

Integrierter Monitoringansatz für die operative CKD-Logistik

Effizienzsteigerungen durch eine optimierte
Informationsvermittlung mit Mitteln der
Digitalen Fabrik

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Ingenieurwissenschaften
vorgelegt von

Dipl.-Kfm. Wolfgang H. Hackenberg
aus Köln

genehmigt von der
Fakultät für Mathematik / Informatik und Maschinenbau
der Technischen Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung
10.08.2011

Vorsitzender der Prüfungskommission

Prof. Dr.-Ing. Hubert Schwarze

Hauptberichterstatter

Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht

Berichterstatter

Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek

Das vorliegende Buch ist die inhaltlich unveränderte Wiedergabe der Dissertation, die der Fakultät für Mathematik / Informatik und Maschinenbau der Technischen Universität Clausthal in der Sitzung vom 21. Juni 2011 zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs von Dipl.-Kfm. Wolfgang Hackenberg vorgelegt wurde.

Innovationen der Fabrikplanung und -organisation

Band 25

Wolfgang H. Hackenberg

**Integrierter Monitoringansatz für die operative
CKD-Logistik**

Effizienzsteigerungen durch eine optimierte
Informationsvermittlung mit Mitteln der Digitalen Fabrik

D 104 (Diss. TU Clausthal)

Shaker Verlag
Aachen 2011

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Clausthal, Techn. Univ., Diss., 2011

Die Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieser Dissertation sind nicht notwendigerweise die der Volkswagen Aktiengesellschaft.

Copyright Shaker Verlag 2011

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0420-5

ISSN 1615-5211

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Für Kathi

Vorwort des Herausgebers

Nur die erfolgreiche Gestaltung und Weiterentwicklung industrieller Wertschöpfung kann auf Dauer unseren Lebensstandard und die Errungenschaften der sozialen Marktwirtschaft absichern. Die Produktion bildet nach wie vor das Rückgrat einer modernen, im globalen Wettbewerb stehenden Industrie-, Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft. Umfassendes Wissen und stetig neue Erkenntnisse auf den Gebieten der Fabrikplanung und Produktionsorganisation sind existentiell notwendig.

Die unternehmerische Bedeutung der Produktionsplanung ist im gleichen Maße gestiegen, wie sich die Innovationszyklen von Produkten, Fertigungs- und Logistiksystemen sowie der Arbeitsorganisation verkürzt haben. Um die vorhandene Marktposition zu festigen oder um Wettbewerbsvorteile zu erlangen, muss jede Unternehmensleitung neben dem Produkt und der Technologie auch die Produktionsstrukturen ständig analysieren, sie rechtzeitig an die zu erwartenden Marktentwicklungen anpassen und gegebenenfalls erneuern.

Die erhöhten Ansprüche an die Gestaltung und Wandlungsfähigkeit von Produktionsstrukturen im turbulenten Umfeld erfordern ein effizientes Projektmanagement und eine durchgehende rechnergestützte Planungsunterstützung. In der vorliegenden Reihe – Innovationen der Fabrikplanung und -organisation – sollen neue Methoden und Instrumente zur Planung und Optimierung von Produktionssystemen und -abläufen einer breiten Leserschaft in verständlicher Form vorgestellt werden. Es sind Forschungsergebnisse die häufig in enger Zusammenarbeit mit der Industrie am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit der Technischen Universität Clausthal im Bereich Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik entstanden sind.

Ein gemeinsamer systemtechnischer Ansatz kennzeichnet die Fachgebiete Anlagenplanung und Logistik, deren technische, informationstechnische, organisatorische und wirtschaftliche Fragestellungen ganzheitlich und zukunftsweisend zu beantworten sind. Die angestrebten Lösungsstrategien sind im Rahmen des gesamten Produkt- und Produktionsentstehungsprozesses zu sehen und beinhalten sowohl eine theoretische, planerische und simulierende Seite als auch die konkrete Ausgestaltung von Prozessketten, Organisationsformen und Abläufen.

In der Vergangenheit wurden Produktionsstrategien, Programme und Teilebedarfe nicht selten aufgrund persönlicher Einschätzung und Erfahrung festgelegt. Heute sind mit Hilfe mathematischer, wissensbasierter Modelle hinreichende Prognosen

und Szenarien zu entwickeln und das Komplexitätsmanagement muss bereits bei der Entwicklung variantenreicher Serienprodukte einsetzen. So können z.B. Agentensysteme schon vorausschauend bei der Analyse von Verbindungen möglicher Module helfen.

