für Arbeitsanweisungen hervorragend geeignet, um einfache Informationen schnell und sicher zu übertragen. [83]

Im Gegensatz zu den allgemeinverständlichen Piktogrammen bedürfen Bildsymbole einer zusätzlichen Erklärung. Sie werden häufig als Logogramm, bspw. zur Wiedererkennung von Abschnitten, eingesetzt. Für verschiedene Bereiche bestehen Normen, die die Verwendung von Bildsymbolen vorgeben. Einige Beispiele dazu sind [83]:

- DIN 4844 – Gefahren und Hinweiszeichen
- DIN 11042 – Bildzeichen für Instandhaltungsbücher
- DIN 19227 – Grafische Symbole für die Prozessleittechnik
- DIN 30600 – Grafische Symbole
- DIN 40102 – Bildzeichen für medizintechnische Geräte
- DIN 70005 – Grafische Symbole für KFZ
- DIN 74253 – Grafische Symbole für Bremsschaltpläne

Zeichnungen

Häufig werden in Arbeitsanweisungen grafische Bilder bzw. Zeichnungen eingesetzt, wie auch die durchgeführte Studie (siehe Kapitel 3.1.2) bestätigen konnte. Zeichnungen werden in verschiedene Zeichnungsarten unterteilt, die in Bild 37 dargestellt sind.

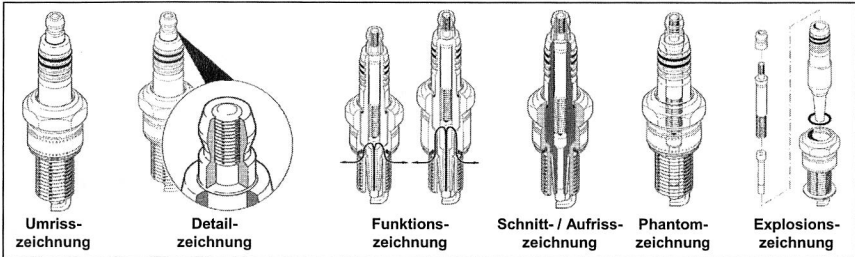


Bild 37: Geeignete Zeichnungsarten für die Verwendung in Produktionsanweisungen (aus [40])

In Zeichnungen können Gegenstände oder Abläufe unterschiedlich detailliert bzw. realistisch abgebildet werden. Zur Verständlichkeit spielt hierbei der Wiedererkennungseffekt eine maßgebliche Rolle, da dieser vorgibt, wie einfach die Aufnahme und Umsetzung der Information für den Betrachter ist. Je realistischer die Darstellung ist, desto einfacher wird die Verarbeitung des Dargestellten für den Leser, welcher sich dazu an verschiedenen Kriterien orientiert [40]:

- Konturen (Linien und Kanten)
- Maßverhältnisse der Teile eines Gegenstandes zueinander
- Perspektive, aus der der Gegenstand gesehen wird
- Oberfläche des Gegenstandes (Schatten, Lichtreflexe, Farbe)

Darauf basierend können Zeichnungen schematisch, realitätsnah oder fotorealistisch ausgeführt werden. Schematische Darstellungen werden eingesetzt, um abstrakte Zusammenhänge und einfach strukturierte Oberflächen wiederzugeben. In der Regel sind sie zweidimensional als Strichzeichnungen annähernd maßstabsgetreu ausgeführt, wobei Flächen weiß oder schraffiert dargestellt werden. Sie sind in der Regel aus geometrischen Grundformen (Gerade, Dreieck, Viereck, Kreis, Ellipse) aufgebaut und werden in der Zentralperspektive ausgerichtet. Bei der realitätsnahen Ausführung werden üblicherweise maßstabsgetreue Strichzeichnungen verwendet, die perspektivisch in Fluchtpunkt- oder Parallelperspektive ausgeführt sind. Zur Unterstützung der Perspektivwirkung und Hervorhebung von Einzelheiten werden häufig die Flächen weiß, schraffiert oder gerastert umgesetzt. Diese Ausführungsart kann zur fotorealistischen Ausführung erweitert werden, indem die Flächengestaltung realitätsgetreu gestaltet wird. Hierbei werden die Konturen nicht durch Striche verdeutlicht, sondern durch Übergänge in Schattierung oder Rasterung realisiert. Beide Varianten haben den Vorteil der freien

Skalierbarkeit ohne Qualitätseinbußen, da es sich in beiden Fällen um vektorielle Grafiken handelt. [40]

Die als isometrische Darstellung bezeichnete Parallelprojektion wird angewendet, wenn der Wiedererkennungseffekt einer Grafik im Vordergrund steht und die Realitätstreue zweitrangig ist. Dies ist bspw. bei Explosionszeichnungen der Fall, in denen eine Vielzahl von Gegenständen möglichst einfach erkennbar sein sollen. Diese Darstellungsart muss konstruiert werden, da sie nicht als natürliche Perspektive existiert. So befinden sich in dieser Abbildungsart alle visualisierten Objekte auf einer flachen Projektionsebene, wobei der Standpunkt des Betrachters im Unendlichen liegt. Weiterhin werden alle in der Realität parallelen Kanten auch in der Zeichnung parallel wiedergegeben sowie alle Kanten auf allen drei Ebenen der Projektion im Maßstab 1:1 gezeichnet. Die senkrecht zueinander stehenden Kanten werden ebenfalls senkrecht gezeichnet, während Kanten in Breite und Tiefe zum unteren Blattrand in einem Winkel von 30° stehen. [40] Ferner zählen zur Gruppe der Zeichnungen Konstruktionszeichnungen, auf die jedoch aus den in Kapitel 4.2.3 beschriebenen Gründen hier nicht näher eingegangen werden soll, da sie nur von geringer Relevanz für den Einsatz in Arbeitsanweisungen sind.

Fotografien

Mit Hilfe fotografischer Abbildungen lassen sich, vor allem durch den Einsatz der digitalen Fotografie, in Arbeitsanweisungen Gegenstände und Zusammenhänge mit geringem Aufwand realitätsgetreu einbetten. Hierbei ist darauf zu achten, dass die zu vermittelnden Informationen spontan erkennbar sind und Details eindeutig wiedergegeben werden. Ferner dürfen Hintergrunderscheinungen nicht vom Wesentlichen ablenken, was durch das Freistellen von Details, dem Hellrastern unwichtiger Elemente oder dem Nachzeichnen von Konturen mit Hilfe aktueller Grafikbearbeitungssoftware mit geringem Aufwand umsetzbar ist. Die Wahl der richtigen Perspektive stellt einen wichtigen Aspekt für die spätere Eignung des Bildes dar. Hierbei sollte immer die Perspektive des Betrachters, also bspw. die Werkersicht in einer konkreten Montageposition, gewählt werden, da ansonsten erheblicher Transferaufwand bei der Umsetzung durch den Leser nötig ist. Auf die Erkennbarkeit ist ebenfalls besonderer Wert zu legen, da etwa schlechte Lichtverhältnisse oder Spiegelungen diese erheblich beeinträchtigen können. Bei der Wiedergabe von Bewegungsabläufen, räumlichen Zusammenhängen oder farblichen Unterschieden sind Fotografien den anderen Darstellungsarten, nicht zuletzt auch wegen der einfacheren Erstellbarkeit in guter Qualität, vorzuziehen. [83]

Diagramme

Diagramme bieten in ihrer bildlichen Darstellung von Zahlenwerten, welche häufig auf Tabellen basieren, eine hohe Übersichtlichkeit. Die bekanntesten Diagrammart sind das Blockdiagramm (Säulen-/Balkendiagramm), das Flächendiagramm und das Kreissegmentdiagramm (Tortendiagramm), mit welchen sich Verhältnismäßigkeiten oder Trendentwicklungen veranschaulichen lassen. Diese werden eher in der Ökonomie eingesetzt und sind für technische Dokumentationen kaum von Bedeutung. Fluss- und Li-

niendiagramme dagegen bieten jedoch in diesem Bereich hohes Potenzial, komplexe Abläufe, Flüsse oder Daten übersichtlich und schnell erfassbar darzustellen. Für Flussdiagramme existieren international genormte Symbolsprachen, die verbindlich anzuwenden sind. In Liniendiagrammen können bspw. Leistungsdaten von Produkten sowie deren Abhängigkeit vom Einsatzumfeld beschrieben werden. [40]

4.3.6 Webbasierte Gestaltung

Die Gestaltung für die webbasierte Darstellung von Dokumenten und Informationen orientiert sich ebenfalls an den beschriebenen Regeln für technische Dokumentationen. Zusätzlich sind jedoch einige abweichende, besondere Aspekte zu beachten, die im Folgenden kurz dargestellt werden. Grundlegend muss dafür Sorge getragen werden, dass Ausgabegeräte mit angemessener Auflösung und Farbdarstellung (z.B. Monitore, Touch-Screens, Displays) zum Einsatz kommen. Weiterhin ist zu beachten, dass die Anzeige der Seiten bspw. in Abhängigkeit des benutzten Browsers, dessen Version, der Bildschirmgröße und -auflösung sowie des Betriebssystems oder installierter Schriftarten abweichen kann.

Design von Webseiten und Softwaregestaltung

Bei der Erstellung von Arbeitsanweisungen in Form von Webseiten sind einige Grundlagen zu beachten. So ist die Ausrichtung auf eine spezifische Zielgruppe bereits im Vorfeld notwendig, um Bedienbarkeit und Übersichtlichkeit gewährleisten zu können. Auch die Maßgabe „Keep it simple and stupid“ (KISS) sollte stets eingehalten werden [118]. So ist durch die Nutzung einer möglichst übersichtlichen Navigationsstruktur, den minimalen Einsatz von Animationen und Effekten sowie den Verzicht auf Hintergrundbilder eine Anwendung einfach zu halten. Dabei muss das Design die Funktion der Informationsübermittlung unterstützen und darf nicht Selbstzweck sein. Auch die Geschwindigkeit des Seitenaufbaus spielt für die Akzeptanz und Effizienz eine maßgebliche Rolle. So soll der korrekte Seitenaufbau schnell vollzogen werden können und dabei das Netzwerk nur minimal belasten, wobei auch Korrekturen und Änderungen möglichst schnell und einfach umsetzbar sein müssen. Ferner ist die Konsistenz in Bedienung und Design über den gesamten Anwendungsbereich hinweg herzustellen, welche sich an etablierten Strukturen orientieren sollten. [10]

Für die allgemeine Gestaltung von Software bestehen Regelungen in DIN und ISO Normen. Bei deren Erstellung sind daher bspw. die Gestaltungsrichtlinien aus DIN 66234, Teil 8 und ISO 9241, Teil 10 anzuwenden.

Seitenlayout

Als grundlegendes Schema zum Seitenaufbau hat sich eine Dreiteilung der Seite durchgesetzt [10]. Bild 38 zeigt eine Webseite mit dieser Dreiteilung, wobei sich in Bereich A der sog. Portalheader befindet, der zur Identifikation dient. Dieser sollte konsistent auf jeder Seite das gleiche Design aufweisen, um beim Anwender Vertrautheit hervorzurufen. Bereich B stellt den Navigationsbereich der Seite dar und dient der Übersichtlich-

keit. Hier sollte immer erkennbar sein, in welchem Bereich einer mehrseitigen Webseite sich der Anwender gerade befindet. In Bereich C wird der eigentliche Inhalt dargestellt. Die Bereiche können auch vertauscht oder vom Beispiel abweichend angeordnet werden, wobei jedoch der Inhalt zentral im größten Bereich dargestellt werden sollte.

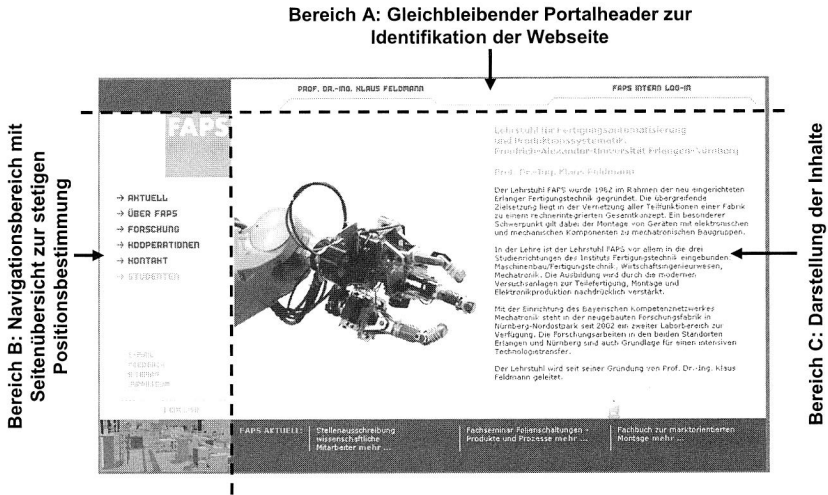


Bild 38: Ergonomisches Layout einer Webseite basierend auf einem dreiteiligen Seitenaufbau am Beispiel der Homepage des Lehrstuhls FAPS (Bildquelle: [64])

Text

Der Textfluss sollte nicht die gesamte Bildschirmbreite einnehmen, um dem Leser einen ergonomischen Zeilensprung zu ermöglichen. In der Literatur wird hierzu eine Textbreite von 700 Pixeln vorgeschlagen, die bspw. durch Nutzung eines unsichtbaren Tabellenrahmens eingehalten werden kann. Der Zeilenabstand sollte dabei größer gewählt werden, als es in papiergebundenen Dokumenten üblich ist. Hier sind Abstände zwischen 150% und 200% ausgehend vom Grundtext sinnvolle Einstellungen. Die Länge des Textes sollte idealerweise auf eine Bildschirmseite begrenzt sein, jedoch keinesfalls drei Seiten überschreiten, da dies zu Unübersichtlichkeit der Seiten führt und mit erheblichem Aufwand beim Blättern bzw. Scrollen der Seite verbunden ist. Hier kann der Text auch auf mehrere aufeinander folgende Webseiten verteilt werden, welche sich einfach miteinander verknüpfen lassen. Ähnlich wie bei papiergebundenen Dokumenten soll auch bei der Web-Darstellung die Textausrichtung gemäß dem jeweiligen Kulturkreis (meist Blocksatz oder Linksbündig) gewählt werden. Ferner wird das Lesen deutlich erleichtert, wenn der Text mit Überschriften, Hervorhebungen oder Absätzen strukturiert wird und freie Flächen als Ruhepunkte enthält. [10]

Schrift und Hintergrund

Die Auswahl der Schriften sollte sich überwiegend an deren Lesbarkeit orientieren, wobei die serifenlosen Schriften bei Bildschirmanwendungen klare Vorteile gegenüber den serifenbetonten Schriften haben (vgl. Kapitel 4.3.4). So können bspw. bei niedrigen Bildschirmauflösungen die Schriften durch Serifen klotzig wirken, Zeichen ausfransen oder unscharf werden. Kursive Schriften sind ebenfalls mit diesen Problemen behaftet. Für eine gute Darstellung auf Bildschirmen wurden spezielle Schriften entwickelt, die auf eine geringe Auflösung von 72 bis 96 dpi ausgelegt sind. Dies sind für Windows-Betriebssysteme bspw. die Schriftarten Times New Roman, Arial, Verdana oder Tahoma. Weiterhin ist zu beachten, dass in einigen Fällen nur Schriften dargestellt werden können, die auch im System des Anwenders lokal vorhanden und somit verfügbar sind. Daher sollte generell auf Standardschriftarten zurückgegriffen werden. [10] [40]

Die Schriftgröße sollte auch bei Webseiten ausreichend groß gewählt werden. So empfiehlt sich, eine Größe nicht unter 10 Punkten zu wählen, wobei größere Schriftarten, vor allem im Produktionsumfeld, besser erfassbar sind. Bei der Farbwahl für Schrift und Hintergrund ist zu beachten, dass das Betrachten heller Monitorbilder mehr anstrengt als helle Hintergründe bei Papier. Ferner spielt der Kontrast für die Lesbarkeit eine maßgebliche Rolle. So sollten die Hintergrundfarben nicht zu hell und leuchtend gewählt werden und sog. unbunte (Tertiär-) Farben (weiß, grau, schwarz) mit Primär- (blau, rot, gelb) oder Sekundärfarben (Mischfarben, z.B. orange) kombiniert werden, um hohen Kontrast ohne Flimmern erzeugen zu können. [92]

Navigation

Neben einem ansprechenden und übersichtlichen Design einer Webseite ist deren wichtigstes Element die Gestaltung der Navigation, da Webseiten in der Regel aus mehreren Einzelseiten aufgebaut sind. Diese ist einfach, strukturiert und intuitiv erlernbar umzusetzen, wozu ein Anwender jederzeit fünf Leitfragen beantworten können sollte [10]:

- Was finde ich auf dieser Seite?
- Wo bin ich schon gewesen?
- Wo befinde ich mich im Moment?
- Wohin komme ich von hier aus?
- Wie komme ich zum Hauptmenü zurück?

Zur Erfüllung dieser Anforderung muss es dem Anwender möglich sein, die Struktur gedanklich zu erfassen. Bestenfalls wird ihm diese in einem Navigationsbereich ständig sichtbar dargestellt. Somit kann er auch zwischen einzelnen Inhalten springen, wobei zusätzlich die Möglichkeit bestehen sollte, sich von Seite zu Seite der Reihe nach „durchzuklicken“. [10] [40]

4.4 Gestaltungsrichtlinie zur Erstellung ergonomischer Arbeitsanweisungen

Arbeits- und Montageanweisungen sind, wie in Kapitel 4.1 dargelegt, Teil der technischen Dokumentation. Daher können die beschriebenen Grundlagen zur Erstellung technischer Dokumente auch auf diesen Bereich angewendet werden. Jedoch sind für produktionsbegleitende Anweisungen verschiedene Besonderheiten zu beachten, die sie von Dokumentationen, wie bspw. Bedienungsanleitungen, in einigen Punkten abgrenzen. So müssen sie, um eine Verbindlichkeit bzgl. der Inhalte herzustellen, zwingend folgende Elemente beinhalten:

- Titel der Anweisung
- Name und Abteilung des Erstellers (Autor)
- Räumlicher und zeitlicher Gültigkeitsbereich
- Anweisungs- bzw. Anleitungsinhalte (z.B. Prozess- oder Montageablauf)
- Seitennummer und -umfang (z.B. „Seite x von n“)
- Zugehörige Unterlagen
- Ausgabennummer und Stand des Dokuments (Versionierung)
- Verantwortlichkeiten und Genehmigung bzw. Freigabe mit Datum

Mitarbeiter im Produktionsbereich müssen in möglichst kurzer Zeit ohne fremde Hilfe mit den für sie wichtigen Aspekten über ihre Aufgaben informiert und so eindeutig angeleitet werden. Dies hat zum Ziel, dass die durchzuführenden Prozesse nach kurzer Einarbeitungszeit fehlerfrei beherrscht werden und damit konstant hohe Qualität und Produktivität gewährleistet werden kann. Um diesen Erwartungen gerecht zu werden, müssen Arbeitsanweisungen für Produktionsaufgaben in einer übersichtlichen Gesamtgliederung mit einfacher aber richtiger Syntax und Grammatik aufgebaut sein. Hierbei sind die Einzelinformationen und Zusammenhänge handlungsorientiert und folgerichtig mit einer knappen, anschaulichen und allgemein verständlichen Ausdrucksweise anzuordnen, was durch eine angemessene Visualisierung mit praxisgerechten Beispielen unterstützt werden kann.

Diese Anweisungen werden auch zukünftig papiergebunden oder – in zunehmendem Maße – über elektronische Medien in der Produktion publiziert. Daher werden für diese beiden Varianten der Informationsdistribution von Anweisungen im Folgenden Gestaltungshinweise dargelegt, die, aufbauend auf den in Kapitel 4.3 erläuterten generellen Regeln, bei der Erstellung produktionsbegleitender Unterlagen eine Hilfestellung geben sollen. Dabei steht die Ergonomie der Anweisungen und die effiziente Verarbeitbarkeit der Dokumente durch die Werker im Vordergrund. Diese Richtlinien sind als Vorschlag zu verstehen und basieren auf den allgemeinen Regeln zur Dokumentengestaltung sowie bei Partnerunternehmen eingesehenen Anweisungen. Obwohl bei der Ausarbeitung der Richtlinie darauf geachtet wurde, vielfältige Varianten einzubeziehen und somit eine Abdeckung möglichst vieler Anwendungsfälle zu ermöglichen, kann dennoch kein An-

spruch auf Vollständigkeit oder uneingeschränkte Nutzbarkeit erhoben werden, da weder Sonderfälle bei Arbeitsinhalten noch Einschränkungen oder konkurrierende Vorgaben durch Corporate Identity sowie vorhandene Styleguides auszuschließen sind.

4.4.1 Richtlinie für papiergebundene Arbeitsanweisungen

In der Regel sollten Arbeitsanweisungen im jeweiligen Standardformat für Dokumente erstellt werden, welches häufig DIN A4 ist. Hilfreich für die Übersichtlichkeit und Zuordnung der Anweisung ist ein Deckblatt (siehe Bild 39 links), auf dem Randbedingungen zu der angewiesenen Tätigkeit und der Anweisung selbst verankert sind. In der Kopfzeile sollten Firmenname und Anschrift eingetragen sowie ein Firmen- oder Bereichslogo platziert werden. Alternativ kann der Kopfbereich auch gemäß einer Corporate Identity genutzt werden. In jedem Fall sollten jedoch die produktionsbegleitenden Dokumente firmenweit durch gleiche Gestaltung eindeutig wieder erkennbar sein. Für jede Anweisung ist ferner eine Identifikationsbezeichnung (z.B. „AA-xxx“) zu vergeben, die eindeutig und gut erkennbar im Kopfbereich des Deckblatts zu positionieren ist. Unter Umständen ist eine Eingruppierung der Arbeitsanweisung in Sparten (z.B. „Baugruppenmontage“ oder „Endprüfung“) sinnvoll. Diese ist gemeinsam mit einem eindeutigen und selbstsprechenden Titel (z.B. „Komplettmontage von Stirnradgetriebe 17553“) im Titelfeldbereich des Deckblatts darzustellen. Ferner ist hier eine Kurzbeschreibung über den Inhalt der Arbeitsbeschreibung hinzuzufügen.

Weiterhin sollten auf dem Deckblatt die verantwortlichen Personen mit deren Kontaktdaten angegeben sein. Hierzu ist zu vermerken, wann diese die ihnen zugewiesenen Funktionen (erstellen, prüfen, freigeben, verteilen) ausgeführt haben. In diesem Zusammenhang kann auch das Verteilungsraster der Anweisung eingefügt werden.

Absolut notwendig ist die Angabe, ob eine vorherige Version der Anleitung existiert und die Anleitung somit eine Änderung oder Neuauflage ist sowie deren exakte Bezeichnung (z.B. über die Identifikationsbezeichnung oder eine zusätzliche Versionsnummer). Ferner muss der Geltungsbereich (z.B. Werk, Bereich, Abteilung oder bestimmte Arbeitsplätze) beschrieben und auf vorhandene weiterführende Unterlagen (z.B. Gebrauchshinweise zu Fertigungsmitteln) verwiesen werden. Im unteren Bereich des Deckblatts sollten Hinweise zum Umgang mit der Arbeitsanweisung vermerkt und Felder zur Unterschrift bestätigender Personen vorgesehen werden. Weiterhin ist der Revisionsstand und die Art des Dokuments nach firmenspezifischer Nomenklatur (z.B. Prüfvorschrift, Arbeitsanweisung etc.) anzugeben. Die Fußzeile sollte, bei computergestützter Erstellung der Anweisung, einen Vermerk über Namen und Speicherort der zugehörigen Datei enthalten, um diese bei Bedarf schnell auffinden zu können. Weiterhin ist die aktuelle und die Gesamtseitenzahl („Seite x von n“) anzugeben.

Falls die Anweisung mehr als fünf Seiten umfasst, muss ein Inhaltsverzeichnis erstellt werden, in welchem die Nummern aller Überschriften sowie die entsprechenden Seitenzahlen anzugeben sind. Dabei sollten Überschriften mindestens bis zur zweiten Ebene, in Hinblick auf die Übersichtlichkeit jedoch nicht über die dritte Ebene hinaus, aufgelistet werden.

Auf den darauf folgenden Seiten werden die konkreten Handlungs- oder Verhaltensanweisungen dargestellt. Hierbei sind grundlegend die in Kapitel 4.3 beschriebenen Regeln mit deren spezifischen Hinweisen für Arbeitsanweisungen zu beachten. In der Kopfzeile sollten der Name der Anweisung und das Firmenlogo wie im Deckblatt positioniert werden. Die Darstellung der Inhalte sollte als Kombination aus Bild und Text in einer tabellenartigen Gestaltung erfolgen, wobei als Leitmedium in Anweisungen das Bild vorzuziehen ist. In einer horizontalen Anordnung befindet sich somit die Bildspalte links und die Textspalte rechts (vgl. Kapitel 4.3.4). Hierbei sind die Abbildungen zu benennen, um eine einfachere Zuordnung bzw. Verknüpfung (z.B. durch direkte Verweise) mit dem Text zu ermöglichen. Diese können sowohl in der Beschriftung, als auch im Text kursiv hervorgehoben werden, um einen „Sprung“ zwischen Text und Bild zu vereinfachen.

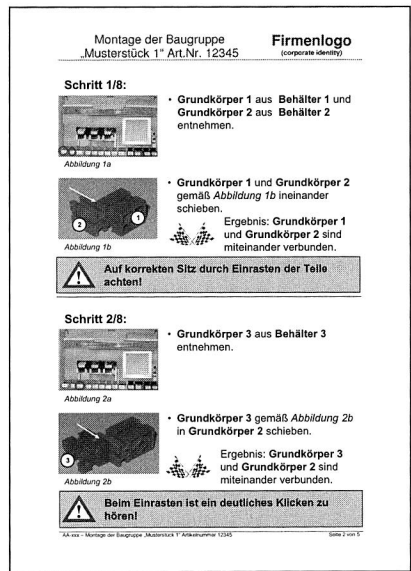
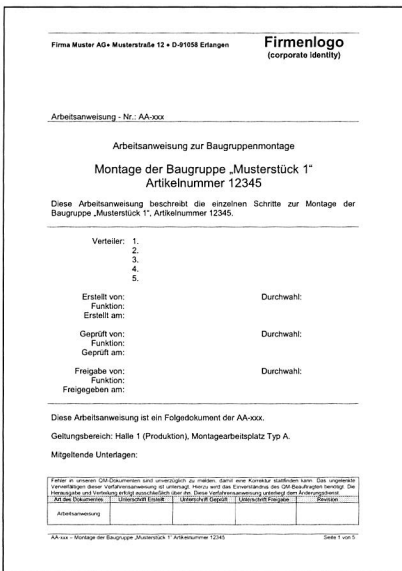


Bild 39: Vorschlag für papiergebundene Arbeitsanweisungen mit Deckblatt (links) und beispielhafter Anweisungsseite (rechts) (Bilder für Montagebeispiel aus [23])

Bauteile sollten nummeriert und in den Bildern beziffert werden. Im Text sind diese Nummern fett hervorzuheben, wodurch ein sofortiger Bezug hergestellt wird. Generell können auch andere Methoden der Auszeichnung im Text genutzt werden, wie sie in Kapitel 4.3.3 beschrieben sind.

Die textbasierte Beschreibung der Vorgänge und Handlungen sollte möglichst kurz und prägnant gehalten werden. Hierzu ist eine einfache, orthografisch richtige Sprache zu nutzen, wobei gängige Abkürzungen oder verkürzte aber verständliche Satzformen durchaus verwendet werden können. Als Schriftart bietet sich Arial in Schriftgröße 12 für den Text und für Beschriftungen und Abbildungslegenden in Schriftgröße 10 an.

Der Gesamtarbeitsablauf, den die jeweilige Anleitung umfasst, ist in logische Einzelsequenzen bzw. Arbeitsschritte zu unterteilen. Jeder dieser Vorgänge ist durch ein oder mehrere Bilder zu visualisieren und mit dem zugehörigen Text zu verdeutlichen. Beispielsweise können, wie in Bild 39 (rechts) dargestellt, in einem der Bilder der Arbeitsplatz, an dem zu verwendende Ressourcen markiert sind, sowie die Lage der Bauteile gezeigt werden. In weiteren Bildern sind dann noch die durchzuführenden Arbeitsvorgänge darzustellen, die bspw. durch richtungweisende Pfeile verdeutlicht werden können.

Das Ende von Arbeitssequenzen oder die Fertigstellung von Teilbaugruppen sollte durch klare Symbolik (bspw. eine Zielflagge) dargestellt werden. Im dazugehörigen Text ist der erwünschte Zustand der Baugruppe bei Erreichen dieses Bearbeitungsstatus zu beschreiben. Somit kann der ausführende Mitarbeiter in einer Selbstkontrolle das Ergebnis seiner Arbeit überprüfen. Wichtige Hinweise sollten gut sichtbar durch optische Hervorhebungen gekennzeichnet werden. Hierzu eignet sich bspw. ein grauer Kasten mit einem zusätzlichen Aufmerker, wie einem Piktogramm des gängigen Achtungszeichens (vgl. Bild 39, rechts).

Die Arbeitssequenzen sollten klar voneinander getrennt werden, um ein schrittweises Lesen und Abarbeiten zu ermöglichen. Dies kann etwa durch eine schwarze Linie zwischen den Schritten geschehen.

4.4.2 Richtlinie für die IT-gestützte Darstellung von Arbeitsanweisungen

Anweisungen auf Bildschirmen sind, ebenso wie Arbeitsanweisungen in Papierform, der technischen Dokumentation zuzuordnen und bedienen sich lediglich eines anderen Darstellungsmediums. So sind sie prinzipiell ebenfalls nach den Grundregeln der technischen Dokumentation zu erstellen, wobei jedoch sowohl Einschränkungen als auch Zusatzmöglichkeiten mit diesem Medium einhergehen.

Aufgrund der beiden verschiedenen Möglichkeiten der Handhabung (Scrollen und Blättern) umfassender Bildschirmseiten, existieren zwei grundlegende Gestaltungsvarianten. Die Variante des Blätterns ist in Bild 40 dargestellt. Sie zeichnet sich durch verhältnismäßig große Grafiken und ausreichend Platz für beschreibenden Text aus, da auf einer Seite immer nur ein Arbeitsschritt dargestellt wird. Jedoch muss ein Mitarbeiter jeden Arbeitsschritt zum Weiterblättern quittieren, was durch Maussteuerung, Tastatureingabe, Berührung eines Touchscreens oder auch einen Fußschalter erfolgen kann.

Bild 41 zeigt eine Bildschirmanweisung zum Scrollen, in welcher mehrere Arbeitsschritte untereinander in tabellarischer Form aufgelistet sind. Hier muss ein Werker nicht jeden Schritt einzeln bestätigen, um den nächsten zur Ansicht zu erhalten, sondern bekommt die Informationen zu mehreren Sequenzen auf einmal zur Verfügung gestellt. Um weitere Schritte zu sehen, muss er den Seiteninhalt mit Hilfe von Eingabegeräten weiterscrollen. Bei dieser Variante werden die Abbildungen kleiner dargestellt, wobei dennoch die Bilder in größerem Format im System hinterlegt und durch Anklicken abrufbar sein sollten. Welche der Varianten eingesetzt wird, ist abhängig von den firmen-

spezifischen Randbedingungen. Die Nutzung einer Mischform bzw. der wahlweisen Anzeige einer der beiden Varianten ist ebenfalls denkbar.

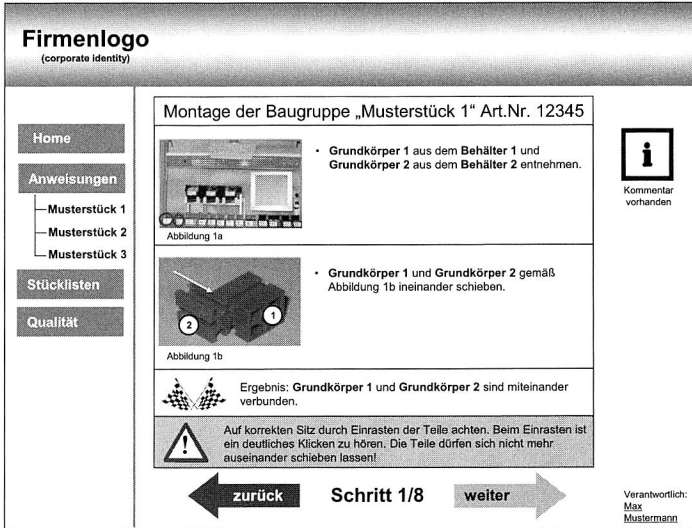


Bild 40: Layoutvorschlag für die Bildschirmdarstellung von Arbeitsanweisungen zum Blättern (Bilder für Montagebeispiel aus [23])

Die optische und inhaltliche Gestaltung kann in Anlehnung an papiergebundene Anweisungen erfolgen. Zusätzlich sind Forderungen zu beachten, die sich aus Grundsätzen zur Softwaregestaltung ergeben (siehe Kapitel 4.3.6). So sollte eine Bildschirman sicht in die drei Bereiche (Frames) Portalheader, Navigation und Inhalt aufgeteilt werden. Mit Hilfe eines links angeordneten, klar strukturierten Navigationsbaumes kann der Mitarbeiter stets über seine aktuelle Position im Gesamtdokument informiert werden sowie diese schnell und einfach wechseln. Die Textausrichtung sollte linksbündig gewählt werden, für eine gute Lesbarkeit ist die Schriftart Arial in einer Größe von mindestens 10 Punkten zu empfehlen. Ferner sollte auf eine möglichst schlichte Farbgestaltung zurückgegriffen werden, um einer optischen Überreizung des nutzenden Werkers vorzubeugen.

Zusätzliche Informationen, wie sie in einer papiergebundenen Anweisung nach Kapitel 4.4.1 im Deckblatt dargestellt werden, können dem Werker durch das Anklicken zugehöriger Schaltflächen oder Texte zur Verfügung gestellt werden. So ist der Verantwortliche bspw. rechts unten angegeben und seine Kontaktdaten sind bei Klick auf den Namen abrufbar. Hinweise werden durch ein blaues Viereck mit einem schwarzen „i“ auf weißem Grund, wobei „i“ für Information steht, signalisiert und stehen durch Anklicken dieses Piktogramms zur Verfügung.

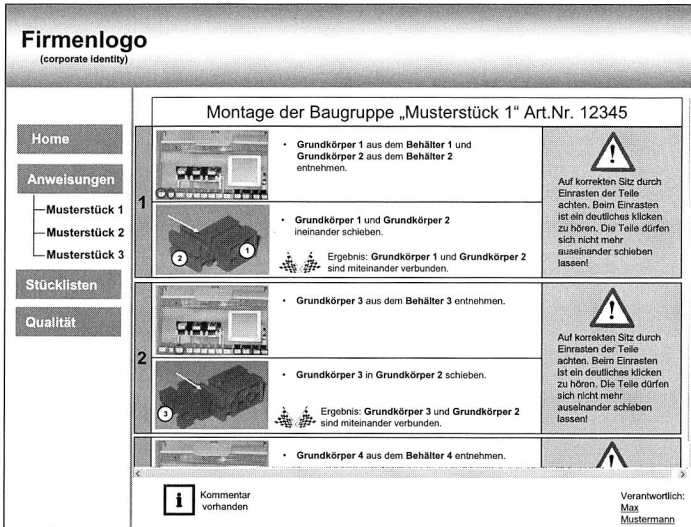


Bild 41: Layoutvorschlag für die Bildschirmdarstellung von Arbeitsanweisungen zum Scrollen (Bilder für Montagebeispiel aus [23])

5 Effiziente Erstellung und Pflege produktionsrelevanter Informationen

Neben der vorgestellten Richtlinie zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsanweisungen bedarf es, um dem Anspruch an eine durchgängige Mitarbeiterinformation bei gleichzeitiger Effizienzerhöhung im Umgang mit den Informationen gerecht zu werden, neuartiger Lösungen zur Erstellung und Pflege produktionsbegleitender Dokumente. Hierzu bietet sich der Einsatz innovativer Softwarewerkzeuge an, deren Benutzerschnittstelle und Funktionalitäten auf die spezifischen Belange der Erstellung von Arbeitsanweisungen angepasst sind. Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher ein Softwarekonzept entwickelt, welches die (teil-) automatisierte Generierung von Arbeitsanweisungen auf Basis einer grafisch modellierten Produktstruktur ermöglicht.

5.1 Notwendige Aufwandsreduktion bei Erstellung und Pflege produktionsrelevanter Informationen

Die Erstellung von Arbeitsanweisungen und deren Pflege sind maßgebliche Kostenfaktoren bei den administrativen Tätigkeiten zur Unterstützung von Produktionsaufgaben. Vor allem Anleitungen zu Montagetätigkeiten erfordern hier hohen zeitlichen Aufwand, um diese gemäß den Anforderungen hinsichtlich Qualität, Ergonomie und Effizienz zu erstellen.

5.1.1 Typisches Vorgehen bei der Erstellung von Arbeitsanweisungen

Beobachtungen eines breiten Feldes von Industrieunternehmen sowie die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Studie zeigen auf, dass Arbeitsanweisungen häufig manuell unter hohem Aufwand mit Hilfe von Standardsoftwareprodukten erstellt werden. In der Regel werden hierzu Büroanwendungen, wie bspw. das Office-Paket von Microsoft oder das frei erhältliche OpenOffice³, eingesetzt, um Anleitungen zu formulieren und grafisch aufzubereiten. Aus diesen Paketen werden üblicherweise die Anwendungen zur Tabellenkalkulation, Präsentationserstellung oder Textverarbeitung verwendet, wobei die Auswahl oftmals diffus erfolgt oder auf gewachsene Strukturen zurück zu führen ist. Da diese Produkte nicht den spezifischen Anforderungen der Anweisungsgenerierung gerecht werden, ist deren Nutzung in diesem Bereich äußerst aufwändig. Darüber hinaus ist damit häufig kein ergonomisches Ergebnis zu erreichen, woraus sich eine hohe Ineffizienz bei der Anleitungserstellung und -nutzung ergibt (Bild 42).

Dies liegt oftmals darin begründet, dass derartige Programme dem Anwender eine zu breite Auswahl von Gestaltungs- und Darstellungsmöglichkeiten bieten, was bei falscher Nutzung entweder die Ergonomie der Anweisungen beeinträchtigen kann oder den Benutzer schlichtweg überfordert. So können Dokumente zu frei gestaltet werden, was vielfach zu einer Überladung der erstellten Anweisungen führt (siehe auch Kapitel

³ Erhältlich unter www.openoffice.org

4) und diese somit kaum noch produktiv einsetzbar sind. Die hohe Anzahl an Funktionalitäten in den genannten Programmen bedingt ebenso Schwierigkeiten in der Bedienung, da keine klare und zielgerichtete Führung des Benutzers stattfindet. Auch Schulungen der Mitarbeiter zum Umgang mit diesen Softwarelösungen leisten nur einen begrenzten Beitrag zur Verbesserung, da sich diese in der Regel nicht auf die Erstellung von Produktionsanweisungen beziehen, sondern eher mit der generellen Bedienung befassen.

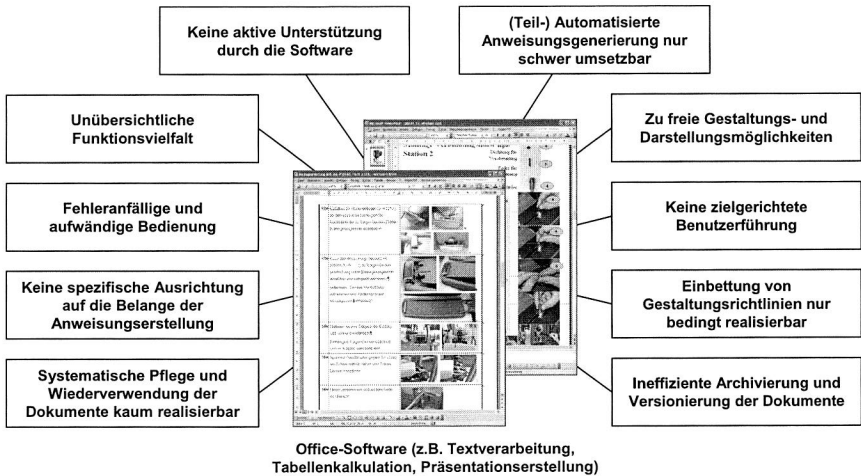


Bild 42: Grundlegende Problemstellungen bei der Verwendung von Standardanwendungen aus dem Office-Bereich zur Erstellung von Produktionsanweisungen

Weiterhin ist eine Reduktion des Erstellungsaufwands bei Nutzung solcher Office-Pakete nur rudimentär möglich. So können zwar Standards, grundlegende Inhalte sowie Layouts ansatzweise durch Dokumentenvorlagen vorgegeben werden, jedoch ist jede Anleitung separat neu zu erstellen. Unterstützung können hierbei lediglich sog. Makros leisten, deren Realisierung und Nutzung allerdings sehr komplex ist. Eine automatisierte Generierung von Arbeitsanweisungen ist daher mit den Standardanwendungen nicht möglich. Es besteht keine Möglichkeit, aus Komponenten Anleitungen zu erzeugen oder diese aus einer Standarddarstellung auszuleiten. Auch ist es nur schwer realisierbar, vereinheitlichte Formulierungen oder grafische Darstellungen mit geringem Aufwand einzubetten. Insgesamt ist festzustellen, dass eine Effizienzoptimierung bei Nutzung der Standardanwendungen hinsichtlich der Anweisungserzeugung kaum realisierbar ist.

Daher erfolgt in der Regel die Gestaltung der Anweisung vollständig manuell. Frei formulierte Texte werden dazu üblicherweise in Anweisungen eingetragen und oftmals mit qualitativ unzureichenden Abbildungen ergänzt. Die Hervorhebungen auf diesen Abbildungen, z.B. durch Pfeile zur Angabe einer Fügeichtung oder die Benummerung bestimmter Elemente, sind dabei nur mit hohem Aufwand und fehleranfälligen Vorgehensweisen möglich. Eine Unterstützung durch vorgegebene Standardformulierungen,

vereinheitlichte Symbolik oder Vorauswahl bestimmter Texte bzw. Elemente zur Effizienzsteigerung bei der Erstellung ist hier kaum umsetzbar.

Weiterhin ist die Pflege der Anweisungen, in der Regel die Überarbeitung bei Änderungen von Produkten oder Prozessen, nicht systematisch durchführbar. So müssen Anweisungen üblicherweise mit hohem Aufwand gesucht werden, um dann die Änderungen darin vornehmen zu können. Häufig besteht hierzu kein standardisiertes Archivierungssystem, da jeder Benutzer eine eigene Nomenklatur für die Dateinamen oder gar eine eigene Ordnerstruktur zur Archivierung der von ihm erstellten Anweisungen nutzt. Bei der Umsetzung der Änderungen müssen die relevanten Stellen in den Dokumenten manuell gesucht werden, um diese händisch einpflegen zu können. Auch hier können Fehler, bspw. durch Übersehen einzelner Schritte oder Verwechslungen verschiedener Stände oder Varianten, auftreten. Häufig sind diese nur schwer vor Produktionsfreigabe auffindbar, können jedoch zu erheblichen Problemen im Produktionsablauf führen.

Die Wiederverwendung von Anweisungen, bspw. für spezifische Produktvarianten, kann ebenfalls nicht zufriedenstellend stattfinden. Die betreffenden Anweisungsabschnitte müssen unter hohem manuellem Aufwand gesucht und korrekt ersetzt werden. Da diese Dokumente häufig äußerst komplexe Inhalte mit feinsten Detailunterscheidungen aufweisen, die jedoch absolut qualitätsbestimmend sind, ist dieses Vorgehen nicht zuletzt aufgrund der Vielzahl von Anweisungen und Arbeitsschritten in hohem Maße fehlerbehaftet.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die herkömmlichen Methoden zur Erstellung von Arbeitsanweisungen aus den genannten Gründen äußerst fehleranfällig und ineffizient in der Anwendung sind. Ferner sind damit nur schwer ergonomische Standards mit vermindertem Administrationsaufwand tragfähig und durchgängig einzusetzen. Auch die Pflege der Anweisungen erfolgt nur wenig methodisch und mit hohem Aufwand. Eine (teil-) automatisierte, effiziente Anleitungsgenerierung ist mit den gängigen Standardsoftwareprodukten daher nicht umsetzbar.

5.1.2 Lösungsansatz zur effizienten Erstellung von Anweisungen

Um eine effiziente Erstellung von Arbeitsanweisungen etablieren zu können, besteht Bedarf an neuen Methoden, die eine (teil-) automatisierte Anweisungsgenerierung ermöglichen. Idealerweise sind diese in Form eines Softwarewerkzeugs umzusetzen, welches Unterstützung bei der Erstellung und Pflege von Produktionsanweisungen bietet.

Hierbei kommt der Gestaltung der Benutzerschnittstelle besondere Bedeutung zu, da eine effiziente Nutzung einer Lösung zur Anweisungsgenerierung nur durch die einfache Interaktion zwischen Bediener und Software erreicht werden kann. Daher wird angestrebt, die Produktstruktur aus einzelnen Bauteilen sowie Prozessen grafisch modellieren zu können und daraus die Anweisungen zu erstellen. Dabei sollte auf eine gängige Darstellungsform zurückgegriffen werden, um die Einarbeitungszeit zu verkürzen und etwaigen Standards gerecht zu werden. In dieser grafischen Anordnung sollte es auch möglich sein, die Anweisungen an sich, also Texte und Bilder, durch einfache In-

teraktionen erstellen und einbinden zu können, wodurch diese direkt mit der Produktstruktur zu verknüpfen sind. Hierbei ist zu beachten, dass auch die Eingabe und Bearbeitung dieser Informationen kontextgerecht möglichst einfach und zielgerichtet erfolgen kann. So sollte an dieser Stelle eine Beschränkung auf die notwendigen Funktionen stattfinden, um eine hohe Effizienz in Bedienung und Ergebnis zu erreichen.

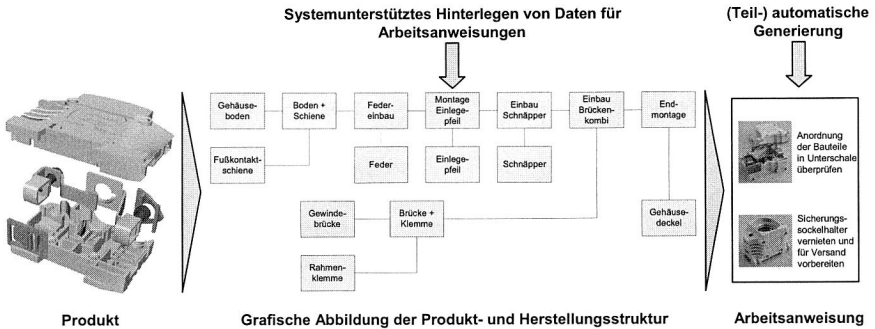


Bild 43: Effiziente Erstellung von Arbeitsanweisungen durch grafische Abbildung der Produktstruktur und (teil-) automatisierte Generierung von Dokumenten

Um eine bestmögliche Unterstützung bei der Erstellung von Arbeitsanweisungen bieten zu können, muss ein Softwaresystem mit einer gewissen Intelligenz ausgerüstet sein. Daher wird ein selbstlernendes System angestrebt, welches dynamisch mit jeder neuen Anweisung Prozessabläufe und Parameter sowie dazugehörige Anleitungstexte oder -inhalte dazulernt. Mit dem auf diese Weise generierten Datenbestand sollte das System nach kurzer Betriebszeit in der Lage sein, selbstständig Anleitungssegmente zu bekannten Abläufen vorzuschlagen. Somit wird eine (Teil-) Automatisierung der Anweisungsgenerierung ermöglicht, die zu erheblichem Effizienzgewinn bei der Erstellung von Anleitungen führt, da der Bediener lediglich noch Detailangaben einfügen und die durch das System vorgeschlagenen Anweisungen überprüfen muss. Durch hinterlegbare Automatismen und Vorlagen ist es hierbei auch möglich, konsequent Standards oder Richtlinien, wie bspw. die in Kapitel 4 vorgestellte, anzuwenden und ohne Zusatzaufwand Dokumente mit einem hohen Ergonomiegrad zu erzeugen.

Für die Darstellung der auf diese Weise erzeugten Anweisung ist zu beachten, dass im Hinblick auf eine verbesserte Informationsbereitstellung in der Produktion zunehmend neben papiergebundenen Medien auch IT-basierte Lösungen zum Einsatz kommen, um Informationen zu verteilen. Daher ist es notwendig Möglichkeiten zu schaffen, die es erlauben aus dem gleichen Datenbestand Anweisungen sowohl für die Darstellung auf Papier als auch für die Übernahme in IT-basierte Mitarbeiterinformationssysteme zu erstellen.

Auch die Speicherung der Anweisungsdaten ist, im Gegensatz zu den herkömmlichen Systemen, explizit an die spezifischen Anforderungen anzupassen. So ist es hier sinnvoll, nicht nur das Endergebnis Arbeitsanweisung, sondern auch die Rohdaten zu hin-

terlegen. Dabei sind die strukturellen, grafisch erstellten, Informationen über das Produkt ebenso zu speichern wie eingegebene oder hinterlegte Anweisungstexte, Prozessparameter oder Grafiken bzw. Verweise darauf. Mit dieser Vorgehensweise kann sichergestellt werden, dass auch eine Änderung oder Wiederverwendung von Anweisungsdaten mit geringem Aufwand möglich ist.

Durch die strukturierte Modellierung von Produkt- und Produktionsdaten bieten Systeme, die nach den beschriebenen Maßgaben erstellt werden, deutliches Potenzial auch über die Erstellung von Anweisungen hinaus. In diesem Rahmen ist bspw. die Erweiterung zu einem Planungssystem möglich.

Aufgrund der vielfältigen Vorteile, die ein solches System hinsichtlich einer Effizienzsteigerung bei der Erstellung von Arbeitsanweisungen bietet, wurde im Rahmen dieser Arbeit das Lösungskonzept für einen Vorranggrapheneditor zur automatisierten Generierung von Arbeitsanweisungen entwickelt (Bild 43). Im Folgenden sollen daher die Lösungssegmente detailliert vorgestellt und in Kapitel 7.1 anhand der prototypischen Umsetzung AGeniA verdeutlicht werden.

5.2 Grafische Benutzerschnittstelle zur Bearbeitung von Arbeitsanweisungen

Einen maßgeblicher Aspekt zur effizienten Erstellung von Anweisungen liegt in der Art und Weise, wie ein Benutzer die Eingaben vornehmen kann. Um eine einfache und verständliche Kommunikation zwischen Mensch und Software zu erreichen, können grafische Benutzeroberflächen, die idealerweise eine Darstellungsform nutzen die dem Bediener geläufig ist, eingesetzt werden. Im entwickelten Konzept sollen daher die Produktionsvorgänge in Form der Produktstruktur grafisch erstellt werden können, was als Grundlage für die Generierung der Anweisung dient.

5.2.1 Methoden zur grafischen Darstellung von Produktionsprozessen

In Literatur und Praxis sind vielfältige Methoden zur grafischen Abbildung von Prozessen, Produkten oder Produktionsabläufen bekannt. Im Folgenden sollen kurz die für die Nutzung als grafische Benutzerschnittstelle in Frage kommenden Ansätze vorgestellt und daraus der am besten für vorliegenden Einsatzfall geeignete ausgewählt werden.

Strukturdiagramme

Eine Möglichkeit zur grafischen Darstellung von Produktionsabläufen bieten allgemeine Strukturdiagramme, die insbesondere den Materialfluss und Puffergrößen wiedergeben (siehe Bild 44). Sie verdeutlichen, zu welchem Zeitpunkt sich eine Baugruppe an welchem Arbeitsplatz befindet oder befinden sollte, um am darauf folgenden Arbeitsplatz eine erfolgreiche Abarbeitung zu ermöglichen. Dabei werden jedoch nicht die auszuführenden Tätigkeiten an den Arbeitsstationen dargestellt. Allerdings kann mit dieser Darstellungsform eine realitätsnahe Topografie der Anordnung von Stationen wiedergegeben werden, woraus die Distanzen zwischen diesen visualisierbar sind. Diese Dia-

gramme werden vor allem im Bereich der Ablaufplanung eingesetzt, können aber aufgrund der sehr abstrakten und prozessfernen Inhalte nicht als Basis für Arbeitsanweisungen dienen. [35]

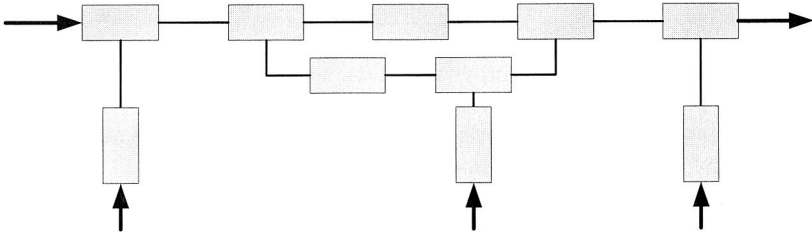


Bild 44: Strukturdiagramm zur Abbildung von Produktionsstrukturen (nach [24])

Critical-Path-Method

Mit Hilfe der Netzplantechnik können die Zusammenhänge einzelner Tätigkeiten veranschaulicht und mit konkreten Zeitangaben hinterlegt werden. Eines der angewendeten Verfahren stellt die Critical-Path-Method (CPM) dar. Hierbei werden, wie in Bild 45 dargestellt, alle geplanten Einzelvorgänge gemeinsam mit der für sie minimal und maximal benötigten Zeit in Beziehung gesetzt. Durch Vorwärts- oder Rückwärtskalkulation kann auf dieser Basis die notwendige Puffergröße einzelner Stationen berechnet und somit der sog. kritische Pfad bestimmt werden. Auch diese Methode wird vorwiegend in der Ablaufplanung eingesetzt und enthält keine Angaben über die konkret durchzuführenden Prozesse oder genutzten Ressourcen. [85]

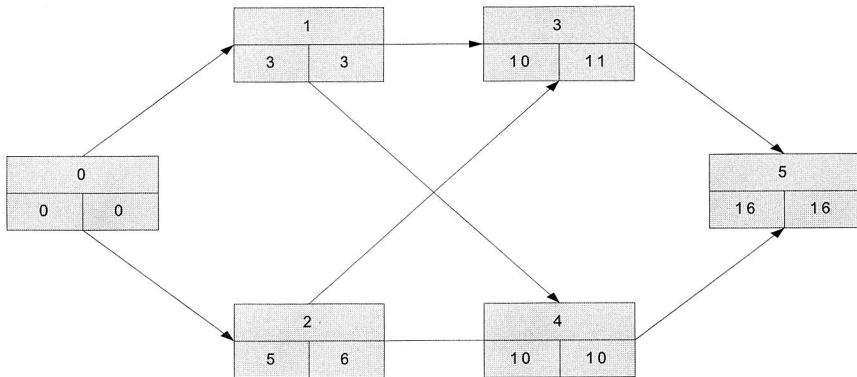


Bild 45: Beispielhafte Ablaufdarstellung auf Basis der Netzplantechnik mit CPM

In Bild 45 ist beispielhaft eine Ablaufdarstellung, basierend auf der Critical-Path-Method, dargestellt. Die Rechtecke sind als durchzuführende Tätigkeiten oder Prozesse zu interpretieren, wobei neben ihrer Bezeichnung die minimale und maximale Bearbeitungsdauer angegeben ist. Durch die Pfeile wird die Abfolge der Bearbeitung visualisiert.

Gantt-Pläne und Balkendiagramme

Eine weitere Methode zur Abbildung von Produktionsabläufen sind die sog. Balkendiagramme oder Gantt-Pläne. Sie werden häufig zur Auslastungsplanung eingesetzt und daher in diesem Zusammenhang auch als Maschinenbelegungsplan bezeichnet. Durch die Länge eines Balkens wird die jeweils geplante Prozessdauer dargestellt, die eindeutig Ressourcen zuordenbar ist. Eine Parallelisierung von Abläufen ist in dieser Darstellung in der Regel nicht möglich. [113]

Mit diesen Diagrammen werden je nach Zielsetzung unterschiedliche Strategien verfolgt. In einem tätigkeitsbezogenen Balkendiagramm kann bspw. die Belastung einzelner Ressourcen während eines spezifischen Ablaufs veranschaulicht werden, wobei auf Basis anlagenbezogener Diagramme deren Auslastung unter mehreren Abläufen ermittelbar ist. Bei der Projektplanung werden diese Darstellungsarten zur Veranschaulichung einzelner Tätigkeitsdauern und Phasenabläufe genutzt. [113] Konkrete Informationen über Einzelprozesse können jedoch nicht verwaltet werden, da lediglich Ressourcen bzw. Stationen, evtl. mit einer allgemeinen Bezeichnung, sowie die Verrichtungsdauer hinterlegt sind. Dagegen kann auch während der Ausführung eine Überprüfung von Abläufen auf eventuelle Verzögerungen, Engpässe oder Termenschwierigkeiten stattfinden.

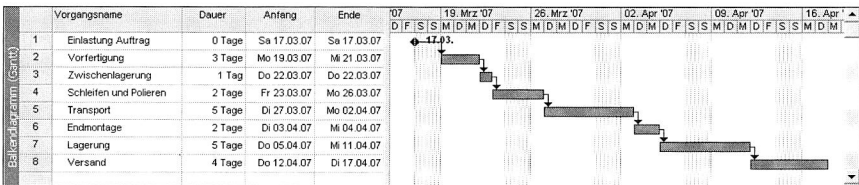


Bild 46: Zeitliche Darstellung eines Produktionsablaufs mit einem Gantt-Plan

In Bild 46 ist ein beispielhafter Gantt-Plan eines Produktionsablaufs abgebildet. Die Dauer der einzelnen Prozesse wird durch die Länge der zugehörigen Balken dargestellt, während sich die Dauer für den Gesamtablauf durch Addition der Zeitspannen aller Einzelschritte ermitteln lässt.

Funktionspläne

Zur Beschreibung von Steuerungsaufgaben geplanter Prozesse können sog. Funktionspläne eingesetzt werden. Auf Basis logischer Verknüpfungen und genormter Symbole, welche in DIN 40719 festgelegt sind, sind die Zusammenhänge innerhalb eines Prozesses darstellbar.

Dabei wird lediglich die Abhängigkeit einzelner Teilvorgänge voneinander berücksichtigt, während weder Informationen über Standort, Werkzeuge und Geräte noch Baugruppen beinhaltet sind. Das absolute Zeitverhalten der Prozesse bleibt ebenso unberücksichtigt. Die Methodik der Funktionspläne wird daher vorwiegend im Bereich speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) eingesetzt. Die grafische Darstellung der

Funktionspläne ist vor allem zur Beschreibung von Einzelprozessabläufen geeignet. Abhängig vom Status der im Diagramm jeweils vorgelagerten Aktion wird die nächste Bearbeitung ausgeführt oder verzögert. Über den Gesamtablauf mehrerer Arbeitsschritte beinhalten Funktionspläne dagegen keine Information.

Vorranggraphen

Vorranggraphen sind ein Hilfsmittel, welches vor allem in der Produktionsplanung eingesetzt wird und netzplanartig alle zur Herstellung eines Produkts notwendigen Verrichtungen und deren Vor- sowie Nachfolgebeziehungen enthält [17]. Die grafische Darstellung erfolgt baumartig mit Hilfe von Knoten und Kanten. Hierbei stellen die Knoten die Teilverrichtungen dar, welche Tätigkeiten an Bauteilen oder Handhabungs- und Montageschritte sein können. Die Kanten, meist als Linien ausgeführt, repräsentieren im Graphen die Beziehungen zwischen den Knoten. [13] [30] [42]

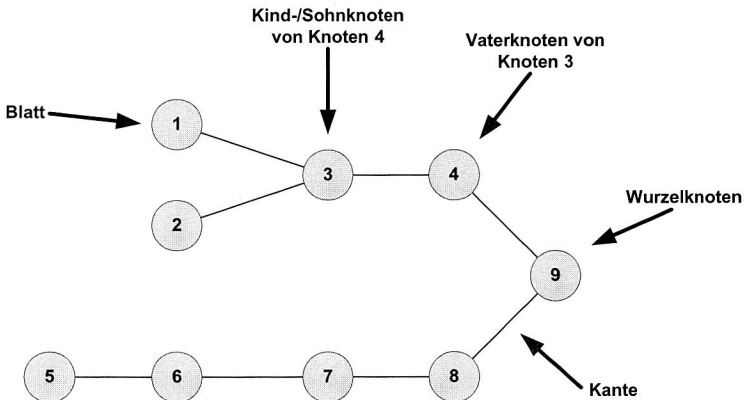


Bild 47: Abbildung von Produktstrukturen in einem Vorranggraphen zur Nutzung in der Produktionsplanung

Die sog. Blätter des Graphen stellen dabei in der Regel vorgefertigte Bauteile dar, die zur Abarbeitung benötigt werden, oder geben den ersten auszuführenden Arbeitsschritt wieder (Bild 47). Abhängig von der Darstellungsart besteht die Möglichkeit, zusätzliche Informationen, wie bspw. die Prozessdauer oder konkrete Angaben über den Prozessablauf, in zugehörigen Tabellen oder direkt in den Knoten zu hinterlegen. Sowohl die Erstellung aus vorgegebenen Daten als auch die Interpretation bestehender Vorranggraphen kann weitgehend intuitiv erfolgen, da hier eine einfach zu erschließende Logik zu Grunde liegt und die Art der Darstellung äußerst übersichtlich und verständlich ist. Daher wird diese Methode häufig als Hilfsmittel eingesetzt, um bspw. Montageabläufe näher spezifizieren sowie effizient und schnell entwickeln oder überprüfen zu können.

5.2.2 Vorranggraph zur Abbildung von Produktionsabläufen

Für das entwickelte Konzept soll als grafische Benutzerschnittstelle sowie zur strukturierten Beschreibung der Produktionsabläufe und -prozesse die Methodik des Vorranggraphen zu Grunde gelegt werden. Dieser stellt eine gängige Darstellungsmethode von Produktionsvorgängen dar und mit ihm sind die Abläufe, ebenso wie die Produktstruktur, äußerst übersichtlich aus einzelnen Stücklistenpositionen visualisierbar.

Zur effizienten Nutzung mit dem Ziel der Anweisungsgenerierung musste die klassische Form des Vorranggraphen abgewandelt werden. So wurde als Grundstruktur ein sog. Binärbaum gewählt, bei welchem ein Knoten immer maximal zwei Sohnknoten besitzen kann. Dies liegt darin begründet, dass bei einem Produktionsvorgang immer nur maximal zwei Teile zur gleichen Zeit gefügt werden können, was wiederum eine neue Baugruppe ergibt. Diese kann daraufhin mit dem nächsten Bauteil oder Prozess in eine weitere Baugruppe überführt werden. Somit ist jeder Produktionsvorgang auf eine binäre Verknüpfung (Kombination) oder die Veränderung (Modifikation) eines Bauteils oder einer Baugruppe reduzierbar.

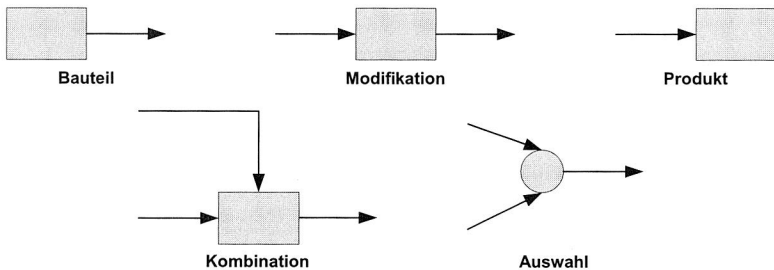


Bild 48: Knotentypen des erweiterten Vorranggraphen als Basis für die Generierung von Arbeitsanweisungen

Weiterhin wurden verschiedene Knotentypen eingeführt, welche in Bild 48 dargestellt sind. Hier wird davon ausgegangen, dass jegliche Teilverrichtung entweder der Gruppe der Modifikationen oder der Gruppe der Kombinationen zugeordnet werden kann. Modifikationen sind Tätigkeiten oder Prozesse, bei denen ein Rohteil oder Zwischenerzeugnis (Baugruppe) bearbeitet, aber nicht mit anderen Teilen verbunden wird. Dies ist etwa bei einem Schleif- oder Prüfvorgang der Fall. Kombinationen dagegen stellen diejenigen Abläufe dar, bei denen zwei Zwischenerzeugnisse oder Bauteile miteinander verbunden werden, wobei die Art der Verbindung, bspw. Schweiß- oder Schraubverbindung, zunächst nicht von Bedeutung ist. Aufgrund der binären Baumstruktur ist die gleichzeitige Verbindung von mehr als zwei Einzelteilen irrelevant. Eine Verbindung von mehr als zwei Einzelteilen kann immer auf die iterative Kombination von zwei Einzelteilen zurückgeführt werden, wodurch eine Verknüpfung beliebig vieler Komponenten impliziert ist.

An den Blättern besteht der Vorranggraph aus speziellen Bauteilknoten oder Bauteilgruppenknoten, welche die zur Produktion verwendeten Rohteile oder Rohteilmengen repräsentieren. Als Rohteil, welchem ein eigener Vorranggraph zu Grunde liegen kann, wird hierbei ein vom vorliegenden Prozessablauf unabhängig herzustellendes Erzeugnis angesehen, das im jeweils aktuellen Zusammenhang lediglich weiterverarbeitet wird. Um durch den Vorranggraphen auch Varianten darstellen zu können, wurde ein Auswahlknoten eingeführt, welcher jedoch keinen Arbeitsschritt im Produktionsprozess darstellt. Die Verbindung einzelner Prozesse oder Erzeugnisse erfolgt über sog. Kanten, die durch Linien im Graphen repräsentiert werden.

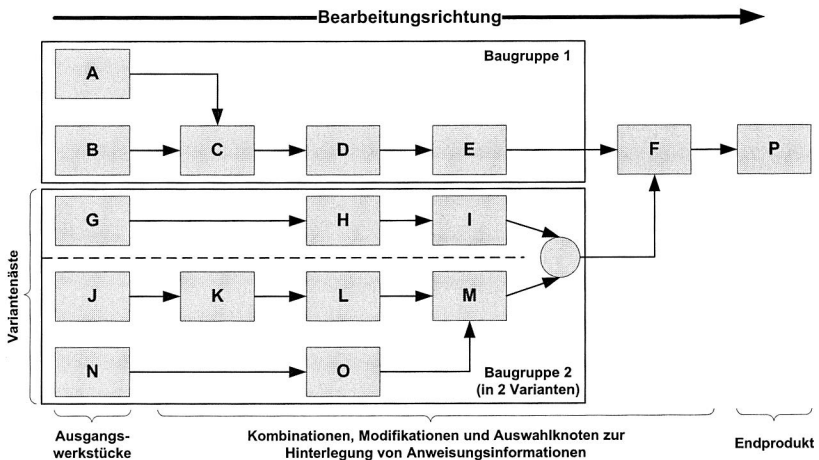


Bild 49: Beispielhafter Vorranggraph mit Erweiterungen um Kombinations-, Modifikations- und Auswahlknoten zur Anweisungsmodellierung

Zur Verdeutlichung der Graphenstruktur ist in Bild 49 ein beispielhafter Vorranggraph dargestellt. Hier müssen vor Fertigstellen des Produkts in Schritt P zwei Zwischenprodukte (Baugruppen 1 und 2) in Schritt F verbunden werden. Eines der Zwischenprodukte ist dabei eine Kombination der Bauteile A und B nach Durchlaufen weiterer Prozesse, wobei das andere variantenabhängig wahlweise das Ergebnis aus Schritt I oder Schritt M ist. Ergebnis von Schritt I ist dabei das, über mehrere Prozesse modifizierte, Bauteil G, während Schritt I eine bearbeitete Verbindung der Bauteile J und N ergibt.

5.2.3 Variantenerzeugung in Vorranggraphen

Wie mit der durchgeführten Studie belegt werden konnte, ist die produzierende Industrie stark von einer hohen Variantenanzahl geprägt. Varianten sind dabei parallel zur Grundausführung hergestellte und angebotene Ausgestaltungen der Produkte, wobei grundlegende Eigenschaften und Merkmale der Endprodukte übereinstimmen, sich diese jedoch in einem oder mehreren Details bzw. Ausprägungen unterscheiden. In der Produktion hat dies zur Folge, dass die jeweiligen Baugruppen mit weitgehend gleichem

Vorgehen bei stellenweisen Unterschieden herzustellen sind. Bestes Beispiel für eine hohe Variantenvielfalt stellt die Automobilindustrie dar, da beginnend bei Türanzahl und Motorisierung bis hin zur Farbauswahl von Interieur und Exterieur für den Kunden eine große Auswahlmöglichkeit besteht, die in der Produktion effizient umzusetzen ist.

Darstellung von Varianten

Um im entwickelten Konzept Varianten handhaben zu können, wurde, wie in Kapitel 5.2.2 beschrieben, der Auswahlknoten eingeführt. Hierdurch muss nicht jede Variante in einem eigenen Vorranggraphen modelliert werden, da ein Auswahlknoten beliebig viele Kindknoten enthalten kann, die jeweils eine Variante des Baugruppenzweiges verkörpern. Die Auswahlknoten dienen lediglich der grafischen Abbildung und stellen keinen Produktionsprozess an sich dar. Bei Auftreten dieser Knotenform in einem Graphen muss bei der Herstellung eines Produkts in einer beliebigen Variante genau ein Kindpfad (Variantenast, siehe Bild 49) des Auswahlknotens abgearbeitet werden. Dabei ist jede beliebige Kombination der Pfade erlaubt, sofern diese nicht in der Liste der expliziten Verbote hinterlegt ist.

Explizite Verbote

Bei der Variantengestaltung besteht aus vielfältigen Gründen, technisch sowie wirtschaftlich, häufig keine uneingeschränkte Wahlfreiheit. Als Beispiel sei hier wieder die Automobilherstellung angeführt, da bspw. bei der Cabrio-Variante eines Fahrzeugtyps mit Stoffverdeck selbstverständlich der Einbau eines Schiebedachs nicht möglich bzw. sinnvoll ist. Deshalb muss auch bei der Erstellung des Vorranggraphen hinterlegt werden, dass gewisse Einschränkungen bestehen. Für vorliegendes Konzept bedeutet dies, dass die Möglichkeit bestehen muss, im Graphen diejenigen Pfade zu verbieten, die derartige Produktkonstrukte ergeben würden.

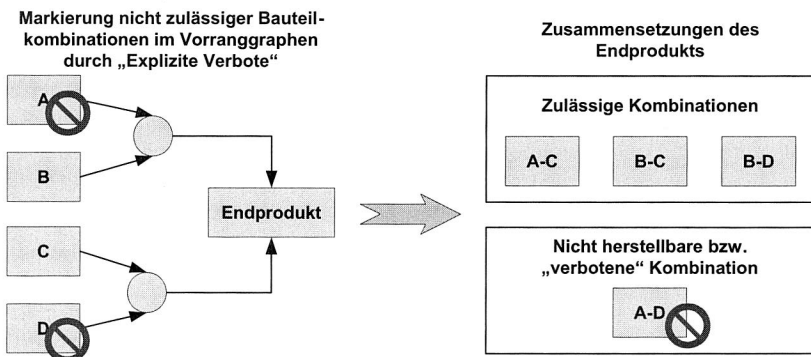


Bild 50: Einschränkung der Variantengestaltung bei unzulässigen Bauteilkombinationen durch „Explizite Verbote“ – Verbot bestimmter Pfade im Vorranggraphen

Hierzu wurden „Explizite Verbote“ eingeführt, mit deren Hilfe der Anwender Kombinationen bestimmter Kindpfade von Auswahlknoten verbieten kann, um unerwünschte Varianten auszuschließen. Hierbei wird der jeweils erste Knoten in einem Kindpfad mit dem Verbot versehen, welches sich damit auf alle darauf folgenden Knoten auswirkt. In Bild 50 ist ein Graph mit expliziten Verboten abgebildet. Hier wird eine Kombination der Pfade A und D untersagt, während die Kombinationen AC, BC sowie BD weiterhin möglich sind.

Zuordnung von Stücklisten zu Produktvarianten durch Index-Bauteile

Werden die Pfade des Vorranggraphen ausgehend vom Endprodukt betrachtet, enden diese entweder in einem Bauteil oder einer Bauteilgruppe. Dies sind die einzelnen Positionen in der Stückliste eines Produkts, welche die Summe aller Bauteile pro Variante wiedergibt. Somit kann durch einen Abgleich einer Stückliste, sofern diese eindeutig zugeordnet werden kann, aus einer Reihe hinterlegter Vorranggraphen der korrekte Produktgraph ausgewählt werden. Dieses Vorgehen ist dann notwendig, wenn durch Stücklisten, bspw. mit sog. Produktkonfiguratoren erzeugt, ein Produktionsauftrag ausgelöst wird. Hierbei muss eine Möglichkeit geschaffen werden, basierend auf der Stückliste, den korrekten Produktionsablauf bzw. in direkter Konsequenz die korrekte Arbeitsanweisung vorzugeben.

Falls aufgrund fehlender Eindeutigkeit die Stückliste einer Variante nicht explizit zugeordnet werden kann, müssen Maßnahmen getroffen werden, um die notwendige Eindeutigkeit zu erzeugen. Hierzu kann die Stückliste um einen eindeutigen Code erweitert werden, mit welchem die Variante exakt zu bestimmen ist. Der Nachteil liegt hierbei darin, dass diese Codes auch in allen Systemen, welche die Stückliste verarbeiten, interpretiert werden und somit vorhanden sein müssen, was auch in vollem Umfang auf den hier vorgestellten Vorranggrapheneditor zutrifft. Als Alternative zu dieser aufwändigen Methode wurde im vorliegenden Konzept ein effizienteres Verfahren durch die Einführung von Index-Bauteilen entwickelt, um Stücklisten eindeutig Varianten zuordnen zu können. Bei diesem Verfahren wird durch das System, welches die Stückliste erzeugt, anstatt des Codes ein virtuelles Bauteil zur Indexierung aus einer Datenbank bezogen und in die Stückliste integriert. Dieses kann nun von den weiterverarbeitenden Systemen als normales Bauteil verarbeitet werden, wodurch kein Mehraufwand durch Codeinterpretation notwendig ist und somit eine höhere Transparenz der Varianten erreicht wird.

Auf diese Weise reduziert sich im hier vorgestellten Systemkonzept der Aufwand hinsichtlich der Eindeutigkeit darauf, reine Stücklisten ohne zusätzliche Variantencodes interpretieren zu müssen. Im System, in dem die Stückliste generiert wird, muss anstelle des Zuordnungscodes lediglich das Index-Bauteil aus einer Datenbank bezogen und eingefügt werden. Ferner wird durch die Nutzung der Index-Bauteile die Schnittstelle zwischen Systemen, in denen die Stückliste relevant ist, vereinfacht, da nur Bauteile und keine Referenzcodes übermittelt werden müssen.

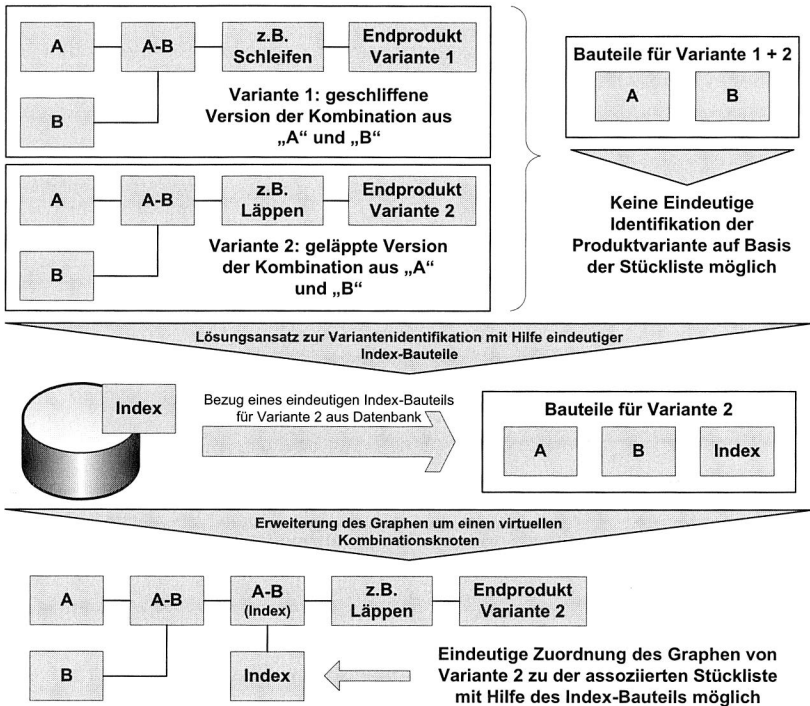


Bild 51: Eindeutige Zuordnung von Stücklisten zu Produktvarianten im Vorranggraphen durch die datenbankbasierte Zuweisung von Index-Bauteilen

Um durch die Indexierung mit virtuellen Bauteilen eine Eindeutigkeit zu erreichen, muss bereits bei der Erstellung eines neuen Graphen überprüft werden, ob eine bijektive Abbildung zwischen dessen Stückliste und bereits bestehenden Varianten möglich ist. Können demnach mehrere Varianten aus der gleichen Bauteilliste entstehen, wird automatisch ein neues Index-Bauteil eingeführt und der neuen Variante beigelegt. Im Vorranggraphen (Bild 51) entspricht dies einem Bauteilknoten (Index), der über einen zusätzlichen Kombinationsknoten an einer beliebigen Stelle im Vorranggraphen platziert wird, aber real nicht existent ist. Somit wird durch ein Index-Bauteil die Existenz eines zur Produktherstellung notwendigen Bauteils vorgetäuscht, über welches eine eindeutige Varianten-zuordnung geschaffen wird. Dabei muss die mehrfache Verwendung desselben Index-Bauteils ausgeschlossen werden, was dadurch erreicht wird, dass diese aus einer Datenbank bezogen werden.

5.2.4 Zuordnung von Verrichtungen zu Ressourcen

In einem vollständigen Vorranggraphen, welcher nach dem vorgestellten Konzept aufgebaut ist, können mit geringem Aufwand weiterführende Informationen hinterlegt oder daraus ausgeleitet werden. Eine der Basisinformationen ist hierbei, an welchen Arbeits-

stationen die jeweiligen Verrichtungen stattfinden sollen. Grafisch lässt sich dies, wie in Kapitel 5.2.1 beschrieben, durch Strukturdiagramme darstellen. Sie bieten den Vorteil eines höheren Abstraktionsniveaus, wodurch sich Produktionsabläufe übersichtlich darstellen lassen, da nur Ressourcen und deren Beziehungen untereinander visualisiert sind.

Zuordnung von Arbeitsschritten zu Arbeitsplätzen bzw. Stationen im Vorranggraphen

Übertragung auf die Produktionsstruktur

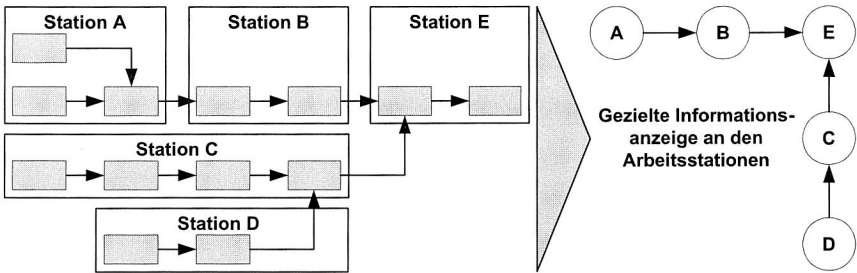


Bild 52: Zuordnung von Herstellungsschritten zu Arbeitsstationen im Vorranggraphen zur zielgerichteten Darstellung von Teilanweisungen

Um Informationen aus Vorranggraphen in Strukturdiagramme überführen zu können, ist den Knoten des Graphen und somit den einzelnen Tätigkeiten eine Ressource, also ein Arbeitsplatz oder eine Arbeitsstation, zuzuordnen. Hieraus kann, wie in Bild 52 verdeutlicht, die Verknüpfung der Stationen miteinander abgeleitet werden. Mit Hilfe dieser Zuordnung von Tätigkeiten zu Ressourcen kann im späteren Verlauf nach der Generierung von Anweisungen bestimmt werden, an welchem Ort die jeweilige Teilanweisung in einer Produktionsstruktur angezeigt werden muss. Dies kommt vor allem bei der IT-basierten Publikation der Anweisungen zum Tragen.

5.2.5 Hinterlegen von Arbeitsanweisungen in Vorranggraphen

Die Kernaufgabe, für die der entwickelte Vorranggrapheneditor genutzt werden soll, ist die Erstellung von Arbeitsanweisungen für Produktionsaufgaben. Hierzu müssen die benötigten Daten, z.B. Anleitungstexte, Bilder oder Parameter, dem Graphen zugeordnet und im System hinterlegt werden. Dazu können an den Knoten für Modifikationen oder Kombinationen spezifische Informationen angegeben werden, die dann zu Anweisungen weiterzuverarbeiten sind. Auf die Speicherung und Weiterverarbeitung dieser Daten soll im Folgenden detailliert eingegangen werden.

5.3 Struktur zur Speicherung von Anweisungsdaten

Um gemäß dem entwickelten Konzept Vorranggraphen effizient erstellen, bearbeiten und erweitern zu können, ist eine Struktur erforderlich, auf deren Basis der Aufbau des Graphen und die hinterlegten Daten gespeichert und verarbeitet werden können. Hierzu ist ein Dateiformat zu nutzen, welches mit geringem Aufwand verarbeit- und erweiterbar

ist. An dieser Stelle kann XML, eine Auszeichnungssprache, zum Einsatz kommen, in der Textstücke mit zusätzlicher struktureller Information versehen werden. Aufgrund dieser Eigenschaft wird XML bereits zur strukturierten Dokumentation genutzt [46], was der vorliegenden Zielsetzung sehr nahe kommt. Ferner ist XML eine sehr leicht zu erweiternde und verarbeitbare Sprache, die in vielen Bereichen und Programmierumgebungen, z.B. JAVA, eingesetzt werden kann.

5.3.1 XML-Struktur

Um XML-Dokumente effizient als Datencontainer einsetzen zu können, muss eine Struktur festgelegt werden, die in den Dokumenten angewendet wird. XML basiert auf sog. semantischen Tags, die bestimmte Inhalte von Dokumenten kennzeichnen und zum Markieren sowie Bezeichnen von Textabschnitten bzw. Datensätzen dienen. Alle weiteren Interpretationen und Darstellungen werden durch die verarbeitenden Programme durchgeführt, wobei die jeweiligen Datensatzanfänge und -enden durch die Tags markiert werden. [22]

Der Kern eines jeden Dokuments in XML wird durch verschachtelte Informationen gebildet, die entsprechend ihrer Bedeutung mit Tags versehen werden. In vorliegendem Konzept wird daher, geprägt durch das Ziel mit dem Vorranggraphen einen Produktionsprozess darzustellen, das Gesamtdokument für einen Graphen von den Tags `<product>` an dessen Beginn und `</product>` an dessen Ende umspannt. Weiterhin wurden die Tags `<information>`, `<graph>`, `<variants>` und `<rules>` eingeführt, die weiterführende Informationen über das herzustellende Produkt beinhalten können. Der Aufbau des Basisdokuments ist in Bild 53 dargestellt.

```

<product>
  <information> Informationen über das Produkt </information>
  <graph> Informationen über den Vorranggraphen </graph>
  <variants> Informationen über Varianten </variants>
  <rules> Informationen über die Variantenerstellung </rules>
</product>

```

Bild 53: Grundlegende XML-Struktur für die Speicherung von Anweisungsdaten auf Basis von Vorranggraphen

Die Informationen über das Produkt können den Produktnamen, die Teilenummer, eine Identifikationsnummer, den Hersteller oder auch eine Produktbeschreibung beinhalten. Ferner sind der Name, die Funktionsbezeichnung und die Kontaktdaten des Autors des Graphen sowie das Datum der Erstellung verzeichnet. Um ein Produktbild hinterlegen zu können, wurde mit `<product_pic_add>` ein weiteres Tag eingeführt, welches auf die Adresse eines Bildes verweist. Somit ergibt sich für den allgemeinen Informationsabschnitt des Dokuments die in Bild 54 beschriebene Struktur.

```

<information>
  <part_no> Teilenummer </part_no>
  <product_id> Identifikationsbezeichnung </product_id>
  <name> Name des Produkts </name>
  <description> Beschreibung des Produkts </description>
  <producer> Hersteller </producer>
  <product_pic_add> Eindeutige Bildadresse als
    Verweis auf Produktbild </product_pic_add>
  <author> Autor der zugehörigen Anweisung </author>
  <authorfunction> Stellung oder Funktion des Autors </authorfunction>
  <date> Datum der letzten Änderung </date>
  <contact1> Kontaktdaten des Autors – Feld 1 </contact1>
  <contact2> Kontaktdaten des Autors – Feld 2 </contact2>
</information>

```

Bild 54: XML-Abschnitt <information> zur Hinterlegung allgemeiner Angaben zum modellierten Produkt

Auf diesen Informationsbereich folgt der eigentliche Hauptteil des Dokuments, welcher durch die Tags <graph> und </graph> begrenzt wird (vgl. Bild 53). In diesem findet die Beschreibung des jeweiligen Vorranggraphen statt, wobei jeder Knoten mit dessen Inhalt auf Basis eines entsprechenden XML-Tags abgebildet wird. Diese sind ausführlich in Anhang B beschrieben.

5.3.2 Erzeugung der XML-Struktur aus Vorranggraphen

Um eine gemäß der beschriebenen Struktur aufgebaute XML-Datei aus einem Vorranggraphen erzeugen zu können, muss dieser durch die verarbeitende Software durchlaufen und dabei ausgewertet werden. Hierbei wird zunächst ausgehend vom Endprodukt, der Wurzel des Graphen, jeder Sohnknoten ausgewertet. Abhängig von der jeweiligen Knotenart werden dabei aus diesen die notwendigen Informationen bezogen und in eine XML-Struktur geschrieben. Daraufhin müssen wiederum die Sohnknoten der im ersten Schritt verarbeiteten Knoten rekursiv abgearbeitet werden, bis die Blätter, also die Ausgangswerkstücke, des Graphen erreicht werden. Somit wird die Abarbeitung eines Pfades beendet, wenn die abgearbeiteten Knoten Bauteile oder Bauteilgruppen sind.

Zur Verdeutlichung ist diese Vorgehensweise in Bild 55 dargestellt. Hier wird ausgehend vom fertigen Produkt im Wurzelknoten P jeweils der vorhergehende Knoten bearbeitet, bis dieser mehr als einen Sohnknoten aufweist, wie dies im Beispiel in Knoten F der Fall ist. Daraufhin wird zunächst ein Unterast des Knotens F nach dem gleichen Prinzip durchlaufen. Somit werden erst alle Untergraphen eventuell auftretender Verzweigungen in diesen Ast (hier z.B. Knoten C) abgearbeitet, bevor der zweite Unterast von Knoten F verarbeitet wird.

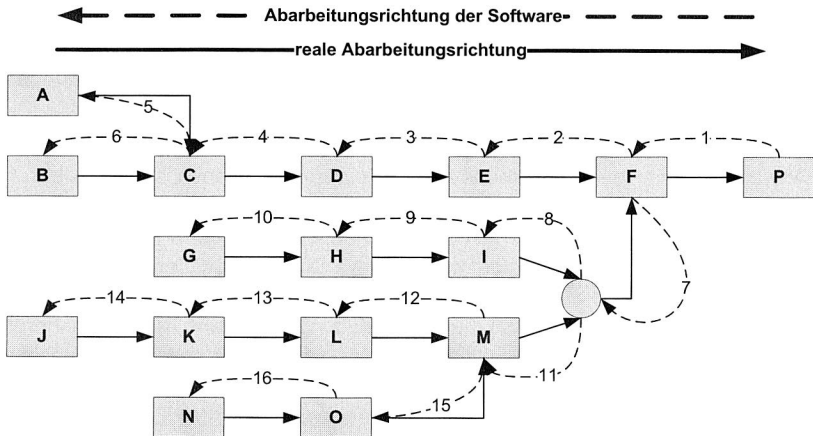


Bild 55: Verarbeitung eines Vorranggraphen zu einer XML-Struktur durch rekursive Abarbeitung ausgehend von Endprodukt

5.4 Funktionalitäten zur Gestaltung von Arbeitsanweisungen

Um Arbeitsanweisungen effizient erstellen zu können, bedarf es neben einer geeigneten Benutzerschnittstelle und der zugehörigen Datenstruktur auch Hilfsmitteln, die als Funktionen in das konzipierte System zu implementieren sind. Da gemäß der in Kapitel 4.4 aufgestellten Richtlinie Bilder und zugehörige Textinformationen die Basis von Anweisungen bilden, sind deren Gestaltung und das Hinzufügen relevanter Zusatzinformationen die maßgeblichen Aufgaben bei der Anweisungserstellung. Weiterhin muss die Erarbeitung der Produkt- bzw. Prozessstruktur entsprechend komfortabel möglich sein.

5.4.1 Erstellung des Vorranggraphen

Zur Umsetzung der angestrebten einfachen Benutzerschnittstelle muss auch die Erstellung und Bearbeitung des in Kapitel 5.2 beschriebenen Vorranggraphen möglichst einfach und dadurch effizient gewährleistet werden. Hierzu sollte dieser durch einfache Interaktionen, die dem Benutzer aus gängigen Softwarelösungen geläufig sind, bearbeitbar sein. Daher ist in vorliegendem Konzept vorgesehen, Knoten durch Rechtsklick mit der Maus zu erzeugen, wobei aus einem interaktiven Menü die Knotenart ausgewählt werden kann. Ferner sollen die im Graphen hinterlegten Inhalte durch kontextorientierte Eingabemasken bearbeitet werden können, die ebenso durch einfaches Anwählen der jeweiligen Knoten aufrufbar sind.

Auch die Verbindung der Knoten, also die Strukturierung des Produkts bzw. Herstellprozesses, sollte durch einfach zu positionierende Linien möglich sein, wobei die Knoten auch nach dem Setzen der Verbindungen frei verschiebbar sein müssen. Ferner ist eine Skalierungsfunktion vorzusehen, um den gesamten Graphen als Übersicht oder Detailausschnitte daraus anzeigen lassen zu können. Die gesammelte Zuordnung von

Prozessschritten, also Knoten, zu Gruppen oder Arbeitsstationen sollte ebenso einfach grafisch möglich sein, indem ein virtueller Kasten um die entsprechenden Knoten gezogen werden kann. Ferner muss der Graph automatisiert ausgerichtet werden können.

5.4.2 Eingabe von Texten und Anweisungsdaten

Die Anweisungstexte und prozessrelevanten Zusatzinformationen sollten in den kontextbasierten Masken editierbar sein, die durch Klicken auf die Knoten geöffnet werden. Hier ist eine strukturierte Vorgabe mit spezifischen Eingabefeldern für die verschiedenen Informationsarten notwendig, um eine intuitive Bedienung zu ermöglichen. Die Inhalte der Vorlagen sollten dabei, abhängig vom jeweiligen Knotentyp, von der Software vorausgewählt werden. Ferner kann die Textgestaltung durch eine Rechtschreibprüfung und Methoden sowie Automatismen, die den Autor unterstützen sollen, vereinfacht werden. Die Methoden zur automatischen Textgenerierung sollten durch selbstlernendes, intelligentes Programmverhalten realisiert werden, was in Kapitel 5.5 detailliert vorgestellt wird.

5.4.3 Bearbeitung und Einbettung von Bildern

Bilder dienen in Anweisungen zur Visualisierung von Arbeitsschritten und leisten damit einen erheblichen Beitrag zur korrekten Verrichtung der Aufgaben. Um dieses wichtige Anweisungselement effizient integrieren zu können, müssen Grafiken bereits im Anweisungsgenerator, hier dem Vorranggrapheneditor, eingefügt und sofern notwendig bearbeitet werden können. Dabei sollte jedem Anweisungsschritt ein Bild beizustellen sein.

Häufig bedarf es einer Bearbeitung von Bildern, um deren Informationsgehalt zu erhöhen oder eine bessere Aussagekraft zu erzielen. Zur Vermeidung des Umwegs über spezielle Bildbearbeitungsprogramme sollen einfache Möglichkeiten hierzu bereits im Rahmen der Anweisungserstellung zur Verfügung stehen. Als grundlegende und für Arbeitsanweisungen ausreichende Bearbeitungsfunktionen sollten dabei in Anlehnung an Kapitel 4.4 das Ausschneiden von Bildteilen, das Vergrößern und Verkleinern des Bildes, das Einzeichnen von Pfeilen und Rahmen sowie das Einfügen von Texten oder Kommentaren vorgesehen werden. Ferner sind die Möglichkeiten vorzusehen, veränderte Bilder abzuspeichern sowie erfolgte Bearbeitungsschritte rückgängig zu machen.

5.4.4 Hinterlegen von Zusatzinformationen

Auch Zusatzinformationen, wie der Autor einer Anweisung, das Erstellungs- oder Änderungsdatum, Daten zu Kunden und die Produktverwendung oder Versionshinweise, sind unverzichtbarer Teil der Anweisungen. Diese sollten, soweit möglich, weitgehend automatisiert eingetragen werden. Hierzu kann bspw. der Autor im Rahmen einer Benutzeranmeldung erfasst oder das Datum aus der Systemzeit bezogen werden. Andere Informationen sind auch hier durch kontextgeführte Menüs oder Eingabemasken abzufragen und in der Datenstruktur zu hinterlegen.

5.5 Systemunterstützte Generierung von Arbeitsanweisungen

Ein mit den in vorliegender Arbeit vorgestellten Konzepten angestrebtes Gesamtziel stellt neben der Effizienzerhöhung in der Produktion auch die Optimierung der Erstellung von Anweisungen an sich dar. Durch die entwickelte Eingabestruktur basierend auf Vorranggraphen und die angepasste Ablagestruktur im XML-Format zeichnen sich bereits erhebliche Potenziale zur Zeitersparnis ab. Weitere Effekte hinsichtlich der Vereinfachung und Aufwandsreduktion bei der Anweisungserstellung können durch Automatismen bei der bisher äußerst aufwändigen Eingabe von Anweisungstexten erreicht werden.

Zur automatisierten Erstellung von Arbeitsanweisungen muss ein Softwarekonzept eingesetzt werden, welches Bausteine der automatischen Textgenerierung mit selbstlernenden Strukturen unterstützt. Hiermit wird ein intelligentes Programmverhalten angestrebt, welches mit jeder eingepflegten Anweisungssequenz den gelernten Datenbestand erhöht und damit eine immer umfassendere und exaktere Hilfestellung bei der Anweisungsgestaltung bieten kann.