Früher wurden die darauf aufbauenden Produktionsstrukturen in der Regel nur statisch geplant und für dynamische Betrachtungen allenfalls Mittelwerte herangezogen. Um in Zukunft falsche oder überhöhte Investitionen und unnötige Folgekosten zu vermeiden, sind bestehende und zu planende Anlagen umfassend dynamisch zu analysieren und optimieren. Mit dem inzwischen zur Realität gewordenen ganzheitlichen Ansatz der Digitalen Fabrik kann jetzt – auf Basis eines umfassenden integrierten Datenmanagements durch rechnergestützte Einzelmethode bis hin zur Virtuellen Realität - der Planungsprozess entscheidend beschleunigt und verbessert sowie die Planungsqualität und -sicherheit erheblich erhöht werden.

Nicht zuletzt gilt es, die in den Produktions- und Logistiksystemen arbeitenden Menschen wieder stärker in den Mittelpunkt zu stellen, ihre Bedürfnisse zu respektieren und ihnen genügend Raum für Engagement und Verantwortung mit effizienten Formen der Arbeitsorganisation zu geben, die Verschwendung vermeiden und eine stetige Steigerung des Produktionsflusses ermöglichen.

Clausthal, im August 2011

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht

Vorwort des Verfassers

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Doktorand in der Abteilung „IT Prozesse und SAP Standards Produktion und Logistik“ der Volkswagen Aktiengesellschaft am Standort Wolfsburg.

Für die wissenschaftliche Betreuung und wohlwollende Förderung meiner Dissertation bedanke ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Uwe Bracht, dem Leiter des Instituts für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB) der TU Clausthal. Seine wertvollen Anregungen und das große mir und meiner Arbeit entgegengebrachte Vertrauen waren die elementaren Grundsteine für meine erfolgreiche Promotion. Für die Übernahme des Koreferats bedanke ich mich bei Herrn Professor Dr. Martin Vossiek. Herrn Till Sontag, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IMAB, danke ich für die erfolgreiche Zusammenarbeit und Unterstützung.

Entscheidend für die wichtige Verknüpfung der erarbeiteten wissenschaftlich-theoretischen Erkenntnisse mit der Praxis war die gute Zusammenarbeit mit meinen Kollegen bei Volkswagen. In diesem Zusammenhang gilt mein Dank stellvertretend Olaf Haase, Denis Barz, Matthias Hoffert, Moritz Raabe und Jan Wehinger. Ausdrücklich bedanken möchte ich mich in diesem Zusammenhang bei Andreas Holtz für die Unterstützung im Bereich Simulation, Dr. Klaus-Christoph Ritter und Patrick Köppe aus der Abteilung für Virtuelle Absicherung und Mario Tiss, Leiter des CKD-Verpackungsbetriebs Salzgitter. Ein spezieller Dank gilt Dr. Thomas Bierwirth, dem Betreuer meiner Dissertation bei Volkswagen. Seine Unterstützung und Ratschläge waren zentral für die zielgerichtete und zügige Erstellung der vorliegenden Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie und Freunden. Ohne die Unterstützung, das Vertrauen und die Ermutigung meiner Eltern, Dr. Elisabeth Schönenberg-Hackenberg und Dr. Dr. Herwig Hackenberg, ihrer neuen Ehepartner und meiner Geschwister wäre ich nie zu dem geworden, der ich jetzt bin. In diesem Zusammenhang möchte ich auch meinen elterlichen Freunden Heinrich und Gabriele Sievering sowie Rebecca und Kevin Parnell danken, die mich entscheidend mitgeprägt und immer ein offenes Ohr für meine Probleme und Gedanken haben. Für ihr unbegrenztes Verständnis und ihre bedingungslose Unterstützung gilt meiner Freundin Katharina Schewe mein abschließender, liebevoller Dank.

Kurzfassung

Die Sättigung der Triademärkte und das starke wirtschaftliche Wachstum in bisherigen Schwellenländern verstärken den Wettbewerbs- und Kostendruck in der Automobilindustrie. Die Hersteller antworten unter anderem mit der Erschließung neuer Märkte und immer weiter verteilten Wertschöpfungsaktivitäten. Die Eliminierung von Ineffizienzen durch Verschwendungen in logistischen Prozessen und Abwicklungsformen wie der CKD Logistik werden im Zuge dieser Entwicklung zu einem immer wichtigeren Schlüsselfaktor in der wettbewerblichen Positionierung der Automobilhersteller.