5.5.1 Ansätze zur automatischen Textgenerierung

Üblicherweise werden Systeme zur automatisierten Erzeugung von Texten unterstützend eingesetzt. Indem sie einen Entwurf vorgeben, welcher anschließend vom Autor angepasst und aufbereitet wird, helfen sie diesem bei der Texterstellung. Auf diese Weise können Textteile, die sich in verschiedenen Dokumenten wiederholen und, zumindest zu Teilen, identisch sind, automatisch erzeugt werden. Da in der Regel Textpassagen, für die analytische Fähigkeiten benötigt werden, von menschlichen Bearbeitern ergänzt werden müssen, findet nur in den seltensten Fällen eine endgültige und vollständige Fassung der Texte durch Computersysteme statt. [90]

Die Aufgaben der automatischen Textgenerierung werden in eine strategische und eine taktische Komponente unterteilt. Die strategische Komponente gibt vor, was der Text aussagen und welcher Inhalt vermittelt werden soll, während die taktische Komponente die Art vorgibt, wie ein Text etwas aussagt. Hierzu findet eine Unterscheidung in Semantik (strategische Komponente) und Syntax (taktische Komponente) eines Textes statt. Dabei gibt die Semantik einem Satz Sinn und Bedeutung, während die Syntax das Muster beschreibt, nach welchem die Wörter aneinander zu fügen sind. Mit der dazugehörigen Grammatik wird festgelegt, wann ein Satz einen gültigen Ausdruck einer Sprache darstellt. Hieraus ergeben sich unterschiedliche Fehlerklassen, die in Texten auftreten können. So kann bei einem Semantikfehler ein korrekter Satz in grammatikalischem Sinne vorliegen, aber inhaltlich falsch sein. Dagegen kann der Inhalt eines syntaktisch falschen Satzes zwar korrekt, eine inhaltliche Deutung aber oft nicht möglich sein (siehe auch Kapitel 2.1.1). Zur Texterzeugung ist es daher essentiell, zunächst den Inhalt einer Aussage festzulegen und damit die Semantik zu bestimmen. Basierend auf dieser Festlegung ist der Inhalt durch eine korrekte Syntax wiederzugeben, damit die Aussage grammatikalisch richtig in einer Zielsprache verständlich dargestellt werden kann. Bild 56 verdeutlicht diesen Ablauf, wobei es zunächst irrelevant ist, welche Ziel-

sprache gewählt wurde, sofern eine dafür gültige Grammatik-Definition eingehalten wird. [15] [32]

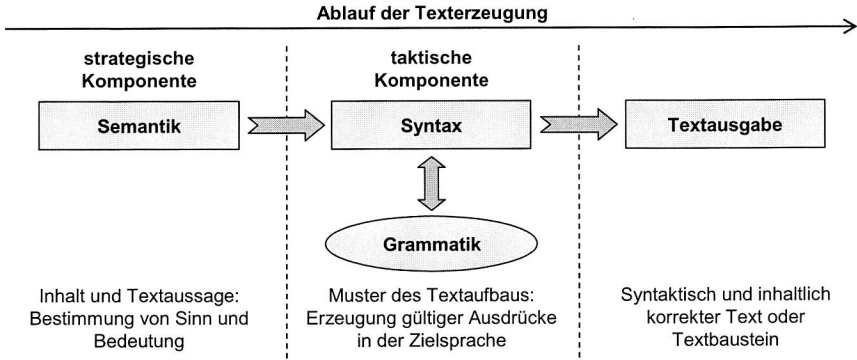


Bild 56: Einzuhaltender Ablauf zur Erzeugung semantisch und syntaktisch korrekter Texte (nach [32])

Systeme, die nach diesen Maßgaben Texte erzeugen, werden nach der jeweils zu Grunde liegenden Methode in zwei Gruppen eingeteilt. Diese sind die flache und die tiefe Generierung, während die Abgrenzung zwischen diesen fließend ist und sich daher eine exakte Zuordnung oft schwierig gestaltet. Teilweise werden sog. hybride Lösungen eingesetzt, die beide Verfahren beherrschen und situationsbedingt das am besten geeignete anwenden. Ferner existieren Mischsysteme, sog. „Intermediate“ oder „Shallow“ Systeme, die einen Übergang zwischen den beiden Generierungsarten bilden. [14] [48] [90]

Für die flache Generierung von Texten kommen vor allem die beiden Varianten „Canned Text“ und „Templates“ zum Einsatz. Diese zeichnen sich durch eine starke Anwendungsnahe aus, da hier nur Texte erstellt werden, die für eine spezifische Anwendung relevant sind. Die Texte werden dazu von einem Autor formuliert und direkt, meist in eine Software, eingebettet, so dass sie bei Bedarf angezeigt werden können. Bei der tiefen Generierung können vielfältige Texte unabhängig vom spezifischen Kontext erzeugt werden. Das sprachliche Wissen zur Formulierung von Texten (Wortschatz und Grammatik) wird dafür universell verfügbar hinterlegt und bei Bedarf angewendet. Als Verfahren kommt hier ausschließlich die „Natürlichsprachliche Generierung“ („Natural Language Generation“) zum Einsatz. [32]

Canned Text

Bei der Methode des Canned Text werden Texte vorgefertigt und unveränderlich zum situationsabhängigen Abruf hinterlegt. Typischerweise wird sie eingesetzt, wenn Dialoge in Softwaresystemen durch Benutzereingaben oder Aktionen ausgelöst werden, wie dies bspw. bei Fehlermeldungen (z.B. „Netzwerk nicht erreichbar“) oder Rückmeldungen (z.B. „Defragmentierung erfolgreich beendet“) auftritt. Durch die feste Vorfertigung

der Texte kann sichergestellt werden, dass diese fehlerfrei sind, wogegen durch dieses Vorgehen für jeden Dialog, der auftreten kann, ein Text hinterlegt werden muss. Damit ist die Nutzung von Canned Text äußerst unflexibel, da der Text nicht an bestimmte Situationen oder Vorkommnisse dynamisch angepasst werden kann, sondern nur eine Auswahl und Anzeige aus dem Bestand von Textblöcken stattfindet. Längere Texte können hierbei durch Kombination mehrerer vorgefertigter Textblöcke zusammengestellt werden. Canned Text wird daher vorwiegend bei Lösungen eingesetzt, in der wenige und immer gleich lautende Texte ausreichen. [44] [70]

Templates

Mehr Flexibilität und inhaltliche Ausdruckskraft wird durch die Nutzung von Templates erreicht. Hierbei werden Textschablonen vorgegeben, die einen unveränderlichen Text und Lücken für dynamische Textergänzungen enthalten, welche nach einem definierten Regelwerk auszufüllen und üblicherweise durch Variablen repräsentiert sind. Mit Hilfe der Schablonen kann dabei die syntaktische Richtigkeit sichergestellt werden. Über Abfragen eines vorhandenen Datenbestands auf Basis der Variablen kann ferner die inhaltliche, also semantische, Richtigkeit erfasst werden. [44] Das Prinzip entspricht bspw. der Serienbriefherstellung, wie sie in vielen Textverarbeitungslösungen integriert ist. Hier wird ebenfalls ein Text, der größtenteils identisch ist, abhängig vom Empfänger geringfügig in einzelnen Textteilen modifiziert.

Aufgrund der einfachen Systematik, die der auf Templates basierenden Methode zu Grunde liegt, kann mit diesem Vorgehen eine hohe Effizienz erreicht werden. Ferner ist es vergleichsweise einfach realisierbar, weitere Sprachen oder Alternativformulierungen einzubeziehen, wodurch die Texte in hohem Maße anwendergerecht dargestellt werden können. So ist es möglich, etwa eine Einsteigerversion und eine Expertenversion des gleichen Sachverhalts, unter Umständen auch in verschiedenen Sprachen, auszugeben. Jedoch steigt bei einer derartigen Anwendungsbreite die Anzahl der benötigten Schablonen und somit auch Textbausteine massiv an, da für jeden potenziellen Anwendungsfall ein oder mehrere Templates erstellt und hinterlegt werden müssen. Dies führt zu einem hohen Erstellungs- und Wartungsaufwand der Datenbasis.

Hinsichtlich der angestrebten Unterstützung bei der Erstellung von produktionsbegleitenden Anweisungen ist daher zu beachten, dass für alle auftretenden Vorgänge bei der Herstellung des jeweiligen Produktportfolios Templates vorhanden sein müssen, um entsprechende Texte vorgeben zu können. So ist die Nutzung von Templates für die Erstellung von Arbeitsanweisungen dann sinnvoll, wenn sich Eigenschaften von Produkten oder Prozessen wiederholen oder ähnlich sind. Bei der Produktion stark unterschiedlicher Produkte unter Einsatz deutlich variierender Prozesse sind daher Templates nur bedingt geeignet oder es müssen ergänzende Lösungen eingesetzt werden, die diesen Mangel durch selbstlernendes Verhalten und kontextbedingte Benutzerinteraktionen kompensieren können (siehe Kapitel 5.5.2).

Natural Language Generation

Im Rahmen der tiefen Generierung durch Natürlichsprachliche Generierung wird im Gegensatz zur flachen Generierung zusammenhängender Text frei erzeugt. Hierzu wird eine universelle Vorgehensweise angewandt, der sprachliches Wissen zur Textgestaltung, also Wortschatz und Grammatik, zu Grunde liegt, welches universell kodiert im System verankert ist. Aufgrund ihrer Universalität können diese Systeme frei für verschiedenste Anwendungsfelder eingesetzt werden. Die bei den Verfahren der flachen Generierung benötigte Vorgabe von Phrasen kann daher entfallen, da dieser Ansatz unabhängig, unter Einsatz des Wortschatzes und der Grammatik, Text erzeugen kann. Jedoch sind die inhaltliche Auswahl und der Aufbau der Texte von den konkreten Einsatzgebieten abhängig und müssen somit für die verschiedenen Felder spezifisch definiert werden. Aufgrund der hohen Komplexität und der benötigten hohen Rechenleistung für tiefe Generierung sind derartige Systeme bisher nicht im realen Einsatz anzutreffen und daher für die Anweisungserstellung nicht geeignet. [14] [90]

Intermediate- und Shallow-Systeme

Als Intermediate- oder Shallow-Systeme werden Lösungen bezeichnet, die als Mischformen einen Übergang zwischen flacher und tiefer Generierung bilden. Bei diesen Ansätzen wird der Text zunächst mit Templates erzeugt und anschließend findet eine Überprüfung statt. Zu dieser Überprüfung werden Systeme der tiefen Generierung genutzt, in denen grammatikalische Regeln definiert sind. Auf diese Weise sind Fehler im Text zu beheben, die unabhängig vom Inhalt betrachtet werden und sich lediglich auf die Form beziehen. Dazu zählen bspw. Fehler aus den Bereichen Fall, Zeit, Geschlecht oder Zeichensetzung. So würde etwa eine fehlerhafte Zeichenfolge erkannt und könnte aus dem erzeugten Text entfernt werden. [14]

Hybrid-Modelle

Zur Verbesserung und dem effizienten Einsatz der beschriebenen Verfahren wurden hybride Modelle entwickelt, die eine Symbiose der flachen und tiefen Generierung bilden. Da die tiefe Generierung äußerst komplex und aufwändig ist, wird sie hier nur dann eingesetzt, wenn es unbedingt erforderlich ist. So wird, wann immer möglich, die flache Generierung mit Templates genutzt und auf die tiefe Generierung nur dann zurück gegriffen, wenn kein Template vorhanden ist und daher der Text vollständig neu geschaffen werden muss. Hierzu wird in einem Entscheidungsmodul überprüft, ob eine Schablone vorhanden ist, woraufhin die Entscheidung für eines der Verfahren getroffen wird. Wird auf Basis von Natürlichsprachlicher Generierung ein neuer Text erzeugt, wird aus diesem eine Schablone für die flache Generierung erstellt und dem Bestand hinzugefügt, um sie beim nächsten ähnlichen Abruf zur Verfügung stellen zu können. [48]

Geeignetes Verfahren zur Anweisungsgenerierung

Der äußerst flexiblen tiefen Generierung, mit hohem Ressourcenverbrauch und erheblichem wiederkehrenden Entwicklungs- sowie Einführungsaufwand, steht die Methode der flachen Generierung, mit deren Beschränkung auf wesentliche Funktionen eines Einsatzgebiets bei deutlich geringerem Aufwand, gegenüber. Für die meisten Anwendungen bieten Kombinationen aus Canned Text und Templates ausreichende Flexibilität und lassen sich ökonomisch realisieren sowie nutzen. Einschränkungen sind hier bei der Textkomplexität zu erwarten, wie sie bspw. bei aufwändigen Mensch-Maschine-Schnittstellen mit vielfältigen Interaktionen oder freien Dialogen gefordert ist.

Für die Erstellung von Arbeitsanweisungen ist aufgrund der wiederkehrenden Beschreibungen von typischerweise ähnlichen oder identischen Vorgängen und der in der Regel kurzen Textlänge die flache Generierung vorzuziehen. Durch Templates können grundlegende Vorgänge und Abläufe in Schablonen hinterlegt und dynamisch mit Variablen auf den jeweiligen Einsatzfall angepasst werden. Daher soll für die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Lösung eine automatisierte Textgenerierung auf Basis der flachen Generierung mit Templates genutzt werden, welche durch den Einsatz von selbstlernendem Systemverhalten gestützt werden soll.

5.5.2 Methoden für selbstlernendes Systemverhalten

Um Autoren bei der Erstellung von Arbeitsanweisungen effizient unterstützen zu können ist es nicht ausreichend, lediglich automatisiert Textvorschläge zu unterbreiten. Auch die Pflege der zur Textgenerierung notwendigen Datenbasis soll vereinfacht und auf einen minimalen Aufwand reduziert werden. So ist es notwendig, dass die konzipierte Systemlösung mit neu erstellten Anweisungen selbstständig „dazulernt“. Auf diese Weise sind bspw. die Schablonen der Templates automatisch zu ergänzen oder Variablen bei der Texterzeugung softwareseitig vorauszuwählen. Somit wächst mit jeder neu erstellten Anweisung der Datenbestand und in diesem Zuge die Datenbasis für die Texterzeugung an, wodurch das System eine Leistungssteigerung erfährt. Dies soll im Hintergrund ohne zusätzlichen Eingriff des Benutzers erfolgen, um Mehraufwand zu vermeiden und schrittweise die Effizienz der Unterstützung durch das System zu erhöhen. Damit stellt das System bei dessen Einführung lediglich einen Editor für Anweisungen dar, wird jedoch mit jeder neuen Anweisung einen „Intelligenzgewinn“ erfahren und somit schrittweise zunehmende Unterstützung für die spezifischen Aufgaben im Unternehmen bieten können. Aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz sollen im Folgenden einige in Frage kommende Ansätze dieses maschinellen Lernens erläutert und hinsichtlich ihrer Eignung für das vorgestellte System beurteilt werden.

Lernen von Entscheidungsbäumen

Eine häufig eingesetzte Methode ist das Lernen von Entscheidungsbäumen, wobei diese aus mehreren Knoten bestehen, an denen entschieden wird, ob ein bestimmtes Merkmal zutreffend ist. An den Blättern des Baumes sind die Ergebnisse der Entscheidungen, also die Lösungen, vermerkt. Ein einfaches Beispiel eines Entscheidungsbau-

mes zur Auswahl des geeigneten Werkzeugs zeigt Bild 57. Diese Bäume werden von oben nach unten gelesen, im Beispiel wird somit das zu bearbeitende Werkstück auf dessen Eigenschaft hin überprüft und eine erste Entscheidung getroffen. Existieren daraufhin weitere Auswahl- bzw. Verfeinerungsmöglichkeiten, finden Folgeentscheidungen statt bis ein eindeutiges Ergebnis, im Beispiel ein spezifisches Werkzeug, ausgewählt werden kann. In einfachen Bäumen werden dazu die Entscheidungen auf Ja oder Nein reduziert, wobei auch Entscheidungen nach Attributen (z.B. rund oder eckig) möglich sind. [6]

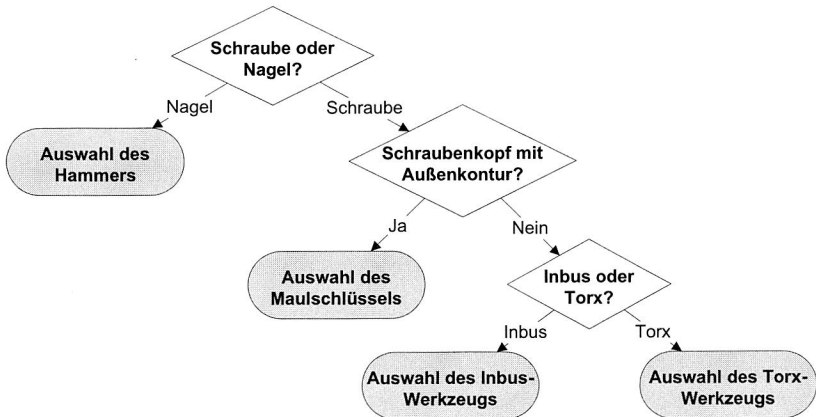


Bild 57: Entscheidungsbaum am Beispiel Werkzeugauswahl für einen Schraubvorgang

Die Basis des Lernens von Entscheidungsbäumen bilden Beispiele, aus denen ein Baum abgeleitet werden kann. Hierbei besteht der maschinelle Lernvorgang darin, selbstständig aus diesen Beispielen Bäume zu generieren, die auch für unbekannte Situationen Lösungen liefern können. Bei der Baumgenerierung wird angestrebt, möglichst flache Bäume zu erzeugen und somit die Anzahl der notwendigen Entscheidungen, die zu einem Ergebnis führen, gering zu halten. Auf diese Weise können Entscheidungen schneller getroffen werden, da weniger Überprüfungen beim Durchlaufen des Baumes notwendig sind. Hierbei gibt die Höhe des Baumes die Anzahl der, bis zu einer Lösung notwendigen, Entscheidungen wieder. Bei der Aufstellung eines Entscheidungsbaumes werden die Merkmale daraufhin überprüft, wie gut sie sich als Entscheidungskriterien eignen. Hierzu wird ermittelt, wie viele Entscheidungen zusätzlich durchzuführen sind, um eine Lösung zu finden. Dieser Vorgang läuft automatisiert ab und ist Teil des Lernprozesses. [6] [123] Auf diese Weise kann eine Optimierung der Bäume durchgeführt werden, was verkürzte Durchlaufzeiten durch Verringerung der Baumhöhe ermöglicht.

Das Aufstellen von Entscheidungsbäumen erfordert sehr viele Vergleiche sowie Beispiele und ist damit äußerst zeitintensiv, weshalb dies in der Regel nur einmalig bei einer Grundinitialisierung stattfindet. Sollten im späteren Einsatz eines auf Entscheidungsbäumen basierenden Systems Fälle mit Merkmalen auftreten, die bei der Erstel-

lung des Baumes noch unbekannt und daher nicht berücksichtigt waren, ist keine eindeutige Lösung möglich. Für das vorliegende Einsatzfeld der Erstellung von Arbeitsanweisungen müssten folglich für jegliche Änderung in Produkt, Prozess oder Ablauf neue Entscheidungsbäume aufgestellt werden. Da dies einen zu hohen Aufwand trotz des grundlegend einfachen Vorgehens darstellt und ein hochgradig flexibles System für agile Produktionsstrukturen angestrebt ist, ist diese Methode für vorliegendes Konzept nicht geeignet.

Lernen von Konzepten

Auch der Methode des Lernens von Konzepten liegen, ähnlich den Entscheidungsbäumen, Beispiele zugrunde. Die Beispiele können positiver Natur oder negative Gegenbeispiele für ein zu erlernendes Konzept sein. Aus diesen soll automatisiert durch einen Suchvorgang im Raum aller möglichen Hypothesen eine allgemeine Definition des zu lernenden Konzepts abgeleitet werden. Dieses Verfahren ist dem Lernen von Entscheidungsbäumen sehr ähnlich, bietet jedoch die Möglichkeit, sehr viel komplexere Darstellungen, wie bspw. allgemeine logische Beschreibungen, zu lernen. Ein Konzept stellt dabei eine spezifische Teilmenge von Objekten, Ereignissen, etc. über einer größeren Menge, z.B. Teilmenge aller Fahrzeuge, die primär der Personenbeförderung dienen, dar. Hierbei ist jede Teilmenge durch spezifische Funktionen oder Eigenschaften charakterisiert, wodurch sie eindeutig hinsichtlich der Erfüllung dieser Attribute überprüfbar ist. Somit sind durch das Lernen von Konzepten vor allem Eingliederungen in Klassen möglich, logische Verknüpfungen zwischen diesen sind dagegen nicht vorgesehen. Der Einsatzbereich dieser Methode liegt daher vor allem in Bereichen, in denen sehr allgemeine Entscheidungen automatisiert getroffen werden sollen. [6]

Im Produktionsbereich werden dagegen gleiche oder ähnliche Bauteile, im Sinne dieser Methode Konzepte, oftmals sehr unterschiedlich verarbeitet. Bspw. können Fügeverfahren, bei zwar gleichem Bauteil hinsichtlich Funktion und Formgebung aber unterschiedlichen Werkstoffen, in verschiedensten Varianten notwendig sein. Hier würde das Lernen von Konzepten keine ausreichenden Entscheidungsstrukturen bieten. Aufgrund der fehlenden Möglichkeit, Beziehungen zwischen Konzepten abbilden zu können, und der Problematik, eine Eindeutigkeit bei geringen Abweichungen zu erzeugen, stellt das Lernen von Konzepten keine hinreichende Methode für den vorgesehenen Einsatzfall dar.

Lernen mit induktiver logischer Programmierung

Die beiden bereits vorgestellten Verfahren des maschinellen Lernens ermöglichen das Lernen von Begriffen mit Hilfe von Attributen. Manche Begriffe, vor allem solche, die Beziehungen zwischen Objekten darstellen, sind nur sehr aufwändig durch Attribute zu klassifizieren, können jedoch selbst Attribute von Objekten sein. Beim Lernen mit induktiver logischer Programmierung werden dazu Relationen vorgegeben und erfasst, aus denen Ableitungen getroffen werden können. Hierbei wird vorhandenes Hintergrundwissen einbezogen, wodurch beim Lernvorgang durch die Suche im Wissensbestand

und logische Schlüsse aufgrund vorhandener Relationen neue Zusammenhänge erschlossen werden können. [123]

Somit kann induktive logische Programmierung dazu eingesetzt werden, Relationen von Objekten darzustellen und neue daraus abzuleiten. Neben Verknüpfungen zwischen Objekten ist dieser Ansatz auch für räumliche und zeitliche Beziehungen geeignet. [123] Jedoch ist diese Methode nicht in einer veränderlichen Umgebung, wie der Produktion, anwendbar, da sie sich auf das alleinige Ableiten von Beziehungen beschränkt. Damit kann dieser Ansatz für die Erstellung von Arbeitsanweisungen nicht eingesetzt werden.

Fallbasiertes Schließen

Mit den vorgestellten Ansätzen wurden regelbasierte Lösungen zur Realisierung selbstlernenden Systemverhaltens dargestellt. Mit den zu Grunde liegenden Regeln kann zwar generisches, vom spezifischen Kontext abstrahiertes, Wissen ausgedrückt werden. Jedoch ist dieses häufig nicht auf reale Probleme übertragbar, da sie oft nicht ausreichend abstrakt darstellbar sind. Besser auf diese Realität anwendbar ist sog. Erfahrungswissen, welches auch die Basis menschlichen Wissens und Lernens repräsentiert. Es wird durch konkrete Situationen und Beispiele gelernt und in Verbindung mit diesen im Rahmen eines Lernprozesses abgespeichert. [6] [91]

Im Bereich der künstlichen Intelligenz wird der Ansatz des erfahrungsbasierten Lernprozesses durch das fallbasierte Schließen bzw. Case-based Reasoning (CBR) verfolgt. Hier bilden nicht die generischen Regeln die Wissensbasis, sondern eine Sammlung von Fällen (cases) aus spezifischen früheren Erfahrungen. Zielsetzung ist dabei die Lösung aktueller, auch bislang unbekannter, Probleme. Beim Lösungsprozess wird dazu der relevanteste Fall aus einer Falldatensammlung herausgesucht und dessen bekannte Lösung auf den neuen Fall in geeigneter Form übertragen. Die Grundlage für dieses Vorgehen bilden dabei zwei Axiome [6]:

1. Ähnliche Probleme haben ähnliche Lösungen.
2. Jedes Problem ist anders, aber der Typ der Aufgabenstellung wiederholt sich.

Beim Bearbeiten von neuen Problemen durch fallbasiertes Schließen wird auch die Fallbasis, die Sammlung gelöster Aufgaben, stetig erweitert. Somit werden die Lösungen aufgrund der größeren Erfahrungssammlung immer besser oder exakter und es können immer mehr unterschiedliche Fälle bearbeitet werden. Damit lernt ein System, das fallbasiertes Schließen einsetzt, im Betrieb dazu und dessen Fähigkeiten steigen an. Ferner eignet es sich für Einsatzfelder, in denen keine oder nur schwer Regeln aufgestellt werden können.

Fallbasiertes Schließen wird in eine interpretative und eine problemlösende Variante unterteilt. Bei der interpretativen Vorgehensweise wird die Fallbasis nach ähnlichen Fällen durchsucht, die mit dem aktuellen Problem vergleichbar sind. Diese werden einem Benutzer zur Weiterver- und -bearbeitung angezeigt, wobei nicht die Problemlösung im Vordergrund steht, sondern eher die Beurteilung eines Sachverhalts in Abhängigkeit bereits erfasster und evtl. gelöster Situationen. Die problemlösende Form verfolgt das

Ziel, die Lösung eines ähnlichen, früheren Problems als Lösung eines neuen Problems vorzuschlagen und evtl. anzupassen. So wird hierbei bspw. eine Vorgehensweise mit ähnlicher Zielsetzung ausgewählt, die Unterschiede zwischen alten und aktuellen Randbedingungen herausgearbeitet und entsprechend modifiziert. Die Prozesse der beiden Varianten gleichen sich zu großen Teilen, wobei die Adaption der jeweiligen Lösung nur bei der problemlösenden CBR beinhaltet ist. [6]

Da fallbasiertes Schließen ein hochgradig integrativer Vorgang ist, bei dem die einzelnen Komponenten eng miteinander verknüpft sind und nicht voneinander losgelöst betrachtet werden können, wird es in der Literatur häufig als Kreislauf dargestellt. Dieser sog. CBR-Zyklus ist in Bild 58 dargestellt und besteht aus den grundlegenden Schritten

- Selektierung (Retrieve) des ähnlichsten Falls oder der ähnlichsten Fälle;
- Wiederverwendung (Reuse) des in den gefundenen Fällen gespeicherten Wissens, um die Aufgabenstellung zu lösen;
- Überprüfung (Revise) der vorgeschlagenen Lösung;
- Aufnahme (Retain) des neuen Falls in die Fallbasis durch Integration. [6]

Bei Durchlaufen des Zyklus wird zunächst, ausgehend von einer aktuellen Problemstellung, die Fallbasis nach ähnlichen Fällen durchsucht, woraus ein geeigneter (evtl. auch mehrere) ausgewählt (Retrieve) wird. Daraufhin findet ein Abgleich mit dem aktuellen Problem statt und für dieses wird eine Lösung generiert (Reuse), die eine Modifikation der bereits vorhandenen Lösung sein kann. Danach wird diese evaluiert (Revise), was durch Simulation, eine Anwendung auf frühere Fälle oder die Bewertung durch einen Benutzer möglich ist. Sollte die Lösung falsch oder unpassend sein, findet eine Korrektur statt, wonach der neue, gelöste Fall in die Fallbasis übernommen wird (Retain). Neben dem Fall an sich können auch Schritte des Lösungsvorgangs, z.B. eine notwendige Korrektur, in die Fallsammlung aufgenommen werden. Somit enthält diese nicht ausschließlich gelöste Fälle, sondern auch allgemeines (Hintergrund-) Wissen, wie bspw. Regeln oder Modelle, die zur Problembehandlung notwendig sind. In der im Zyklus stattfindenden Reuse-Phase ist der maßgebliche Unterschied zwischen problemlösender und interpretativer CBR verankert. Während bei der problemlösenden CBR auf Basis der ermittelten Fälle eine Näherungslösung vorgeschlagen und adaptiert wird, beschränkt sich die interpretative CBR auf den näherungsweise Vorschlag und dessen Begründung. Hier wird der Lösungsvorschlag in der Regel einem Benutzer präsentiert, welcher diesen daraufhin bewerten und gegebenenfalls modifizieren kann. [6] [91]

Für das angestrebte Einsatzfeld selbstlernenden Systemverhaltens bietet fallbasiertes Schließen hohes Potenzial. Mit dieser Methode kann die Fallbasis stetig im Betrieb erweitert werden und bedarf keiner zusätzlichen Eingaben, da dies im Rahmen der Nutzung des Systems geschieht. Auch können wechselnde Produktspektren oder abweichende Prozesse sehr gut und mit geringem Aufwand abgebildet und „dazugelernt“ werden. Da für betriebliche Anweisungen nach wie vor ein Autor die letzte Entscheidungsinstanz sein soll und dieser durch das zu entwickelnde System vor allem mit dem Ziel einer Zeitersparnis unterstützt werden soll, bietet sich interpretatives CBR an. Hier

werden einem Benutzer Anweisungstexte vorgeschlagen und durch diesen akzeptiert oder modifiziert. Auch die softwaretechnische Abbildung der notwendigen Prozesse zu CBR, Verwaltung der Fallbasis, Ähnlichkeitsanalyse, Lösungsgenerierung und Lernverhalten, ist effizient zu realisieren.

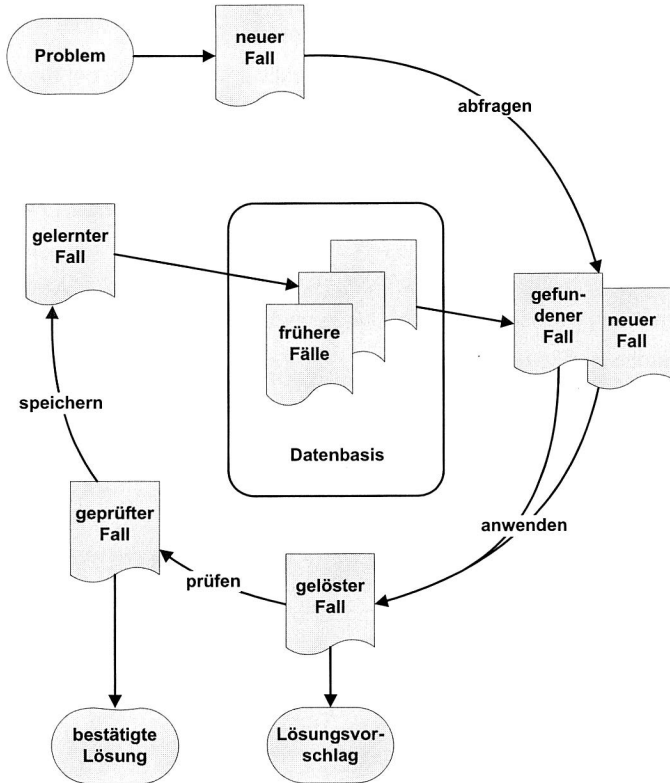


Bild 58: Kreislauf des fallbasierten Schließens (nach [1])

5.5.3 Konzept zur Umsetzung von intelligentem Systemverhalten

Automatisiertes und selbstlernendes, also in gewissen Grenzen intelligentes, Systemverhalten soll im entwickelten Konzept einer effizienten Erzeugung von Arbeitsanweisungen dazu dienen, einen Autor bei der Erstellung von Anweisungen zu unterstützen und damit eine Zeitersparnis und geringere Fehlerquoten zu erreichen. Dazu soll das System eine während der Nutzung zunehmend bessere bzw. umfangreichere Hilfestellung bieten können, was durch maschinelles Lernen erreichbar ist. Ferner sollen dem Autor auf Basis des erstellten Vorranggraphen (siehe Kapitel 5.2) Anweisungsvorschläge unterbreitet werden, die dieser auswählen und bei Bedarf verändern kann.

In den vorangehenden Abschnitten wurden verschiedene, in Betracht kommende, Methoden zum maschinellen Lernen sowie der automatischen Textgenerierung dargestellt und hinsichtlich deren Tauglichkeit für die angestrebte Anwendung beurteilt. Dabei stellten sich zur Textgenerierung der Ansatz mit Templates und für das Selbstlernen die Methode des fallbasierten Schließens als die am besten geeigneten Verfahren heraus. Die Verknüpfung dieser Verfahren zur Implementierung in das beschriebene Konzept zur teilautomatisierten Erstellung von Arbeitsanweisungen soll im Folgenden konzeptionell dargelegt werden. Die Grundlage für Eingaben und Modellierungen der Prozesse bildet wiederum der in Kapitel 5.2 beschriebene Vorranggraph und dessen in Kapitel 5.3 dargestellte XML-Struktur. Darauf aufbauend wird das hier dargestellte intelligente Systemverhalten realisiert.

Zur automatisierten Generierung einer Arbeitsanweisung muss ein Kontext vorhanden sein, auf dessen Basis entschieden werden kann, was für ein Text zu generieren ist. Hierzu werden, ausgehend vom Vorranggraphen, verschiedene Prozesse gestartet, die zu einem Anweisungsvorschlag führen sollen. Dabei läuft die Textgenerierung als interpretativer Vorgang der durch fallbasiertes Schließen gefundenen Lösungen ab, weshalb der Ablauf ausgehend vom Graphen bis hin zu einer fertigen Anweisung an den CBR-Zyklus (siehe Bild 58) angelehnt ist. Dieser Ablauf von aufeinanderfolgenden Prozessen ist in Bild 59 dargestellt, wobei hier nur das Gesamtschema und nicht die im Hintergrund ablaufenden Detailprozesse abgebildet sind.

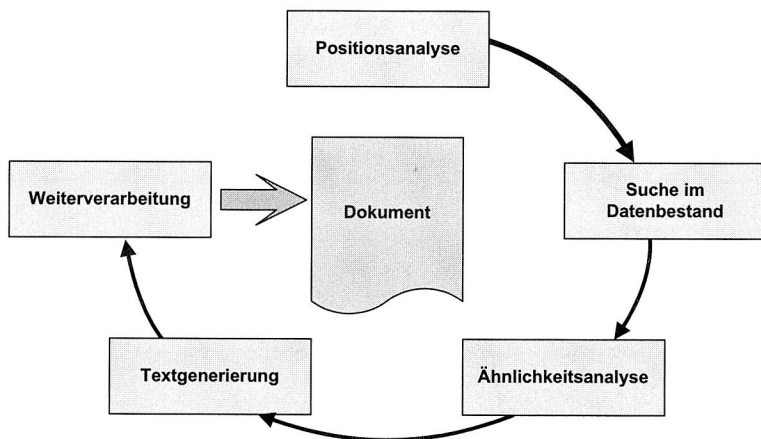


Bild 59: Prozesskreislauf zur Unterstützung bei der Anweisungserstellung und (teil-)automatisierten Textgenerierung

Zunächst wird bei diesem Ablauf im Rahmen der Positionsanalyse ermittelt, für welchen Kontext eine Anweisung zu generieren ist. Auf Basis der somit vorhandenen Information, welche Art von Anweisung benötigt wird, wird in einer Datenbank, welche die Fallsammlung enthält, eine Suche nach geeigneten Vorlagen, im Sinne der genutzten Template-Methode Schablonen, gestartet. Diese werden einer Ähnlichkeitsanalyse un-

terzogen und in einer Liste nach Relevanz sortiert. Basierend auf den gefundenen Schablonen kann daraufhin die Textgenerierung stattfinden und das Ergebnis dem Benutzer präsentiert werden. Dieser muss nun entscheiden, ob die Anleitung korrekt ist oder Modifikationen nötig sind und diese gegebenenfalls einarbeiten, woraufhin die endgültige Fassung in der Datenbank für spätere Anfragen abgelegt wird. Ferner besteht die Möglichkeit, für jeden Arbeitsschritt ein Bild zu hinterlegen, welches ebenfalls in der Datenbank referenziert und in das entsprechende Template integriert wird.

Positionsanalyse

Zur Bestimmung des Anweisungskontexts, also der Art des Prozesses für den eine Anweisung generiert werden soll, wird im Rahmen der Positionsanalyse zunächst der Typ des Produktionsvorgangs bestimmt. Nach den in Kapitel 5.2.2 definierten Klassifikationen kann dies eine Kombination oder eine Modifikation sein. Ferner sind noch die Art des Vorgangs (z.B. Schrauben oder Schweißen), der betreffende Arbeitsplatz und die zu verarbeitenden Bauteile zu erfassen. Diese Attribute sind direkt aus dem jeweiligen Knoten im Vorranggraphen zu beziehen, da sie in der entsprechenden XML-Struktur hinterlegt sind.

Suche im Datenbestand

Die dem hier vorgestellten Verfahren zu Grunde liegende Fallbasis wird durch die Schablonen zur Textgenerierung gebildet. Zu deren Verwaltung sollte eine Datenbank eingesetzt werden, da somit ein hohes Datenvolumen bewältigt und auf in der Datenbank bereits implementierte Funktionen, bspw. zur Suche, zurück gegriffen werden kann. Hierdurch ist eine effiziente Datenhaltung und Informationsverarbeitung zu erreichen.

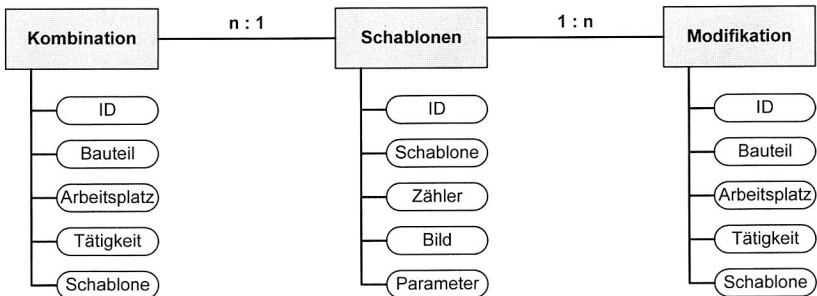


Bild 60: Datenbankstruktur zur Textgenerierung auf Basis von Templates und fallbasiertem Schließen

In dieser Datenbank sind für die Anweisungsgenerierung drei Tabellen vorgesehen, die Fälle und Lösungen repräsentieren. Dabei entsprechen die Fälle Produktionsprozessen und sind durch die verwendeten Bauteile, den zutreffenden Arbeitsplatz sowie Art und Typ des Vorgangs gekennzeichnet. Lösungen stellen hierbei Schablonen zur Textgene-

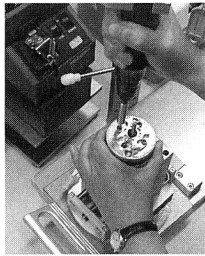
rierung mit Templates dar, die ebenfalls mit einer Reihe von Attributen versehen werden. Dazu gehören ein Zähler, der angibt, wie oft die jeweilige Schablone bereits zur Anleitungserzeugung genutzt wurde, der Speicherort eines mit dieser Schablone verwendeten Bildes sowie alle Werte, die für in der Schablone vorkommende Parameter bereits eingesetzt wurden. Zur Reduktion von Fällen innerhalb einer Tabelle sind für Kombinationen und Modifikationen separate Tabellen vorgesehen, wodurch die Suche beschleunigt wird. Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten für Werte der anderen Attribute eignen sich diese nicht für eigenständige Tabellen. Somit werden sie als Werte in den anderen Tabellen eingetragen, was zu der in Bild 60 dargestellten Datenbankstruktur führt.

Soll für einen Produktionsvorgang ein Anweisungstext generiert werden, wird gemäß dieser Struktur zunächst in der Datenbank die entsprechende Tabelle (Kombination oder Modifikation) ausgewählt und darin nach einem Vorgang gesucht, der in den Merkmalen Bauteil, Arbeitsplatz und Tätigkeit übereinstimmt (Bild 61). Wird ein entsprechender Vorgang gefunden, kann über die Spalte „Schablone“ eine zutreffende, für die Anweisungsgenerierung geeignete, Schablone identifiziert und aus der entsprechenden Tabelle ausgewählt werden. Sofern verschiedene Bauteile bei einem identischen Bearbeitungsschritt verarbeitet werden können, wird für jedes Bauteil ein eigener Eintrag in der Datenbank vorgenommen. Damit wird ermöglicht, auch für ähnliche Fälle, in denen nicht exakt die gleichen Bauteile verwendet werden, geeignete Schablonen zu finden. Daher liefert die Datenbank auf die Suchanfrage auch eine Schablone zurück, falls Arbeitsplatz, Tätigkeit und eines der möglichen Bauteile übereinstimmen. Mit Hilfe der Ähnlichkeitsanalyse wird daraufhin bestimmt, ob sich die gefundenen Schablonen zur Generierung eines zutreffenden Anweisungstextes eignen.

Ähnlichkeitsanalyse

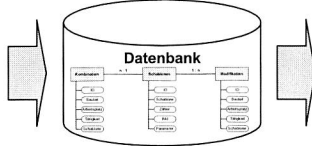
Zur Bestimmung der Ähnlichkeit zwischen dem betreffenden Vorgang und vorhandenen Schablonen wird eine Methode basierend auf qualitativen Vergleichen eingesetzt. Dabei findet für die Merkmale Arbeitsplatz, Typ und Art der Arbeit (Tätigkeit) eine Überprüfung statt, ob diese Attribute identisch sind oder nicht. Dabei wird für jedes übereinstimmende Merkmal ein Pluspunkt vergeben, für nicht übereinstimmende je ein Minuspunkt (Bild 61). Ferner kann angegeben werden, wie hoch der Prozentsatz der Übereinstimmungen mindestens sein muss.

Die gefundenen Lösungen werden daraufhin mit einer ordnungserhaltenden Funktion nach Plus- und Minuspunkten sowie der Häufigkeit der Verwendung in einer Liste geordnet. Dabei ist das erste Sortierungskriterium die Anzahl der Pluspunkte, wobei hier nach absteigender Ordnung sortiert wird. Sollten Fälle die gleiche Anzahl der Pluspunkte aufweisen, werden diese hinsichtlich ihrer Minuspunkte verglichen und aufsteigend geordnet, wobei die erste Ordnung nach Pluspunkten aufrecht erhalten wird. Das nächste Kriterium bildet mit der gleichen Vorgehensweise die Häufigkeit der Verwendung und als letzte Instanz die ID aus der Datenbank. Somit sollte eine nach Relevanz geordnete Liste von Fällen als Ergebnis der Ähnlichkeitsanalyse aufgestellt werden.



Tätigkeit, für die eine Anleitung erstellt werden soll (z.B. Schraubvorgang)

Auswahlmerkmale für Textschablonen:
Arbeitsplatz – Tätigkeit – Bauteile



Suche in Datenbank nach Übereinstimmungen mit vorhandenen Schablonen

Ähnlichkeitsanalyse der Textschablonen

Schablone	Pluspunkte	Minuspunkte	Häufigkeit
„Schrauben mit E-Schrauber“	5	0	2
„Manuelles Verschrauben“	3	1	1
„Nieten mit Hilfswerkzeug“	3	2	5
„Einstecken von Stiften“	3	2	1
„Verkleben von Bolzen“	3	2	1

Bewertung gemäß Übereinstimmungen und Sortierung nach Punkten sowie Häufigkeit der Verwendung

Bild 61: Ermittlung von zutreffenden Textschablonen für Anweisungen auf Basis einer Suche im Datenbestand und anschließender Ähnlichkeitsanalyse

Textgenerierung

Nach der Bestimmung der in Frage kommenden Schablonen findet die Generierung des Anweisungstextes unter Nutzung der Schablone auf dem ersten Rang gemäß des Ergebnisses der Ähnlichkeitsanalyse statt. Dabei besteht eine Schablone entsprechend der Textgenerierungsmethode mit Templates aus fest vorgegebenen Textteilen und Variablen, an denen bspw. Parameter für Prozesse oder Bauteilbezeichnungen eingefügt werden können. Ferner können verschiedene Textklassen vorgegeben werden, um etwa Warnhinweise oder aktuelle Meldungen hervorzuheben. In Bild 62 sind ein Beispiel einer Textschablone für einen Schraubvorgang mit einem Warnhinweis sowie das Ausgabeergebnis dargestellt. Die Variable %BAUTEIL stellt dabei den Platzhalter für die Bauteilbezeichnung dar, während an der mit %PARAM gekennzeichneten Position der Prozessparameter Drehmoment eingefügt wird. Durch %WARN wird ein Warnhinweis gesetzt, welcher sich dadurch auszeichnet, dass er in einer neuen Zeile mit einem Piktogramm beginnt und typografisch hervorgehoben ist.

Die Schablone selbst ist dabei nicht für den Benutzer sichtbar, dieser interagiert lediglich mit der Oberfläche der grafischen Benutzerschnittstelle. Dabei können die Parameter und weitere variable Textteile im Vorranggrapheneditor durch die kontextbasierten Eingabefelder abgefragt werden, während sich die Bauteile aus der Anordnung im Graphen ergeben.

Im Beispiel wird ersichtlich, dass die Schablonen durch Variation der Bauteile und Parameter flexibel einsetzbar sind. So entsteht durch Anwendung auf verschiedene Bauteile unter Nutzung diverser Prozessparameter, im Beispiel Drehmoment, eine hohe Wiederverwendbarkeit, was in höchstem Maße auf häufig benötigte Prozesse, wie bspw. Schrauben oder Klipsen, zutrifft. Jedoch können auch die Prozesse, also die Art der Arbeit, variiert werden, wodurch gleichartige Schablonen auch für abweichende Prozesse einsetzbar sind, die etwa gleiche Parameter und Hinweise benötigen. Bei der Abspeicherung von neu generierten Schablonen zur Erweiterung der Fallsammlung wird dazu die Belegung der Parameter hinterlegt, um diese bei der Generierung der

Anweisung einfügen zu können. Somit ist die Erzeugung der Texte von der Parameterbelegung sowie Schablonenauswahl entkoppelt und erfolgt in einem separaten Schritt direkt aus der Datenbank.

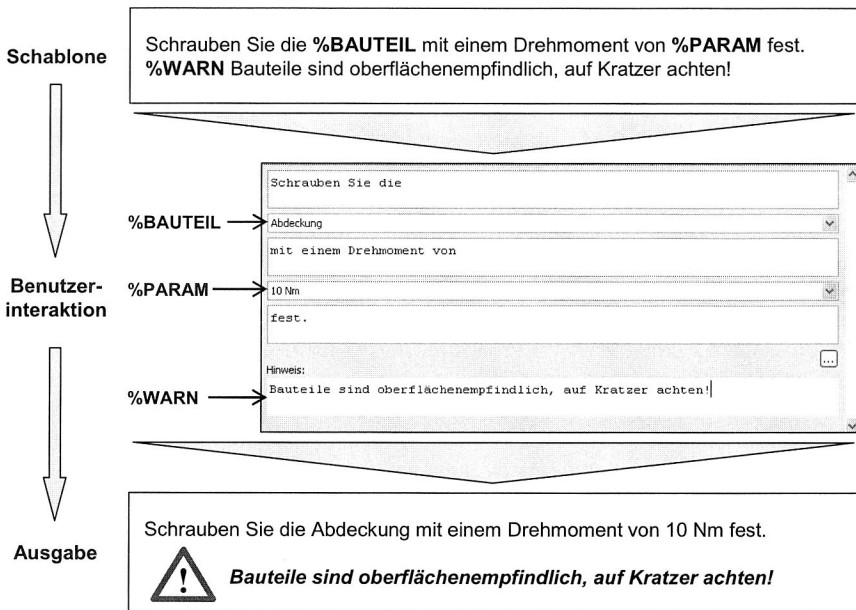


Bild 62: Textgenerierung durch Bereitstellung von Textschablonen zur Auswahl von Attributen durch Benutzer und darauf basierende Ausgabe einer Anweisung

Weiterverarbeitung und Ausleitung von Arbeitsanweisungen

Nachdem die Zusammenstellung des Textes erfolgreich in der zugehörigen Datenbank abgelegt wurde, kann die eigentliche Generierung der Arbeitsanweisung und damit deren Ausleitung stattfinden. Um dabei eine möglichst breite Nutzbarkeit zu ermöglichen, ist die Auswahl zwischen der Ausleitung in den Formaten PDF, PHP und HTML oder einer Speicherung in Dateien vorgesehen. Unabhängig vom Ausgabeformat wird dazu die Datenbank nach der erstellten und ausgefüllten Textschablone abgefragt und daraus der Anweisungstext zusammengeführt sowie Bilder, sofern hinterlegt, von der jeweiligen Quelle beigelegt. Aus diesen Daten wird daraufhin, idealerweise in Anlehnung an die in Kapitel 4.4 vorgestellte Gestaltungsrichtlinie, ein Anweisungsdokument im gewählten Format erzeugt und ausgegeben.

Sofern eine papiergebundene Distribution der Anweisungen erfolgen soll, bietet die Ausgabe als PDF-Dokument vielfältige Vorteile. So können diese unternehmensweit zunächst elektronisch verteilt und dann zur Darstellung an den Arbeitsplätzen produktionsnah ausgedruckt werden. Ferner wird damit erreicht, dass die Dokumente system-

unabhängig ein gleiches Erscheinungsbild aufweisen. In Anlehnung an die Ausgabe als PDF-Dokument ist auch ein Direktausdruck vorgesehen. Hierbei muss, ähnlich der PDF-Erstellung, zunächst ein Dokument erzeugt werden, welches direkt aus dem Vorranggrapheneditor ausgedruckt werden kann.

Zur Anzeige von Anweisungen auf in der Produktion installierten Bildschirmen oder Terminals im Sinne eines IT-gestützten Mitarbeiterinformationssystems ist es sinnvoll, ein Datenformat einzusetzen, welches sich nicht durch fest vorgegebene Dokumente, wie dies bei PDF der Fall ist, charakterisiert, sondern eine freie, skalierbare Darstellung erlaubt. Sofern eine webbasierte Darstellungsmethode angestrebt wird, bieten hierzu die Formate HTML und PHP großes Potenzial. Bei der Nutzung von PHP können Bilder und Anweisungstexte direkt aus der zugehörigen Datenbank ausgelesen und zur Anzeige gebracht werden. Dies bietet den Vorteil einer hohen Dynamik, da Änderungen an den Einträgen in der Datenbank umgehend auch bei deren Anzeige berücksichtigt werden. Eine weitere Möglichkeit der webbasierten Darstellung bilden HTML-Dokumente. Eine in diesem Format erstellte Arbeitsanweisung kann auf einem Web-Server oder auch lokal zum Abruf abgelegt werden. Die Nachteile liegen hierbei darin, dass keine dynamische Änderung, wie bei PHP, möglich ist und dass die Bilder einer Anleitung separat gehandhabt werden müssen. Dokumente in beiden Formaten, HTML und PHP, sind in ihrer Struktur äußerst einfach aufgebaut, wodurch deren Erzeugung mit geringem Aufwand in den Vorranggrapheneditor implementiert werden kann und zusätzliche Hilfsprogramme vermeidbar sind.

Als weitere Option zur Ausleitung von Anweisungen ist ferner deren direkte Einbettung in die Datenbasis eines eingesetzten rechnergestützten Mitarbeiterinformationssystems vorzusehen. Dazu kann bspw. eine Kopplung mit der Datenbank dieser Systeme herangezogen oder ein proprietäres Datenformat, auch über eindeutige Schnittstellen, eingesetzt werden.

5.6 Kopplung an assoziierte Systeme und Planungsunterstützung

Zum effizienten Einsatz des entwickelten Konzepts zur Erstellung von Arbeitsanweisungen müssen, um redundante Datenhaltung zu vermeiden und den Pflegeaufwand zu reduzieren, Anbindungen an bestehende Systeme vorgesehen werden. Dieser durchgängige Ansatz der Mitarbeiterinformation zeichnet sich durch die direkte Kopplung an Systeme aus, die der Anweisungserstellung vor- oder nachgelagert sind. Relevant ist dies vor allem für Systeme, aus denen vorhandene Daten, wie bspw. Stücklisten- oder Varianteninformationen, bezogen werden können sowie zur Übertragung der erstellten Anweisungen zu Lösungen, die diese anzeigen oder verteilen können.

Die dafür notwendige Kommunikation kann über eine gemeinsame Datenbasis, idealerweise eine Datenbank, oder den Austausch bzw. die Übertragung von Dateien stattfinden. Da viele der assoziierten Systeme ohnehin auf einer Datenbank basieren und auch der Anweisungsgenerator auf einer solchen aufsetzt, bietet sich diese Variante zur Systemkopplung an.

5.6.1 Anbindung an CAD-, PDM-, PPS- und ERP-Systeme

Typischerweise nutzen Unternehmen zur Verwaltung ihres Produktportfolios sowie der Auftragsverwaltung und Fertigungsplanung CAD-, PDM-, PPS- oder ERP-Systeme, in welchen Produktstrukturen, teilweise bereits mit einer Zuordnung zu Produktionseinrichtungen oder -bereichen, hinterlegt sind [97]. Einige der in diesen Systemen vorhandenen Daten werden auch im hier vorgestellten Konzept zur automatisierten Anweisungsgenerierung benötigt. Dabei können, um eine Aufwandsreduktion zu realisieren sowie redundante und damit fehleranfällige Datenhaltung zu vermeiden, in diesen Systemen abrufbare Daten zur Erzeugung von Anweisungen weiterverwendet werden. Dazu ist es notwendig, die zu übertragenden Daten klar zu definieren und festzulegen, welche Inhalte daraus entnommen werden sollen.

Vorwiegend ist hierbei auf grundlegende Produktinformationen zurück zu greifen. In der Regel sind sämtliche Stücklistenpositionen sowie die Anzahl und Zusammensetzung der möglichen Varianten, somit die Produktstruktur, bereits umfassend eingepflegt. Da diese Informationen im vorliegenden Konzept die Grundlage zur Erstellung einer Anleitung bilden, sollten sie zu Beginn des Erstellungsvorgangs direkt aus dem vorgelagerten System bezogen und nicht händisch übertragen werden. Ferner können, gerade aus PPS-Systemen, auch Hinweise zu Produktionsressourcen bezogen und genutzt werden. Dies ist dahingehend erweiterbar, auch Vorgabezeiten und Ähnliches für die Produktionsplanung (siehe auch Kapitel 5.6.4) zu übernehmen.

Da die erwähnten Systeme üblicherweise auf einer Datenbank basieren, ist der einfachste und robusteste Weg der Anbindung der direkte Zugriff auf diese durch den Anweisungsgenerator. Hierzu müssen lediglich die relevanten Datenbanktabellen für den Zugriff durch das vorgestellte System freigegeben werden. Damit können die benötigten Informationen direkt aus dem bestehenden Datenbestand gelesen und weiterverarbeitet werden, wobei zu beachten ist, dass nicht beide Systeme schreibend zugreifen dürfen. Es sollte immer eines das übergeordnete System sein, in dem bestimmte Inhalte gepflegt und erstellt werden. Bei gleichberechtigtem Zugriff würde die Gefahr inkonsistenter Daten bestehen, wenn bspw. Eingabefehler stattfinden. Diese Entscheidung ist bei der Systemeinführung zu treffen und von den innerbetrieblichen Strukturen und IT-Strategien abhängig.

5.6.2 Kopplung an Systeme zur Anzeige der Anweisungen

Das vorgestellte Systemkonzept bietet verschiedene Wege, nachgelagerte Systeme anzubinden und damit die Anweisungen IT-basiert zur Anzeige zu bringen. Eine Möglichkeit stellt hierzu die Nutzung der XML-Struktur dar, mit welcher das System grundlegend arbeitet. Die danach erzeugten Dateien können von weiteren Softwaresystemen eingelesen und interpretiert werden. Jedoch handelt es sich hierbei nicht um ein Standardformat, weshalb bei dieser Kopplung das Zielsystem entsprechend angepasst werden muss, um die erzeugten Dateien einzulesen.

Eine Alternative bietet die Übertragung von allgemein lesbaren Dateien in Standardformaten. Hierzu können die Anweisungen als PDF-, HTML- oder PHP-Datei exportiert und in den Zielsystemen zur Anzeige gebracht werden. Dabei eignet sich die Ausgabe in HTML oder PHP vor allem für eine webbasierte Anzeige in einem Internetbrowser, wobei die erzeugten Dateien hierzu auf dem jeweiligen Web-Server zum Abruf hinterlegt werden müssen. Bei Nutzung der PDF-Funktion kann das erzeugte Dokument mit entsprechender Standardsoftware oder auch innerhalb selbstständiger Systemlösungen angezeigt werden. Hierzu muss die jeweilige Dokumentendatei vom Anzeigeterminal aus zugreifbar sein.

Die höchste Ausbaustufe der Durchgängigkeit einer Lösung zur Mitarbeiterinformation wird allerdings nur dann erreicht, wenn beide Systeme, das zur Erstellung der Anweisung und das zu deren Anzeige, über eine gemeinsame Datenbasis verfügen und hierüber gekoppelt sind. Dazu ist im vorliegenden Konzept die Nutzung einer übergreifenden Datenbank vorgesehen, womit eine stetige Aktualität der hinterlegten Informationen erreicht wird. Auf diese Weise sind sowohl neue Anleitungen oder Änderungen umgehend im Anzeigesystem verfügbar als auch Rückmeldungen von den Arbeitsplätzen direkt über diese Datenbank abruf- und nutzbar. Um bei dieser Vorgehensweise Redundanzen zu vermeiden und damit die Daten konsistent zu halten, muss sichergestellt werden, dass jeder Eintrag nur einmal und eindeutig indexiert vorhanden ist. Damit Bilder bzw. Grafiken in einer Anleitung angezeigt werden können, müssen diese in ein Verzeichnis auf dem Server gespeichert und in der Datenbank referenziert werden. So kann auch der Bestand an Zusatzinformationen, die technisch bedingt in Form von Dateien vorliegen müssen, aktuell und stets verfügbar gehandhabt werden.

5.6.3 Anbindung von Simulations- und Planungssoftware

Weiterhin bietet die offene Systemgestaltung die Möglichkeit, Daten aus Planungssoftware oder Simulationsanwendungen zu beziehen sowie diese mit Informationen zu versorgen. Da all diese Systeme ähnliche Daten benötigen bzw. erzeugen, kann auch hier der Gesamtaufwand erheblich reduziert werden. Beispielsweise können dazu Strukturen aus dem Anleitungsgenerator für die Nutzung in einer Ablaufsimulation genutzt werden. Ferner ist denkbar, aus Ergonomiesimulationen direkt Grafiken zu Verrichtungen und die dafür benötigten Zeiten zu beziehen, um diese einbetten und in der Anweisung darstellen zu können. Hier kann für eine IT-basierte Darstellung auch auf komplette Videosequenzen aus Simulationsläufen zurück gegriffen werden. Als Grundlage für die Verbindung dieser Systeme miteinander muss eine eindeutige Schnittstelle geschaffen werden. Diese kann etwa auf Basis der in Kapitel 5.3.1 erläuterten XML-Struktur erstellt werden, wobei auch hier Videosequenzen oder Grafiken separat als Dateien zu übermitteln sind.

5.6.4 Erweiterung um Produktionsplanungsfunktionen

Da innerhalb der vorgestellten Systemlösung ohnehin die Abläufe der Produktion abgebildet werden, bietet es sich an, in diesem Konzept auch grundlegende Planungsfunkti-

onen zu implementieren, um in einer Anwendung verschiedene typische Aufgabenfelder der Arbeitsvorbereitung und Produktionsplanung zu vereinen. Somit können über die Kopplung an vorhandene Planungssysteme hinaus auch innerhalb der hier vorgestellten Lösung Funktionalitäten zur Produktionsplanung direkt eingebunden werden. Dazu wurde vorgesehen, jedem Arbeitsgang eine zeitliche Dauer und eine Produktionsressource, bspw. einen Arbeitsplatz, eine Vorrichtung oder eine Maschine, zuzuordnen. Auf diese Weise können mit geringem Aufwand Abtaktungen geplant und wirtschaftlich eingestellt werden. Weiterhin können in diesem Rahmen Verrichtungen in Gruppen zusammengeführt und somit als gemeinsamer Arbeitsinhalt betrachtet werden.

Über einfache Drag-and-Drop Funktionalitäten soll somit ermöglicht werden, Arbeitsinhalte zu verschieben, anderen Ressourcen zuzuordnen oder die Reihenfolge der Arbeitsschritte zu verändern. Damit besteht mit einem einzigen Softwarewerkzeug die Möglichkeit, eine Produktionsfeinplanung durchzuführen und im selben Zug eine angepasste Arbeitsanweisung mit korrekter Zuordnung zu Arbeitsplätzen und Arbeitsinhalten zu generieren.

6 IT-basierte Mitarbeiterinformation in der Produktion

Neben der effizienten Gestaltung und Erstellung produktionsrelevanter Informationen erfordert ein durchgängiges Systemkonzept zur Mitarbeiterinformation eine leistungsfähige Lösung zur Anzeige und Bereitstellung der Informationen vor Ort an den Arbeitsplätzen oder in deren Nähe. Der Einsatz IT-basierter Lösungen bietet in diesem Zusammenhang weitreichendes Potenzial hinsichtlich Effizienzsteigerungen im Arbeitsablauf, Qualitätsverbesserungen sowie der ergonomischen Informationsdarstellung- und -rückmeldung. Gleichzeitig kann eine erhebliche Kostensenkung gegenüber der klassischen, papiergebundenen Informationsverteilung erreicht werden. Zur Realisierung dieser Vorteile wurde ein effizientes, IT-basiertes Mitarbeiterinformationssystem konzipiert, welches im Folgenden ausführlich vorgestellt wird.

6.1 Treiber für den Einsatz von MIS und daraus resultierende Funktionalitäten

Um den aktuellen Marktveränderungen mit ihrer Dynamik und der damit einhergehenden Forderung nach Losgröße-1 bei hoher Flexibilität begegnen zu können, ist eine mitarbeitergeprägte Produktion ein adäquater Lösungsansatz. Zur Erreichung der im internationalen Wettbewerb notwendigen Leistungsfähigkeit muss dabei zunächst die Effizienz der Einzelarbeitsplätze gesteigert werden. Dies ist sowohl durch die Entwicklung neuer, ergiebigerer Produktionstechnologien, als auch einer Verbesserung des Informationsflusses zum und vom Werker zurück zu erreichen. [60]

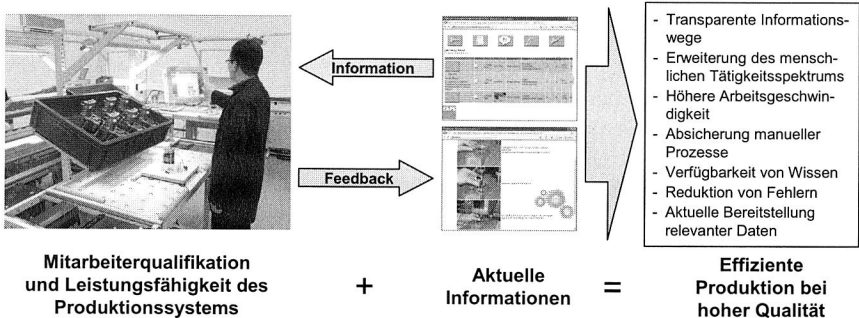


Bild 63: Steigerung der Leistungsfähigkeit von Produktionsarbeitsplätzen durch zielgerichtete Kombination von Mitarbeiterqualifikation und Information

Nur wenn dieser Informationsfluss zielgerichtet eingesetzt wird, können aktuelle und transparente Informationswege das menschliche Tätigkeitsspektrum erweitern, indem dadurch Fähigkeiten wie Kreativität, Interpretation und Entscheidungsvermögen verstärkt für produktive Aufgaben eingesetzt werden. Dazu sind die relevanten Daten am Arbeitsplatz, an dem sie benötigt werden, bereitzustellen. Ferner kann durch diese informationstechnische Mitarbeiterintegration die Effizienz und Geschwindigkeit der Ver-

richtung von Tätigkeiten in der Produktion erhöht werden, was den benötigten Wettbewerbsvorsprung sicherstellen kann. [55]

Dies ist dadurch zu erreichen, dass neben der Einbringung von Erfahrung, Wissen und Fähig- bzw. Fertigkeiten des Mitarbeiters, dieser in effizienter Weise bei seinen Aufgaben angeleitet wird. Zu der Qualifikation, die der Mitarbeiter mitbringt, sind ihm Informationen zu seiner durchzuführenden Tätigkeit bereitzustellen. Durch die Kombination von mitgebrachtem Know-how und aktueller sowie richtiger Information zur auszuübenden Tätigkeit ist ein Maximum an Effizienz und Qualität möglich (siehe Bild 63).

Hierbei gilt es, den Informationsfluss in beide Richtungen, zum und vom Werker zurück, zu verbessern, um eine Effizienzsteigerung im Produktionssystem umzusetzen und eine Prozessabsicherung auch bei manuellen Tätigkeiten zu erreichen. So sollten Daten wie Montageanleitungen, Stücklisten, Qualitätsmerkmale, Prüfanweisungen sowie Rückmeldedaten (z.B. die Meldung von Ausschussmengen etc.) Verwendung finden [26]. Ferner muss dieses Wissen entkoppelt von einzelnen Wissensträgern, unabhängig von Personen, Krankenstand, ausscheidendem Personal etc., kontinuierlich und aktuell im Unternehmen zur Verfügung stehen [102]. Auf diese Weise ist auch die Problematik der Ersatzfertigung zu lösen. Oftmals wird durch den Kunden die Forderung gestellt, in bestimmten Produktkategorien, weit über den Produktlebenszyklus hinaus, Ersatzteile und Austauschkomponenten erhalten zu können. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, muss innerhalb des Unternehmens gewährleistet sein, dass das benötigte Know-how zur Fertigung aller, auch aus der Produktion genommener, Produkte jederzeit verfügbar ist. [27] Mit einer dem Informationssystem zugrunde liegenden Wissensdatenbank kann dies als weiterer, sekundärer Aspekt, geleistet werden.

Ferner sollen mit der Bereitstellung von produktionsrelevantem Wissen menschliche Fehler reduziert werden, um eine Qualitäts- und Verfügbarkeitsverbesserung im Produktionssystem zu erreichen. Diese Fehler lassen sich aus kognitionspsychologischer Sicht in Ausführungs-, Gedächtnis- und Denkfehler einteilen [88]. Dabei treten Ausführungsfehler überwiegend aufgrund von Nachlässigkeit, Konzentrationsschwäche oder Überlastung auf, wobei sie durch geeignete Gestaltung des Arbeitsprozesses reduzierbar sind. Gleichermaßen sind Gedächtnisfehler einzuschränken, die sich primär durch das Auslassen von Handlungsschritten kennzeichnen. Denkfehler treten dagegen vor allem bei kognitiv anspruchsvollen Tätigkeiten auf, für die eine Erinnerung an vorgegebene Abläufe oder die Lösung neuartiger Probleme gefordert ist, und sind daher deutlich schwieriger zu vermeiden. Beispielhafte Tätigkeitsfehler, auf die dies zutrifft, sind die Beherrschung einer hohen Variantenzahl, die Durchführung komplexer Produktionsaufgaben (z.B. Komplettmontagen), Aufgaben der Qualitätsprüfung oder Planungsaufgaben in Arbeitsgruppen [102]. Ursachen für diese Fehler sind häufig in unzureichender Mitarbeiterqualifikation sowie einer mangelnden Verfügbarkeit, Aktualität oder Vollständigkeit von Informationen begründet [54]. Bei den genannten Fehlerarten ist festzustellen, dass gerade selten auftretende, variantenspezifische Abläufe damit deutlich höher belastet sind als Standardarbeitsgänge, die sich durch ein hohes Trainingsniveau kennzeichnen. Dabei treten Wiederholfehler nachweislich häufiger beim Einsatz

von unerfahrenen Mitarbeitern konzentriert über spezifische, kurze Zeitintervalle auf, wobei diese Fehler häufig nicht im Rahmen einer Selbstprüfung erkannt und behoben werden. [89]

Zur Lösung der dargestellten Problemfelder empfiehlt sich daher, vor allem im Bereich wechselnder Produktionsaufgaben, ungeübter Tätigkeiten und hochintegrierter Arbeitsinhalte, der Einsatz angepasster Informationsmethoden und -systeme [28]. Durch die Bereitstellung von Arbeitsanweisungen, die Vermittlung von Prozesskenntnissen und die Dokumentation von Erfahrungswissen sowie Prozessabläufen kann damit zu einer Reduktion der qualifikations- und informationsbedingten Fehler, zur Steigerung der Prozessfähigkeit bei manuellen Aufgaben und somit einer Effizienzsteigerung beigetragen werden. Weiterhin ist durch die damit erzielbare höhere Lerngeschwindigkeit der Mitarbeiter ein stetig wechselnder, schneller Produktionsanlauf realisierbar, der für eine erhöhte Flexibilität gegenüber Markt und Kunden maßgeblich ist. Mit der einhergehenden verbesserten Visualisierung komplexer Zusammenhänge wird die Aufmerksamkeit der Werker erhöht, auf diese Weise ein intensiveres Arbeiten ermöglicht und somit eine kontinuierliche Verbesserung der Arbeitsleistung erreicht. Damit ergeben sich als Konsequenzen eine mit Kosteneinsparungen verbundene Qualitätssteigerung, eine Reduktion von Bearbeitungszeiten sowie Nachbesserungsquoten und nicht zuletzt eine erhöhte Mitarbeitermotivation durch eine Aufwertung der Arbeitsinhalte. [62] [102]

6.1.1 Typische Situation bei Bereitstellung und Umgang mit Produktionsinformationen

In vielen Unternehmen besteht das Informationswesen in der Produktion zur Bewältigung der beschriebenen Herausforderungen aus einer Fülle einzelner Systeme, welche mehr oder weniger funktionsfähig und wirtschaftlich sind. Häufig existieren sog. Begleitkarten, welche jedem zu fertigenden Auftrag beiliegen und nach jedem erfolgten Bearbeitungsschritt entsprechend gekennzeichnet werden. Diese Arbeitsdokumente enthalten Daten über das zu produzierende Auftragslos mit dazugehörigen prozessrelevanten Informationen. [61] Üblicherweise liegen ergänzend an den einzelnen Arbeitsplätzen weitere Dokumente, wie bspw. Stücklisten, Arbeitsanweisungen (z.B. Bauanleitungen oder Prüfvorschriften), Darstellungen von Qualitätskriterien oder Rückmeldebögen für Ausschussmengen, in Papierform vor. Somit erfolgt in der Regel der Informationstransport in und durch den Produktionsbereich auf Basis des Weiterreichens und Verteilens von schriftlichen, papiergebundenen Unterlagen [102], was mit erheblichen spezifischen Problemstellungen behaftet ist (Bild 64).

Basierend auf der Nutzung von Papier als Informationsmedium muss der Werker neben seiner Haupttätigkeit mit einer Vielzahl von Unterlagen, im konkreten Fall Papierbögen, umgehen und diese handhaben. Dies ist wenig praktikabel und kann zu Problemen durch Verwechslungen, Verlust, Verschmutzung oder Ähnlichem führen (siehe auch Kapitel 2.2.4). Die größte Herausforderung bei dieser Art der Mitarbeiterinformation ist die Pflege der Daten, da mit papiergebundenen Anweisungen am Arbeitsplatz eine schnelle, unternehmensweite Aktualisierung kaum möglich ist. Auch fehlt die Möglich-

keit des Informationsrückflusses vom Mitarbeiter nahezu völlig, so dass eine Interaktion nicht realisierbar ist. [58] Hinzu kommt die Gefahr von Dateninkonsistenzen und Redundanzen. So sind bspw. auf den Dokumenten handschriftlich vermerkte Hinweise, Bestätigungen oder Anweisungen, wie sie häufig auftreten, nur lokal vorhanden und nicht dokumentierbar hinterlegt. Bei Verlust einer solchen Informationsquelle ist eine Wiederherstellung aller darauf vermerkten Daten in der Regel nicht möglich.

Üblicherweise werden bei dieser Art der Informationsverteilung in den Produktionsbereich die Dokumente zunächst händisch erstellt, daraufhin gedruckt, kopiert und dann an die Arbeitsplätze, Abteilungen oder Mitarbeiter verteilt. Somit können diese Unterlagen kaum der Forderung nach hoher Aktualität gerecht werden. Ferner ist dieses Vorgehen immer mit der Problematik behaftet, dass Fehler in den Dokumenten in der Regel erst nach deren Verteilung entdeckt werden und somit der gesamte, äußerst aufwändige, Vorgang der Erstellung und Verteilung erneut komplett zu durchlaufen ist. Dabei kann nicht sichergestellt werden, dass sämtliche fehlerhaften Dokumente zurückgezogen worden sind.



Bild 64: Spezifische Problemstellungen bei der Nutzung von Papier als Informationsmedium in der Produktion

Neben diesen Mängeln existiert ferner eine Problemstellung, die sich durch das eigenverantwortliche Denken der Mitarbeiter und deren Streben nach der Steigerung der eigenen Effizienz ergibt. Da die Werker in der Regel versuchen Nebenzeiten zu reduzieren, werden sie auch versuchen das jeweilige Abholen von Informationen und Begleitdokumenten einzuschränken, sofern diese Unterlagen zentral hinterlegt sind (um eine höhere Aktualität zu gewährleisten) und vor Beginn jedes Auftrags abgeholt und bei der Tätigkeitsdurchführung genutzt werden sollen. [27] Eine Variante ist hier das vollständige Ignorieren dieser Dokumente, was sich schnell in Qualitäts- oder Ausbringungsverlusten bemerkbar macht und daher eher selten auftritt. Das andere Vorgehen hinsichtlich einer diesbezüglichen Aufwandsverringerung ist die Schaffung eines eigenen, dezentralen Dokumentenvorrats durch die Mitarbeiter. Hierzu werden vorhandene Anweisungen kopiert und am eigenen Arbeitsplatz hinterlegt, wodurch sie bei Bedarf greifbar sind. Jedoch kann somit nicht mehr gewährleistet werden, dass jeder Mitarbeiter die aktuellen, freigegebenen Anweisungen bei der Durchführung seiner Tätigkeiten nutzt.

Folglich treten neben redundanten und inkonsistenten, über das gesamte Unternehmen verteilten, Arbeitsanweisungen verschiedenste Versionsstände in der Produktion auf, was zu starken Qualitätsschwankungen und Problemen im Produktionsablauf führt.

Bei Betrachtung dieser Aspekte ist zu erkennen, dass mit den klassischen Methoden zur Informationsbereitstellung im Produktionsbereich die geforderte Aktualität mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand kaum oder gar nicht erreicht werden kann. Durch die fehlende Möglichkeit der Durchführung von Rückmeldungen kann ferner keine Kontrollfunktion über Produktions-, Prozess- oder Informationsabläufe implementiert werden. Einen vielversprechenden Lösungsansatz bietet hier die Substitution der klassischen, papiergebundenen Variante durch IT-basierte, leistungsfähige Informationssysteme.

6.1.2 Anforderungen an eine effiziente Informationsbereitstellung und daraus abzuleitende Systemmerkmale

Um eine effiziente Vor-Ort-Versorgung der Produktionsarbeitsplätze mit den benötigten Informationen etablieren zu können, bestehen einige Grundvoraussetzungen, denen das jeweilige Informationssystem gerecht werden muss. Die Basisanforderung bildet dabei neben der ergonomischen Bedienbarkeit die Maßgabe, den Mitarbeitern jederzeit aktuelle und richtige Informationen an allen Arbeitsplätzen unternehmensweit auf einfachste Weise abrufbar zur Verfügung zu stellen.

Zur Realisierung eines möglichst einfachen und ergonomischen Bedienkonzepts sollte auf eine maximale Einfachheit der Bedienung und minimalen Aufwand bei notwendigen Eingaben geachtet werden. So sind komplexe Eingaben von Text und Zahlen durch Produktionsmitarbeiter zu vermeiden und stattdessen einfache Eingabemöglichkeiten über Auswahlbuttons oder Ähnliches zu realisieren [58]. Damit kann auf den Einsatz von Maus und Tastatur im Produktionsbereich verzichtet werden, wodurch Fehlerquellen wie Bedienungsfehler, Defekte an den Eingabegeräten oder deren umständliche Handhabung auf ein Minimum reduzierbar sind. Statt dieser klassischen Eingabegeräte sollten daher berührungssensitive Bildschirme, sog. Touchscreens, zum Einsatz kommen. Hier können die Mitarbeiter direkt mit den Bildschirmmasken durch einfaches Berühren der relevanten Schaltflächen interagieren, wodurch neben einer höheren Systemakzeptanz auch eine robustere Bedienbarkeit erreicht wird. Dabei ist bei der Gestaltung der Bildschirmmasken darauf zu achten, dass die Bedienfelder der jeweiligen Arbeitsumgebung angepasst in einer ausreichenden Größe dargestellt werden, um eine sichere Interaktion, unter Umständen auch mit Arbeitshandschuhen oder aus größerer Entfernung, zu ermöglichen. Zur Daten- und Systempflege im administrativen Bereich sollten jedoch weiterhin klassische Eingabemethoden genutzt werden, um die in diesem Rahmen anfallenden Tätigkeiten effizient durchführen zu können.

Das grundlegende Funktionsmerkmal eines Mitarbeiterinformationssystems bildet die Unterstützung der Produktionsmitarbeiter bei deren Tätigkeiten und den dazu notwendigen assoziierten Abläufen. Hierbei findet eine Unterstützung durch entsprechende Arbeitsanweisungen statt, in denen bspw. Montageabläufe in Form einer Bauanleitung, Prüfvorgänge oder auch Vorgaben zur Demontage [99] dargestellt sein können. Ferner

sollten weitere Informationen abrufbar hinterlegt sein, die eine Hilfestellung bei den durchzuführenden Verrichtungen bieten. Hier sind bspw. Stücklisten, Explosionszeichnungen bzw. -darstellungen, CAD-Zeichnungen oder Prozessparameter zur Verfügung zu stellen. Eine Übersicht möglicher Basisinhalte zeigt Bild 65. Dabei sollten die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Tätigkeiten berücksichtigt werden. So könnten etwa Unterscheidungen in die Bereiche Fertigung, Rüsten, Montage, Prüfen, Einstellen, Kommissionieren, Bereitstellen, Nacharbeit und Verpacken getroffen werden, wobei jedes Feld eine spezifische, den Tätigkeiten angepasste, Darstellungsform erhält. Um hierbei den Mitarbeiter ausschließlich zu unterstützen und nicht durch ein Überangebot von Informationen zu behindern, ist darauf zu achten, lediglich die relevanten und benötigten Informationen anzuzeigen. So sollen nicht jedem Werker alle Informationen in der gleichen Detaillierung aufgezwungen werden, was durch eine freie Skalierbarkeit der Informationstiefe erreicht werden kann.

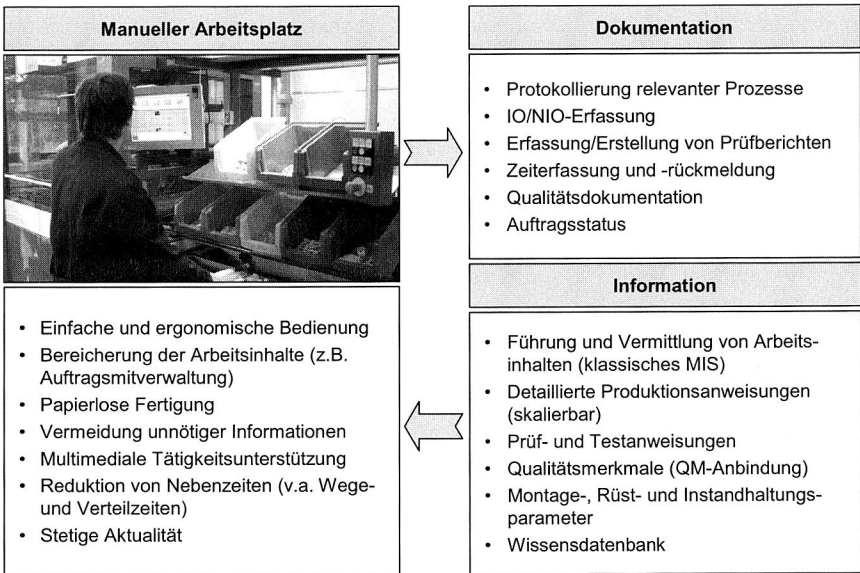


Bild 65: Grundfunktionalitäten und beispielhafte Basisinhalte eines Mitarbeiterinformationssystems

Eine weitere Hauptaufgabe stellt die Führung der Mitarbeiter bei qualitätsrelevanten Tätigkeiten und die Dokumentation dieser Prozesse dar. Dazu müssen im System entsprechende Vorschriften und Vorgaben, wie Verpackungsvorschriften, Prüfanweisungen, Fehlerbeschreibungen oder Spezifikationen von Gut- und Schlechttteilen, schnell und problemlos abrufbar integriert werden. Zur Erfassung und Dokumentation von Prozess- sowie Qualitätsdaten müssen diese über einfach auszufüllende Eingabemasken abgefragt und weitergeleitet werden können, um eine effiziente Rückmeldemöglichkeit aus dem Produktionsbereich zu gewährleisten. Hierbei sollen die bisher papiergebun-

denen Formulare, wie Ausschussmeldungen oder Prüfkarten, ersetzt und diese Daten durch das IT-System zum Abruf und zur Weiterverarbeitung abgelegt werden. Weiterhin ist die Möglichkeit vorzusehen, aktuell auftretende Fehler oder Probleme im Prozessablauf umgehend durch das System melden zu können. Dazu sollte eine einfach nutzbare Funktion im Sinne eines Hilferufs eingesetzt werden, mit welcher entsprechende Abteilungen oder zuständige Personen automatisiert benachrichtigt werden können.

Durch diese Funktionen hinsichtlich Tätigkeitsunterstützung sowie Qualitätsdatendokumentation ist auch bei manuellen Vorgängen eine Prozesssicherheit zu erreichen, wie sie bisher nur in vollautomatisierten Systemen unter hohem finanziellem Aufwand realisierbar war. Damit wird, gemäß der wachsenden Anforderung bspw. der Automobilhersteller die Möglichkeit geschaffen, auch in manuellen Bereichen der Produktion eine Losgröße-1 Bauteilverfolgung und -dokumentation sicher durchzuführen. Ferner kann durch stetige Überprüfung der Mitarbeiterqualifikation in Verbindung mit einer Versionsverwaltung der Anweisungsdaten dafür Sorge getragen werden, dass nur die aktuellen Informationen bei der Abarbeitung der Aufgaben zur Verfügung gestellt und genutzt werden sowie Werker automatisiert und verbindlich eine aktuelle Version nach etwaigen Änderungen angezeigt bekommen.

Weiterhin kann mit einem Mitarbeiterinformationssystem dazu beigetragen werden, die Auftragsverwaltung und -disposition zu unterstützen sowie damit eine Schnittstelle zwischen Auftragsmanagement oder Produktionsplanung und Mitarbeiter zu bilden. Hierzu soll diesem im Falle von Einzelarbeitsplätzen die Möglichkeit gegeben werden, aus einer geordneten Auftragsliste den nächsten für ihn relevanten Auftrag auszuwählen und diesen bei Fertigstellung rückzumelden (Bild 66). Diese Rückmeldung kann gekoppelt mit der Prozessdokumentation inklusive Ausschussanteil, bspw. automatisiert durch eine nachfolgende Prüfstation oder durch Interaktion des Werkers via Touchscreen, stattfinden [60]. Bei Anordnung des Arbeitsplatzes in einer Produktionslinie identifiziert dazu das System den aktuell einlaufenden Auftrag und stellt die notwendigen Informationen nach Bearbeitungsfreigabe zur Verfügung.

Zur Gewährleistung der beschriebenen Funktionen ist eine Anbindung an bestehende Softwaresysteme zwingend nötig. Hierzu sind exakt definierte Schnittstellen zu Systemen wie PPS, Qualitätsdatenverwaltung, Intranet und Lagerverwaltung zu implementieren. Darüber hinaus sind vor- und nachgelagerte Prozesseinheiten einzubeziehen, um bspw. die Materialversorgung sicher zu stellen oder die Prioritäten in der Auftragsliste aus der Auslastung von Produktionseinrichtungen ermitteln zu können. Auf diese Weise kann die Freigabe von Produktionsaufträgen durch das System gehandhabt werden.

Um Mitarbeiterinformationssysteme in unterschiedlichen Unternehmen mit deren abweichenden Ansprüchen einsetzen zu können, muss eine offene, modulare Mehrkomponentenstruktur zugrunde gelegt werden [28]. Dabei setzt sich das System aus einem Grundmodul sowie diversen Zusatzmodulen zusammen, um eine freie Konfigurierbarkeit zu erreichen. Somit besteht die Möglichkeit, die jeweils relevante und notwendige Softwarelösung abhängig von den individuellen Bedarfsanforderungen zusammenzustellen. Des Weiteren kann auf diese Weise ein offenes System realisiert werden, mit

welchem Anbindungen an bestehende PPS-Systeme, Datenbanken, QM-Tools usw. einfach realisierbar sind. Die hierzu benötigten Schnittstellen können bei Bedarf individuell erstellt werden.

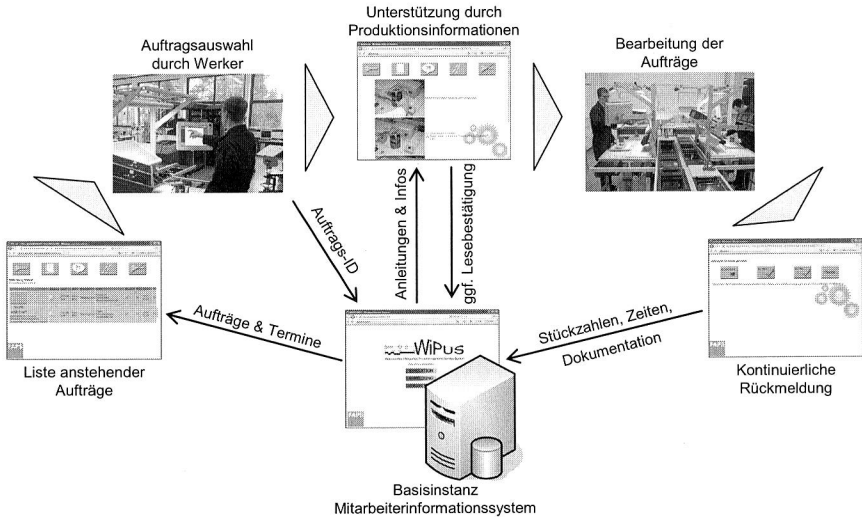


Bild 66: Exemplarischer Ablauf der Tätigkeitsunterstützung durch IT-basierte Mitarbeiterinformationssysteme in der mitarbeiterorientierten Produktion

Neben diesen Funktionen zur Unterstützung des Arbeitsablaufs können weiterführende Aspekte implementiert werden, die ein derartiges System zu einem Verwaltungshilfsmittel qualifizieren. So können bspw. Module zur Urlaubsplanung, der Krankheits- und Fehltagverwaltung, zur Arbeitsgruppenorganisation, ein schwarzes Brett oder aktuelle Firmeninformationen eingebunden werden. Auch eine Kopplung an das firmeneigene Intranet ist mit gewissen Einschränkungen sinnvoll.

6.1.3 Voraussetzungen für den Einsatz von IT-basierten MIS

Um ein nach den beschriebenen Vorgaben ausgeführtes Mitarbeiterinformationssystem effizient in einer Unternehmensstruktur etablieren zu können, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein oder geschaffen werden, welche sowohl infrastrukturelle als auch unternehmensphilosophische Aspekte betreffen. Grundlegend wird dazu eine leistungsfähige IT-Infrastruktur benötigt, die sich über das gesamte Unternehmen, also auch den Produktionsbereich, erstreckt. Hierzu müssen entsprechende Netzwerkverbindungen vorhanden sein, um alle Arbeitsplätze oder zumindest die wesentlichen Stationen anbinden zu können. Ebenso sollten Maßnahmen vorgesehen werden, mit deren Hilfe die produktionsrelevanten Daten zu sichern und hochverfügbar abzulegen sind. Auch ein ausfallsicheres Systemdesign oder zumindest Strategien zur Überbrückung eventuell auftretender Probleme sind bereitzustellen.

Ein derartiges System kann nur dann den Zweck der Effizienzsteigerung erfüllen, wenn die Mitarbeiter, die durch das System unterstützt werden sollen, dieses auch akzeptieren und grundsätzlich bereit sind, ihren Beitrag zum Unternehmenserfolg zu leisten. Unmotivierte oder schlecht arbeitende Mitarbeiter werden auch mit Unterstützung durch Mitarbeiterinformationssysteme kein besseres Arbeitsergebnis liefern. Hierzu muss zum einen das System entsprechend mitarbeiterfreundlich realisiert sein und zum anderen müssen bei Systemeinführung Maßnahmen durchgeführt werden, die die Mitarbeiter an die Software herangeführen und den Umgang damit erleichtern. Ein Weg, der sich bei den durchgeführten Untersuchungen dazu als erfolgreich herausgestellt hat, ist das konsequente Einbeziehen der Produktionsmitarbeiter in den Auslegungsprozess des Systems. Somit leisten die Werker bereits im Vorfeld ihren Beitrag zum späteren System und können in gewissen Grenzen selbst Einfluss auf dessen Gestaltung nehmen. Auf diese Weise ist zu gewährleisten, dass eine hohe Akzeptanz erreicht wird und das Mitarbeiterinformationssystem auch an die tatsächlichen Bedürfnisse im Produktionsbereich angepasst ist. Ferner bieten sich einführende Schulungsmaßnahmen an, die den Umgang damit vermitteln und somit auch eine Weiterqualifizierung der Mitarbeiter darstellen.

Wie von den Produktionsmitarbeitern muss ein Mitarbeiterinformationssystem auch von der Unternehmensführung und den administrativen Bereichen (bspw. Arbeitsvorbereitung, Prozessplanung, IT-Administration etc.) akzeptiert, „gewollt“ und „gelebt“ werden. Ein solches System muss Ausschließlichkeitscharakter besitzen, um die angestrebten Ziele damit erreichen zu können. So wird die Nutzung einer Mischform aus papiergebundenen Dokumenten parallel zu einem IT-basierten System keine Verbesserungen oder Einsparungen erreichen. Um die Potenziale vollständig ausschöpfen zu können, ist eine ganzheitliche Einführung, zumindest im Abteilungsrahmen, absolut notwendig. Dazu ist es zwingend erforderlich, dass die Unternehmensleitung die Potenziale erkennt und damit diese Ganzheitlichkeit vorgibt. Da es sich im Vorfeld der Einführung als äußerst schwierig erwiesen hat, konkrete Einsparpotenziale darzustellen und monetär zu bewerten, ist an dieser Stelle unternehmerisches Vorwärtsdenken und eine gewisse Risikobereitschaft notwendig, um den Nutzen eines Mitarbeiterinformationssystems ausschöpfen zu können.

Eine weitere Einschränkung hinsichtlich des Nutzenpotenzials ergibt sich aus der Produkt-, Prozess- und Produktionsstruktur des Unternehmens. Um nachhaltige und intensive Verbesserungen durch MIS zu erreichen, muss deren Einsatz von den Randbedingungen abhängig gemacht werden. So sind durch die Einführung von MIS in Serienproduktionen mit geringer Variantenanzahl und hohen Stückzahlen mit jeweils gleich ablaufenden Produktionsprozessen geringere Steigerungen in Effizienz und Ausstoß zu erwarten als bei der variantenreichen und flexiblen Produktion in Losgröße-1. Bei beiden Ausprägungen ergeben sich weitreichende Verbesserungen durch MIS, wobei diese bei der ersten Variante geringer ausfallen werden oder erst zu einem späteren Zeitpunkt erkennbar sind. In jedem Fall ist ein Anstieg der Qualität sowie ein sichererer und strukturierter Produktionsablauf zu erreichen, was bereits für sich eine deutliche und anzustrebende Verbesserung darstellt.

6.2 Systemgestaltung zur effizienten Mitarbeiterinformation

Zur Gestaltung eines Mitarbeiterinformationssystems nach den dargestellten Anforderungen und zur Erreichung der damit verbundenen Ziele, muss eine leistungsfähige Systemstruktur vorgegeben werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde dazu eine konzeptionelle Architektur entwickelt, die in Anlehnung an die Bedarfe die Realisierung eines solchen Systems ermöglicht.

6.2.1 Datenbankbasierung

Das zentrale Element in der Architektur eines Mitarbeiterinformationssystems muss eine Datenbank bilden, in der alle Informationen abgelegt und verwaltet werden. Somit wird eine dynamische Informationsstruktur erreicht, mit welcher durch einen Zugriff auf die zentrale Datenbank stets aktuelle Daten bei geringem Pflege- und Administrationsaufwand an allen Informationsentnahmepunkten abrufbar sind. Dabei ist auch der Rückfluss der Daten in diese Datenbank möglich, wodurch systemseitig erfasste oder einzupflegende Informationen direkt darin abgelegt werden. Somit sind von den einzelnen Arbeitsstationen rücklaufende Daten umgehend unternehmensweit durch das Mitarbeiterinformationssystem verfügbar. Diese Struktur ist in Bild 67 dargestellt.

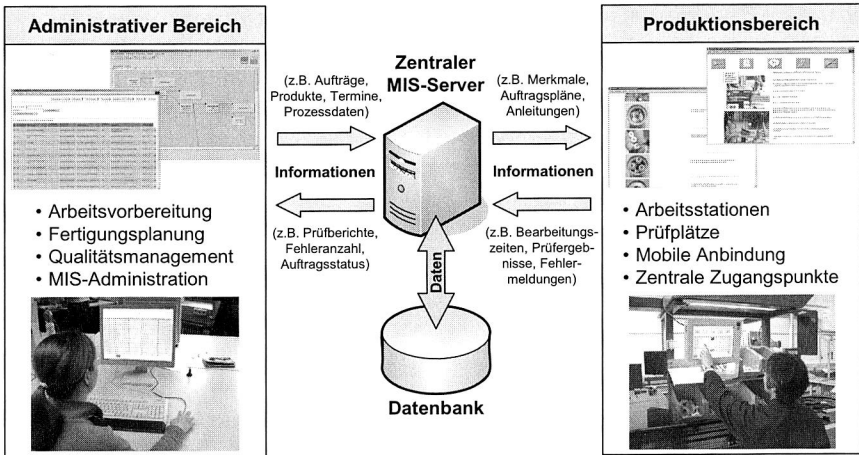


Bild 67: Einsatz eines zentralen MIS-Servers mit Datenbank zur Gewährleistung der unternehmensweiten Aktualität von Informationen

Um die geforderte offene Systemstruktur umzusetzen, muss zur eindeutigen Kommunikation mit der Datenbank ein Standardprotokoll zum Einsatz kommen. Hierzu wurde die Sprache SQL ausgewählt, die als Standard etabliert ist und als universelle Schnittstelle zu Datenbanken dient. Durch die Nutzung von SQL kann auch die Datenbankanwendung frei gewählt werden, sofern diese SQL unterstützt. Hier können sowohl gängige Lösungen wie bspw. Oracle® oder MS Access® sowie kostenfreie Systeme wie MySQL oder MaxDB eingesetzt werden. Somit besteht die Möglichkeit, im Unternehmen bereits

vorhandene Datenbanksysteme, auch aus anderen Applikationen, wie bspw. ERP oder BDE, für das MIS zu nutzen.