Ohne die Unterstützung durch Informationstechnologie sind funktionierende logistische Netzwerke heute jedoch nicht mehr vorstellbar. Im Bereich des Produktentstehungsprozesses ist die Digitale Fabrik ein zentraler IT-Innovationstreiber. Die vorliegende Arbeit widmet sich in diesem Zusammenhang der wissenschaftlichen Fragestellung, ob durch eine mit Instrumenten der Digitalen Fabrik optimierte Informationsvermittlung die Effektivität und Effizienz auch im Bereich der Logistik des Auftragsabwicklungsprozesses verbessert werden kann.

Mit der Konzeption eines neuartigen integrierten Monitoringansatzes wird darauf eine positive Antwort gegeben. Im Rahmen des Lösungsansatzes werden mit den speziell auf den CKD zugeschnittenen Cockpittabellen und durch das Virtual Reality Monitoring vollkommen neue Darstellungsformen entwickelt. Cockpittabellen verdichten wesentliche, CKD spezifische Informationen und geben diese über strukturierte Kennzahlen und intuitiv verständliche Ampeldarstellungen an den Betrachter weiter. Das Virtual Reality Monitoring erlaubt es dem Nutzer in die künstliche Welt des zu kontrollierenden Verpackungsbetriebs einzutauchen. Durch die gebündelte, integrierte Darstellung verschiedener Informationen im Layout lassen sich komplexe Abläufe und Situationen schnell und umfassend überwachen. Die innovativen Ansätze zur Informationsvermittlung beschreiten neue Wege zum Erkenntnisgewinn und zur Erkenntnisvermittlung. Ihre Wiedergabe erfolgt auf Anzeigetafeln, Monitoren und Tablet-Computern und basiert auf Echtzeit-, Vergangenheits- und Prognosedaten.

Die Praxistauglichkeit des Ansatzes wird im Rahmen der Arbeit mit prototypischen Umsetzungen in zwei Verpackungsbetrieben nachgewiesen. Der Aufbau des Systems sowie die Struktur und Auswahl der einzelnen Softwarekomponenten wird dabei detailliert aufgezeigt. Im abschließenden Ausblick werden Ansatzpunkte für praktische Weiterentwicklungen und weiterführende Forschungsansätze gegeben.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	VII
Vorwort des Verfassers	IX
Kurzfassung.....	XI
Inhaltsverzeichnis	XIII
Abbildungsverzeichnis	XVII
Abkürzungsverzeichnis	XXI
1 Einführung und Herleitung des Untersuchungskontextes	1
1.1 Automobilindustrie im Wandel	1
1.2 Aufbau und methodisches Vorgehen	5
1.3 Zunehmende Bedeutung und steigende Anforderungen an logistische Netzwerke in der Automobilindustrie	7
1.4 Unterstützung der Logistik durch Informationstechnologie	9
1.4.1 IT-Systeme	9
1.4.2 Digitale Fabrik als Innovationstreiber der Logistik	12
1.5 Abgrenzung des Untersuchungskontextes der Arbeit	20
1.5.1 Problemstellung und Lösungsanforderungen	20
1.5.2 Technischer Hintergrund der Problemstellung.....	22
1.5.3 Zielsetzung	25
2 Eingrenzung wichtiger ökonomischer und technischer Grundlagen	29
2.1 Logistische Abwicklungsformen	29
2.1.1 Ausprägungen und Hintergründe.....	29
2.1.2 CKD Logistik als Teil der Materialversorgung	31
2.2 Daten, Information und Wissen	38
2.3 Kennzahlen	39
2.3.1 Definition und Ausprägungen	39
2.3.2 Aggregation von Kennzahlen zu Kennzahlssystemen.....	41
2.3.3 Operativer Einsatz von Kennzahlen in der Logistik	42
2.4 Visualisierungen.....	43
2.4.1 Definition und Gründe.....	43