Abhängig von der Form der Informationsdistribution, via Web-Browser oder durch Software-Clients (siehe Kapitel 6.3), muss der Zugriff bei der internetbasierten Variante zusätzlich durch einen Application-Server unterstützt werden. Hierbei werden die Datenbankabrufe zentral auf dem Server durchgeführt und die Informationen, in HTML- bzw. PHP-Seiten eingebettet, zur Anzeige an die Endgeräte weitergeleitet. Bei Verwendung einer spezifischen Client-Software können die Datenbankzugriffe direkt mit SQL-Befehlen lokal auf den Endgeräten ausgeführt werden.

6.2.2 Struktur zur freien Systemkonfigurierbarkeit

Um der Anforderung gerecht zu werden, das konzipierte Mitarbeiterinformationssystem bei verschiedenen Unternehmen mit deren abweichenden Randbedingungen und Ansprüchen einsetzen zu können, wird eine modulare Systemstruktur eingesetzt. Bei dieser bildet ein Basismodul, welches primär durch die Datenbank und dazugehörige Serverlösungen (z.B. Web- oder Application-Server) gekennzeichnet ist, die Systemgrundlage. Weitere Systemmerkmale können separat durch Funktionsmodule angebunden werden, womit die Möglichkeit besteht, das System an den jeweiligen Bedarf anzupassen. Hierbei sind die Funktionsmodule nochmals in Submodule untergliedert, um eine maximale Funktionsbreite und Konfigurierbarkeit zu ermöglichen. Durch diese freie Konfigurierbarkeit können auch im laufenden Betrieb nachträglich noch Funktions- oder Inhaltskomponenten implementiert werden.

6.2.3 Frei wählbare Datenformate

Im Kontext der modularen Gesamtkonzeption ist auch die Datenanbindung offen gestaltet. So wird die Möglichkeit geschaffen, in das konzipierte Mitarbeiterinformationssystem sämtliche gängigen Dateiformate einbinden zu können. Dabei sind sowohl Grafiken und Bilder in gebräuchlichen Formaten (z.B. .jpg, .bmp, .gif etc.) als auch CAD-Daten (z.B. STEP oder IGES) und weitere spezifische Formate, evtl. aus Firmenstandards, zu berücksichtigen. Ferner wird somit die Einbettung von komplexeren Darstellungsarten, wie bspw. Audio- und Video-Sequenzen oder Simulationsabläufen, ermöglicht.

Weiterhin müssen Standard-Dokumente (z.B. .doc, .xls, .ppt, .pdf etc.) direkt eingebunden und ohne Konvertierung angezeigt werden können. Diese Daten werden somit bei deren Abruf nicht aus dem Datenbestand des Mitarbeiterinformationssystems zusammengestellt, generiert und daraufhin angezeigt, sondern als bestehendes Dokument ausgegeben. Dabei ist in der Datenbank eine Verknüpfung zum Speicherort des jeweiligen Dokuments hinterlegt, auf welches bei einer entsprechenden Informationsanforderung zurück gegriffen wird, um es anzuzeigen. Auf diese Weise kann der Einführungsaufwand bzw. die Inbetriebnahmezeit des Systems reduziert werden, da bestehende und datentechnisch vorhandene Unterlagen auf einfache Art eingebunden werden können und nicht zwingend neu zu verfassen sind. Bei neuen Dokumenten sollten diese jedoch im Format des Mitarbeiterinformationssystems erstellt werden, um Datenkonsis-

tenz und einfache Pfl egbarkeit gewäh rleisten zu können. Idealerweise kommt hierzu das in Kapitel 5 vorgestellte Softwarehilfsmittel zum Einsatz, da mit diesem eine hohe Effizienz bei Erstellung und Pflege der Daten, speziell in Verbindung mit dem konzipierten Mitarbeiterinformationssystem, erreichbar ist.

6.2.4 Mitarbeiterspezifische Informationen und deren Skalierbarkeit

In den durchgeföh rten Untersuchungen erwies es sich als sinnvoll und effizienzsteigernd, wenn Produktionsmitarbeiter nur die für sie relevanten Aufträge und dazugehörigen Informationen angezeigt bekommen. Dazu sollte zunächst eine arbeitsplatz- und mitarbeiterspezifische Auftragsliste zur Verfügung gestellt werden, die nur die am aktuellen Arbeitsplatz (bspw. aufgrund vorhandener Werkzeuge) durchführbaren Schritte bzw. Produktionsaufträge zur Auswahl anbietet. Ferner sollten dem Mitarbeiter nur diejenigen Arbeitsaufträge angeboten werden, für welche er die notwendige Qualifikation besitzt. Dies kann durch eine integrierte Nutzerverwaltung geschehen, in der neben den Mitarbeiterdaten auch deren Qualifikationen, wie bspw. Weiterbildungen oder Einweisungen in Maschinenbedienung etc., vorgehalten werden. Derartige Daten müssen bei der systemseitigen Generierung der Auftragsliste als Filter agieren, nach welchem die Auftragsvorgabe stattfindet.

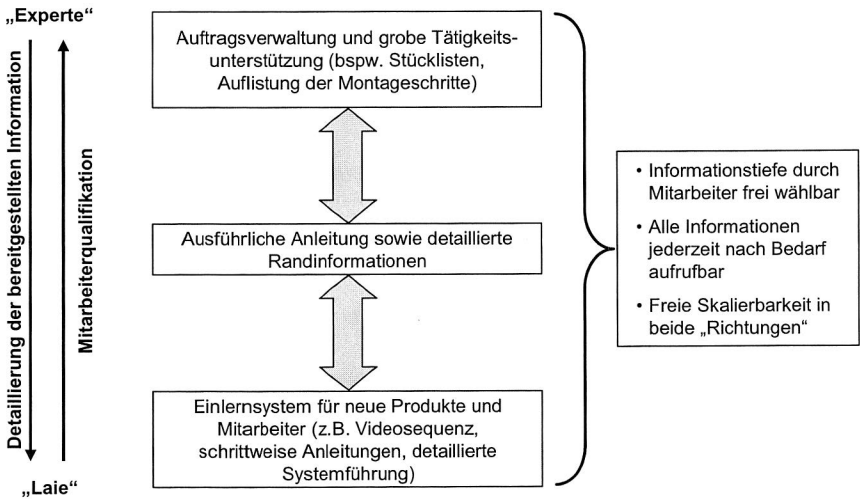


Bild 68: Mitarbeiterspezifische Skalierbarkeit der Informationstiefe zur bedarfsgerechten Informationsbereitstellung (nach [62])

Neben der Anpassung des Auftragsangebots muss auch der Detaillierungsgrad der Produktionsinformationen dem Niveau des Mitarbeiters anpassbar sein. Um die Werker bei deren Arbeitsablauf nicht durch ein Überangebot von Informationen zu behindern, sondern stets zu unterstützen, muss eine zielgerichtete und qualifikationsabhängige Skalierung des Informationsangebots stattfinden. Systemseitig ist hierzu, gemäß den

Daten aus der Mitarbeiterverwaltung, eine Vorauswahl der benötigten Informationen zu treffen. Hierbei sollte die Darstellungstiefe vor allem abhängig vom grundlegenden Qualifikationsniveau des Mitarbeiters und des Datums der letzten Abarbeitung eines ähnlichen Arbeitsschritts stattfinden. Mit dieser Vorgehensweise kann bspw. einem unerfahrenen Mitarbeiter, der zwar die Berechtigung besitzt, einen bestimmten Prozess auszuführen, diesen jedoch noch niemals verrichtet hat, vor der ersten Abarbeitung im Rahmen einer Einlernphase eine Videosequenz angezeigt werden. Bei weiteren Abläufen wird die Informationsausgabe dann stufenweise reduziert, bis nur noch die Bauanleitung oder Stückliste ausgegeben wird. Somit kann zwischen Prozessexperten und Unerfahrenen unterschieden und die Informationstiefe skaliert werden (Bild 68). Weiterhin wird die Zeitdifferenz zur letzten erfolgten Durchführung eines Prozessablaufs betrachtet, da bei komplexen Prozessen oder Abläufen bereits nach einigen Wochen ein Rückgang des Qualifikationsniveaus durch Vergessen von Erlerntem festzustellen ist [102]. Unabhängig von dieser systemseitigen Vorgabe muss allerdings jeder Mitarbeiter stets die Möglichkeit haben, aktuell benötigte auftragsspezifische Informationen bei Bedarf selbstständig abrufen zu können, um gegebenenfalls Unklarheiten oder Wissenslücken zu überbrücken.

6.2.5 Anbindung externer Systeme

Analog zum modularen Aufbau der Funktionseinheiten sind auch die Schnittstellen zu externen Systemen, wie PPS, BDE, QM-Software etc., modular und offen gestaltet. Daher können Schnittstellenmodule, durch die lediglich ein Austausch der relevanten Daten stattfindet, individuell angepasst werden.

Durch die Datenbankbasierung besteht ferner die Möglichkeit, eine Anbindung externer Systeme direkt über die Datenbank zu realisieren. So können sowohl das Mitarbeiterinformationssystem als auch übergeordnete oder assoziierte Planungs- und Steuerungs-lösungen direkt auf die Datenbank zugreifen und darüber einen Datenaustausch durchführen. Hierzu muss lediglich dafür Sorge getragen werden, eindeutig definierte Tabellen in der Datenbank zum Austausch zu nutzen und somit die Datenkonsistenz aufrecht zu erhalten. Mit dieser Vorgehensweise ist es ferner erreichbar, redundante Datenhaltung nahezu vollständig zu vermeiden, wenn all diese Systeme die gleiche Datenbank als Informationsbasis gemeinsam nutzen.

6.2.6 Kopplung an Peripheriegeräte

Um einen reibungslosen Produktionsablauf sicherstellen zu können, sind häufig Daten von Peripheriegeräten oder Produktionseinrichtungen aufzunehmen und zu verwalten. Hierzu können bspw. Bauteilkennungen durch Barcodescanner eingelesen, Parameter aus Prüfprozessen bewertet oder auf einfahrenden Paletten mittels RFID-Tags die Aufträge identifiziert und freigegeben werden. Ferner sind durch externe Eingabegeräte, wie Bedienampeln, Tastenfelder oder Bedientableaus, einfache Eingabeoperationen, wie das Weiterschalten von Anweisungsfolgen oder die Bestätigung von Arbeitssequenzen, realisierbar, was vor allem in rauen Umgebungen eine Bedienungserleich-

terung darstellen kann. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, spezielle Ausgabegeräte anzusteuern. Dies können etwa Anbindungen von Pick-by-light Regalen oder Zusatzanzeigen über Auftragsstatus oder Teileversorgung sein.

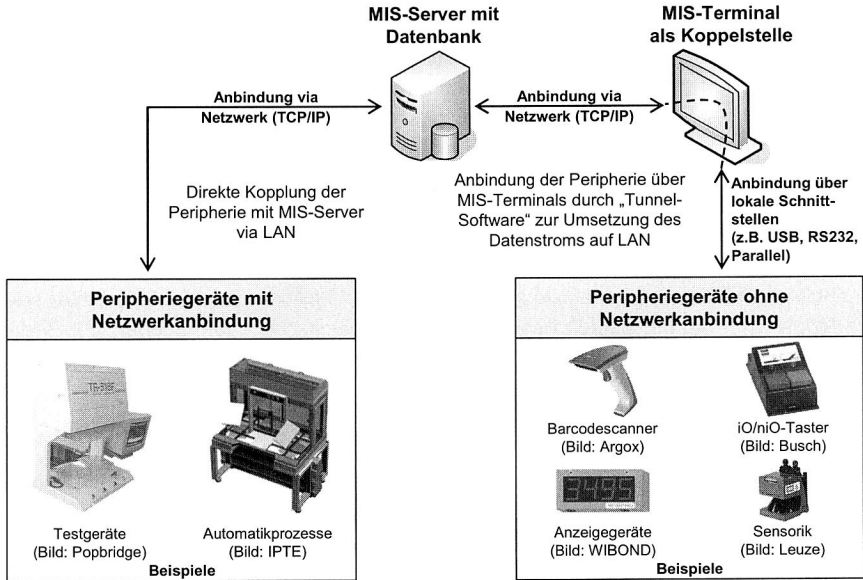


Bild 69: Alternative Lösungskonzepte zur Interaktion von Peripheriegeräten mit dem Mitarbeiterinformationssystem

Zur Nutzung derartiger Rückmeldedaten mit dem Mitarbeiterinformationssystem muss eine Anbindung an dieses realisiert werden. Hierzu stehen die beiden grundlegenden Alternativen der Kopplung über eine TCP/IP-Netzwerkverbindung oder über den lokalen Anschluss an das MIS-Terminal vor Ort zur Verfügung. Vor allem aktuelle Prüfeinrichtungen oder Produktionsanlagen bieten häufig bereits standardmäßig die Möglichkeit einer Netzwerkanbindung, weshalb sich die direkte Anbindung via TCP/IP anbietet. Dazu muss auf Maschinenseite eine Schnittstelle geschaffen werden, die einen Zugriff auf die Datenbank des MIS ermöglicht und darüber eine Kopplung an dieses erlaubt. Auf diese Weise können dem Mitarbeiterinformationssystem bspw. Prüfprotokolle oder anlagenseitig erfasste Ausschussmeldungen zur Verarbeitung zur Verfügung gestellt werden. Peripheriegeräte, wie Barcodescanner, Taster oder einfache Sensorik, sind häufig nicht direkt an ein Netzwerk anzubinden. Um diese in den Systemverbund integrieren zu können, ist im entwickelten Konzept eine Anbindung über die MIS-Terminals vorgesehen. Hierbei kann auf Standardschnittstellen, wie RS232, Parallel oder USB, zurückgegriffen werden. Die Anbindung an die MIS-Basisinstanz, die Datenbank, übernimmt dabei eine auf dem PC am jeweiligen Arbeitsplatz installierte Softwarelösung („Tunnel-Software“), welche die Daten abfragt und direkt über die Netzwerkanbindung des Ter-

minals in die Datenbank einträgt oder bei Bedarf Daten daraus bezieht. In Bild 69 sind die Varianten zur Anbindung skizziert.

6.2.7 Identifikation und Zugriffsbeschränkungen

Zur Realisierung der mitarbeiterbezogenen Informationsbereitstellung, der Protokollierung von Arbeitsabläufen, der Qualitätsdatendokumentation sowie der Zugriffssteuerung auf die verschiedenen Systemfunktionen ist die Anmeldung des Benutzers durch Identifikation am System notwendig. Auf Basis der integrierten Benutzerverwaltung (siehe auch Kapitel 6.2.4) kann somit auf die Benutzerinformationen mit dessen Qualifikationen und Berechtigungen zugegriffen werden. Die Anmeldung am System ist dabei zur Vermeidung von Tastatur und Maus über Peripheriegeräte, wie ein RFID-Lesegerät oder einen Kartenleser, vorgesehen, welche mittels der beschriebenen Kopplung über die MIS-Terminals angebunden werden können. Dabei findet die Interaktion wiederum direkt mit der Datenbank statt, in welcher hinterlegt wird, welcher Mitarbeiter an welcher Arbeitsstation angemeldet ist.

Weiterhin ist eine Verwaltung von Systemberechtigungen über die Benutzeridentifikation zu realisieren, die es ermöglicht, nur relevante Funktionen und Daten freizugeben. Somit kann neben einer effizienteren Bedienbarkeit, aufgrund der Vermeidung eines Überangebots, auch der Schutz kritischer Inhalte und Systembereiche erreicht werden. Auf diese Weise sind eindeutige Zuordnungen von Systemfreigaben zu Mitarbeitern oder Mitarbeitergruppen möglich, die bspw. in Werker, Planer, Fachabteilung und Administration zu unterteilen sind. Mit der eindeutigen Anmeldung am Mitarbeiterinformationssystem für alle Zugriffe kann auch eine Art Systemlogbuch geführt werden, mit welchem Änderungen an Daten sowie deren Nutzung protokollierbar sind.

6.2.8 Systematischer Ablauf der Mitarbeiterunterstützung zur Steigerung der Prozesssicherheit

Im Gegensatz zu den klassischen Informationsmethoden mit papiergebundenen Dokumenten, Schaufeln oder Begleitkarten ist mit IT-basierten MIS auch eine Prozessabsicherung bei manuellen Tätigkeiten möglich. Unter der Annahme, dass ein Mitarbeiter nur mit aktuellen und richtigen, freigegebenen Informationen die gewünschte Qualität produziert, kann durch diese Systeme dafür Sorge getragen werden, dass nachvollziehbar alle Mitarbeiter auftragsspezifisch mit dieser Informationsqualität versorgt werden.

Um dies zu erreichen ist es notwendig, bei der Auftragsabarbeitung durch das MIS eine strukturierte Vorgehensweise vorzugeben und dabei durch das System Überprüfungen hinsichtlich der Mitarbeiterqualifikation sowie der Aktualität der Arbeitsanweisungen durchzuführen, was in Bild 70 vereinfacht dargestellt ist. In diesem Rahmen werden dem Mitarbeiter zunächst in einer nach Prioritäten geordneten Liste die zur Bearbeitung anstehenden Arbeitsschritte zur Auswahl angeboten. Bei der Vorsortierung wird bereits berücksichtigt, welche Schritte an diesem Arbeitsplatz durchgeführt werden können und für welche Schritte der Mitarbeiter die Grundqualifikation besitzt. Weiterhin findet eine

Überprüfung statt, ob Vorarbeiten zu einer Aufgabe ausstehen bzw. das notwendige Material vorhanden ist. Die Basis jedes Arbeitsablaufs bildet somit die Anmeldung der Werker am System, die Kenntnis des Arbeitsplatzes sowie die Liste ausstehender Aufträge.

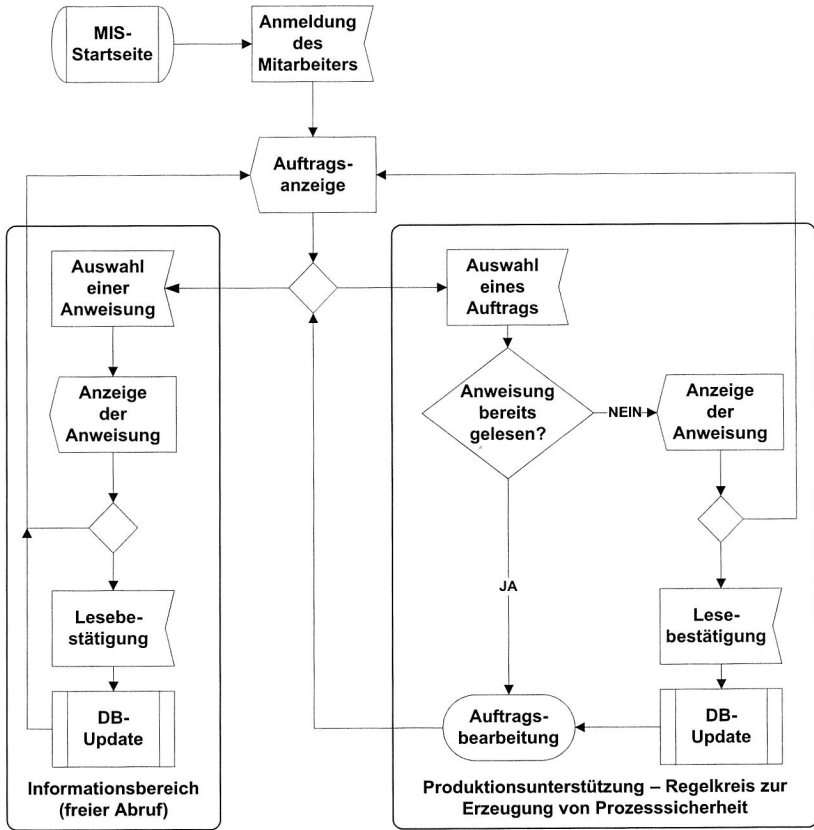


Bild 70: Ablauf der Informationsversorgung zur Erreichung von Prozesssicherheit bei manuellen Arbeitsabläufen durch Erzeugung eines Informationsregelkreises

Bei der Anwahl eines Auftrags durch den Mitarbeiter wird überprüft, ob der Auswählende die notwendigen Kenntnisse zur Auftragsabarbeitung besitzt. Hierbei wird neben der Grundqualifikation auch überprüft, ob er die aktuellste Anweisung bereits gelesen und quittiert hat. Sollte es sich um eine neue Anweisung handeln oder eine Änderung durchgeführt worden sein, wird er aufgefordert die Anweisung zu lesen und dies zu bestätigen, bevor der Auftrag zur Ausführung freigegeben wird. Dazu wird eine geänderte oder neue Information zwingend angezeigt. Sofern im System bereits eine Bestätigung der aktuellsten Anweisung hinterlegt ist, kann er den Auftrag sofort anwählen und die

zugehörigen Anweisungen bei Bedarf abrufen. Dieses Vorgehen ist bis zu einer Komplexitätsbewertung von Arbeitsinhalten erweiterbar. So ist denkbar, Vorrichtungen hinsichtlich ihres Anspruchs einzustufen und damit eine Anzeige der Anweisungen zu verknüpfen. Ein komplexer Vorgang müsste somit nach kürzerer Zeit wiederholt eingesehen werden als eine einfache Abarbeitung, für welche eine einmalige Bestätigung ausreichend sein kann.

Nach der Bearbeitung von Aufträgen ist eine Rückmeldung an das System erforderlich, welche über die Interaktion mit dem Werker oder nachfolgende Prüfeinrichtungen realisierbar ist. Somit ist in der Datenbank des Mitarbeiterinformationssystems immer der aktuelle Auftragsstatus verzeichnet und kann entsprechend rückverfolgt und eingesehen werden.

Da alle Interaktionen mit dem System in der zugehörigen Datenbank gespeichert werden, ist auch eine durchgängige Rückverfolgbarkeit der Produktionsabläufe möglich. Insgesamt ist daher, auf Basis der gewährleisteten Versorgung mit aktueller Information sowie der Rückverfolgbarkeit, auch bei manuellen Vorgängen eine erhebliche Verbesserung bzw. grundlegende Erzeugung der Prozesssicherheit zu erreichen.

6.3 Grundlegende Lösungen zur Informationsdistribution durch MIS

Systemtechnisch kann die Versorgung der Mitarbeiter mit den benötigten Informationen generell auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen. Zum einen kann hierzu eine internetbasierte Darstellungs- und Verteilungsvariante eingesetzt werden, welche die Protokolle und Formate der herkömmlichen Internetkommunikation einsetzt. Zum anderen können separate Client-Lösungen verwendet werden, die auf einem direkten Datenbankzugriff basieren und proprietäre Lösungen darstellen. Im Folgenden sollen beide Varianten mit ihren spezifischen Vor- und Nachteilen kurz beschrieben werden.

6.3.1 Webbasierte Anbindung von Arbeitsplätzen

Bei der Nutzung von Internettechnologie zur Umsetzung eines Mitarbeiterinformationssystems kommen zur Erstellung, Gestaltung und Bedienung vor allem die standardisierte Beschreibungssprache HTML sowie die ergänzenden Technologien PHP und CSS zum Einsatz. Diese bieten weitreichende Möglichkeiten der grafischen Aufbereitung von Informationen und der Gestaltung der Benutzerschnittstelle bei geringem Programmieraufwand. Das grundlegende Systemelement bildet hier ein Web-Server in Verbindung mit der MIS-Datenbank, auf welchen die Webseiten, die Logik und die Daten des Mitarbeiterinformationssystems hinterlegt sind. Die Darstellung der Inhalte und der Benutzerschnittstelle an den Arbeitsplätzen wird dabei durch einen Internetbrowser realisiert, der die Daten vom Server empfängt und an diesen bei Bedarf zurückmeldet. Dabei liegt die Aufgabe des Browsers einzig und alleine in der Darstellung von Informationen und der Rückführung von Daten zum Server oder in die Datenbank.

Ein großer Vorteil des Einsatzes von Internettechnologie ist die kostenfreie Bereitstellung der Internetbrowser seitens deren Hersteller, wodurch keinerlei Lizenz- oder Soft-

warekosten für die Ausstattung der Arbeitsplatzterminals mit MIS anfallen. Weiterhin beinhalten inzwischen die meisten erhältlichen Betriebssystemen einen Internetbrowser, wodurch jeglicher Installationsaufwand an den Arbeitsplätzen bei der Systemeinführung entfallen kann, da lediglich die korrekte Adresse des MIS-Servers angegeben werden muss, um auf das System zugreifen zu können. Auch der Austausch von Terminals, bspw. bei Defekt oder Upgrade, ist so mit geringstem Aufwand möglich, da außer einem Browser für die Basisfunktionalitäten des MIS keine weitere Software benötigt wird. Bei notwendiger Anbindung von Peripherie direkt an die Terminals muss jedoch zusätzlich die jeweilige Kommunikationssoftware (siehe Kapitel 6.2.6) installiert werden.

Da die Kommunikation des Mitarbeiterinformationssystems bei dieser Systemvariante komplett durch den Browser und den Internet-Server übernommen wird, kann auch eine Unabhängigkeit vom Betriebssystem gewährleistet werden. Sofern für das jeweilige Betriebssystem ein kompatibler Browser, bspw. Internet Explorer, Firefox oder Opera, erhältlich ist, kann es in Verbindung mit dem Mitarbeiterinformationssystem genutzt werden. Somit ist es möglich, neben Standard-PCs auf Windows- oder Linux-Basis, auch Endgeräte, wie bspw. PDAs mit PocketPC oder Palm OS als Betriebssystem, einzusetzen. Damit können ferner die Hardware-Anforderungen an die Endgeräte reduziert werden, da viele Browser nur einen geringen Ressourcenbedarf aufweisen und somit auf vorhandene oder kostengünstige Hardware zurück gegriffen werden kann.

Die Nachteile der webbasierten Gestaltung beschränken sich auf die Schwierigkeit der Anbindung von Peripheriegeräten sowie mögliche Geschwindigkeitseinschränkungen beim Abruf von Informationen mit hohem Datenvolumen. Diesen kann jedoch mit der Zwischenspeicherung der Daten und einer inkrementellen Aktualisierung oder entsprechend leistungsfähigen Datennetzen entgegengewirkt werden. Für die Anbindung von Peripherie können Lösungen, wie in Kapitel 6.2.6 beschrieben, eingesetzt werden, die eine Integration der Geräteschnittstelle in die Browserumgebung umgehen.

6.3.2 Clientbasierte Anbindung von Arbeitsplätzen

Neben der Nutzung von Internetbrowsern zur Informationsinteraktion an den Arbeitsplätzen können auch MIS-spezifische Softwarelösungen eingesetzt werden. Dazu muss eine eigens für das Mitarbeiterinformationssystem entwickelte Client-Software an allen Arbeitsplatzterminals genutzt werden, was eine separate Installation an jedem Client erfordert. Hierbei bildet wiederum ein Server mit der Datenbank die MIS-Basis, wobei die Kommunikation und Datenaufbereitung nicht durch eine Webserver/Browser-Kopplung stattfindet, sondern explizit entwickelt und umgesetzt werden muss.

Vorteilhaft ist hier vor allem die Möglichkeit der robusten Anbindung von Peripheriegeräten an den Arbeitsplätzen vor Ort. Da auf jedem Terminal eine eigene Software installiert ist, kann auch auf sämtliche Schnittstellen der Hardware zugegriffen werden. Die Verarbeitung der Daten findet dabei auf dem Rechner vor Ort statt, wonach eine Rückmeldung an den Server bzw. die Datenbank stattfindet. Ein weiterer Vorteil liegt in der geringen Belastung der Netzwerkverbindungen, da lediglich die Informationsinhalte ab-

gerufen werden müssen und nicht, wie bei der Internetvariante, die gesamte Darstellung. Auf diese Weise kann auch mit geringerem Aufwand eine hohe Systemrobustheit realisiert werden, da nach Abruf der benötigten Daten und deren Zwischenspeicherung das System auch bei Serverausfall oder Zusammenbruch des Netzwerks noch für einige Zeit genutzt werden kann. Dabei muss jedoch der Gefahr von Dateninkonsistenzen nachhaltig entgegengewirkt werden.

Die Nachteile der clientbasierten Lösung liegen vor allem im Programmier- und Installationsaufwand sowie dem bei Änderungen notwendigen Softwareeingriff auf allen Endgeräten. Da die gesamte Funktionalität der Darstellung, Interaktion und Kommunikation spezifisch in einer Softwarelösung umgesetzt werden muss, entsteht erheblicher Erstellungsaufwand. Weiterhin ist an jedem Arbeitsplatz eine separate Installation der MIS-Software notwendig, was einen hohen Aufwand bei Einrichtung oder Austausch von Terminals bedingt und bei Änderungen an der Client-Software wiederholt stattfinden muss. Auch kann bei diesem Konzept keine Plattformunabhängigkeit erreicht werden, wie sie bei der webbasierten Variante möglich ist. Da eine Installation auf den Endgeräten stattfindet, können nur Betriebssysteme eingesetzt werden, für die diese Software verfügbar ist.

6.3.3 Gegenüberstellende Bewertung der Distributionskonzepte

Beide Varianten der Informationsdistribution, web- sowie clientbasiert, weisen vielfältige spezifische Vor- und Nachteile auf, welche zusammenfassend in Bild 71 dargestellt sind. So zeichnet sich die webbasierte Version eines Mitarbeiterinformationssystems vor allem durch die kostengünstige Lösung auf Arbeitsplatzseite sowie den geringen Installations- und Pflegaufwand aus. Dagegen ist die clientbasierte Lösung hinsichtlich der vereinfachten Anbindung von Peripherie und der erreichbaren Systemrobustheit überlegen.

Aufgrund der vielschichtigen spezifischen Eignungen der beiden Ansätze hängt deren Nutzung stark vom jeweiligen Einsatzfall ab. Dabei sind die zu übertragenden Datenmengen, die Anforderungen an die Darstellung sowie die Notwendigkeit zur Wandlungsfähigkeit des Systems ebenso zu berücksichtigen wie die vorhandene Infrastruktur oder die Organisation der Produktion. So ist auch eine Kopplung beider Varianten denkbar, bei welcher, gemäß den Anforderungen am jeweiligen Arbeitsplatz, entweder ein Software-Client oder ein Internetbrowser zur Informationsdistribution eingesetzt werden kann. Beide nutzen die gleiche Datenbank, wobei die Vorteile beider Systeme ausgeschöpft und deren Nachteile damit kompensiert werden können. Im vorliegenden Konzept wird dies bereits dahingehend umgesetzt, dass die Erstellung und Pflege von Arbeitsanweisungen überwiegend mit einem separaten Softwarewerkzeug (siehe Kapitel 5) durchgeführt wird, während die Anzeige an den Arbeitsplätzen webbasiert stattfindet.

Webbasierte Distribution via Standard WWW-Browser (z.B. Internet Explorer, Firefox, Opera)	Distribution durch Client-Software (proprietäre Softwarelösungen)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstige Lösung → WWW-Browser sind kostenfrei bzw. im Betriebssystem enthalten ▪ Keine zusätzliche Installation an den Arbeitsplätzen bzw. Terminals notwendig ▪ Einfache sowie schnelle Systempflege und -aktualisierung → MIS entspricht komplexer Internet-Seite ▪ Anbindung von Peripherie durch Applets, Schnittstellensoftware oder TCP/IP möglich ▪ Lokale Datensicherung bzw. -spiegelung erfordert hohen Aufwand → Server-abhängigkeit ▪ Teilweise hohes Datenvolumen beim Seitenabruf → Geschwindigkeits-einschränkung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Robuste Anbindung an Peripheriegeräte einfach zu implementieren ▪ Hohe Verfügbarkeit des Systems → Auch bei Server-Ausfall ist MIS für gewisse Zeit nutzbar ▪ Installation eines MIS-Clients an jedem Arbeitsplatz notwendig ▪ Nur die Informationsinhalte müssen abgerufen werden → Oberfläche besteht lokal ▪ Bei Softwareänderungen (z.B. Update) müssen an jedem Terminal die anfallenden Aktionen separat durchgeführt werden ▪ Vorbereitung der Endgeräte bei Austausch oder Reparatur nötig (Einrichtung und Installation)

Bild 71: Gegenüberstellung alternativer Möglichkeiten der Arbeitsplatzanbindung bei rechnergestützten Mitarbeiterinformationssystemen

6.4 Gestaltung der Benutzerschnittstelle

Ein maßgeblicher Entwicklungsschwerpunkt bei der Gestaltung produktionsunterstützender Systeme ist die ergonomische Auslegung der Benutzerschnittstelle. Auf diese Weise wird vorbeugend, wie auch bei der ergonomischen Gestaltung von Produktionsmitteln an sich, die Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Zufriedenheit der Mitarbeiter nachhaltig sichergestellt [57]. Dabei bezieht sich die Ergonomie nicht nur auf die optische Darstellung der Informationen, sondern auch auf die Interaktion der Benutzer mit dem System, bspw. bei Rückmeldungen oder Administrationsaufgaben, sowie die Nutzung geeigneter Endgeräte.

6.4.1 Darstellung von Informationen

Um ein höchstmögliches Maß an Effizienz im Umgang mit Mitarbeiterinformationssystemen gewährleisten zu können, muss die Darstellung der Informationen an die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Aufgaben angepasst bzw. anpassbar sein. Hierbei ist darauf zu achten, dass zwar alle benötigten Informationen dargestellt oder abrufbar sind, aber die Anzeige dabei nicht überladen und unübersichtlich ist. Hierzu muss bei IT-gestützten Informationssystemen eine klare und einfach zu bedienende Navigationsstruktur vorgegeben werden, mit deren Hilfe ein Bediener immer weiß, an welcher Stelle in den Dokumenten er sich befindet, und ferner die Möglichkeit erhält, jederzeit einfach eine gewünschte Stelle in den Dokumenten anwählen zu können.

Eine Einschränkung dieser Forderung ergibt sich durch das Ziel der Erhöhung der Prozesssicherheit, da dem Mitarbeiter hierzu situationsabhängig auch zwangsweise Inhalte angezeigt werden müssen, worauf dieser keinen direkten Einfluss erhalten darf. Als Vorgabe zur Gestaltung der hinterlegten Dokumente kann im Sinne der durchgängigen Mitarbeiterinformation die im Rahmen dieser Arbeit erarbeitete Richtlinie zur Gestaltung von Arbeitsanweisungen (Kapitel 4.4.2) zum Einsatz kommen.

Neben der Darstellung der Informationen auf Bildschirmen kann auch eine Visualisierung auf Anzeigetafeln oder Displays erfolgen. Ferner ist eine Anbindung an bspw. Pick-by-light-Regale oder akustische Signalgeber denkbar. Hierzu sind diese Peripheriegeräte an das System anzubinden und über entsprechende Softwareschnittstellen die Darstellung der in der MIS-Datenbank hinterlegten Inhalte zu realisieren.

6.4.2 Realisierung von Rückmeldungen und Eingaben

Maßgeblicher Vorteil gegenüber papiergebundener Mitarbeiterinformation ist bei der IT-gestützten Variante die Möglichkeit der Mitarbeiterinteraktion mit dem System. Hierbei müssen die notwendigen Rückmeldungen und Eingaben mit geringem Aufwand möglich und leicht durchzuführen sein. Dazu ist in vorliegendem Konzept vorgesehen, auf die Nutzung von Standardeingabegeräten wie Maus und Tastatur im Produktionsbereich komplett zu verzichten und stattdessen alternative Eingabemethoden via Touchscreen oder auf Basis spezieller Eingabegeräte zu implementieren.

Zur Umsetzung dieser Ansätze ist ein entsprechendes Layout der Bildschirmmasken zwingend erforderlich. So müssen zur Interaktion mittels berührungssensitiver Touchscreens in erster Linie die Bestätigungsfelder auf dem Bildschirm ausreichend groß dargestellt werden, um ein sicheres Bedienen zu ermöglichen. Auch der Abstand zwischen diesen Feldern muss, um Fehlbedienungen oder Verwechslungen zu vermeiden, abhängig von der Arbeitsumgebung, ausreichend groß bemessen sein. Hierbei sind Randbedingungen, die das Arbeitssystem vorgibt, zwingend einzubeziehen und daher bspw. auch eine Bedienung mit Arbeitshandschuhen, schmutzigen Händen, großem Abstand zum Bedienterminal oder unter rauen Umgebungsbedingungen (z.B. Kälte, Nässe, Staub) in Betracht zu ziehen. Jedoch ist, auch wenn die Bedienung via Touchscreen vorgesehen ist, nach wie vor die Nutzung von Maus und Tastatur an Stelle des Touchscreens möglich.

Neben der Touchscreen-gebundenen Bedienung kann ferner die Nutzung angepasster Eingabeboxen mit Tastern oder Schaltern realisiert werden. Hierzu müssen derartige Peripheriegeräte gemäß Kapitel 6.2.6 an das System gekoppelt werden. Mit solchen Geräten können einfache Interaktionen mit dem System, wie bspw. das Bestätigen von Arbeitsschritten oder das Blättern in Anweisungstexten, durchgeführt werden. Jedoch ist deren Implementierung deutlich aufwändiger als die Nutzung eines Touchscreens und daher nur angebracht, wenn derartige Eingabelösungen unverzichtbar sind.

Um ein solches Bedienkonzept effizient nutzen zu können, muss auf die Eingabe von Zahlen oder Text weitgehend verzichtet werden. Dies ist zu realisieren, indem denkbare Eingaben vorausgewählt und zur Auswahl angezeigt werden. Hierzu sind im System

kontextabhängig mögliche Eingaben (z.B. Fehlermeldungen) zu hinterlegen und den Mitarbeitern bei Bedarf (z.B. im Rahmen einer Funktion „Produktionsfehler an vorgelagerten Arbeitsschritt melden“) zur Auswahl anzubieten. In Ausnahmefällen, in denen auf textbasierte Eingaben nicht verzichtet werden kann, besteht jedoch die Möglichkeit, diese über eine auf dem Bildschirm eingeblendete Tastatur oder einen Zahlenblock durchzuführen.

6.4.3 Systemadministration

Im Bereich der Systemadministration und -pflege sind als Eingabegeräte die klassischen Eingabelösungen wie Maus und Tastatur vorgesehen, da diese Tätigkeiten vorwiegend an Büroarbeitsplätzen stattfinden. Auch ist hier das Layout nicht an die spezifischen Bedürfnisse des Produktionsbereichs anzupassen, sondern es können übliche Standards der Softwaregestaltung genutzt werden.

Im vorliegenden Gesamtkonzept stehen zwei unterschiedliche Wege der Datenpflege und -administration zur Verfügung (Bild 72). Zum einen können Informationen über die in Kapitel 5 dargestellte Softwarelösung eingegeben und bearbeitet werden. Zum anderen wurde die Möglichkeit vorgesehen, über entsprechende Bildschirmmasken innerhalb des Systems Daten einzugeben und Systemfunktionalitäten zur Administration zu nutzen. Somit können verschiedenste Eingaben und Einstellungen an jedem MIS-Arbeitsplatz ohne zusätzliche Software durchgeführt werden.



Bild 72: Alternative Lösungen zur Administration und Datenpflege im konzipierten Mitarbeiterinformationssystem

Eine weitere Zugangsart zum System ist der direkte Zugriff auf die MIS-Datenbank. Da diese den Kern des Mitarbeiterinformationssystems darstellt, sind darin alle Einstellungen und Daten hinterlegt. Somit können, für erfahrene Benutzer, durch Verwendung von Zugangswerkzeugen zu Datenbanken über die notwendigen SQL-Befehle Einstellungen direkt in der Datenbank vorgenommen oder Informationen direkt in dieser gespeichert werden. Dieser Zugangsweg ist jedoch nur als Option zu sehen, falls ein Fehler aufgetreten ist oder Änderungen an der Datenbank vollzogen werden müssen.

6.4.4 Endgeräte

Die Auswahl der Endgeräte ist vor allem von den Einsatz- und Umgebungsbedingungen sowie der Art des Arbeitsplatzes abhängig. Aufgrund der flexiblen Auslegung des hier

vorgestellten Konzepts für ein Mitarbeiterinformationssystem bestehen vielfältige Möglichkeiten, Arbeitsplätze mit unterschiedlichsten Anforderungen und somit auch alternativen Endgeräten in das System zu integrieren.

Administrativer Bereich

Zur Systemadministration sind grundsätzlich Standard-PCs oder Notebooks, wie sie in der Regel im Bürobereich von Unternehmen verfügbar sind, einzusetzen. Aufgrund der dargestellten offenen Systemgestaltung sind diese mit geringem Aufwand, durch Installation einer Zugangssoftware oder der Nutzung eines vorhandenen Internetbrowsers, anzubinden und damit als MIS-Terminal nutzbar. Einzige Voraussetzung hierfür ist die netzwerktechnische Verbindung mit dem MIS-Server und der Datenbank.

Produktionsarbeitsplätze

Für die Anbindung der Produktionsarbeitsplätze kommen alle Computerlösungen in Frage, die für die Umgebungsbedingungen im jeweiligen Produktionsbereich gemäß vorgegebener Schutzklassen eingesetzt werden dürfen. Neben der Anbindung an das Datennetz des Unternehmens müssen diese entweder mit einem Betriebssystem ausgestattet sein, auf welchem ein MIS-Software-Client lauffähig ist, oder einen Internetbrowser enthalten. Im Idealfall sind die genutzten Endgeräte als platzsparender Industrie-PC mit Touchscreen ausgeführt (Bild 73), um eine einfache Bedienung zu ermöglichen. Der weitere Vorteil einer solchen Lösung besteht in der standardmäßig vorgesehenen Anbringungsmöglichkeit an Arbeitstischen oder Anlagen mittels Standardbefestigungen.



Bild 73: Manueller Arbeitsplatz mit Panel-PC zur Nutzung eines Mitarbeiterinformationssystems

Mobile Anbindung

Für die durchgängige, unternehmensweite Nutzung eines Mitarbeiterinformationssystems können auch mobile Arbeitsplätze eingebunden werden, welche Aufgaben wie Kommissionierung, Einrichten und Rüsten von Maschinen oder Wartungsarbeiten übernehmen. Durch die mittlerweile etablierte drahtlose Kommunikation in Netzwerken durch WLAN, Bluetooth oder UMTS kann die Integration solcher Aufgabenträger effizient stattfinden. Als Endgeräte kommen dabei kleine bis mittelgroße, robuste Hardwarelösungen zum Einsatz, die in der Regel bereits über einen Internetbrowser verfügen oder mit entsprechender Client-Software ausgerüstet werden können (Bild 74). Bspw. sind hier PDAs, Webpads, Handgeräte oder gar Mobiltelefone einsetzbar.



Bild 74: Mobile Endgeräte zum Zugriff auf Mitarbeiterinformationssysteme (von links: Web-Tablet [101], PDA [16], Mobiltelefon [77])

Mit diesen mobilen Lösungen kann die Mitarbeiterinformation bis zur Augmented Reality, einer erweiterten Realität, bei der das vom Mitarbeiter Gesehene durch Zusatzinformationen mittels einer Datenbrille ergänzt wird [111], ausgeweitet werden. Durch dieses sog. Wearable Computing sind Szenarien denkbar, bei denen bspw. einem Servicetechniker die Baupläne einer Maschine angezeigt werden, die er gerade untersucht [95], oder bei der Montage von Flugzeugkabelbäumen die Orientierung und Lage der Leitungen in das reale Bild des Flugzeugrumpfes eingeblendet werden [100].

Zentrale Zugangsplätze / „Lerninseln“

Sollte nicht angestrebt werden, das Mitarbeiterinformationssystem in der vollen Ausprägung, also unternehmensübergreifend an allen Arbeitsplätzen mit entsprechenden Terminals, einzurichten, ist auch die Nutzung zentraler Zugangspunkte denkbar. Hierbei dienen die Zugangspunkte eher als Lerninseln denn als Integrationspunkte und bieten die Möglichkeit für die Mitarbeiter, sich bei Bedarf Informationen zu beschaffen oder Aufträge zu erhalten und zurück bzw. fertig zu melden. Bei dieser Art der Mitarbeiterinformation kann keine Erhöhung der Prozesssicherheit erreicht werden, da keine Arbeitsbegleitung realisierbar ist. Ferner kann es zu Engpässen an den Zugangsterminals kommen, wenn mehrere Mitarbeiter zur gleichen Zeit Informationen benötigen oder Aufträge an- oder abmelden wollen. Daher ist diese Systemausprägung nicht als alleinige Zugangsmöglichkeit zu empfehlen, sondern nur als Ergänzung zu sehen oder eindeutig abgegrenzt, bspw. innerhalb einer Arbeitsgruppe, einzusetzen.

7 Umsetzung in Softwareprototypen und Evaluierung

Auf Basis der dargestellten Konzepte fand die Realisierung von zwei Softwareprototypen statt, die sowohl eine systemunterstützte Anweisungsgenerierung als auch die effiziente Anzeige von Informationen an Produktionsarbeitsplätzen ermöglichen. Durch die konsequente Einbeziehung der konzeptionellen Maßgaben, wie sie ausführlich in den Kapiteln 5 und 6 vorgestellt wurden, sowie der Gestaltungsrichtlinie aus Kapitel 4.4 konnte eine durchgängige Lösung zur effizienten Mitarbeiterinformation realisiert werden. Dazu fand eine enge Verzahnung des Softwarewerkzeugs zur Anweisungserstellung mit dem umgesetzten Mitarbeiterinformationssystem statt.

Die erstellten Prototypen dienen vor allem als Technologiedemonstratoren, welche die grundlegenden Funktionalitäten und Abläufe aus den Konzepten veranschaulichen. Mit ihrer Hilfe konnte stetig die Realisierbarkeit der Lösungskonzepte überprüft und dargestellt werden. Ferner wurden sie eingesetzt, um Testläufe im beispielhaften Betrieb bei einem Industriepartner unter Produktionsbedingungen durchzuführen.

7.1 Softwareprototyp zur Anweisungsgenerierung „AGeniA“

Die in Kapitel 5 vorgestellten Konzepte zur (teil-) automatisierten Erstellung von Arbeitsanweisungen für Produktionsaufgaben wurden beispielhaft im Software-Prototypen AGeniA (**A**utomatische **G**enerierung **i**ndustrieller **A**rbeitsanweisungen) umgesetzt. Hierzu wurde als Programmiersprache JAVA gewählt, da somit die erstellte Softwareanwendung plattformunabhängig auf vielfältigen Betriebssystemen lauffähig ist. Mit der durch AGeniA bereitgestellten Benutzerschnittstelle können alle zur Anweisungsgenerierung notwendigen Daten eingepflegt und zur weiteren Bearbeitung oder Pflege gemäß der entwickelten Konzeption entweder lokal oder zentral in einer zugehörigen Datenbank abgespeichert werden. Dabei stellt AGeniA eine äußerst komfortabel zu bedienende Benutzerschnittstelle in Form eines Vorranggrapheneditors zur Erzeugung und Pflege von Anweisungen zur Verfügung.

Zur Versionierung und Rückverfolgbarkeit der Daten wurde ferner eine Benutzerverwaltung implementiert. Hierzu muss sich bei Systemstart der jeweilige Benutzer am System identifizieren, woraufhin der Autor einer Anleitung dem erstellten Produkt bzw. jeder Veränderung daran zugeordnet sowie eine Versionierung und Datierung durchgeführt wird. Diese Informationen werden mit dem Produkt abgespeichert und sind somit jederzeit abrufbar. Weiterhin werden sie bei der Generierung einer Anweisung auf dem Deckblatt vermerkt.

7.1.1 Benutzerschnittstelle Vorranggrapheneditor

AGeniA nutzt als Basis die in Kapitel 5.2.2 getroffenen Konventionen zur Abbildung von Produktionsprozessen in Vorranggraphen. Die vereinbarten Knotentypen können mit einfachen, an Standardanwendungen angelehnte, Drag-and-Drop-Operationen gesetzt und somit der Graph aufgebaut werden. Die Knoten weisen dabei entsprechend deren

Funktion unterschiedliche Merkmale und Submenüs auf, um die Interpretation vorhandener Graphen zu erleichtern. Diese Menüs können über die rechte Maustaste aufgerufen werden, um hierin weitere Eingaben vollziehen zu können. Insgesamt wurde zur Erreichung einer möglichst einfachen und intuitiven Bedienung angestrebt, diese eng in Anlehnung an bekannte und typische Anwendungen umzusetzen. In Bild 75 ist der Aufbau und die Oberfläche des Vorranggrapheneditors abgebildet.

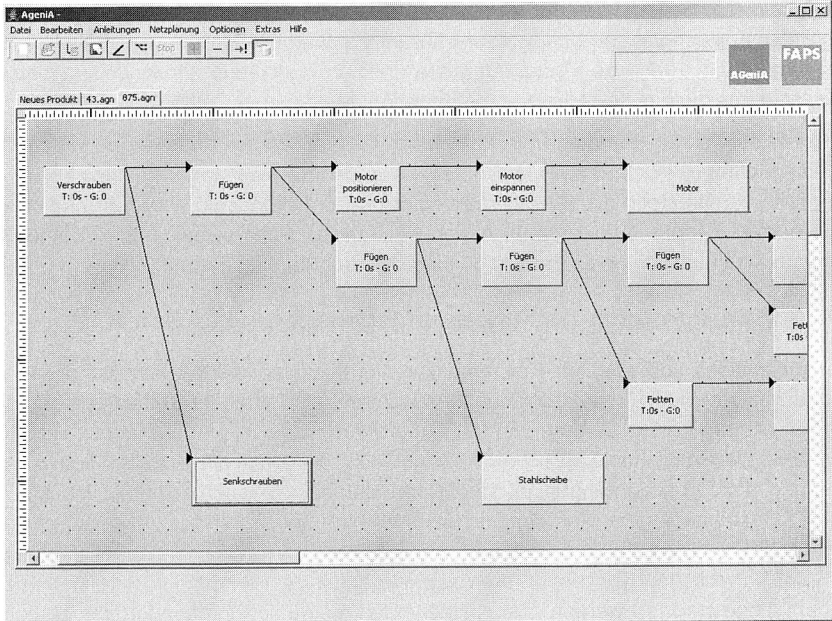


Bild 75: Grafische Benutzeroberfläche des Vorranggrapheneditors im Softwareprototypen AGeniA zur Anweisungsgenerierung

Zur Erstellung und Verwaltung von Produktvarianten beinhaltet AGeniA einen Varianteditor. Mit diesem können Varianten durch Markierung der gültigen Pfade im Vorranggraphen angelegt und ausgewählt sowie „explizite Verbote“ (siehe Kapitel 5.2.3) gesetzt werden. Weiterhin kann zur Visualisierung und damit vereinfachten Bedienung die Variantengestaltung grafisch oder tabellarisch dargestellt werden.

Um eine Nutzung von AGeniA als Planungshilfe, wie in Kapitel 5.6.4 vorgestellt, vorzubereiten, können den Verrichtungsknoten Arbeitszeiten und Gruppen zugewiesen werden. Damit besteht die Möglichkeit, Arbeitsschritte einer Gruppe, einer Produktionslinie oder einem Werker zuzuordnen. Die dazu hinterlegten Daten werden in den Knoten angezeigt oder können als Tabelle ausgegeben werden, um eine Planung zu ermöglichen.

7.1.2 Systemunterstützte Erstellung und Pflege von Anweisungen

Zur Erstellung einer Anweisung müssen zunächst die benötigten Daten in AGeniA eingegeben werden. Dabei nimmt der Umfang der notwendigen Eingaben mit dem Betrieb der Software schrittweise ab. Hierzu nutzt AGeniA die in Kapitel 5.5 beschriebenen Methoden, um automatisiert Textvorschläge zu unterbreiten und mit jeder neuen Anleitung selbstständig Inhalte dazuzulernen. Somit muss nach einiger Laufzeit bzw. einigen erstellten Anweisungen der bearbeitende Mitarbeiter (z.B. Produktionsplaner) lediglich die vorgeschlagenen Textblöcke auswählen und bestätigen, worauf automatisiert eine Anweisung erstellt werden kann.

Die Eingabe der Anweisungsdaten erfolgt über eine grafische Schnittstelle, die durch Anwahl eines Knotens im Vorranggrapheneditor aufzurufen ist (Bild 76). Hierin können zunächst grundlegende Informationen, wie die Art des Vorgangs oder einzusetzende Betriebsmittel, über die angewählte Verrichtung eingegeben und in einem weiteren Untermenü die Anleitung an sich erstellt werden. Hierbei können auf Basis der Grundinformationen vorausgewählte Textblöcke zusammengestellt und damit eine Anweisung generiert werden. Auch die Einzelteile oder Tätigkeiten sind kontextbezogen aus Textboxen auszuwählen und einzufügen. Somit entsteht eine Art Anweisungsbaukasten, in welchem, abhängig von den Bauteilen und Tätigkeiten, durch AGeniA eine Vorauswahl getroffen wird. Dabei wurde die Schablonengestaltung für die automatische Textgenerierung mit dem Template-Verfahren flexibel ausgelegt, um alle möglichen Anweisungsvarianten abbilden zu können. Ferner ist die Schärfe der Schablonensuche für die Vorauswahl durch den Benutzer anpassbar, indem Art der Arbeit und Arbeitsplatz eingeschränkt sowie eine Mindestanzahl von übereinstimmenden Bauteilen mit dem aktuellen Vorgang vorgegeben werden können.

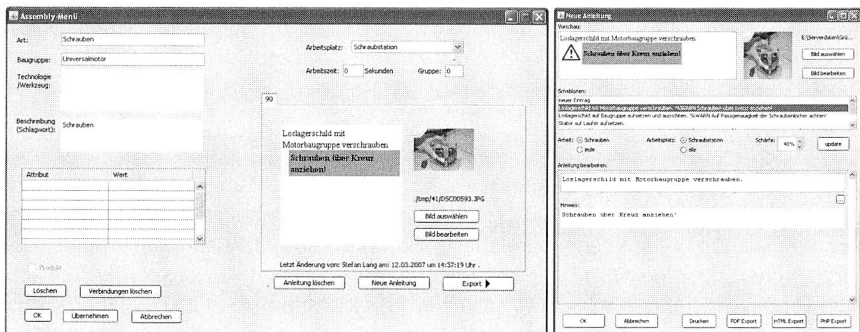


Bild 76: Grafische Schnittstelle zur Eingabe von Arbeitsanweisungen (links: „Assembly-Menü“, rechts: Anweisungserstellung)

Ein maßgebliches Merkmal ergonomischer Arbeitsanweisungen ist die Einbettung von Bildern und Grafiken. Häufig gestaltet sich jedoch die Bildbearbeitung sehr komplex oder eine uneinheitliche Gestaltung reduziert die Anweisungsergonomie. Daher ist in AGeniA die Funktion implementiert, sowohl Bilder einbinden als auch in gewissem Um-

fang bearbeiten zu können (Bild 77). Dabei beschränken sich die Bearbeitungsfunktionen auf das Ausschneiden von Bildteilen, das Skalieren, das Einzeichnen von Pfeilen und Rahmen, das Hinzufügen von Text sowie das Rückgängigmachen von Bearbeitungsschritten und das Abspeichern der Änderungen. Weiterhin wird das Bildformat bzw. die damit korrelierte Dateigröße automatisch auf die benötigte Auflösung angepasst, um die Datenmenge auf ein notwendiges Maß zu reduzieren.

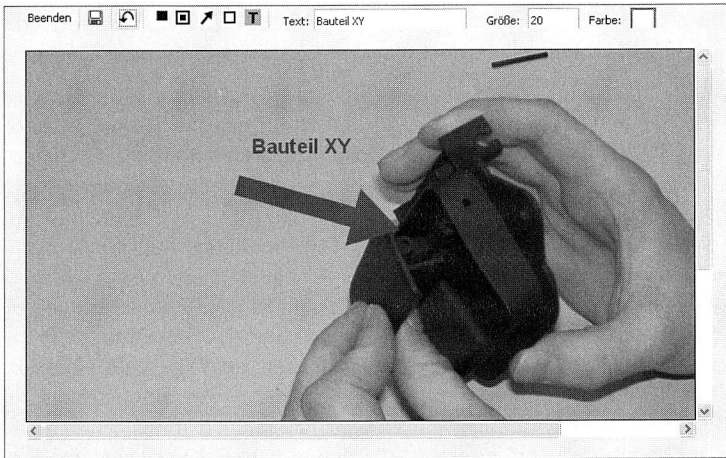


Bild 77: Bildbearbeitungsmodus zur Modifikation von Grafiken in AGeniA

Nach Erstellung der Anweisung und Bestätigung durch den Benutzer wird diese in der zu Grunde liegenden XML-Struktur hinterlegt und bei Bedarf auch in der zugehörigen Datenbank abgelegt. Bilddateien werden dazu separat oder auf einem Server gespeichert. Für Änderungen an bestehenden Daten können diese wieder aufgerufen und bearbeitet werden.

7.1.3 Generierung von Anweisungen und Anbindung an Anzeigesysteme

Gemäß der in Kapitel 5.5.3 vorgestellten Konzeption kann AGeniA die Anweisungsdaten nutzen, um Dokumente im HTML-, PHP- sowie PDF-Format zu erstellen oder direkt über ein via Datenbank angebundenes Mitarbeiterinformationssystem darzustellen. Hierzu stehen die Möglichkeiten eines Exports der gesamten Anweisung für das komplette Produkt sowie die Ausleitung einzelner Arbeitsschritte zur Auswahl. Ferner kann der Benutzer das gewünschte Zielformat wählen. Bei der Anweisungsgenerierung werden die in Kapitel 4.4 vorgestellten Gestaltungsrichtlinien umgesetzt, um eine möglichst hohe Informationseffizienz erreichen zu können.

Zur Darstellung der Anweisungen direkt in einem IT-basierten Mitarbeiterinformationssystem kann AGeniA gemeinsam mit einem solchen eine Datenbank nutzen. Dies wurde gemäß dem in Kapitel 5.6.2 beschriebenen Lösungsansatz am Beispiel des Mitarbeiterinformationssystems WIPUS umgesetzt, welches in Kapitel 7.2 detailliert vorgestellt

wird. Dazu werden die Anweisungsinformationen in eine Datenbank eingetragen, auf die WIPUS zur Anzeige zugreifen kann. Die Anweisungsbilder werden in ein gemeinsam zugängliches Verzeichnis auf dem Webserver abgespeichert und in den Anweisungsinformationen in der Datenbank eindeutig referenziert. Für Backup-Zwecke wird zusätzlich die erzeugte XML-Datei auf dem WIPUS-Server abgespeichert.

7.1.4 Fazit zu „AGeniA“

In AGeniA wurden beispielhaft die in Kapitel 5 vorgestellten Konzepte der Anweisungsgestaltung sowie Generierung umgesetzt und im prototypischen Einsatz erprobt. AGeniA bietet neben der einfachen Eingabe und Pflege der Daten auf grafischer Basis eines Vorranggraphen bereits vielfältige Merkmale intelligenten Programmverhaltens, um die Erstellung von Arbeitsanweisungen zu vereinfachen und effizienter zu gestalten. Weiteres Potenzial zeigt sich in erweiterten Planungsfunktionen sowie der Implementierung des Datenbezugs aus Systemen wie PPS-, ERP- oder CAD.

7.2 Softwareprototyp eines MIS zur Informationsdistribution „WIPUS“

Das in Kapitel 6 vorgestellte Systemkonzept zur IT-basierten Informationsdistribution wurde beispielhaft im prototypischen Mitarbeiterinformationssystem WIPUS (**Web**-basiertes **I**ntelligentes **P**roduktions**U**nterstützendes **S**ystem) umgesetzt. In dieser Lösung sind die grundlegenden dargestellten Merkmale eingearbeitet, wobei auf spezifische Anpassungen hinsichtlich Arbeitsmitteln oder Produktionsstrukturen sowie Funktionalitäten verzichtet wurde, sondern die generelle Ablaufsystematik sowie die Systemstruktur im Vordergrund dieses Technologiedemonstrators steht. Hierbei wurde zur Informationsdistribution die webbasierte Variante gewählt und die Umsetzung komplett in Internettechnologie implementiert. Auf die Nutzung von separater Client-Software konnte daher verzichtet werden.

7.2.1 Systembasis, Programmiertechnologie und Schnittstellen

Die Basis von WIPUS bilden gemäß der Konzeption aus Kapitel 6.2 eine Datenbank sowie ein Web-Server. Hierzu wurde aufgrund der kostenlosen Verfügbarkeit bei dennoch hoher Leistungsfähigkeit als Datenbankanwendung das Produkt MaxDB™ [75] mit den dazugehörigen Softwarelösungen zur Datenbankpflege und -administration gewählt. Als Web-Server kam bei der Entwicklung sowohl der „Internet Information Server“ von Microsoft als auch der „HTTP Server“ der Apache Software Foundation [108] zum Einsatz. Hierdurch konnte eine Unabhängigkeit von der genutzten Serverlösung, wenn auch mit geringen notwendigen Anpassungen, überprüft und sichergestellt werden.

Als Programmiertechnologie wurde vor allem die Beschreibungssprache HTML zur Gestaltung der Benutzerschnittstelle eingesetzt. Somit konnte erreicht werden, dass WIPUS mit nahezu allen gängigen Internetbrowsern kompatibel ist. Weiterhin wurde zur Layoutgestaltung der HTML-Dokumente CSS verwendet, um die Erstellung der vielfältigen Internetseiten zu vereinfachen und grundlegende Gestaltungsmerkmale vorzugeben sowie die Darstellungen zu vereinheitlichen. Die dynamische Erstellung von Doku-

menten mit Daten aus der Datenbank wurde durch den Einsatz von PHP ermöglicht [109]. Dazu sind sämtliche Datenbankfunktionen in PHP eingelagert und werden bei deren Aufruf direkt auf dem Server ausgeführt. Der abrufende Browser erhält lediglich eine HTML-Seite zurück geliefert, wodurch keine direkte Kopplung an die Datenbank umgesetzt werden muss. Auf Basis von SQL wurde die Kommunikation mit der Datenbank realisiert. Als weitere Programmiersprache kam neben den Internetlösungen JAVA zum Einsatz, um die Kopplung von Peripheriegeräten an die Arbeitsplatzterminals zu ermöglichen. JAVA bietet eine weitreichende Plattformunabhängigkeit, wodurch, in Anlehnung an die Internetbasierung, damit erstellte Applikationen auch unter verschiedenen Betriebssystemen eingesetzt werden können.

Um auf die Datenbank zuzugreifen wurde vorrangig die ODBC-Schnittstelle eingesetzt. Mit dieser können nahezu alle Applikationen die Datenbank ansprechen, was hier durch die PHP-Applikation auf dem Webserver genutzt wird. Zur Anbindung von Peripherie wurde die RS232-Schnittstelle implementiert und zunächst beispielhaft die Anbindung eines RFID-Lesesystems vorgesehen, welches mittels der entwickelten JAVA-Software via RS232 angesprochen werden kann. Mit Hilfe dieser Lösung ist es ferner möglich, sonstige Geräte, wie Prüfmittel oder Ähnliches, einzubinden. Zur Anbindung der Arbeitsplätze sowie der Kopplung von Web-Server und Datenbank wurde auf das Standardprotokoll TCP/IP zurück gegriffen, über welches ebenso netzwerkfähige Komponenten zur Interaktion mit dem System integriert werden können.

7.2.2 Umgesetzte Funktionalitäten

In WIPUS wurden die grundlegenden Funktionalitäten der Produktionsunterstützung und Datenadministration eingebunden. Durch die webbasierte Implementierung können Bildschirmansichten mit geringem Aufwand angepasst oder erweitert sowie vielfältige Dateiformate zur Anzeige gebracht werden. Somit können bspw. statt Bildern auch Videosequenzen dargestellt werden.

Produktionsunterstützung

Nach der Anmeldung an WIPUS erhält der Werker eine, auf den Arbeitsplatz an dem er sich befindet abgestimmte, Auftragsliste der anstehenden Arbeiten (Bild 78). Diese enthält neben der Sollmenge auch die noch offene Menge, falls ein Auftrag bereits begonnen, aber noch nicht fertig gestellt wurde sowie den Zieltermin für die Fertigstellung. Aus dieser Liste kann der Mitarbeiter einen zu bearbeitenden Auftrag frei auswählen. Bei Aufträgen, deren Bearbeitung aufgrund ausstehender Vorarbeiten noch nicht durchführbar ist, werden sowohl die vorgelagerten Arbeitsschritte als auch die dafür erforderlichen Arbeitsstationen angezeigt.

Hallo Georg Werker!
Folgende Arbeit steht an...

	Anleitung	Firma	Bild	Erzeugnis	Schnitt	#Gesamt	#Rest	Termin	ID
Wählen!		Musterkunde		Mittelamlehne Leder	Entgültige Positionierung	60	60	2007-03-21	67
Nicht wählbar! Vorarbeiten ausstehend: Pressen Lagerschild mit Laufer, Stator an Presse manuell		Musterkunde		Universalmotor	Einsetzen Lagerschild mit Laufer, Stator	35	35	2007-03-21	65
Nicht wählbar! Vorarbeiten ausstehend: Einsetzen Produktstufe 2, Loslagerschild an Handarbeitsplatz		Musterkunde		Universalmotor	Aufsetzen Produktstufe 2, Loslagerschild	35	35	2007-03-21	65

FAPS

Bild 78: Geordnete Liste von Aufträgen zur Auswahl durch den Werker im Mitarbeiterinformationssystem WIPUS

In WIPUS erhält der Mitarbeiter durch Visualisierung der benötigten Informationen permanente Unterstützung bei seinen Tätigkeiten. So wird während der Bearbeitung eine Prüfliste zur Verfügung gestellt, in welcher qualitätsrelevante Aspekte für die Bearbeitung dargestellt werden. Weiterhin ist eine detaillierte Arbeitsanweisung abrufbar, in der schrittweise der Produktionsablauf erläutert und visualisiert ist (Bild 79). Diese muss sich der Werker zwingend ansehen und als gelesen bestätigen, wenn die Anweisung neu ist oder seit dem letzten Abruf Änderungen daran durchgeführt wurden. Ansonsten hat er jederzeit die Möglichkeit, diese über ein Bedienfeld auftragspezifisch aufzurufen und einzusehen.

Während der Auftragsbearbeitung werden Rückmeldedaten über erfolgreiche und nicht erfolgreiche Verrichtungen an die Datenbank zurück gesendet, was manuell durch eine Benutzereingabe mit Hilfe vorgesehener Bedienfelder oder automatisiert durch angebundene Peripheriegeräte erfolgen kann. Ferner wird dokumentiert, welcher Mitarbeiter welchen Auftrag an welchem Arbeitsplatz durchgeführt hat, um eine umfassende Rückverfolgbarkeit gewährleisten zu können.

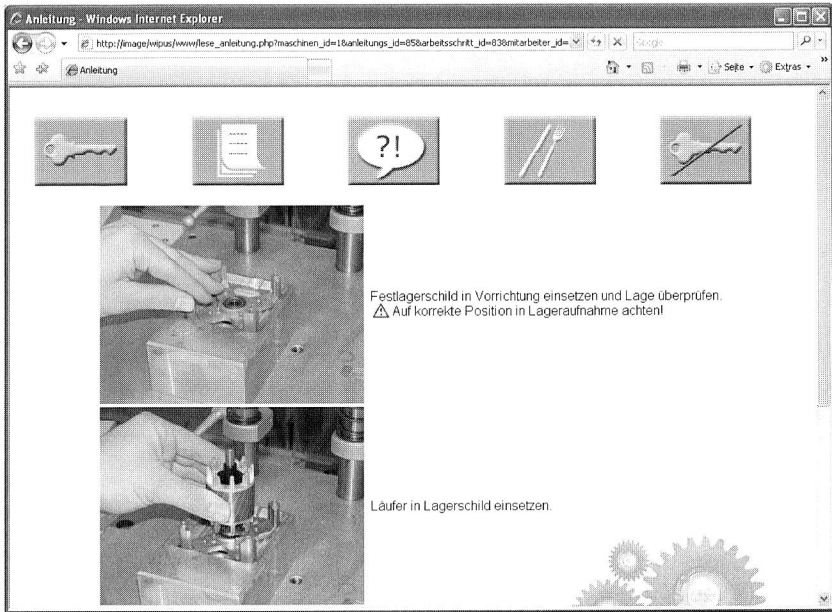


Bild 79: Darstellung einer Arbeitsanweisung zum Verpressen eines Motorläufers mit einem Lagerschild unter WIPUS

Administration

Die Pflege und Eingabe von Daten wird bei WIPUS ebenfalls über ein Web-Interface realisiert. So können Informationen über Kunden, verfügbare Produktionsanlagen, Produkte, Aufträge und Mitarbeiter direkt über eine passwortgeschützte Internetseite eingepflegt und bearbeitet werden. Den Ausgangspunkt in diesem Administrationsbereich bildet dabei eine Statusübersicht über alle ausstehenden, begonnenen und abgearbeiteten Aufträge, wobei die Darstellung durch eindeutige Symbolik unterstützt wird. Auch freie Ressourcen oder deren Überbelegung können hierüber erkannt werden (Bild 80).

Neben der Nutzung des in Kapitel 5 vorgestellten Softwarehilfsmittels zur Anweisungserstellung können diese ebenfalls direkt über ein Web-Interface eingepflegt und bearbeitet werden. Hierzu können die herzustellenden Produkte angelegt werden, wobei die Anzahl der notwendigen Produktionsschritte anzugeben ist. Jedem dieser Schritte kann daraufhin eine Produktionsressource zugewiesen und ein Anweisungstext sowie ein Bild dazu hinterlegt werden.

AuftragsID	Firma	Erzeugnis	Soll	Endtermin	Auftragsstabe	AS_ID	AS_Nr	AS_Baz	MaschTypID	Arbeitsschritt	Status	Wartestatus
65	Musterkunde	Universalmotor	35	2007-03-21	83	83	Pressen	1	✘		0	
65	Musterkunde	Universalmotor	35	2007-03-21	84	84	Einsetzen	3	✘		1	
65	Musterkunde	Universalmotor	35	2007-03-21	85	85	Aufsetzen	3	✘		1	
65	Musterkunde	Universalmotor	35	2007-03-21	86	86	Schrauben	7	✘		1	
65	Musterkunde	Universalmotor	35	2007-03-21	87	87	Prüfen	10	✘		1	
66	Musterkunde B	Universalmotor	15	2007-03-21	83	83	Pressen	1	✘		0	
66	Musterkunde B	Universalmotor	15	2007-03-21	84	84	Einsetzen	3	✘		1	
66	Musterkunde B	Universalmotor	15	2007-03-21	85	85	Aufsetzen	3	✘		1	
66	Musterkunde B	Universalmotor	15	2007-03-21	86	86	Schrauben	7	✘		1	
66	Musterkunde B	Universalmotor	15	2007-03-21	87	87	Prüfen	10	✘		1	
67	Musterkunde	Mittelarmlehne Leder	60	2007-03-21	14	1	Einsetzen der Mittelarmlehne	1	✔		0	
67	Musterkunde	Mittelarmlehne Leder	60	2007-03-21	15	2	Ergülte Positionierung	3	✘		0	

Bild 80: Statusübersicht über alle Aufträge im WIPUS-Administrationsbereich

7.2.3 Fazit zu „WIPUS“

Bei WIPUS handelt es sich um ein Mitarbeiterinformationssystem, welches nach den Vorgaben des in Kapitel 6 vorgestellten Konzepts realisiert ist. Es zeigt als Technologiemonstrator die grundlegenden Funktionen eines Mitarbeiterinformationssystems auf und beinhaltet die notwendigen, im Hintergrund ablaufenden, Prozesse, die zu einer leistungsfähigen Informationsbereitstellung sowie der damit verbundenen Erhöhung der Prozesssicherheit notwendig sind. Zur Implementierung weiterer Funktionen über die Unterstützung bei Produktionsaufgaben hinaus, wie sie beispielhaft in Kapitel 6.1.2 aufgeführt sind, ist WIPUS aufgrund der vorgestellten Konzeption mit geringem Aufwand erweiterbar. Hierzu müssen lediglich zusätzliche Internetseiten eingebunden werden, die ergänzende Funktionen zur Verfügung stellen. Die dazu notwendige Anpassung der Datenbank kann über eine Erweiterung oder das Hinzufügen von Tabellen realisiert werden.

7.3 Evaluierung unter Produktionsbedingungen

Neben zahlreichen ausführlichen und erfolgreichen Testläufen unter Laborbedingungen wurden die softwareseitig umgesetzten Prototypen im Praxiseinsatz erprobt. Auf diese Weise konnte eine Bewertung des vorgestellten Gesamtkonzepts erfolgen, da die Soft-

wareumsetzungen die generellen Abläufe und Funktionalitäten, die den Konzepten zu Grunde liegen, darstellen, wobei sie auf firmenspezifische Anpassungen verzichten.

Zielsetzung des Testbetriebs unter Produktionsbedingungen war die Überprüfung der Lauffähigkeit der Softwareprototypen, die Validierung des Gesamtkonzepts, die Evaluierung der erwarteten Potenziale hinsichtlich der Effizienzsteigerung sowie die Identifikation von Verbesserungspotenzialen und weiteren Ansatzpunkten. Dabei sollte zum einen die Software überprüft und eine verlässliche Aussage erreicht werden, ob das System stabil betrieben werden kann und eine Nutzung für die Produktionsmitarbeiter intuitiv möglich ist. Zum anderen sollte erfasst werden, ob eine durchgängige Mitarbeiterinformation in der Praxis das angestrebte Verhalten zeigt und die erwarteten Effekte auftreten. Ferner galt es, Optimierungspotenziale in der Softwareumsetzung und dem Gesamtkonzept aufzudecken sowie die notwendige Integrationstiefe in bestehende IT- und Systemlandschaften zu ermitteln.

Maßgeblich war bei dieser Untersuchung die Erfassung der Akzeptanz sowohl durch das Bedienpersonal, welches administrative Bereiche sowie die Werker einschließt, als auch durch die Entscheidungsebene, welche die positiven Effekte einer solchen Lösung erkennen sollte. Durch diese Einführung der erstellten Prototypen bei einem Industriebetrieb konnte, neben den Probeläufen im Sinne von Usability- und Funktionsuntersuchungen unter Laborbedingungen durch softwareerfahrene Bediener, auch ein Praxistest erfolgen. In diesem Rahmen fand unter nahezu realen Einsatzbedingungen durch die Bedienerzielgruppe eine Bewertung statt.

7.3.1 Evaluierungspartner und Randbedingungen

Das Partnerunternehmen bei diesen Untersuchungen war ein mittelständischer Hersteller von Lösungen aus dem Bereich der Antriebstechnik. Für den Testbetrieb wurde eine Produktionslinie zur Montage von Getriebemotoren als Einsatzfeld ausgewählt, welche drei Arbeitsplätze umfasst. Dabei ist eine der Stationen als Prüfplatz ausgelegt, an den beiden anderen finden die Montagetätigkeiten statt (Bild 81). Der Materialfluss erfolgt automatisiert über eine angetriebene Pufferstrecke. An den beiden Montagearbeitsplätzen werden überwiegend Komplettmontagen der Baugruppen durchgeführt, wobei jeweils ein vorgerüsteter Werkstückträger, welcher am Prüfplatz vorbereitet wird, die Basis der Verrichtung darstellt und die zusätzlich benötigten Bauteile in Greifkisten an den Plätzen bereit stehen.

Die Arbeitsinhalte sind bei allen auf dieser Linie hergestellten Varianten ähnlich. So sind überwiegend Planetengetriebe auf vorkonfektionierte Elektromotoren zu montieren und ein Funktionstest durchzuführen. Bei der Montage werden vor allem Steckvorgänge von Zahnrädern, Scheiben und Gehäuseteilen durchgeführt sowie die Fettung der Bauteile vorgenommen. Als abschließender Arbeitsschritt findet dabei in der Regel ein Verschrauben der Gehäuseteile mit einem Elektro-Handschauber statt. In der anschließenden Prüfung wird eine Kontaktierung der fertigen Baugruppe vorgenommen und ein Probelauf gestartet. Bei positivem Prüfergebnis werden die Baugruppen mit einem Prüfetikett versehen und kundenspezifisch verpackt.

Auf dieser Linie werden verschiedene Produkte in Losgrößen zwischen ca. 250 und 500 Stück in diversen Varianten hergestellt. Bisher wurden die Arbeitsanweisungen papiergebunden an den Arbeitsplätzen aufgehängt, wobei Unternehmensvertreter das Problem der Aktualität der Informationen erkannten und bestätigten. Zur Anmeldung der Aufträge bzw. der Auswahl weiterer Lose müssen die Mitarbeiter den Produktionsbereich durchqueren und dies an einem zentralen BDE-Terminal vollziehen. Der gleiche Aufwand fällt bei Fertigmeldung der Aufträge, der Pausenmeldung und der Bestätigung von Rüstvorgängen nochmals an.

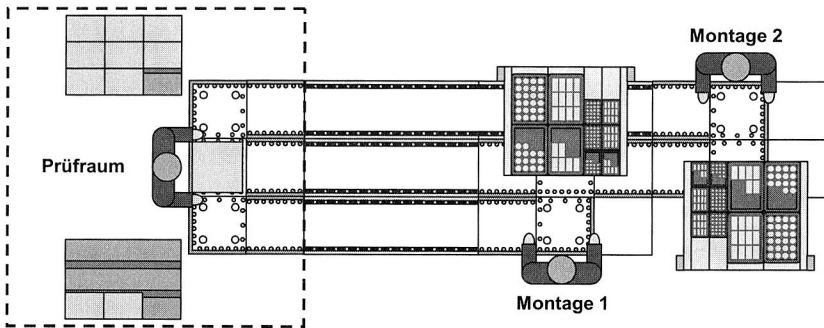


Bild 81: Produktionsbereich für den Testlauf der Softwareprototypen AGeniA und WIPUS: Montagelinie zur Herstellung von Getriebemotoren (Bild nach [47])

Aufgrund der Produktionsstruktur, der verhältnismäßig hohen Losgrößen und geringen Variantenanzahl sowie des damit verbundenen vernachlässigbaren Rüstaufwands durch seltenen Produkt- oder Variantenwechsel in einer Schicht ist eine zahlenmäßige Erfassung der Verbesserungen durch die IT-basierte Mitarbeiterinformation nicht sinnvoll. Daher wurden überwiegend Trends aufgenommen, Verbesserungspotenziale erfasst und durch Unternehmensvertreter erwartete Verbesserungen auf Basis des Testbetriebs einbezogen.

7.3.2 Systemstruktur für den Testbetrieb

Für den Test unter Produktionsbedingungen kamen die beiden Softwareprototypen AGeniA und WIPUS zum Einsatz. Hierbei wurden zur Nutzung von WIPUS an den beiden Montageplätzen der beschriebenen Linie Bildschirme und PCs installiert sowie der PC am Prüfplatz angeben. Als Datenbank- und Web-Server kam ein separater Rechner zum Einsatz, der die Basis für das Gesamtsystem bildete.

Die Erstellung und Pflege der Arbeitsanweisungen erfolgte vollständig mit dem Softwarewerkzeug AGeniA, um die angestrebte Durchgängigkeit darzustellen und deren Vorteile erfassen zu können. Auf Basis der in Kapitel 4.4 vorgestellten Gestaltungsrichtlinie wurden somit die bestehenden Anweisungen effizient erstellt und pflegbar abgelegt. Die Eingabe der Daten zu Arbeitsplätzen und Mitarbeitern fand gemäß dem zu Grunde liegenden Konzept mit dem Web-Interface von WIPUS statt.

Einschränkungen in Funktionsfähigkeit und Einsparpotenzial ergaben sich durch den prototypischen Charakter der Testinstallation. So wurde durch den Industriepartner zunächst auf die Anschaffung von Touch-Screens verzichtet und daher auf eine Kombination von Flachbildschirm und Trackball zurück gegriffen. Auch war die Anbringung der Bildschirme und der Eingabegeräte nicht ergonomisch, erschien jedoch für den Testbetrieb als ausreichend. Die Nutzung von veralteter PC-Hardware erwies sich nicht als hinderlich, was gemäß der Konzeption zu erwarten war. Weiterhin war eine Kopplung an assoziierte Systeme nicht möglich, wodurch Synergie-Effekte nicht zum Tragen kamen. So musste in Teilbereichen, wie BDE-Erfassung oder Auftragsverwaltung, redundant gearbeitet werden und die Dateneingabe manuell erfolgen. Daher beschränkte sich die Funktionalität in der Darstellung auf die Anzeige aktueller Informationen und der damit verbundenen erhöhten Prozesssicherheit. Eine reale Rückmeldung an weitere Systeme wurde als Maßnahme zur Sicherung des Produktionsablaufs nicht umgesetzt.

7.3.3 Systemeinführung und -einsatz

Die Installation des Systems und dessen Einführung gestaltete sich als äußerst einfach und erforderte nur geringen Aufwand, da neben der Verknüpfung der angebundenen Hardware zu einem Netzwerk nur wenige Schritte notwendig waren. Auf dem Server-PC wurden dazu, neben dem Betriebssystem, der Web-Server und die Datenbankanwendung installiert. Weiterhin wurde lediglich die notwendige Datenbankinstanz erzeugt und die WIPUS-Dateien in einem durch den Web-Server freigegebenem Verzeichnis abgelegt sowie hinsichtlich spezifischer optischer Anforderungen leicht modifiziert.

Zur Erstellung der zu hinterlegenden Informationen in Form von Arbeitsanweisungen wurde AGeniA zusätzlich auf dem Server-PC installiert. Hierzu mussten lediglich die Installationsroutine aufgerufen und im Anschluss daran einige Parameter, bspw. die Serveradresse und der Name der Datenbank, angegeben werden. Die Eingabe der Anweisungsdaten bzw. die dazu notwendige Modellierung der Produkte war nach einer kurzen Einarbeitungszeit erwartungsgemäß einfach möglich. Dabei war bereits eine massive Zeitersparnis gegenüber den klassischen Methoden mit Office-Lösungen zu erkennen.

An den Montagearbeitsplätzen war aufgrund der webbasierten Distributionsvariante keine weitere Installation notwendig. Das auf den genutzten PCs eingesetzte Betriebssystem ist bereits standardmäßig mit einem Web-Browser ausgerüstet, welcher uneingeschränkt zum Einsatz mit WIPUS genutzt werden kann. Hierzu ist nur die Serveradresse im Browser anzugeben. Zur Erleichterung der Bedienung wurde das System so eingerichtet, dass beim Einschalten der Rechner automatisch WIPUS gestartet wird.

Die Bedienung von WIPUS, sowohl im administrativen Bereich als auch durch die Werker bei Produktionsaufgaben, erfolgte überwiegend intuitiv und wurde umgehend verstanden. Nach einer kurzen, mitarbeiterindividuellen Einführung konnten die betroffenen Werker sowie der zuständige Meister das System in allen für sie notwendigen Funktionen problemlos selbstständig bedienen. Aufgrund dieser einfachen Bedienbarkeit war

sofort nach dem Aufbau des Systems eine hohe Akzeptanz aller betroffenen Bereiche zu erreichen. Insbesondere die Möglichkeit, Namen und Bezeichnungen so zu wählen, wie sie im Unternehmen bereits in anderen Systemen definiert wurden oder sich im Sprachgebrauch der Mitarbeiter etabliert haben, stellte einen zentralen Erfolgsfaktor dar, um Skepsis und Ablehnung abzubauen.

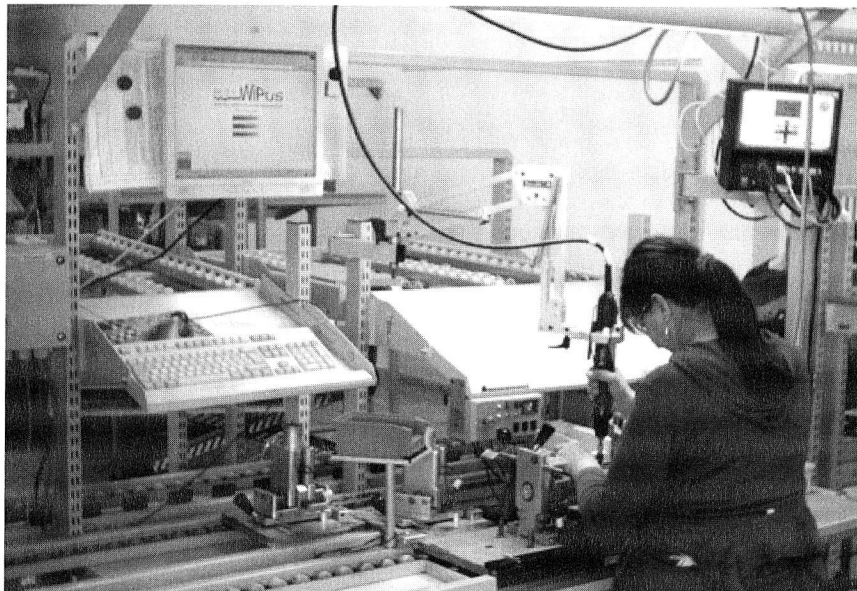


Bild 82: Arbeitsplatz zur Montage von Getriebemotoren mit installiertem Mitarbeiterinformationssystem

7.3.4 Ergebnisse aus dem Testbetrieb im Produktionsumfeld

Insgesamt war festzustellen, dass das hier vorgestellte Lösungskonzept und die zugehörigen Prototypen nahezu Plug-and-Produce fähig sind. Neben der Eingabe der Anweisungsdaten fällt kaum Installations- und Einrichtungsaufwand an, um ein lauffähiges Gesamtsystem in einer Produktion einzuführen. Weiterhin kann auf Schulungsmaßnahmen beinahe völlig verzichtet werden, da, in der getesteten Komplexität, alle benötigten Funktionalitäten durch die Bediener intuitiv erfasst und verstanden werden.

Anweisungserstellung

Die Erstellung von Anweisungen mittels AGeniA stellte sich deutlich einfacher und zeitsparender dar, als dies bisher mit manueller Erstellung in Office-Software möglich war. Auch die dynamische Änderung von Anweisungsinformationen bei direkter Kopplung zur Anzeigeeinstanz, in diesem Fall WIPUS, bei sofortiger Aktualisierung erwies sich als äußerst vorteilhaft, da somit stets die aktuelle Anweisung am Arbeitsplatz vorhanden ist.

Die Bedienung in Form einer grafischen Benutzerschnittstelle und die Eingabe von Daten auf Basis der Produktmodellierung in einem Vorranggraphen wurde durch die Nutzer, in diesem Fall Mitarbeiter der Arbeitsvorbereitung, durchweg als positiv bewertet. Durch das implementierte intelligente Systemverhalten, mit welchem Automatismen in der Anweisungserstellung umgesetzt sind, wurden weitere Synergie- und Einspareffekte erreicht. Ferner sind durch die verbesserte Gestaltung der Anweisungen zukünftig positive Effekte hinsichtlich Qualität und Ausbringung zu erwarten.

Produktionsunterstützung

Mit Hilfe von WIPUS kann gewährleistet werden, dass unternehmensweit stets die aktuellen und korrekt dem jeweiligen Auftrag zugeordneten Anweisungen zur Verfügung stehen. Somit war ein Zuwachs von Qualität und Ausbringungsmenge festzustellen, auch wenn dieser aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen nur gering ausfiel. Vor allem die Überprüfung, ob ein Mitarbeiter die aktuelle Anweisung bereits als gelesen bestätigt hat, wurde von den Anwendern als sehr positiv eingestuft, da auf diese Weise keine veralteten Anweisungen zum Einsatz kommen, was bisher immer ein großes Problem bei diesem Industriepartner darstellte. Hierdurch werden erhebliche Verbesserungen im Arbeitsablauf und der Produktionsqualität erwartet.

Durch die systemunterstützte Anleitung bei Montagetätigkeiten war ferner eine Steigerung in der Produktivität zu messen. Dazu wurden aus dem vorhandenen BDE-System Produktionsdaten über einen Zeitraum von jeweils drei Wochen vor und nach der Einführung des Mitarbeiterinformationssystems verglichen. Als Kennzahl wurde dabei die Taktzeit, in Form von Menschminuten pro Werkstück, herangezogen, wobei nur Gutteile eingingen und daher auch Ausschussmengen und Nacharbeiten aufgrund von Qualitätsmängeln in die Taktzeit einfließen. Dabei wurden jeweils die Mittelwerte pro Produktvariante über eine Stichprobe zur Auswertung genutzt, um Streuungen durch Nebeneffekte zu kompensieren. Insgesamt war eine Verringerung der Taktzeit, abhängig von der jeweiligen Variante, von bis zu 8,2% zu ermitteln. Jedoch ist zu beachten, dass im Testbetrieb noch nicht alle Potenziale des Mitarbeiterinformationssystems ausgeschöpft werden konnten, da bspw. die BDE-Erfassung noch manuell auf herkömmlichem Weg erfolgen musste. Eine Überlagerung mit anderen Effekten, die zu einem positiven Ergebnis in dieser Größenordnung hätten führen können, sind nach Rücksprache mit Mitarbeitern des Partnerunternehmens auszuschließen, da keine weiteren Modifikationen im Prozess- oder Produktionsablauf in dem betrachteten Zeitraum erfolgten.

Weiteres großes Potenzial bietet die Einsparung von Wegezeiten zum An- und Fertigmelden der Aufträge sowie dem Beschaffen der benötigten Dokumente. Da mit den umgesetzten Lösungen alle Informationen direkt am Arbeitsplatz zum Abruf bereit stehen und die anfallenden Verwaltungstätigkeiten, bei zukünftiger Anbindung an assoziierte Systeme, ebenfalls direkt über das MIS abgewickelt werden können, entfallen diese Aufwendungen nahezu komplett. Die bisher dafür aufgebrauchte Zeit kann demnach direkt als Produktivitätszuwachs bewertet werden. Ein deutlicher Mehrwert ergibt sich, nach Aussage des zuständigen Meisters, durch die mit dem System realisierbare steti-

ge Erfassung von Produktionsdaten und die damit einhergehende Möglichkeit der Analyse von Abläufen und Prozessen. Somit können bereits während der Abarbeitung von Aufträgen der Status und auftretende Probleme oder Engpässe im Administrationsbereich abgefragt und bewertet werden.

Verbesserungspotenziale von AGeniA und WIPUS

Durch den Testbetrieb in einem Produktionsunternehmen konnten weiterhin einige Optimierungspotenziale und zusätzliche Funktionalitäten erkannt werden, die zu großen Teilen im Konzept vorhanden sind, im Prototypen jedoch aus den bereits angeführten Gründen nicht umgesetzt wurden. So ist WIPUS bisher auf eine Einzelplatzmontage mit geringen Losgrößen ausgelegt, wobei jeweils ein Auftragslos an einem Arbeitsplatz komplett bearbeitet wird. Durch die hohen Stückzahlen im Testbetrieb konnte festgestellt werden, dass eine Erweiterung hinsichtlich der Aufteilung von Losen auf mehrere Arbeitsstationen sinnvoll ist. Auf diese Weise wird auch ermöglicht, bereits fertiggestellte Teilmengen an Folgestationen bearbeiten zu können, was in der Umsetzung WIPUS nicht vorgesehen ist. Ebenso stellte sich, insbesondere aufgrund der relativ hohen Losgrößen, heraus, dass die bereits konzeptionell verankerte Aufteilung der Anweisungen auf verschiedene Bereiche bzw. Betriebsmodi (bspw. Rüsten, Produzieren, Prüfen) empfehlenswert ist, da somit nur der jeweils relevante Teil einer Anweisung dargestellt und bestätigt werden muss. Auch wurde seitens der Produktionsmitarbeiter der Wunsch geäußert, eine Unterstützung hinsichtlich einer Werkerselbstprüfung aufzunehmen. So sollte bspw. nach einer bestimmten Anzahl produzierter Baugruppen durch das System ein Hinweis gegeben werden, dass eine Prüfung (im Sinne einer Stichprobe) stattfinden muss, wobei diese, z.B. im Falle einer Sichtprüfung, durch die Anzeige eines Gut- und eines Schlechtheils unterstützt werden könnte.

Ferner besteht die Notwendigkeit, bei manueller Qualitätsrückmeldung, die Bestätigung von Gut- bzw. Schlechtheilen schlanker zu gestalten und hier nur noch die Komplettbearbeitung oder nur Ausschussteile von den Werkern angeben zu lassen. Weiterhin wird, wie dies bereits konzeptionell vorgesehen ist, die Rückmeldung aktueller Fehler als wünschenswert eingestuft. Eine Realisierungsmöglichkeit hierzu ist bspw. eine Fehlerauswahl mit Hilfe von Fehlerbildern, die im System hinterlegt werden können. In weiteren Entwicklungsstufen des Mitarbeiterinformationssystems sollten ferner die Auswertung und Analyse der erfassten Daten ausgebaut werden. Da hier ein großer Mehrwert erkannt wurde, kann über die Erfassung dieser Daten hinaus auch eine systemeigene Auswertinstanz implementiert werden, sofern dies nicht bereits durch ein assoziiertes BDE-System ermöglicht wird. Neben diesen strukturellen Ansätzen für die Weiterentwicklung von WIPUS kristallisierten sich noch einige weitere Optimierungsansätze, meist hinsichtlich der optischen Darstellung, heraus, die zu Teilen bereits direkt umgesetzt werden konnten.

Fazit

Insgesamt bestätigten sich im Testbetrieb unter Produktionsbedingungen die erwarteten Potenziale einer durchgängigen Lösung zur Mitarbeiterinformation. Es zeigte sich ein deutlicher Trend zur Steigerung der Effizienz bei erhöhter Prozesssicherheit durch die verbesserte Informationsbereitstellung und -rückmeldung. Neben der Verringerung des Aufwands bei Erstellung und Pflege der Dokumente konnten auch deren Abruf und Gebrauch deutlich effizienter vollzogen werden. Die Akzeptanz der Systeme war direkt nach deren Einführung, trotz hoher Skepsis im Vorfeld, äußerst hoch und die Bedienung wurde durch gewerbliche Mitarbeiter wie auch die administrativen Bereiche umgehend beherrscht. Die hierbei erfassten Verbesserungsansätze können, sofern diese nicht direkt umgesetzt wurden, in zukünftigen Entwicklungsstufen implementiert werden. Somit erfahren die entwickelten Systeme weiteren Mehrwert und zunehmendes Potenzial zur Effizienzsteigerung und Absicherung manueller Prozesse.

8 Zusammenfassung

Produzierende Unternehmen müssen dem zunehmenden Wettbewerbsdruck der globalisierten Märkte und hohen Flexibilitäts- sowie Qualitätsanforderungen bei steigender Kundenorientierung gerecht werden. Dazu bietet die mitarbeitergeprägte Produktion einen Lösungsansatz, welcher jedoch mit spezifischen, neuen Problemstellungen behaftet ist. Somit bildet die effiziente und ergonomische Integration des Menschen in Produktionsumgebungen einen immer wichtiger werdenden kritischen Erfolgsfaktor.

In diesem Rahmen muss selbst ein Mitarbeiter, welcher bestens qualifiziert und motiviert ist, mit den korrekten und aktuellen Informationen zu den auszuführenden Tätigkeiten versorgt werden, um effizient Produkte in hoher Qualität herstellen zu können. Die aktuell angewendeten Methoden zur Mitarbeiterinformation in der Produktion bieten hierzu nicht die notwendige Leistungsfähigkeit und sind ferner mit erheblichem Aufwand bei der Erstellung, Pflege und Verteilung der Inhalte behaftet. Der Stand der Technik über die gesamte „Wertschöpfungskette der Informationsbereitstellung“ hat nicht das erforderliche Potenzial, den wachsenden Anforderungen gerecht zu werden.