2.4.2	Ziele, Wirkung und Nutzen von Visualisierung	46
2.4.3	Visualisierung im betrieblichen Umfeld	47
2.5	Monitoring	48
2.6	Simulation	50
2.6.1	Definition und Differenzierung	50
2.6.2	Anwendungsgebiete, Anforderungen und Risiken	52
2.6.3	Einsatz von Simulation zur betriebsbegleitenden Optimierung	55
2.7	Mobile Lösungen als Ausgabegeräte	56
2.7.1	Hintergrund, Einordnung und Nutzen	56
2.7.2	Software- und Hardware-Entwicklungen	58
3	Lösungsansatz für eine verbesserte Informationsvermittlung - Entwicklung eines integrierten Monitoringansatzes für die operative CKD Logistik	61
3.1	Ist-Situation – Beispiele für Verbesserungspotentiale im operativen Ablauf	61
3.1.1	Einordnung	61
3.1.2	Mangelnde Aufbereitung von Informationen	62
3.1.3	Mangelnde Informationen über die Zukunft	63
3.1.4	Mangelnde Informationen vor Ort	64
3.2	Vorgehen bei der Konzeption des integrierten Monitoringansatzes für die CKD Logistik	65
3.3	Anforderungen an einen neuen Monitoringansatz in der operativen CKD Logistik	66
3.4	Kennzahlen und logistische Zustände als Darstellungsinhalte	68
3.5	Datengrundlage des Monitoringansatzes	71
3.5.1	Echtzeit- und Vergangenheitsdaten	71
3.5.2	Prognosedaten mittels betriebsbegleitender Simulation	73
3.6	Ansätze zur Vermittlung von Inhalten	73
3.6.1	Vermittlung mittels Cockpittabellen	73
3.6.2	Vermittlung mittels Virtual Reality Monitoring	79
3.7	Darstellung von Informationen auf verschiedenen Ebenen mittels unterschiedlicher Ausgabegeräte	87
3.7.1	Darstellungen auf Anzeigetafeln	87

3.7.2	Darstellung auf Monitoren.....	87
3.7.3	Darstellung auf Tablet-Computern.....	88
3.8	Zusammenführung der Entwicklungen zu einem integrierten Monitoringansatz	89
3.8.1	Integrierter Monitoringansatz für die CKD Logistik.....	89
3.8.2	Abgrenzung der Zielgruppen und des angestrebten Nutzens	91
4	Prototypische Umsetzung des Monitoringansatzes.....	94
4.1	Standort und Umfeld der prototypischen Umsetzung	94
4.1.1	Übersicht und Einordnung der Internationalen Logistik Material.....	94
4.1.2	Internationale Logistik Material am Standort Salzgitter.....	95
4.1.3	Internationale Logistik am Standort Hannover.....	97
4.2	Datenquellen für den integrierten Monitoringansatz	98
4.2.1	System für Echtzeit- und Vergangenheitsdaten.....	98
4.2.2	System für Prognosedaten	100
4.3	Konzeption der Softwarearchitektur des Monitoringansatzes.....	101
4.3.1	Auslesen der Daten aus dem Quellsystem.....	101
4.3.2	Teilumsetzung am Standort Hannover	104
4.3.3	Softwarearchitektur der prototypischen Umsetzung des Monitoringansatzes am Standort Salzgitter	106
4.4	Aufbau und Einbindung des Simulationsmodells.....	110
4.5	Umsetzung und Wiedergabe der Darstellungsformen in Abhängigkeit der Ausgabegeräte	115
4.5.1	Einordnung und Abgrenzung der unterschiedlichen Kombinationen.....	115
4.5.2	Anzeigetafel.....	116
4.5.3	Monitore.....	120
4.5.4	Tablet-Computer.....	124
4.6	Integration des Monitoringansatzes in die bestehende Infra- und Prozessstruktur am Standort Salzgitter	126
5	Bewertung und Ausblick	130
5.1	Ergebnisse und Bewertung der prototypischen Umsetzung	130
5.1.1	Umsetzung der Anforderungen an den integrierten Monitoringansatz	130

5.1.2	Bewertung des Nutzens der Zielgruppen durch den Monitoringansatz	131
5.1.3	Einsatz der Prognose- und Vergangenheitsdaten	135
5.1.4	Gesamtbeurteilung der prototypischen Umsetzung	135
5.2	Bewertung der konzeptionellen Aspekte des Monitoringansatzes.....	137
5.3	Ausblick zur Weiterentwicklung des Monitoringansatzes	137
5.3.1	Praktische Weiterentwicklungen	138
5.3.2	Forschungsrelevante Ansatzpunkte.....	140
6	Zusammenfassung.....	142
Anhang	145
Quellenverzeichnis.....		157
Lebenslauf		167