Zielsetzung der vorliegenden Dissertation war daher die Entwicklung eines durchgängigen Lösungskonzepts zur produktionsbegleitenden Mitarbeiterinformation, um einen Beitrag zur Steigerung der Prozesssicherheit und Effizienz bei manuellen Arbeitsumfängen zu leisten. Dabei wurde nicht nur die Effizienz bei der Ausführung der Produktionstätigkeiten betrachtet, sondern vor allem Wert darauf gelegt, den Informationsprozess schlanker zu gestalten und hier Rationalisierungspotenziale zu entwickeln. Zur Zielerreichung wurde daher der gesamte Prozess von der Gestaltung der Information über deren Erstellung und Pflege bis zu der Darstellung an den Arbeitsplätzen in einem ganzheitlichen Ansatz betrachtet. Dabei fand sowohl eine Verbesserung der Einzelprozesse als auch deren Verknüpfung zu einem durchgängigen Systemkonzept statt.

Hierbei wurde zunächst die ergonomische Gestaltung produktionsbegleitender Informationen, vor allem Arbeitsanweisungen, angestrebt. In der Regel werden diese ohne konkrete Richtlinien erstellt, was zu uneinheitlichen Dokumenten, verminderter Informationseffizienz sowie unergonomischer Darstellung führt. Daher wurde eine grundlegende Gestaltungsrichtlinie entwickelt, in welcher der Aufbau und die Darstellung von Arbeitsanweisungen in einem Leitfaden vorgegeben werden. Dabei fand die ergonomische Darstellung, im Sinne einer schnellen Les- und Erfassbarkeit der Inhalte für die effiziente Nutzung der Informationen, besondere Beachtung.

Einen erheblichen Kostenfaktor stellt für Unternehmen die Erstellung und Pflege produktionsrelevanter Dokumente dar. Bisher werden diese üblicherweise manuell unter erheblichem Aufwand mit herkömmlicher Bürosoftware erarbeitet und daraufhin in den Produktionsbereich verteilt. Die Anpassung an die spezifischen Belange der Mitarbeiterinformation ist bei diesem Vorgehen nicht möglich, weshalb auch die Aktualisierung und Pflege der Daten nicht in effizienter Weise erfolgen kann. Zur Lösung dieser Problematik wurde daher ein Systemkonzept erarbeitet, mit welchem unter geringem Aufwand und auf einfachste Art und Weise Anweisungen für Produktionsaufgaben erstellt und

gepflegt werden können. Die Basis dieser Lösung bildet dabei eine grafische Benutzerschnittstelle, mit welcher Produktionsprozesse in Form eines Vorranggraphen zu modellieren sind. In diesem werden die Anleitungsinhalte hinterlegt, wobei der Benutzer systemseitige Unterstützung erfährt, was durch selbstlernendes Systemverhalten und Methoden der automatischen Textgenerierung ermöglicht wird. Auf diese Weise erweitert sich die Datenbasis des Systems im laufenden Betrieb automatisch und damit wird eine zunehmende Unterstützung mit ansteigender Exaktheit bei der Anleitungserstellung gewährleistet. Insgesamt wurde somit eine (teil-) automatisierte Generierung von Arbeitsanweisungen erreicht.

Nach der Gestaltung und Erstellung von Informationen für die Produktion müssen diese in effizienter Weise, zum richtigen Bedarfszeitpunkt, aktuell und in hoher Qualität an den Arbeitsplätzen zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist davon auszugehen, dass mit richtiger und aktueller Information eine erhöhte Prozesssicherheit bei manuellen Tätigkeiten zu erreichen ist. Mit der herkömmlichen, meist papiergebundenen, Verteilung von Dokumenten in den Produktionsbereich können diese Maßgaben nicht erfüllt werden. Um dieser Problemstellung zu begegnen, wurde daher ein IT-basiertes Mitarbeiterinformationssystem zur anforderungsgerechten Informationsdistribution in den Produktionsbereich entworfen. Dieses bietet, neben der stets aktuellen Bereitstellung der Daten unter geringem Aufwand, Mechanismen zur Absicherung der Herstellungsprozesse an manuellen Stationen sowie die Möglichkeit eines Datenrückflusses aus dem Produktionsbereich. Durch die ergonomische Auslegung der Benutzerschnittstelle kann ferner eine hohe Akzeptanz des Systems im Produktionsbereich sowie der effiziente Umgang damit gewährleistet werden.

Die erarbeiteten Konzepte wurden als Softwareprototypen in Form des Anweisungsgenerators AGeniA und des webbasierten Mitarbeiterinformationssystems WIPUS umgesetzt. Diese verdeutlichen als Technologiedemonstratoren, durch Implementierung der Grundfunktionalitäten, der Ablaufsystematik und der Systemstruktur, die Potenziale der konzipierten Gesamtlösung zur durchgängigen Mitarbeiterinformation. Gemeinsam mit der entwickelten Gestaltungsrichtlinie wurden die beiden Prototypen als Mitarbeiterinformationssystem bei einem Industriepartner in den Testbetrieb überführt. Hierbei konnten die Potenziale, die eine derartige Lösung zur Steigerung von Effizienz, Qualität und Wirtschaftlichkeit bietet, belegt sowie Verbesserungsansätze für das System selbst ermittelt werden.

Insgesamt wurde somit im Rahmen dieser Arbeit eine durchgängige Lösung zur effizienten Mitarbeiterinformation entwickelt und im Testbetrieb evaluiert. Mit dieser kann den spezifischen Problemstellungen, die in der mitarbeitergeprägten Produktion hinsichtlich der Informationsversorgung auftreten, begegnet werden, um Güter nachhaltig mit hoher Effizienz herstellen zu können. Ein besonderes Merkmal ist dabei der durchgängige Ansatz, mit welchem – beginnend bei der Gestaltung der Informationen über deren Erstellung und Pflege bis hin zu der Distribution an die Arbeitsplätze – alle Bereiche der „Wertschöpfungskette der Informationsbereitstellung“ betrachtet, verbessert und miteinander verknüpft wurden.

Literaturverzeichnis

- [1] AAMODT, A.; PLAZA, E.: Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. In: *AI Communication*, Heft 7 (1) (1994), S. 39-59.
- [2] BACHMANN, R.: *Wettbewerbsfähigkeit in Produktion und Fertigung: SYSTEMS 2006 präsentiert IT-Konzepte für mehr Wirtschaftlichkeit in Fertigungsbetrieben*. Pressemitteilung zur Systems 2006, Nr. 15, 2006.
- [3] BALLSTAEDT, S.-P.: *Wissensvermittlung - Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union, 1997.
- [4] BECK, S. A.: *Terminologie << Informationsmanag. << Virtuelles Handbuch << Studium << Fachrichtung Informationswissenschaft Saarbrücken*. Fachrichtung Informationswissenschaft Saarbrücken (Hrsg.): <http://is.uni-sb.de/studium/handbuch/infomanagement/terminologie.php> (Stand: 26.04.2005), Zugriff am 18.11.2006.
- [5] BEHME, W.: *Entwurf eines objektorientierten Meta-Informationssystems zur Unterstützung der Informationslogistik*. Dissertation, Universität Hildesheim, 1993.
- [6] BEIERLE, C.; KERN-ISBERNER, G.: *Methoden wissensbasierter Systeme*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 2000.
- [7] BIERBRAUER, S.: *Das Modell zur Wissensschaffung im Unternehmen nach Nonaka und Takeuchi*. Susan Bierbrauer (Hrsg.): <http://v.hdm-stuttgart.de/seminare/wm/w9900/nonaka.html> (Stand: 12/1999), Zugriff am 19.11.2006.
- [8] BMBF: *Flexible Produktionssysteme für die kundenindividuelle Produktion*. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): <http://www.bmbf.de/de/289.php>, Zugriff am 20.10.2006.
- [9] BÖHL, J.: *Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung*. Dissertation, Technische Universität München, 2001.
- [10] BÖHRINGER, J.; BÜHLER, P.; SCHLAICH, P.: *Kompendium der Mediengestaltung für Digital- und Printmedien*. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2006.
- [11] BRAUN, M.; HAGENMEYER, L.: Arbeitssysteme zukunfts-fähig gestalten. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 95*, Heft 1/2 (2005), S. 25-28.
- [12] BULLINGER, H.-J.: *Wissensmanagement: Wissen als strategische Ressource im Unternehmen*. München: TCW Transfer-Centrum GmbH, 2002.
- [13] BULLINGER, H. J. (Hrsg.): *Systematische Montageplanung: Handbuch für die Praxis*. München Wien: Carl Hanser Verlag, 1986.
- [14] BUSEMANN, S.: Generierung natürlichsprachlicher Texte. In: GÖRZ, G. et al. (Hrsg.): *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*, 4., korrigierte Auflage. München Wien: Oldenbourg Verlag, 2003, S. 783-814.
- [15] DALE, R.: *An Introduction to Natural Language Generation*. Datei: <http://www.ics.mq.edu.au/~rdale/teaching/esslli/part02.pdf>, Zugriff am 20.12.2006.
- [16] DELL INC.: *axim_x51.jpg*. http://www.dell.com/downloads/global/corporate/press/axim_x51.jpg, Zugriff am 13.02.2007.
- [17] DEUTSCHE MTM-VEREINIGUNG E.V.: *MTM - Glossar*. inoage - Hertel, Pinzer, Wissmann GbR (Hrsg.): <http://www.dmtm.com/kontakt/impressum.php>, Zugriff am 13.12.2006.

- [18] DIENER, U.: *Fragebogensoftware GrafStat - Das Fragebogenprogramm - Befragungen off- und online*. <http://www.grafstat.de/> (Stand: 15.10.2006), Zugriff am 27.11.2006.
- [19] DIN 44300: *Informationsverarbeitung - Teil 1: Allgemeine Begriffe*. Beuth Verlag, 1995.
- [20] DOMBROWSKI, U.; HENNERSDORF, S.; PALLUCK, M.: Fabrikplanung unter den Rahmenbedingungen Ganzheitlicher Produktionssysteme. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 96*, Heft 4 (2006), S. 156-161.
- [21] DUDEN: *Informatik - Ein Fachlexikon für Studium und Praxis*. Mannheim: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2001.
- [22] DÜNHÖLTER, K.: *XML*. <http://www.net-graphics.de/Noframe/XML/> (Stand: 16.01.1998), Zugriff am 18.12.2006.
- [23] ERNST FISCHER GMBH & CO.: *Untitled Document*. http://www.erfi.de/offen/info_view.asp?hbild=gelb&id=37&typ=PRD, Zugriff am 19.12.2006.
- [24] FELDMANN, K. (Hrsg.): *Montageplanung in CIM*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1992.
- [25] FELDMANN, K.; JUNKER, S.: Development of new concepts and software tools for the optimization of manual assembly systems. In: *CIRP Annals 2003 - Manufacturing Technology*, 52/1/2003. Utendorf: Edition Colibri Ltd., 2003, S. 1-4.
- [26] FELDMANN, K.; LANG, S.: Multimediale Informationssysteme an manuellen Arbeitsplätzen. In: *industrie Management*, Heft 21 (2005), S. 25-28.
- [27] FELDMANN, K.; LANG, S.: Increasing the Efficiency of Manual Assembly Structures by Innovative Information Systems. In: WESTKÄMPER, E. (Hrsg.): *First CIRP International Seminar on Assembly Systems*. Stuttgart: IRB Druckerei, 2006, S. 45-48.
- [28] FELDMANN, K.; SLAMA, S.; LANG, S.: Mitarbeiterkompetenz und Selbstorganisation in der Montage mit multimedialen Informationssystemen steigern. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 92*, Heft 9 (2002), S. 404-410.
- [29] GERST, D.; HEINS, M.; MÜLLER-SEEGER, M.; PACHOW, J.; BATTMER, D.: Synergetische Montageplanung - Konzept und Praxis eines ganzheitlichen Planungsansatzes. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 96*, Heft 9 (2006), S. 575-581.
- [30] GEYER, G.: *Entwicklung problemspezifischer Verfahrensketten in der Montage*. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 1991.
- [31] GÖPFERICH, S.: *Interkulturelles Technical Writing - Fachliches adressatengerecht vermitteln*. Tübingen: Gunter Narr Verlag, 1998.
- [32] GÖRZ, G.; ROLLINGER, C.-R.; SCHNEEBERGER, J. (Hrsg.): *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*. 4., korrigierte Auflage. München Wien: Oldenbourg Verlag, 2003.
- [33] GROSSER, H.: *Erste Trends aus der Potenzialstudie: "Fertigungsplanung und -steuerung "MES das unbekannte Modewort?"*. IDEA TV Ges. für kommunikative Unternehmensbetreuung mbH (Hrsg.): <http://www.innovations-report.de/html/berichte/studien/bericht-66254.html>, Zugriff am 04.02.2007.
- [34] GULBINS, J.; KAHRMANN, C.: *Mut zur Typographie: ein Kurs für Desktop-Publishing*. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2000.
- [35] GÜNTHER, H.-O.; TEMPELMEIER, H.: *Produktion und Logistik*. 6. Auflage. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 2005.

- [36] GUTENBERG, E.: *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Band 1: Die Produktion*. 24. Auflage. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 1971.
- [37] HANEL, G.: *Prozessorientiertes Wissensmanagement zur Verbesserung der Prozess- und Produktqualität*. Dissertation, RWTH Aachen, 2002.
- [38] HEINRICH, L.; ROITHMAYR, F.: *Wirtschaftsinformatik-Lexikon*. 6. Auflage. München: Oldenbourg Verlag, 1998.
- [39] HERBST, D.: *Erfolgsfaktor Wissensmanagement*. Berlin: Cornelsen Verlag, 2000.
- [40] HOFFMANN, W.; HÖLSCHER, B. G.; THIELE, U.: *Handbuch für technische Autoren und Redakteure - Produktinformation und Dokumentation im Multimedia-Zeitalter*. Erlangen: Publicis KommunikationsAgentur GWA, 2002.
- [41] HOISCHEN, H.: *Technisches Zeichnen*. 24. Auflage. Berlin: Cornelsen Verlag, 1993.
- [42] HOLLE, W.: *Rechnerunterstützte Montageplanung*. München Wien: Hanser Verlag, 2002.
- [43] HONEGGER, B. D.: *Beats Biblionetz - Begriffe: Information*. Beat Döbeli Honegger (Hrsg.): <http://beat.doebe.li/bibliothek/w00021.html> (Stand: 14.09.06), Zugriff am 09.11.2006.
- [44] HOVY, E.: *Language Generation - Overview*. <http://cslu.cse.ogi.edu/HLTsurvey/ch4node3.html>, Zugriff am 20.12.2006.
- [45] ITWISSEN: *Zeichen*. DATACOM Buchverlag GmbH (Hrsg.): http://www.itwissen.info/definition/lexikon/ll__character%20zeichen.html, Zugriff am 05.11.2006.
- [46] JUHL, D.: *Technische Dokumentation: Praktische Anleitungen und Beispiele*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2002.
- [47] JUNKER, S.: *Flexibel und marktnah produzieren mit modularen Montagestrukturen*. In Tagungsband: Fachseminar begleitend zur 23. Motek, Schall Kongress GmbH, Sinsheim, 22.09.2004.
- [48] KLARNER, M.: *Hybride, pragmatisch eingebettete Realisierung mittels Bottom-Up-Generierung in einem natürlichsprachlichen Dialogsystem*. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 2005.
- [49] KLETTI, J. (Hrsg.): *MES - Manufacturing Execution System: Moderne Informationstechnologie zur Prozessfähigkeit der Wertschöpfung*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2006.
- [50] KORDUAN, A.: *Zitat- und Sprücheforum (www.korduan.de)*. Korduan Seminare (Hrsg.): <http://www.sinnsprueche.de/daten/s152.htm>, Zugriff am 05.04.2007.
- [51] KORGE, A.: *Lean-Management mit System*. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 95*, Heft 1/2 (2005), S. 29-34.
- [52] KRUMHOLTZ, H.: *Informationsmanagement*. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
- [53] KRIWALD, T.; HAASIS, H.-D.: *Betriebliches Wissensmanagement in Produktion und Umweltschutz*. In: KRIWALD, T.; HAASIS, H.-D. (Hrsg.): *Wissensmanagement in Produktion und Umweltschutz*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2001, S. 1-20.
- [54] KRÜGER, T.; SCHIMMELPFENG, K.; SCHÖFER, A.: *Beschäftigungsorientierte Rationalisierung*. In: *Industrie Management*, Heft 14 (1998), S. 13-16.
- [55] KUBA, R.: *Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion*. Dissertation, Technische Universität München, 1997.

- [56] KUHLEN, R.: Information. In: KUHLEN, R. et al. (Hrsg.): *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation*, 5. Ausgabe. München: K.G. Saur Verlag, 2004, S. 3-20.
- [57] KUSCH, W.; RAUSCH, H.: ECN - Ergonomie-Kompetenz-Netzwerk. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 92*, Heft 6 (2002), S. 317-319.
- [58] LANG, S.: *Knowledge@Work - Effizienzsteigerung und Optimierung in der Montage mit Hilfe von EDV-basierten Mitarbeiterinformationssystemen*. In Tagungsband: Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme, VDI Wissensforum, Fürth/Bayern, 25.-26. Juni 2003.
- [59] LANG, S.: *Wissen und Arbeit - Effizienzgewinn durch Information*. In Tagungsband: Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme, VDI Wissensforum, Fürth/Bayern, 23.-24. Juni 2004.
- [60] LANG, S.: *Effiziente und prozesssichere Montage durch Einsatz von Mitarbeiterinformationssystemen*. In Tagungsband: Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme, VDI Wissensforum, Fürth/Bayern, 22.-23. Juni 2005.
- [61] LANG, S.: *Manuelle Montage prozesssicher und effizient gestalten: Innovative Methoden der Mitarbeiterinformation*. In Tagungsband: Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme, VDI Wissensforum, Fürth/Bayern, 31. Mai - 1. Juni 2006.
- [62] LANG, S.; SCHOLL, R.; SLAMA, S.: Multimediale Informationssysteme für Kleinserien-Montagearbeitsplätze. In: FELDMANN, K. et al. (Hrsg.): *Montage strategisch ausrichten - Praxisbeispiele marktorientierter Prozesse und Strukturen*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2004.
- [63] LAY, G.; SCHIRRMESTER, E.; WIENDAHL, H.-P.; RÖHRIG, M.: Zurück zu neuen Ufern - Rücknahme des Automatisierungsniveaus in deutschen Unternehmen. In: *ZWF Jahrgang 96*, Heft 7-8 (2001), S. 399-405.
- [64] LEHRSTUHL FAPS: *FAPS - Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik*. www.faps.de, Zugriff am 07.02.2007.
- [65] LEMKE, K.: *Entwicklung flexibel erstellbarer, universell verständlicher visueller Arbeitsanweisungen aus 3-D-Konstruktionsdaten für Montagelinien*. Dissertation, Hochschule für Bildende Künste Braunschweig, 2005.
- [66] LIENHARD, P.: *Information Supply Chain: Handlungs- und ursachenbezogene Informationsversorgung durch Collaboration Workflow-Unterstützung*. Dissertation, Universität Zürich, 2003.
- [67] LOTTER, B.; WIENDAHL, H.-P.: Montage in Deutschland - Herausforderungen und Chancen. In: *ZWF Jahrgang 101*, Heft 9 (2006), S. 492-499.
- [68] LUCKO, S.; TRAUNER, B.: *Wissensmanagement*. 2. Auflage. München Wien: Carl Hanser Verlag, 2005.
- [69] MAIER, R.; HÄDRICH, T.; PEINL, R.: *Enterprise Knowledge Infrastructures*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
- [70] MARICK, B.: Faults of Omission. In: *Software Testing and Quality Engineering*, Heft 2 (2000).
- [71] MAUCH, C.: Informationstechnologie - der vierte Produktionsfaktor oder nur Effizienzgewinn? In: HAUSLADEN, I. (Hrsg.): *Management am Puls der Zeit: Strategien, Konzepte und Methoden - Band 2: Produktion und Logistik*. München: TCW Transfer-Centrum, 2007, S. 969-980.

- [72] MENEVIDIS, Z.; HEYER, P.; NICKOLAY, B.; KRÜGER, J.: Kooperative Arbeitsplätze. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 96*, Heft 1/2 (2006), S. 61-65.
- [73] MOHR, H.: Wissen als Humanressource. In: CLAR, G. et al. (Hrsg.): *Humankapital und Wissen: Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung*. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag, 1997, S. 13-27.
- [74] MÜHLENBRUCH, H.; OLBRICH, W.: Montagetechnologien zur Beherrschung der variantenreichen Serienfertigung. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 93*, Heft 3 (2003), S. 186-197.
- [75] MYSQL AB: *MySQL AB ::MaxDB*. MySQL GmbH (Hrsg.): <http://www.mysql.de/products/maxdb/>, Zugriff am 09.02.2007.
- [76] NEUSCHWINGER, A.: *Multimediales, Informationsmodellbasiertes Arbeitsplatzkommunikationssystem - Ein modularer Ansatz mit normierten und standardisierten Datenstrukturen*. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2003.
- [77] NOKIA GMBH: *232696.data.jpg*. <http://www.nokia.de/de/93/232696.data.jpg>, Zugriff am 13.02.2007.
- [78] NONAKA, I.; TAKEUCHI, H.: *Die Organisation des Wissens. Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. Frankfurt a. Main New York: Campus Verlag, 1997.
- [79] NORMAN, D. A.: *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books, 2002.
- [80] NYHUIS, P.; MÜHLENBRUCH, H.; HEINS, M.: Altersgerechte Qualifizierung für die Montage. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 94*, Heft 4 (2004), S. 426-432.
- [81] OETZMANN, A.: *Einsatz wissensbasierter Systeme im Qualitätsmanagement von Produktionsverbänden*. Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 2005.
- [82] PFEIFFER, T.: *Qualitätsmanagement - Strategien, Methoden, Techniken*. München Wien: Carl Hanser Verlag, 2001.
- [83] PÖTTER, G.: *Die Anleitung zur Anleitung: Leitfaden zur Erstellung technischer Dokumentationen*. Würzburg: Vogel Buchverlag, 1994.
- [84] PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: *Wissen managen - Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. 4., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Gabler, 2003.
- [85] PROJEKT-MAGAZIN: *Methode des kritischen Wegs, Definition im Projektmagazin-Glossar*. <http://www.projektmagazin.de/glossar/gl-0805.html>, Zugriff am 08.02.2007.
- [86] QUINN, J. B.: *Intelligent Enterprise: A Knowledge and Service Based Paradigm for Industry*. New York: Free Press, 1992.
- [87] RAUTERBERG, M.: Über das Phänomen: "Information". In: BECKER, B. (Hrsg.): *Zur Terminologie in der Kognitionsforschung (Arbeitspapiere der GMD 385)*. St. Augustin: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbh, 1988, S. 219-241.
- [88] REASON, J.: *Human Error*. Cambridge, US: Cambridge University Press, 1990.
- [89] REDECKER, G.; RUMMEL, J.; SCHÖFER, A.; WOLTER, C.: Schnell informiert am Arbeitsplatz. In: *QZ 43*, Heft 2 (1998), S. 179-182.
- [90] REITER, E.; DALE, R.: *Building Natural Language Generation Systems*. Cambridge, US: Cambridge University Press, 2000.

- [91] RICHTER, M. M.: Fallbasiertes Schließen. In: GÖRZ, G. et al. (Hrsg.): *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*, 4., korrigierte Auflage. München Wien: Oldenbourg Verlag, 2003, S. 407-430.
- [92] RUDOLF, H.; HALLENBERGER, B.: *Tutorial: Farben im Webdesign*. Hartmut Rudolf (Hrsg.): www.metacolor.de (Stand: 11.10.2006), Zugriff am 07.02.2007.
- [93] RUDZIO, H.; APITZ, R.; DENKANA, B.: Visionen für die Fertigung - Einfach produktiv sein! In: *Industrie Management* 22, Heft 1 (2006), S. 51-54.
- [94] SCHOLZ-REITER, B.: Die Produktion der Zukunft. In: *Industrie Management* 22, Heft 1 (2006), S. 3.
- [95] SCHOLZ-REITER, B.: Mobile Technologien durchdringen Produktion und Logistik. In: *PPS Management* 11, Heft 2 (2006), S. 3.
- [96] SCHÖNHEIT, M.: Von Champions lernen. In: *VDI-Z* 145, Heft 11/12 (2003), S. 3.
- [97] SCHÖTTNER, J.: *Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie: Prinzip - Konzepte - Strategien*. München Wien: Carl Hanser Verlag, 1999.
- [98] SCHUH, G.: Fabrikplanung in Zeiten der Globalisierung. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 95*, Heft 4 (2005), S. 174.
- [99] SELIGER, G.; UHLMANN, E.; HARMS, R.; SÖNNICHSEN, C.; FRIEDRICH, T.: Tools and Processes for Hybrid Disassembly of Automotive Engines. In: WESTKÄMPER, E. (Hrsg.): *First CIRP International Seminar on Assembly Systems*. Stuttgart: IRB Druckerei, 2006, S. 209-214.
- [100] SIEMENS AG: *ARTESAS - Advanced Augmented Reality Technologies for Industrial Service Applications - Anwendungsfelder*. <http://www.artesas.de/site.php?lng=de&nav1ID=1&nav2ID=3> (Stand: 14.08.2004), Zugriff am 22.03.2007.
- [101] SKEYE SYSTEMS INC.: *skeyepad.jpg*. <http://www.skeyesys.com/images/skeyepad.jpg>, Zugriff am 13.02.2007.
- [102] SLAMA, S.: *Effizienzsteigerung in der Montage durch marktorientierte Montagestrukturen und erweiterte Mitarbeiterkompetenz*. Dissertation, FAU Erlangen-Nürnberg, 2004.
- [103] SORG, H. P.: *Aufgabe der innerbetrieblichen Information für Mitarbeiter und Messung ihrer Wirksamkeit*. Dissertation, Technische Universität Berlin, 1979.
- [104] SPATH, D.; BECKER, M.; KOCH, S.: Die adaptive unternehmerische Arbeitsorganisation. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 95*, Heft 1/2 (2005), S. 3-6.
- [105] SPATH, D.; RALLY, P.; RICHTER, M.: Adaptiv-unternehmerische Arbeitsorganisation. In: *Industrie Management*, Heft 22 (2006), S. 27-30.
- [106] SPATH, D.; WILHELM, S.: *Information und Kommunikation in der Produktion - Ergebnisse einer Unternehmensbefragung*. Stuttgart: IRB Verlag, 2003.
- [107] STEWART, T. A.: *Der vierte Produktionsfaktor: Wachstum und Wettbewerbsvorteile*. München Wien: Carl Hanser Verlag, 1998.
- [108] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION: *Welcome! - The Apache HTTP Server Project*. <http://httpd.apache.org/>, Zugriff am 09.02.2007.
- [109] THIEL, F.: *TCP/IP-Ethernet bis Web-IO*. 5. überarbeitete und stark erweiterte Auflage. Wuppertal: Wiesmann & Theis GmbH, 2006.
- [110] WENDE, I.: Informationstechnik und Anwendungen. In: KLEIN (Hrsg.): *Einführung in die DIN-Normen*, 13. Auflage. Stuttgart Leipzig Wiesbaden: B. G. Teubner GmbH, 2001, S. 35-72.

- [111] WIEDENMAIER, S.: *Unterstützung manueller Montage durch Augmented Reality-Technologien*. Dissertation, RWTH Aachen, 2004.
- [112] WIKIPEDIA: *Daten - Wikipedia*. Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): <http://de.wikipedia.org/wiki/Daten> (Stand: 26.10.06), Zugriff am 06.11.2006.
- [113] WIKIPEDIA: *Gantt-Diagramm - Wikipedia*. Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): <http://de.wikipedia.org/wiki/Gantt-Diagramm> (Stand: 16.11.2006), Zugriff am 16.12.2006.
- [114] WIKIPEDIA: *Information - Wikipedia*. Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): <http://de.wikipedia.org/wiki/Information> (Stand: 23.10.06), Zugriff am 05.11.2006.
- [115] WIKIPEDIA: *Pragmatik (Semiotik) - Wikipedia*. Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): http://de.wikipedia.org/wiki/Pragmatik_%28Semiotik%29 (Stand: 23.09.06), Zugriff am 08.11.2006.
- [116] WIKIPEDIA: *Semantik - Wikipedia*. Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): <http://de.wikipedia.org/wiki/Semantik> (Stand: 07.11.06), Zugriff am 08.11.2006.
- [117] WIKIPEDIA: *Wissen - Wikipedia*. Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): <http://de.wikipedia.org/wiki/Wissen> (Stand: 12.11.2006), Zugriff am 12.11.2006.
- [118] WIKIPEDIA: *KISS principle - Wikipedia, the free encyclopedia*. Wikimedia Foundation Inc. (Hrsg.): http://en.wikipedia.org/wiki/KISS_principle (Stand: 05.04.2007), Zugriff am 05.04.2007.
- [119] WILLKE, H.: *Systemisches Wissensmanagement*. 2., neubearb. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius, 2001.
- [120] WITTE, E.: Das Informationsverhalten in Entscheidungsprozessen. In: WITTE, E. (Hrsg.): *Das Informationsverhalten in Entscheidungsprozessen*. Tübingen: Mohr Siebeck, 1972, S. 1-88.
- [121] WITTE, K.-W.; VIELHABER, W.; AMMON, C.: Planung und Gestaltung wandlungsfähiger und wirtschaftlicher Fabriken. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 95*, Heft 4 (2005), S. 227-231.
- [122] WITTMANN, W.: *Unternehmung und unvollkommene Information*. Köln: Westdeutscher Verlag, 1959.
- [123] WROBEL, S.; MORIK, K.; JOACHIMS, T.: Maschinelles Lernen und Data Mining. In: GÖRZ, G. et al. (Hrsg.): *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*, 4., korrigierte Auflage. München Wien: Oldenbourg Verlag, 2003, S. 517-597.
- [124] ZÄH, M. F.: Fundamentale Kostensenkung in der Montage! In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 94*, Heft 9 (2004), S. 383.
- [125] ZÄH, M. F.; REINHART, G.: Zukunftsperspektive: Montagestandort Deutschland! Erfolgsfaktoren Innovation und Motivation. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 95*, Heft 9 (2005), S. 614.
- [126] ZÄH, M. F.; WAGNER, W.; PRASCH, M.: Montagestrukturen für alternde Belegschaften. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 95*, Heft 9 (2005), S. 637-642.
- [127] ZEICHEN, G.; FAVRE-BULLE, B.; MADER, F.; STÖCHER, W.: Europäische Produktion am Wendepunkt. In: *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 96*, Heft 10 (2006), S. 761-766.

Anhang

A Ergebnisse zu den unternehmensseitigen Randbedingungen aus der Studie zur Mitarbeiterinformation

Im Rahmen der durchgeführten Studie zu Bedarf und Einsatz produktionsbegleitender Informationen wurden neben den informationsspezifischen Fragestellungen, welche mit ihren Ergebnissen ausführlich in Kapitel 3.1 dargelegt sind, unternehmensseitige Randbedingungen abgefragt. Die dabei ermittelten Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

Branchenzugehörigkeit, Produktionsstandorte und Wertschöpfungsanteile

Bei der Frage, in welcher Branche die Unternehmen tätig sind, zeichnete sich ab, dass diese häufig mehrere Bereiche bedienen bzw. sich diesen zugehörig fühlen (Bild 11, S. 27). Von den 51 befragten Unternehmen wurde hierbei 26 mal angegeben, der Maschinenbaubranche anzugehören. Die zweithäufigste Nennung war mit 20 Angaben die Elektro- und Elektronikbranche. Elf Unternehmen gaben ferner an, im Automobil- und Fahrzeugbau tätig zu sein, während sieben Firmen an der Produktion von Hausgeräten beteiligt sind. Vier der befragten Unternehmen gaben keine Branchenzugehörigkeit an, wobei über die vorgegebenen Branchen hinaus bspw. noch „Aufzüge“, „Steuer- und Regelungstechnik“, „Telekommunikation“ sowie „Glasröhrenverarbeitung“ angegeben wurde.

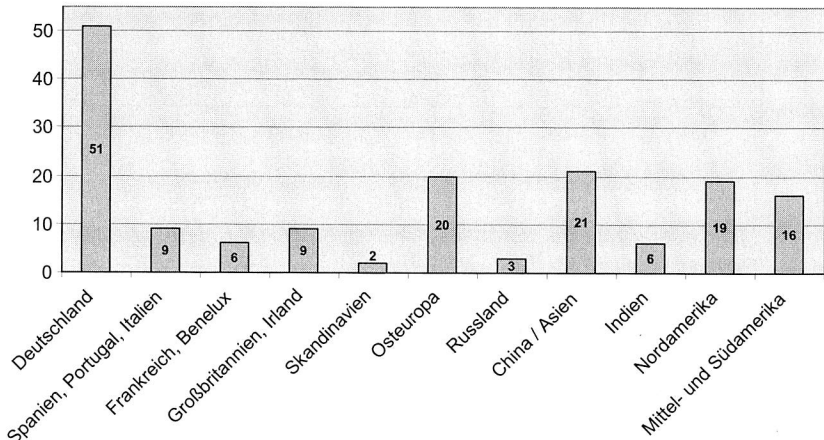


Bild 83: Angaben der befragten Unternehmen zu ihren Produktionsstandorten

Hinsichtlich der globalen Verteilung der Produktionsstandorte gaben alle Unternehmen an, am Standort Deutschland zu produzieren. Die weitere Verteilung ist Bild 83 zu entnehmen, wobei ein deutlicher Trend zu Asien, Osteuropa und Nordamerika erkennbar ist.

Ferner wurden die Firmen nach der Verteilung ihrer Wertschöpfung befragt. Während hierbei 23,5% der Befragten den größten Teil in der Fertigung erbringen, liegt dieser bei 31,4% in der Montage. Der Großteil mit 43,1% sieht die Wertschöpfung gleichermaßen auf Fertigung und Montage verteilt. 2% der Unternehmen machten hierzu keine Angaben. Der Schwerpunkt lag an dieser Stelle auf der Produktion, Wertschöpfungsanteile aus anderen Unternehmensbereichen blieben dabei unberücksichtigt.

Mitarbeiteranzahl und -zusammensetzung

Um die Größe der Firmen und deren Mitabeteiereinsatz zu bestimmen wurde die Anzahl der Mitarbeiter im Unternehmen und deren Anteil im Produktionsbereich abgefragt. Etwas mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen (54%) beschäftigen weniger als 500 Mitarbeiter, 40% mehr als 1000 Mitarbeiter. Davon beschäftigen 25,52% der Firmen mehr als 1000 Mitarbeiter in der Produktion. Die Befragungsergebnisse sind Bild 84 zu entnehmen.

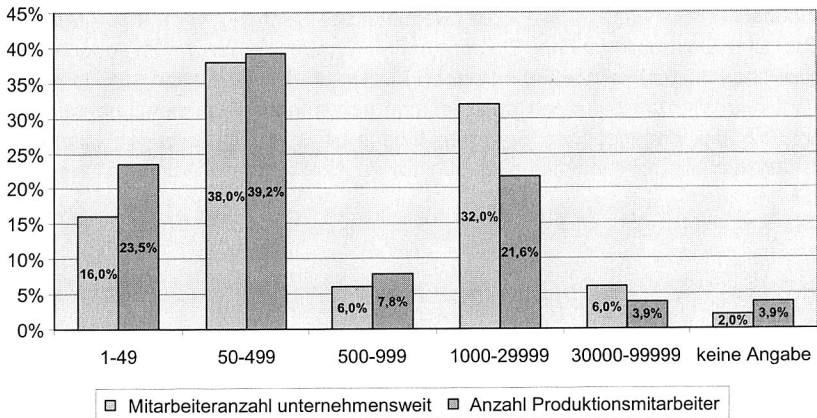


Bild 84: Mitarbeiteranzahl bei den befragten Firmen (links: Unternehmensweit; rechts: Produktionsbereich)

Aus der Qualifikation der Mitarbeiter lässt sich die Notwendigkeit umfangreicher Informationsbereitstellung ableiten. Daher wurde in der Umfrage die Zusammensetzung des Mitarbeiterstamms erfasst. Hierbei lag der Anteil von Unternehmen, die überwiegend Facharbeiter einsetzen, bei nur 43,1%, während 21,6% vor allem auf angelernte Arbeitskräfte zurück greifen (siehe Bild 85).

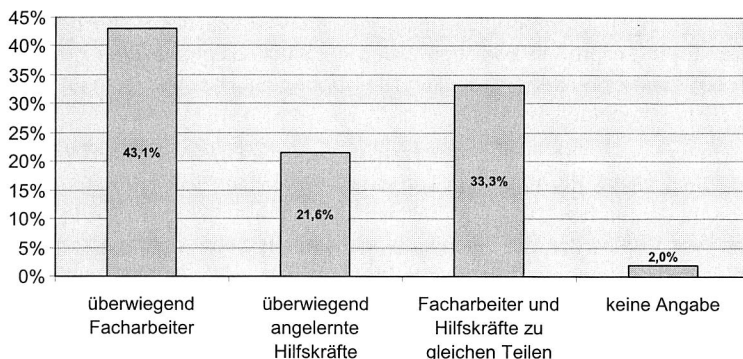


Bild 85: Angaben zur Zusammensetzung des Mitarbeiterstamms hinsichtlich des Qualifizierungsniveaus

Kundenindividualität, Variantenanzahl, Losgröße und Produktlebenszyklen

Die Variantenanzahl im produzierenden Gewerbe nimmt stetig zu. Bei der Frage nach der Kundenindividualität der Produkte gaben lediglich 2,8% der Firmen an, ausschließlich Standardprodukte ohne kundenspezifische Varianten oder Anpassungen herzustellen. In über 97% der Unternehmen müssen daher die Mitarbeiter mehrere Produktvarianten bewältigen. Dabei wird in 34,7% der Firmen jedes einzelne Produkt kundenspezifisch gefertigt (z.B. KFZ-Industrie), bei 33,3% werden Basisbaugruppen (Plattformen) mit kundenspezifischen Anpassungen sowie Ergänzungen versehen und in 29,2% der Fälle ein Variantenmix aus Standardbaugruppen (Baukastensystem) erzeugt.

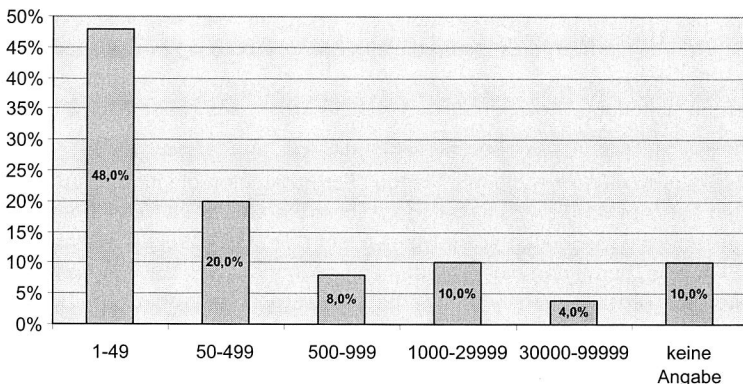


Bild 86: Verteilung der Losgrößen in der Produktion

Mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen (56,84%) stellen ihre Erzeugnisse in über 50 Varianten her. Lediglich 21,58% produzieren in weniger als 10 Varianten. Neben dem Trend hin zu hohen Variantenzahlen konnte auch der Trend zu den damit eng

verknüpften geringen Losgrößen bestätigt werden. Nahezu die Hälfte der Befragten (48%) gab an, in Losgrößen zwischen 1 und 49 Stück zu produzieren, wobei nur ein geringer Teil klassische Serienproduktion mit hohen Stückzahlen betreibt. Die Werte sind Bild 86 zu entnehmen.

Auch kürzer werdende Produktlebenszyklen steigern die Forderung nach Information in der Produktion. 25,5% der befragten Unternehmen stellen Produkte mit Lebenszyklen von über acht Jahren her. Dieser verhältnismäßig hohe Anteil lässt sich in der starken Beteiligung von Firmen der Investitionsgüterindustrie an dieser Umfrage begründen. Bei dem Großteil der Unternehmen liegen die Produktlebenszyklen jedoch deutlich darunter (4-6 Jahre: 29,4%; 2-4 Jahre: 21,6%; 1-2 Jahre: 7,8%).

B Abbildung der Knoten des Vorranggraphen in XML-Tags

Dem in Kapitel 5 vorgestellten Konzept zur effizienten Erstellung von Arbeitsanweisungen liegt die Modellierung der Produktstruktur in einem Vorranggraphen zu Grunde. Um die in diesem Zusammenhang erzeugten Daten abspeichern und verarbeiten zu können, wird XML eingesetzt. Hierbei werden die Knoten des Graphen durch Tags repräsentiert, deren jeweilige Struktur im Folgenden aufgezeigt wird.

Kombinationen

Zur Kennzeichnung einer Bauteilverbindung wird das Tag `<assembly>` eingesetzt, innerhalb welchem sowohl der jeweilige Montageschritt als auch die dazu verwendete Technologie bezeichnet und beschrieben werden. Weiterführende Informationen über den Arbeitsschritt an sich werden durch den Tag `<workstep>` eingeklammert, der wiederum durch die Tags `<stationtype_id>`, `<checklist>` und `<step_id>` den Arbeitsplatz, die Prüfliste und eine eindeutige Kennung für den Arbeitsschritt angibt. Mit den Tags `<time>` und `<group>` kann die zuständige Abteilung oder Gruppe sowie die für diesen Schritt benötigte Arbeits- bzw. Prozesszeit angegeben werden. Eine zu dem Arbeitsschritt hinterlegte Anweisung wird dabei durch `<instruction>` gekennzeichnet.

Darüber hinaus ist es notwendig, die Menge aller Parameter, die für die Ausführung der Tätigkeiten benötigt werden, zu hinterlegen. Diese Parameter verfügen über jeweils ein Attribut mit einem zugehörigen Wert. Ebenso ist in die XML-Struktur aufzunehmen, auf welche Elemente, durch den binären Baumaufbau immer zwei, die Tätigkeit angewandt wird. Durch die Tags `<educt1>` und `<educt2>` werden hierzu die XML-Darstellungen der Sohnknoten eingebunden, deren Inhalt wiederum in der beschriebenen Struktur aufgebaut ist. Da in der Regel im Rahmen einer Kombination eine neue Baugruppe entsteht, kann hierzu eine Bezeichnung im Tag `<groupname>` hinterlegt werden. Zur Verdeutlichung ist in Bild 87 die XML-Struktur einer Kombination abgebildet.

```

<assembly>
  <name> Bezeichnung des Vorgangs </name>
  <groupname> Bezeichnung des Ergebnisses der Kombination
    (Baugruppenbezeichnung) </groupname>
  <description> Beschreibung der Arbeitssequenz </description>
  <technology> Bezeichnung der verwendeten Technologie </technology>
  <workstep>
    <stationtype_id> Arbeitsplatz, an dem der Schritt
      durchzuführen ist </stationtype_id>
    <checklist> Zutreffende Prüfliste </checklist>
    <step_id> Eindeutige Arbeitsschrittkennung </step_id>
    <time> Benötigte Arbeits- oder Prozesszeit </time>
    <group> Zuständige Arbeitsgruppe oder Abteilung </group>
  </workstep>
  <instruction> Arbeitsanweisung zu diesem Arbeitsschritt </instruction>
  <parameters>
    <parameter>
      <attribute> Bezeichnung des Parameters </attribute>
      <value> Wert des Parameters </value>
    </parameter>
    <parameter>
      <attribute> Bezeichnung des Parameters </attribute>
      <value> Wert des Parameters </value>
    </parameter>
  </parameters>
  <educt1> Einbindung des ersten Sohnknotens </educt1>
  <educt2> Einbindung des zweiten Sohnknotens </educt2>
</assembly>

```

Bild 87: XML-Struktur einer Kombination

Modifikationen

Ein Modifikationsknoten wird durch den Tag <modification> gekennzeichnet. Dieses Konstrukt enthält den Sohnknoten, der das zu bearbeitende Werkstück darstellt und im Tag <educt> eingesetzt wird. Auch hier werden Vorgangsname und -beschreibung, die zu verwendende Technologie und notwendige Parameter mit der entsprechenden Kennzeichnung hinterlegt. Analog zu Kombinationen sind weitergehende Informationen innerhalb des Tags <workstep> und Anweisungen im Tag <instruction> beschrieben. Bild 88 stellt die Struktur einer Modifikation dar.

```

<modification>
  <name> Bezeichnung des Vorgangs </name>
  <description> Beschreibung der Arbeitssequenz </description>
  <technology> Bezeichnung der verwendeten Technologie </technology>
  <workstep> Weiterführende Informationen über den Arbeitsschritt </workstep>
  <instruction> Arbeitsanweisung zu diesem Arbeitsschritt </instruction>
  <parameters> Prozessparameter zu diesem Vorgang </parameters>
  <educt> Einbindung des Sohnknotens </educt>
</modification>

```

Bild 88: XML-Struktur einer Modifikation

Auswahlknoten

Um mehrere Varianten eines Produkts innerhalb eines Vorranggraphen abbilden zu können, wurde der Auswahlknoten eingeführt (siehe Kapitel 5.2.3), der in der XML-Struktur durch den Tag `<choice>` ausgezeichnet wird. Dieser muss automatisiert eine eindeutige Identifikationskennzeichnung erhalten (z.B. `<choice id="1">`), um im gesamten Graphen eindeutig identifizierbar zu sein. Zusätzlich benötigt jeder Sohnknoten einen Eintrag mit dessen Namen und einer Kennzeichnung, die auf den Auswahlknoten referenziert. Dies wurde realisiert, indem für den ersten Teil der Referenzbezeichnung die Referenz-ID des Auswahlknotens übernommen wird (z.B. `<entry choice_id="1-3">`). Die im Graphen wählbaren Knoten werden daher mit dem Tag `<reference>` versehen und beinhalten die möglichen Sohnknoten des Auswahlknotens. In Bild 89 wird die zugehörige Struktur verdeutlicht.

```

<choice id="1"> ← Eindeutige Kennung der Auswahl
  <entry choice_id="1-1">
    <name> Bezeichnung des 1. Sohnknotens </name>
    <reference> XML-Beschreibung des 1. Sohnknotens </reference>
  </entry>
  <entry choice_id="1-2">
    <name> Bezeichnung des 2. Sohnknotens </name>
    <reference> XML-Beschreibung des 2. Sohnknotens </reference>
  </entry>
  <entry choice_id="1-3">
    <name> Bezeichnung des 3. Sohnknotens </name>
    <reference> XML-Beschreibung des 3. Sohnknotens </reference>
  </entry>
</choice>

```

Bild 89: XML-Struktur eines Auswahlknotens

Bauteile und Bauteilgruppen

Die sog. Blätter der Baumstruktur im Vorranggraphen stellen die Ausgangswerkstücke dar, die zur Herstellung des im Graphen abgebildeten Produkts benötigt werden. Innerhalb der XML-Struktur sind konkrete Informationen über diese Bauteile hinterlegt, wobei keine tiefere Verschachtelung vorgesehen ist. Diese Knoten stellen daher eine Grenze des Graphen dar. Als Informationen sind dabei der jeweilige Bauteilname, eine Beschreibung sowie eine Teile-Referenz enthalten, wie Bild 90 verdeutlicht.

```

<part>
  <name> Bauteil oder Bauteilgruppenbezeichnung </name>
  <description> Beschreibung von Bauteil oder Bauteilgruppe </description>
  <part_ref> Teile-Referenz </part_ref>
</part>

```

Bild 90: XML-Struktur eines Bauteils

Bauteilgruppen sind dabei eine Menge gleicher Bauteile, die ebenso Ausgangswerkstücke für ein Produkt sind. Daher wurde hierfür eine zum Bauteil analoge XML-Struktur zu Grunde gelegt.

Anleitungsinformationen

Anleitungen zu den Tätigkeiten an den einzelnen Knoten werden wie beschrieben mit dem Tag `<instruction>` gekennzeichnet. Dieses kann beliebig viele Tags `<instruction_part>` enthalten, welche die Inhalte (häufig Text-Bild-Kombinationen) für einzelne Arbeitsschritte auszeichnen. Neben dem Anleitungstext und ggf. der Bildadresse werden hierin auch die Sequenznummer des Anleitungsteils, eine eindeutige Kennung und das Datum der Eingabe gespeichert (vgl. Bild 91). Weiterhin besteht die Möglichkeit, Warnungen oder Hinweise zu der jeweiligen Tätigkeit im Tag `<warning>` abzulegen, während unter `<date>` und `<creator>` zur Versionierung der Anweisungen deren Ersteller und das Erstellungs- bzw. Änderungsdatum angegeben wird.

```

<instruction>
  <instruction_part>
    <pic> Bildadresse als Verweis auf Anweisungsbild </pic>
    <instruction_text>
      Anweisungstexte
      <warning> Warnung bzw. Hinweis innerhalb des Anweisungstextes </warning>
    </instruction_text>
    <id> Eindeutige Kennung der Anweisung </id>
    <date> Datum der letzten Änderung </date>
    <creator> Ersteller der Anweisung </creator>
    <seqnr> Anweisungssequenznummer </seqnr>
  </instruction_part>
  ...
  ...
  ...
</instruction>

```

Bild 91: XML-Struktur `<instruction>`

Varianten und explizite Verbote

Um Varianten mit Hilfe der Auswahlknoten (in XML-Struktur: `<choice>`) effizient verarbeiten zu können, werden mit Hilfe des Tags `<variants>` alle im jeweiligen Graphen möglichen Varianten angegeben und mit einer eindeutigen Kennung versehen. Generell können innerhalb eines Graphen beliebig viele Varianten durch die in Bild 92 dargestellte Struktur hinterlegt werden.

```
<variants>
  <entry variant_id="x">
    <variant_product_id></variant_product_id>
    <choice_list>
      <entry choice_id="x-1" />
      <entry choice_id="y-1" />
      <entry choice_id="z-1" />
    </choice_list>
  </entry>
  ...
  ...
  ...
</variants>
```

Bild 92: XML-Struktur zur Angabe der Varianten

Die in Kapitel 5.2.3 beschriebenen expliziten Verbote werden eingesetzt, um bestimmte Kombinationen von Produktvarianten verbieten zu können. Innerhalb der XML-Struktur stellen sich diese als logische Verknüpfungen der Kennzeichnungen (IDs) von Auswahlknoten dar. Explizite Verbote werden, wie in Bild 93 verdeutlicht, durch den Tag `<refuse>` umgesetzt. In diesem Beispiel ist somit eine Variante verboten, die die Konfiguration 1-2 und 3-4 beinhaltet.

```
<refuse>
  <and>
    <arg>
      <select id="1-2" />
    </arg>
    <arg>
      <select id="3-4" />
    </arg>
  </and>
  ...
  ...
  ...
</refuse>
```

Bild 93: XML-Struktur zu expliziten Verboten

Glossar

AGeniA	Automatische Generierung industrieller Arbeitsanweisungen
BDE	Betriebsdatenerfassung
BMP	Windows Bitmap
CAD	Computer Aided Design
CBR	Case Based Reasoning
CPM	Critical Path Method
CSS	Cascading Style Sheets
DB	Datenbank
ERP	Enterprise Ressource Planning
GIF	Graphics Interchange Format
GPS	Ganzheitliches Produktions System
HTML	Hypertext Markup Language
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
IT	Informationstechnologie
JPG	JPEG File Interchange Format
LAN	Local Area Network
MDE	Maschinendatenerfassung
MES	Manufacturing Execution System
MIS	Mitarbeiterinformationssystem
MS	Microsoft
NLG	Natural Language Generation
ODBC	Open Data Base Connectivity
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Openness, Productivity, Collaboration; vormal: OLE for Process Control
OS	Operating System
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistant
PDF	Portable Document Format
PDM	Produktdatenmanagement
PHP	Hypertext Preprocessor

PPS	Produktionsplanungs- und Steuerungssystem
RFID	Radio Frequency Identification
SQL	Structured Query Language
STEP	Standard for the Exchange of Product model data
TCP/IP	Transmission Control Protocol (TCP) / Internet Protocol (IP)
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Manufacturing
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USB	Universal Serial Bus
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WIPUS	Webbasiertes intelligentes produktionsunterstützendes System
WIS	Werkerinformationssystem
WLAN	Wireless Local Area Network
XML	Extensible Markup Language

Summary

Producing companies have to cope with the increasing pressure of competition in global markets and the high demands for flexibility and quality while satisfying the customers' needs. Under these circumstances, the worker-oriented production is a possible method of resolution, which is afflicted with specific and new challenges. Thus, the efficient and ergonomic integration of human workforce in production environments is becoming more and more an important and critical factor for success.

In this context, even a worker who is qualified and motivated at best, has to be supplied with the correct and actual information regarding to the upcoming tasks to be able to manufacture high-quality products in an efficient way. The actual applied methods of worker-information during production are not providing the required performance and are further afflicted with huge efforts in creating, administrating and distributing the contents. Therefore, the state of the art of the whole process-chain of providing production information offers not the needed potential to counteract the growing demands.

The objective of this thesis was the development of an integrated solution for production attendant worker-information to make a contribution to increase process-stability and efficiency within manual work contents. Hereby, not only the efficiency while executing production tasks was the main focus. A high value was set on the lean structuring of the information-process and the associated development of potentials on rationalisation. For the achievement of those objectives the whole process from designing the information, the creation and administration as well as the presentation at the workplaces was considered in a holistic approach. Thereby, the single processes were improved and furthermore they were linked to an integrated system concept.

For this purpose the ergonomic design of production relevant information, especially work instructions, was aspired at first. Normally this type of information is established without concrete guidelines, which leads to inconsistent documents, reduced information-efficiency and non-ergonomic illustration. Thus, a basic design-rule was developed, within the layout and the illustration of work instructions were specified in a guideline. The ergonomic design in terms of a fast readability and ascertainability of the contents was a main aspect in this process.

A significant expense factor for companies is the creation and maintenance of production-accompanying information. Up to now, these documents are typically written manually with conventional office-software requiring high efforts and are subsequently distributed to the branch of production. An adaptation regarding the specific demands of the workers cannot be realised with this proceeding, even the actualisation and maintenance of data cannot be realised in an efficient way. To solve this complex of problems, a system concept was developed, which allows to generate and to administrate instructions for production tasks with minor efforts and in a very easy way. The basic principle of this solution is a graphical user interface, in which production processes can be modelled in the form of a sequence-graph. In this graph instruction contents are inserted. With the help of machine learning and automatically text generation the user gets assis-

tance in this process. During its usage, the amount of data in the system expands automatically and therefore an increasing aiding with cumulative precision while creating instructions can be provided. Altogether, a (semi-) automated generation of work instructions could be achieved.

After the design and the creation of information for production, they have to be published in an efficient way, at the correct time and actual with a high quality to all workplaces. Thereby, it is assumed, that for manual production tasks an enhanced processability is reachable with correct and actual information. With the conventional, mostly paper-based distribution of documents to the branch of production, these requirements cannot be achieved. To counteract this problem, for the appropriate distribution of information an it-based worker-information system was designed. It offers, beyond the actual providing of data with low efforts, optimized workflows for assuring the production processes at manual workplaces as well as the possibility of data flow-back from production. As a result of the ergonomic design of the user interface, a high acceptance of the system by the workers as well as its efficient usage can be assured.

The developed concepts were implemented as the software-prototypes "AGeniA" for instruction-generation and "WIPUS", a web-based worker-information-system. These clarify by implementation of the main functionalities, the usage sequence and the basic system structure the potentials of the conceived solution for an integrated worker-information in terms of technology demonstrators. Combined with the developed design-rule, these prototypes were tested as an integrated solution for worker-information in the production of an industrial partner. Thereby, the potentials of such a solution for increasing efficiency, quality and cost-effectiveness could be allocated and approaches for improving the systems could be identified.

Altogether, within this thesis an integrated solution for an efficient worker-information was developed and then evaluated in a test run. It offers the possibility to encounter the specific problems in human-based production regarding the supply of information in order to assure the manufacturing of products with high efficiency. The outstanding characteristic thereby is the holistic approach, within – starting with designing the information above whose generation and maintenance until the distribution to the workplaces – all scopes in the process-chain of providing information were examined, improved and integrated.

Lebenslauf

Stefan Günter Lang

geboren am 14. September 1975 in Lohr a. Main

ledig

- | | |
|--------------|---|
| 1982 – 1986 | Grundschule Lohr a. Main |
| 1986 – 1995 | Franz-Ludwig-von-Erthal-Gymnasium Lohr a. Main
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife |
| 1995 – 1996 | Grundwehrdienst beim 4. Pionier-Brücken-Lehr-Bataillon 230 in Ingolstadt |
| 1996 – 2002 | Studium des Maschinenbaus, Fachrichtung Fertigungstechnik, an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Abschluss: Dipl.-Ing. (Univ.) |
| seit 05/2002 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Leiter: Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann |

Reihe Fertigungstechnik - Erlangen

www.mb.uni-erlangen.de/diss

Band 1 - 52
Carl Hanser Verlag, München

ab Band 53
Meisenbach Verlag, Bamberg
45,- Euro

Band 1: Andreas Hemberger
Innovationspotentiale in der rechnerintegrierten Produktion durch wissensbasierte Systeme
208 Seiten, 107 Bilder. 1988.

Band 2: Detlef Classe
Beitrag zur Steigerung der Flexibilität automatisierter Montagesysteme durch Sensorintegration und erweiterte Steuerungskonzepte
194 Seiten, 70 Bilder. 1988.

Band 3: Friedrich-Wilhelm Nolting
Projektierung von Montagesystemen
201 Seiten, 107 Bilder, 1 Tabelle. 1989.

Band 4: Karsten Schlüter
Nutzungsgradsteigerung von Montagesystemen durch den Einsatz der Simulationstechnik
177 Seiten, 97 Bilder. 1989.

Band 5: Shir-Kuan Lin
Aufbau von Modellen zur Lageregelung von Industrierobotern
168 Seiten, 46 Bilder. 1989.

Band 6: Rudolf Nuss
Untersuchungen zur Bearbeitungsqualität im Fertigungssystem Laserstrahlschneiden
206 Seiten, 115 Bilder, 6 Tabellen. 1989.

Band 7: Wolfgang Scholz
Modell zur datenbankgestützten Planung automatisierter Montageanlagen
194 Seiten, 89 Bilder. 1989.

Band 8: Hans-Jürgen Wißmeier
Beitrag zur Beurteilung des Bruchverhaltens von Hartmetall-Fließpreßmatrizen
179 Seiten, 99 Bilder, 9 Tabellen. 1989.

Band 9: Rainer Eisele
Konzeption und Wirtschaftlichkeit von Planungssystemen in der Produktion
183 Seiten, 86 Bilder. 1990.

Band 10: Rolf Pfeiffer
Technologisch orientierte Montageplanung am Beispiel der Schraubtechnik
216 Seiten, 102 Bilder, 16 Tabellen. 1990.

Band 11: Herbert Fischer
Verteilte Planungssysteme zur Flexibilitätssteigerung der rechnerintegrierten Teilefertigung
201 Seiten, 62 Bilder. 1990.

- Band 12: Gerhard Kleineidam
CAD/CAP: Rechnergestützte Montagefeinplanung
203 Seiten, 107 Bilder. 1990.
- Band 13: Frank Vollertsen
**Pulvermetallurgische Verarbeitung
eines übereutektoiden verschleißfesten Stahls**
XIII u. 217 Seiten, 67 Bilder, 34 Tabellen. 1990.
- Band 14: Stephan Biermann
**Untersuchungen zur Anlagen- und Prozeßdiagnostik
für das Schneiden mit CO₂-Hochleistungslasern**
VIII u. 170 Seiten, 93 Bilder, 4 Tabellen. 1991.
- Band 15: Uwe Geißler
**Material- und Datenfluß
in einer flexiblen Blechbearbeitungszelle**
124 Seiten, 41 Bilder, 7 Tabellen. 1991.
- Band 16: Frank Oswald Hake
**Entwicklung eines rechnergestützten Diagnosesystems
für automatisierte Montagezellen**
XIV u. 166 Seiten, 77 Bilder. 1991.
- Band 17: Herbert Reichel
**Optimierung der Werkzeugbereitstellung
durch rechnergestützte Arbeitsfolgenbestimmung**
198 Seiten, 73 Bilder, 2 Tabellen. 1991.
- Band 18: Josef Scheller
**Modellierung und Einsatz von Softwaresystemen
für rechnergeführte Montagezellen**
198 Seiten, 65 Bilder. 1991.
- Band 19: Arnold vom Ende
Untersuchungen zum Biegeumformen mit elastischer Matrize
166 Seiten, 55 Bilder, 13 Tabellen. 1991.
- Band 20: Joachim Schmid
**Beitrag zum automatisierten Bearbeiten
von Keramikguß mit Industrierobotern**
XIV u. 176 Seiten, 111 Bilder, 6 Tabellen. 1991.
- Band 21: Egon Sommer
**Multiprozessorsteuerung für kooperierende
Industrieroboter in Montagezellen**
188 Seiten, 102 Bilder. 1991.
- Band 22: Georg Geyer
**Entwicklung problemspezifischer Verfahrensketten
in der Montage**
192 Seiten, 112 Bilder. 1991.
- Band 23: Rainer Flohr
**Beitrag zur optimalen Verbindungstechnik
in der Oberflächenmontage (SMT)**
186 Seiten, 79 Bilder. 1991.
- Band 24: Alfons Rief
**Untersuchungen zur Verfahrensfolge Laserstrahlschneiden
und -schweißen in der Rohkarosseriefertigung**
VI u. 145 Seiten, 58 Bilder, 5 Tabellen. 1991.
- Band 25: Christoph Thim
**Rechnerunterstützte Optimierung von Materialflußstrukturen
in der Elektronikmontage durch Simulation**
188 Seiten, 74 Bilder. 1992.
- Band 26: Roland Müller
**CO₂-Laserstrahlschneiden
von kurzglasverstärkten Verbundwerkstoffen**
141 Seiten, 107 Bilder, 4 Tabellen. 1992.
- Band 27: Günther Schäfer
Integrierte Informationsverarbeitung bei der Montageplanung
195 Seiten, 76 Bilder. 1992.

- Band 28: Martin Hoffmann
Entwicklung einer CAD/CAM-Prozesskette für die Herstellung von Blechbiegeteilen
149 Seiten, 89 Bilder. 1992.
- Band 29: Peter Hoffmann
**Verfahrensfolge Laserstrahlschneiden und –schweißen :
Prozessführung und Systemtechnik in der 3D–Laserstrahlbearbeitung
von Blechformteilen**
186 Seiten, 92 Bilder, 10 Tabellen. 1992.
- Band 30: Olaf Schrödel
Flexible Werkstattsteuerung mit objektorientierten Softwarestrukturen
180 Seiten, 84 Bilder. 1992.
- Band 31: Hubert Reinisch
**Planungs- und Steuerungswerkzeuge
zur impliziten Geräteprogrammierung in Roboterzellen**
XI u. 212 Seiten, 112 Bilder. 1992.
- Band 32: Brigitte Bärmreuther
**Ein Beitrag zur Bewertung des Kommunikationsverhaltens
von Automatisierungsgeräten in flexiblen Produktionszellen**
XI u. 179 Seiten, 71 Bilder. 1992.
- Band 33: Joachim Hutfless
**Laserstrahlregelung und Optikiagnostik
in der Strahlführung einer CO₂-Hochleistungslaseranlage**
175 Seiten, 70 Bilder, 17 Tabellen. 1993.
- Band 34: Uwe Günzel
**Entwicklung und Einsatz eines Simulationsverfahrens für operative
und strategische Probleme der Produktionsplanung und –steuerung**
XIV u. 170 Seiten, 66 Bilder, 5 Tabellen. 1993.
- Band 35: Bertram Ehmann
**Operatives Fertigungscontrolling durch Optimierung
auftragsbezogener Bearbeitungsabläufe in der Elektronikfertigung**
XV u. 167 Seiten, 114 Bilder. 1993.
- Band 36: Harald Kolléra
**Entwicklung eines benutzerorientierten Werkstattprogrammiersystems
für das Laserstrahlschneiden**
129 Seiten, 66 Bilder, 1 Tabelle. 1993.
- Band 37: Stephanie Abels
**Modellierung und Optimierung von Montageanlagen
in einem integrierten Simulationssystem**
188 Seiten, 88 Bilder. 1993.
- Band 38: Robert Schmidt–Hebbel
Laserstrahlbohren durchflußbestimmender Durchgangslöcher
145 Seiten, 63 Bilder, 11 Tabellen. 1993.
- Band 39: Norbert Lutz
**Oberflächenfeinbearbeitung keramischer Werkstoffe
mit XeCl–Excimerlaserstrahlung**
187 Seiten, 98 Bilder, 29 Tabellen. 1994.
- Band 40: Konrad Grampp
**Rechnerunterstützung bei Test und Schulung
an Steuerungssoftware von SMD–Bestücklinien**
178 Seiten, 88 Bilder. 1995.
- Band 41: Martin Koch
**Wissensbasierte Unterstützung der Angebotsbearbeitung
in der Investitionsgüterindustrie**
169 Seiten, 68 Bilder. 1995.
- Band 42: Armin Gropp
**Anlagen- und Prozessdiagnostik
beim Schneiden mit einem gepulsten Nd:YAG–Laser**
160 Seiten, 88 Bilder, 7 Tabellen. 1995.

Band 43: Werner Heckel
Optische 3D-Konturerfassung und on-line Biegewinkelmessung mit dem Lichtschnittverfahren
149 Seiten, 43 Bilder, 11 Tabellen. 1995.

Band 44: Armin Rothhaupt
Modulares Planungssystem zur Optimierung der Elektronikfertigung
180 Seiten, 101 Bilder. 1995.

Band 45: Bernd Zöllner
Adaptive Diagnose in der Elektronikproduktion
195 Seiten, 74 Bilder, 3 Tabellen. 1995.

Band 46: Bodo Vormann
Beitrag zur automatisierten Handhabungsplanung komplexer Blechbiegeteile
126 Seiten, 89 Bilder, 3 Tabellen. 1995.

Band 47: Peter Schnepf
Zielkostenorientierte Montageplanung
144 Seiten, 75 Bilder. 1995.

Band 48: Rainer Klotzbücher
Konzept zur rechnerintegrierten Materialversorgung in flexiblen Fertigungssystemen
156 Seiten, 62 Bilder. 1995.

Band 49: Wolfgang Greska
Wissensbasierte Analyse und Klassifizierung von Blechteilen
144 Seiten, 96 Bilder. 1995.

Band 50: Jörg Franke
Integrierte Entwicklung neuer Produkt- und Produktionstechnologien für räumliche spritzgegossene Schaltungsträger (3-D MID)
196 Seiten, 86 Bilder, 4 Tabellen. 1995.

Band 51: Franz-Josef Zeller
Sensorplanung und schnelle Sensorregelung für Industrieroboter
190 Seiten, 102 Bilder, 9 Tabellen. 1995.

Band 52: Michael Solvie
Zeitbehandlung und Multimedia-Unterstützung in Feldkommunikationssystemen
200 Seiten, 87 Bilder, 35 Tabellen. 1996.

Band 53: Robert Hopperdietzel
Reengineering in der Elektro- und Elektronikindustrie
180 Seiten, 109 Bilder, 1 Tabelle. 1996.
ISBN 3-87525-070-2

Band 54: Thomas Rebhan
Beitrag zur Mikromaterialbearbeitung mit Excimerlasern – Systemkomponenten und Verfahrensoptimierungen
148 Seiten, 61 Bilder, 10 Tabellen. 1996.
ISBN 3-87525-075-3

Band 55: Henning Hanebuth
Laserstrahlhartlöten mit Zweistrahltechnik
157 Seiten, 58 Bilder, 11 Tabellen. 1996.
ISBN 3-87525-074-5

Band 56: Uwe Schönherr
Steuerung und Sensordatenintegration für flexible Fertigungszellen mit kooperierenden Robotern
188 Seiten, 116 Bilder, 3 Tabellen. 1996.
ISBN 3-87525-076-1

Band 57: Stefan Holzer
Berührungslose Formgebung mit Laserstrahlung
162 Seiten, 69 Bilder, 11 Tabellen. 1996.
ISBN 3-87525-079-6

- Band 58: Markus Schultz
Fertigungsqualität beim 3D-Laserstrahlschweißen von Blechformteilen
165 Seiten, 88 Bilder, 9 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-080-X
- Band 59: Thomas Krebs
Integration elektromechanischer CA-Anwendungen über einem STEP-Produktmodell
198 Seiten, 58 Bilder, 8 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-081-8
- Band 60: Jürgen Sturm
Prozeßintegrierte Qualitätssicherung in der Elektronikproduktion
167 Seiten, 112 Bilder, 5 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-082-6
- Band 61: Andreas Brand
Prozesse und Systeme zur Bestückung räumlicher elektronischer Baugruppen (3D-MID)
182 Seiten, 100 Bilder. 1997.
ISBN 3-87525-087-7
- Band 62: Michael Kauf
Regelung der Laserstrahlleistung und der Fokusparameter einer CO₂-Hochleistungslaseranlage
140 Seiten, 70 Bilder, 5 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-083-4
- Band 63: Peter Steinwasser
Modulares Informationsmanagement in der integrierten Produkt- und Prozeßplanung
190 Seiten, 87 Bilder. 1997.
ISBN 3-87525-084-2
- Band 64: Georg Liedl
Integriertes Automatisierungskonzept für den flexiblen Materialfluß in der Elektronikproduktion
196 Seiten, 96 Bilder, 3 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-086-9
- Band 65: Andreas Otto
Transiente Prozesse beim Laserstrahlschweißen
132 Seiten, 62 Bilder, 1 Tabelle. 1997.
ISBN 3-87525-089-3
- Band 66: Wolfgang Blöchl
Erweiterte Informationsbereitstellung an offenen CNC-Steuerungen zur Prozeß- und Programmoptimierung
168 Seiten, 96 Bilder. 1997.
ISBN 3-87525-091-5
- Band 67: Klaus-Uwe Wolf
Verbesserte Prozeßführung und Prozeßplanung zur Leistungs- und Qualitätssteigerung beim Spulenwickeln
186 Seiten, 125 Bilder. 1997.
ISBN 3-87525-092-3
- Band 68: Frank Backes
Technologieorientierte Bahnplanung für die 3D-Laserstrahlbearbeitung
138 Seiten, 71 Bilder, 2 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-093-1
- Band 69: Jürgen Kraus
Laserstrahlumformen von Profilen
137 Seiten, 72 Bilder, 8 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-094-X
- Band 70: Norbert Neubauer
Adaptive Strahlführungen für CO₂-Laseranlagen
120 Seiten, 50 Bilder, 3 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-095-8

- Band 71: Michael Steber
**Prozeßoptimierter Betrieb flexibler Schraubstationen
in der automatisierten Montage**
168 Seiten, 78 Bilder, 3 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-096-6
- Band 72: Markus Pfestorf
Funktionale 3D-Oberflächenkenngrößen in der Umformtechnik
162 Seiten, 84 Bilder, 15 Tabellen. 1997.
ISBN 3-87525-097-4
- Band 73: Volker Franke
**Integrierte Planung und Konstruktion
von Werkzeugen für die Biegebearbeitung**
143 Seiten, 81 Bilder. 1998.
ISBN 3-87525-098-2
- Band 74: Herbert Scheller
**Automatisierte Demontagesysteme und recyclinggerechte
Produktgestaltung elektronischer Baugruppen**
184 Seiten, 104 Bilder, 17 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-099-0
- Band 75: Arthur Meßner
**Kaltmassivumformung metallischer Kleinstteile
– Werkstoffverhalten, Wirkflächenreibung, Prozeßauslegung**
164 Seiten, 92 Bilder, 14 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-100-8
- Band 76: Mathias Glasmacher
Prozeß- und Systemtechnik zum Laserstrahl-Mikroschweißen
184 Seiten, 104 Bilder, 12 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-101-6
- Band 77: Michael Schwind
**Zerstörungsfreie Ermittlung mechanischer Eigenschaften
von Feinblechen mit dem Wirbelstromverfahren**
124 Seiten, 68 Bilder, 8 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-102-4
- Band 78: Manfred Gerhard
**Qualitätssteigerung in der Elektronikproduktion durch Optimierung
der Prozeßführung beim Lötén komplexer Baugruppen**
179 Seiten, 113 Bilder, 7 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-103-2
- Band 79: Elke Rauh
**Methodische Einbindung der Simulation
in die betrieblichen Planungs- und Entscheidungsabläufe**
192 Seiten, 114 Bilder, 4 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-104-0
- Band 80: Sorin Niederkorn
**Meßeinrichtung zur Untersuchung der Wirkflächenreibung
bei umformtechnischen Prozessen**
99 Seiten, 46 Bilder, 6 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-105-9
- Band 81: Stefan Schubert
**Regelung der Fokusslage beim Schweißen mit CO₂-Hochleistungslasern
unter Einsatz von adaptiven Optiken**
140 Seiten, 64 Bilder, 3 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-106-7
- Band 82: Armando Walter Colombo
**Development and Implementation of Hierarchical Control Structures
of Flexible Production Systems Using High Level Petri Nets**
216 Seiten, 86 Bilder. 1998.
ISBN 3-87525-109-1
- Band 83: Otto Meedt
**Effizienzsteigerung bei Demontage und Recycling
durch flexible Demontagetechnologien und optimierte Produktgestaltung**
186 Seiten, 103 Bilder. 1998.
ISBN 3-87525-108-3

- Band 84: Knuth Götz
**Modelle und effiziente Modellbildung
zur Qualitätssicherung in der Elektronikproduktion**
212 Seiten, 129 Bilder, 24 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-112-1
- Band 85: Ralf Luchs
**Einsatzmöglichkeiten leitender Klebstoffe
zur zuverlässigen Kontaktierung elektronischer Bauelemente in der SMT**
176 Seiten, 126 Bilder, 30 Tabellen. 1998.
ISBN 3-87525-113-7
- Band 86: Frank Pöhla
**Entscheidungsgrundlagen zur Einführung
räumlicher spritzgegossener Schaltungsträger (3-D MID)**
144 Seiten, 99 Bilder. 1999.
ISBN 3-87525-114-8
- Band 87: Roland T. A. Kals
Fundamentals on the miniaturization of sheet metal working processes
128 Seiten, 58 Bilder, 11 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-115-6
- Band 88: Gerhard Luhn
**Implizites Wissen und technisches Handeln
am Beispiel der Elektronikproduktion**
252 Seiten, 61 Bilder, 1 Tabelle. 1999.
ISBN 3-87525-116-4
- Band 89: Axel Sprenger
Adaptives Streckbiegen von Aluminium-Strangpreßprofilen
114 Seiten, 63 Bilder, 4 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-117-2
- Band 90: Hans-Jörg Pucher
**Untersuchungen zur Prozeßfolge Umformen, Bestücken
und Laserstrahllöten von Mikrokontakten**
158 Seiten, 69 Bilder, 9 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-119-9
- Band 91: Horst Arnet
Profilbiegen mit kinematischer Gestalterzeugung
128 Seiten, 67 Bilder, 7 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-120-2
- Band 92: Doris Schubart
**Prozeßmodellierung und Technologieentwicklung
beim Abtragen mit CO₂-Laserstrahlung**
133 Seiten, 57 Bilder, 13 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-122-9
- Band 93: Adrianus L. P. Coremans
**Laserstrahlsintern von Metallpulver – Prozeßmodellierung,
Systemtechnik, Eigenschaften laserstrahlgesinterter Metallkörper**
184 Seiten, 108 Bilder, 12 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-124-5
- Band 94: Hans-Martin Biehler
**Optimierungskonzepte für Qualitätsdatenverarbeitung
und Informationsbereitstellung in der Elektronikfertigung**
194 Seiten, 105 Bilder. 1999.
ISBN 3-87525-126-1
- Band 95: Wolfgang Becker
**Oberflächenausbildung und tribologische Eigenschaften
excimerlaserstrahlbearbeiteter Hochleistungskeramiken**
175 Seiten, 71 Bilder, 3 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-127-X
- Band 96: Philipp Hein
**Innenhochdruck-Umformen von Blechpaaren:
Modellierung, Prozeßauslegung und Prozeßführung**
129 Seiten, 57 Bilder, 7 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-128-8

Band 97: Gunter Beitinger

**Herstellungs- und Prüfverfahren
für thermoplastische Schaltungsträger**
169 Seiten, 92 Bilder, 20 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-129-6

Band 98: Jürgen Knoblach

**Beitrag zur rechnerunterstützten verursachungsgerechten Angebotskalkulation von
Blechteilen mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden**
155 Seiten, 53 Bilder, 26 Tabellen. 1999.
ISBN 3-87525-130-X

Band 99: Frank Breitenbach

**Bildverarbeitungssystem zur Erfassung der Anschlußgeometrie
elektronischer SMT-Bauelemente**
147 Seiten, 92 Bilder, 12 Tabellen. 2000.
ISBN 3-87525-131-8

Band 100: Bernd Falk

**Simulationsbasierte Lebensdauervorhersage
für Werkzeuge der Kaltmassivumformung**
134 Seiten, 44 Bilder, 15 Tabellen. 2000.
ISBN 3-87525-136-9

Band 101: Wolfgang Schlögl

**Integriertes Simulationsdaten-Management
für Maschinenentwicklung und Anlagenplanung**
169 Seiten, 101 Bilder, 20 Tabellen. 2000.
ISBN 3-87525-137-7

Band 102: Christian Hinsel

**Ermüdungsbruchversagen hartstoffbeschichteter
Werkzeugstähle in der Kaltmassivumformung**
130 Seiten, 80 Bilder, 14 Tabellen. 2000.
ISBN 3-87525-138-5

Band 103: Stefan Bobbert

**Simulationsgestützte Prozessauslegung
für das Innenhochdruck-Umformen von Blechpaaren**
123 Seiten, 77 Bilder. 2000.
ISBN 3-87525-145-8

Band 104: Harald Rottbauer

**Modulares Planungswerkzeug
zum Produktionsmanagement in der Elektronikproduktion**
166 Seiten, 106 Bilder. 2001.
ISBN 3-87525-139-3

Band 105: Thomas Hennige

Flexible Formgebung von Blechen durch Laserstrahlumformen
119 Seiten, 50 Bilder. 2001.
ISBN 3-87525-140-7

Band 106: Thomas Menzel

**Wissensbasierte Methoden für die rechnergestützte Charakterisierung
und Bewertung innovativer Fertigungsprozesse**
152 Seiten, 71 Bilder. 2001.
ISBN 3-87525-142-3

Band 107: Thomas Stöckel

**Kommunikationstechnische Integration der Prozeßebene
in Produktionssysteme durch Middleware-Frameworks**
147 Seiten, 65 Bilder, 5 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-143-1

Band 108: Frank Pitter

**Verfügbarkeitssteigerung von Werkzeugmaschinen
durch Einsatz mechatronischer Sensorlösungen**
158 Seiten, 131 Bilder, 8 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-144-X

Band 109: Markus Korneli

**Integration lokaler CAP-Systeme
in einen globalen Fertigungsdatenverbund**
121 Seiten, 53 Bilder, 11 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-146-6

Band 110: Burkhard Müller
Laserstrahljustieren mit Excimer-Lasern – Prozessparameter und Modelle zur Aktorkonstruktion
128 Seiten, 36 Bilder, 9 Tabellen. 2001
ISBN 3-87525-159-8

Band 111: Jürgen Göhringer
Integrierte Telediagnose via Internet zum effizienten Service von Produktionssystemen
178 Seiten, 98 Bilder, 5 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-147-4

Band 112: Robert Feuerstein
Qualitäts- und kosteneffiziente Integration neuer Bauelementetechnologien in die Flachbaugruppenfertigung
161 Seiten, 99 Bilder, 10 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-151-2

Band 113: Marcus Reichenberger
Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten alternativer Elektroniklote in der Oberflächenmontage (SMT)
165 Seiten, 97 Bilder, 18 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-152-0

Band 114: Alexander Huber
Justieren vormontierter Systeme mit dem Nd:YAG-Laser unter Einsatz von Aktoren
122 Seiten, 58 Bilder, 5 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-153-9

Band 115: Sami Krimi
Analyse und Optimierung von Montagesystemen in der Elektronikproduktion
155 Seiten, 88 Bilder, 3 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-157-1

Band 116: Marion Merklein
Laserstrahlformen von Aluminiumwerkstoffen - Beeinflussung der Mikrostruktur und der mechanischen Eigenschaften
122 Seiten, 65 Bilder, 15 Tabellen. 2001.
ISBN 3-87525-156-3

Band 117: Thomas Collisi
Ein informationslogistisches Architekturkonzept zur Akquisition simulationsrelevanter Daten
181 Seiten, 105 Bilder, 7 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-164-4

Band 118: Markus Koch
Rationalisierung und ergonomische Optimierung im Innenausbau durch den Einsatz moderner Automatisierungstechnik
176 Seiten, 98 Bilder, 9 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-165-2

Band 119: Michael Schmidt
Prozeßregelung für das Laserstrahl-Punktschweißen in der Elektronikproduktion
152 Seiten, 71 Bilder, 3 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-166-0

Band 120: Nicolas Tiesler
Grundlegende Untersuchungen zum Fließpressen metallischer Kleinstteile
126 Seiten, 78 Bilder, 12 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-175-X

Band 121: Lars Pursche
Methoden zur technologieorientierten Programmierung für die 3D-Lasermikrobearbeitung
111 Seiten, 39 Bilder, 0 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-183-0

Band 122: Jan-Oliver Brassel
Prozeßkontrolle beim Laserstrahl-Mikroschweißen
148 Seiten, 72 Bilder, 12 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-181-4

Band 123: Mark Geisel

**Prozeßkontrolle und –steuerung beim Laserstrahlschweißen
mit den Methoden der nichtlinearen Dynamik**

135 Seiten, 46 Bilder, 2 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-180-6

Band 124: Gerd Eßer

**Laserstrahlunterstützte Erzeugung metallischer Leiterstrukturen auf
Thermoplastsubstraten für die MID-Technik**

148 Seiten, 60 Bilder, 6 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-171-7

Band 125: Marc Fleckenstein

**Qualität laserstrahl-gefügter Mikroverbindungen
elektronischer Kontakte**

159 Seiten, 77 Bilder, 7 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-170-9

Band 126: Stefan Kaufmann

**Grundlegende Untersuchungen zum Nd:YAG- Laserstrahlfügen
von Silizium für Komponenten der Optoelektronik**

159 Seiten, 100 Bilder, 6 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-172-5

Band 127: Thomas Fröhlich

**Simultanes Löten von Anschlußkontakten elektronischer Bauelemente
mit Diodenlaserstrahlung**

143 Seiten, 75 Bilder, 6 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-186-5

Band 128: Achim Hofmann

**Erweiterung der Formgebungsgrenzen beim Umformen von
Aluminiumwerkstoffen durch den Einsatz prozessangepasster Platinen**

113 Seiten, 58 Bilder, 4 Tabellen
ISBN 3-87525-182-2

Band 129: Ingo Kriebitzsch

3 - D MID Technologie in der Automobilelektronik

129 Seiten, 102 Bilder, 10 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-169-5

Band 130: Thomas Pohl

**Fertigungsqualität und Umformbarkeit laserstrahlgeschweißter
Formplatinen aus Aluminiumlegierungen**

133 Seiten, 93 Bilder, 12 Tabellen. 2002
ISBN 3-87525-173-3

Band 131: Matthias Wenk

**Entwicklung eines konfigurierbaren Steuerungssystems für die
flexible Sensorführung von Industrierobotern**

167 Seiten, 85 Bilder, 1 Tabelle. 2002.
ISBN 3-87525-174-1

Band 132: Matthias Negendanck

**Neue Sensorik und Aktorik für Bearbeitungsköpfe
zum Laserstrahlschweißen**

116 Seiten, 60 Bilder, 14 Tabellen
ISBN 3-87525-184-9

Band 133: Oliver Kreis

**Integrierte Fertigung –
Verfahrensintegration durch Innenhochdruck-Umformen, Trennen und
Laserstrahlschweißen in einem Werkzeug sowie ihre tele- und multimediale Präsentation**

167 Seiten, 90 Bilder, 43 Tabellen
ISBN 3-87525-176-8

Band 134: Stefan Trautner

**Technische Umsetzung produktbezogener Instrumente der
Umweltpolitik bei Elektro- und Elektronikgeräten**

179 Seiten, 92 Bilder, 11 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-177-6

Band 135: Roland Meier

**Strategien für einen produktorientierten Einsatz räumlicher
spritzgegossener Schaltungsträger (3-D MID)**

155 Seiten, 88 Bilder, 14 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-178-4

Band 136: Jürgen Wunderlich

**Kostensimulation – Simulationsbasierte Wirtschaftlichkeitsregelung
komplexer Produktionssysteme**

202 Seiten, 119 Bilder, 17 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-179-2

Band 137: Stefan Novotny

**Innenhochdruck-Umformen von Blechen aus Aluminium- und
Magnesiumlegierungen bei erhöhter Temperatur**

132 Seiten, 82 Bilder, 6 Tabellen. 2002.
ISBN 3-87525-185-7

Band 138: Andreas Licha

**Flexible Montageautomatisierung zur Komplettmontage flächenhafter
Produktstrukturen durch kooperierende Industrieroboter**

158 Seiten, 87 Bilder, 8 Tabellen. 2003.
ISBN 3-87525-189-X

Band 139: Michael Eisenbarth

**Beitrag zur Optimierung der Aufbau- und Verbindungstechnik
für mechatronische Baugruppen**

207 Seiten, 141 Bilder, 9 Tabellen. 2003.
ISBN 3-87525-190-3

Band 140: Frank Christoph

**Durchgängige simulationsgestützte Planung von
Fertigungseinrichtungen der Elektronikproduktion**

187 Seiten, 107 Bilder, 9 Tabellen. 2003.
ISBN 3-87525-191-1

Band 141: Hinnerk Hagenah

**Simulationsbasierte Bestimmung der zu erwartenden
Mäßhaltigkeit für das Blechbiegen**

131 Seiten, 36 Bilder, 26 Tabellen. 2003.
ISBN 3-87525-192-X

Band 142: Ralf Eckstein

**Scherschneiden und Biegen metallischer Kleinstteile –
Materialeinfluss und Materialverhalten**

148 Seiten, 71 Bilder, 19 Tabellen. 2003.
ISBN 3-87525-193-8

Band 143: Frank H. Meyer-Pittroff

**Excimerlaserstrahlbiegen dünner metallischer Folien
mit homogener Lichtlinie**

138 Seiten, 60 Bilder, 16 Tabellen. 2003.
ISBN 3-87525-196-2

Band 144: Andreas Kach

**Rechnergestützte Anpassung von Laserstrahlchneidbahnen
an Bauteilabweichungen**

139 Seiten, 69 Bilder, 11 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-197-0

Band 145: Stefan Hierl

**System- und Prozeßtechnik für das simultane Löten mit
Diodenlaserstrahlung von elektronischen Bauelementen**

124 Seiten, 66 Bilder, 4 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-198-9

Band 146: Thomas Neudecker

**Tribologische Eigenschaften keramischer Blechumformwerkzeuge-
Einfluss einer Oberflächenendbearbeitung mittels Excimerlaserstrahlung**

166 Seiten, 75 Bilder, 26 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-200-4

Band 147: Ulrich Wenger

Prozessoptimierung in der Wickeltechnik durch innovative maschinenbauliche und regelungstechnische Ansätze
132 Seiten, 88 Bilder, 0 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-203-9

Band 148: Stefan Slama

Effizienzsteigerung in der Montage durch marktorientierte Montagestructuren und erweiterte Mitarbeiterkompetenz
188 Seiten, 125 Bilder, 0 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-204-7

Band 149: Thomas Wurm

Laserstrahljustieren mittels Aktoren – Entwicklung von Konzepten und Methoden für die rechnerunterstützte Modellierung und Optimierung von komplexen Aktorsystemen in der Mikrotechnik
122 Seiten, 51 Bilder, 9 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-206-3

Band 150: Martino Celeghini

Wirkmedienbasierte Blechumformung: Grundlagenuntersuchungen zum Einfluss von Werkstoff und Bauteilgeometrie
146 Seiten, 77 Bilder, 6 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-207-1

Band 151: Ralph Hohenstein

Entwurf hochdynamischer Sensor- und Regelsysteme für die adaptive Laserbearbeitung
282 Seiten, 63 Bilder, 16 Tabellen. 2004.
ISBN 3-87525-210-1

Band 152: Angelika Hutterer

Entwicklung prozessüberwachender Regelkreise für flexible Formgebungsprozesse
149 Seiten, 57 Bilder, 2 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-212-8

Band 153: Emil Egerer

Massivumformen metallischer Kleinstteile bei erhöhter Prozesstemperatur
158 Seiten, 87 Bilder, 10 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-213-6

Band 154: Rüdiger Holzmann

Strategien zur nachhaltigen Optimierung von Qualität und Zuverlässigkeit in der Fertigung hochintegrierter Flachbaugruppen
186 Seiten, 99 Bilder, 19 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-217-9

Band 155: Marco Nock

Biegeumformen mit Elastomerwerkzeugen
Modellierung, Prozessauslegung und Abgrenzung des Verfahrens am Beispiel des Rohrbiegens
164 Seiten, 85 Bilder, 13 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-218-7

Band 156: Frank Niebling

Qualifizierung einer Prozesskette zum Laserstrahlsintern metallischer Bauteile
148 Seiten, 89 Bilder, 3 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-219-5

Band 157: Markus Meiler

Großserientauglichkeit trockenschmierstoffbeschichteter Aluminiumbleche im Presswerk
Grundlegende Untersuchungen zur Tribologie, zum Umformverhalten und Bauteilversuche
104 Seiten, 57 Bilder, 21 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-221-7

- Band 158: Agus Sutanto
**Solution Approaches for Planning of Assembly Systems
in Three-Dimensional Virtual Environments**
169 Seiten, 98 Bilder, 3 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-220-9
- Band 159: Matthias Boiger
**Hochleistungssysteme für die Fertigung elektronischer Baugruppen
auf der Basis flexibler Schaltungsträger**
175 Seiten, 111 Bilder, 8 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-222-5
- Band 160: Matthias Pitz
Laserunterstütztes Biegen höchstfester Mehrphasenstähle
120 Seiten, 73 Bilder, 11 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-223-3
- Band 161: Meik Vahl
**Beitrag zur gezielten Beeinflussung des Werkstoffflusses
beim Innenhochdruck-Umformen von Blechen**
165 Seiten, 94 Bilder, 15 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-224-1
- Band 162: Peter K. Kraus
**Plattformstrategien – Realisierung einer varianz- und
kostenoptimierten Wertschöpfung**
181 Seiten, 95 Bilder, 0 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-226-8
- Band 163: Adrienn Cser
Laserstrahlschmelzabtrag – Prozessanalyse und -modellierung
146 Seiten, 79 Bilder, 3 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-227-6
- Band 164: Markus C. Hahn
**Grundlegende Untersuchungen zur Herstellung von
Leichtbauverbundstrukturen mit Aluminiumschaumkern**
143 Seiten, 60 Bilder, 16 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-228-4
- Band 165: Gordana Michos
Mechatronische Ansätze zur Optimierung von Vorschubachsen
146 Seiten, 87 Bilder, 17 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-230-6
- Band 166: Markus Stark
Auslegung und Fertigung hochpräziser Faser-Kollimator-Arrays
158 Seiten, 115 Bilder, 11 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-231-4
- Band 167: Yurong Zhou
**Kollaboratives Engineering Management in der integrierten virtuellen
Entwicklung der Anlagen für die Elektronikproduktion**
156 Seiten, 84 Bilder, 6 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-232-2
- Band 168: Werner Enser
**Neue Formen permanenter und lösbarer elektrischer
Kontaktierungen für mechatronische Baugruppen**
190 Seiten, 112 Bilder, 5 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-233-0
- Band 169: Katrin Melzer
**Integrierte Produktpolitik bei elektrischen und elektronischen
Geräten zur Optimierung des Product-Life-Cycle**
155 Seiten, 91 Bilder, 17 Tabellen. 2005.
ISBN 3-87525-234-9
- Band 170: Alexander Putz
**Grundlegende Untersuchungen zur Erfassung der realen Vorspannung von
armierten Kaltfließpresswerkzeugen mittels Ultraschall**
137 Seiten, 71 Bilder, 15 Tabellen. 2006.
ISBN 3-87525-237-3

- Band 171: Martin Prechtl
Automatisiertes Schichtverfahren für metallische Folien – System- und Prozesstechnik
154 Seiten, 45 Bilder, 7 Tabellen. 2006.
ISBN 3-87525-238-1
- Band 172: Markus Meidert
Beitrag zur deterministischen Lebensdauerabschätzung von Werkzeugen der Kaltmassivumformung
131 Seiten, 78 Bilder, 9 Tabellen. 2006.
ISBN 3-87525-239-X
- Band 173: Bernd Müller
Robuste, automatisierte Montagesysteme durch adaptive Prozessführung und montageübergreifende Fehlerprävention am Beispiel flächiger Leichtbauteile
147 Seiten, 77 Bilder, 0 Tabellen. 2006.
ISBN 3-87525-240-3
- Band 174: Alexander Hofmann
Hybrides Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen
136 Seiten, 72 Bilder, 4 Tabellen. 2006.
ISBN 978-3-87525-243-9
ISBN 3-87525-243-8
- Band 175: Peter Wölflick
Innovative Substrate und Prozesse mit feinsten Strukturen für bleifreie Mechatronik-Anwendungen
177 Seiten, 148 Bilder, 24 Tabellen. 2006.
ISBN 978-3-87525-246-0
ISBN 3-87525-246-2
- Band 176: Attila Komlódi
Detection and Prevention of Hot Cracks during Laser Welding of Aluminium Alloys Using Advanced Simulation Methods
155 Seiten, 89 Bilder, 14 Tabellen. 2006.
ISBN 978-3-87525-248-4
ISBN 3-87525-248-9
- Band 177: Uwe Popp
Grundlegende Untersuchungen zum Laserstrahlstrukturieren von Kaltmassivumformwerkzeugen
140 Seiten, 67 Bilder, 16 Tabellen. 2006.
ISBN 978-3-87525-249-1
ISBN 3-87525-249-7
- Band 178: Veit Rückel
Rechnergestützte Ablaufplanung und Bahngenerierung Für kooperierende Industrieroboter
148 Seiten, 75 Bilder, 7 Tabellen. 2006.
ISBN 978-3-87525-250-7
ISBN 3-87525-250-0
- Band 179: Manfred Dirscherl
Nicht-thermische Mikrojustiertechnik mittels ultrakurzer Laserpulse
154 Seiten, 69 Bilder, 10 Tabellen. 2007.
ISBN 978-3-87525-251-4
ISBN 3-87525-251-9
- Band 180: Yong Zhuo
Entwurf eines rechnergestützten integrierten Systems für Konstruktion und Fertigungsplanung räumlicher spritzgegossener Schaltungsträger (3D-MID)
181 Seiten, 95 Bilder, 5 Tabellen. 2007.
ISBN 978-3-87525-253-8
- Band 181: Stefan Lang
Durchgängige Mitarbeiterinformation zur Steigerung von Effizienz und Prozesssicherheit in der Produktion
172 Seiten, 93 Bilder. 2007.
ISBN 978-3-87525-257-6