

**Bewertungsmethodik zur Einflussanalyse der
Informationsqualität auf die Simulationsergebnisse in Produktion und Logistik**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

Im Fachbereich Maschinenbau
der Universität Kassel

vorgelegt von

Dennis Abel

Kassel, im Februar 2013

Die vorliegende Arbeit wurde am Fachgebiet Maschinenbau der Universität Kassel als Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) angenommen.

Erste Gutachterin: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel, Universität Kassel

Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem, TU Berlin

Weitere Mitglieder der Prüfungskommission

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz, Universität Kassel

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jens Hesselbach, Universität Kassel

Tag der mündlichen Prüfung:

23.05.2013

Produktionsorganisation und Fabrikplanung

Band 4

Dennis Abel

**Bewertungsmethodik zur Einflussanalyse der
Informationsqualität auf die Simulationsergebnisse
in Produktion und Logistik**

D 34 (Diss. Univ. Kassel)

Shaker Verlag
Aachen 2013

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.: Kassel, Univ., Diss., 2013

Copyright Shaker Verlag 2013

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2019-9

ISSN 2192-5569

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

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt und andere als die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Kein Teil dieser Arbeit ist in einem anderen Promotions- oder Habilitationsverfahren verwendet worden.

Kassel, im Februar 2013

Dennis Abel

Geleitwort der Herausgeberin

Globalisierung und Strukturwandel bedingen eine permanente Anpassung der unternehmenseigenen Produktions- und Dienstleistungsprozesse an die Bedarfe des Marktes. Damit Produktions- und Logistiksysteme wettbewerbsfähig, nachhaltig und wandlungsfähig werden, bedarf es einer vernetzten Betrachtung von Produkten, Prozessen und Ressourcen sowie einer durchgängigen Integration von Informations- und Kommunikationstechniken in Planung und Betrieb. Um diesen Anforderungen zu genügen, verlangen die heutigen Fabrikplanungsprozesse kollaborative Arbeitsweisen und den intensiven Einsatz modellgestützter Methoden und Werkzeuge.

Ziele der Forschungsarbeiten des Fachgebietes Produktionsorganisation und Fabrikplanung pfp im Institut für Produktionstechnik und Logistik an der Universität Kassel sind die Weiterentwicklung von Methoden und Werkzeugen der Digitalen Fabrik und ihre verbesserte Anwendung im Rahmen eines Virtual Simultaneous Engineering in interdisziplinären Planungsteams. Mit diesen Forschungen einher gehen eine permanente Verbesserung des Planungsprozesses, eine Erhöhung von Planungsqualität und -sicherheit, aber auch eine Weiterentwicklung der Produktions- und Logistiksysteme sowie -prozesse und damit verbunden der Material- und Informationsflüsse in der produzierenden Industrie, im Handel, in der Landwirtschaft, aber auch in Organisationen.

Im Rahmen dieser Buchreihe werden die Ergebnisse einschlägiger Forschungsarbeiten des Fachgebietes pfp publiziert. Diese beziehen sich einerseits auf die methodische Verbesserung und informationstechnische Ausgestaltung der Fabrikplanung, andererseits auf zukunftsorientierte Konzepte für Produktions- und Logistikprozesse. In diesem Zusammenhang werden auch die für eine intelligente, wandlungsfähige und vernetzte Systemgestaltung wichtigen Querschnittsaufgaben der Modellbildung, der Simulation und Visualisierung, des Daten-, Informations- und Wissensmanagements sowie der Kooperation und Kollaboration behandelt. Die einzelnen Bände der Buchreihe präsentieren ausgewählte Forschungsarbeiten, mit denen die Autoren dem Anwender in der Praxis einen Einblick in ihre aktuellen Forschungserkenntnisse und Anhaltspunkte für potentielle Verbesserungen in Planung und Betrieb geben möchten.

Vorwort des Autors

Das Durchführen von Simulationsstudien im Bereich der Produktion und Logistik bietet die Möglichkeit, einen Teil zur Bewältigung immer neuer Wettbewerbsanforderungen, beizutragen, indem bereits in der Planung betreffende Sachverhalte mittels geeigneter Simulationswerkzeuge analysiert und bewertet werden. Hierdurch ist es möglich, Kosten- und Zeiteinsparungen schon vor der eigentlichen Umsetzung zu realisieren.

Die Arbeit befasst sich mit der Thematik der Simulation in Produktion und Logistik und fokussiert hierbei die Qualität von Informationen, die als Basis zur Durchführung von Simulationsstudien dienen. Der Neuigkeitsgrad liegt in der Beurteilung der Informationsqualität und des Einflusses dieser auf die Ergebnisqualität von Simulationsstudien sowie der Möglichkeit, aus den gewonnenen Erkenntnissen Rückschlüsse hinsichtlich der Ergebnisinterpretation zu ziehen.

Die vorliegende Dissertation entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionstechnik und Logistik am Fachgebiet für Produktionsorganisation und Fabrikplanung an der Universität Kassel. Zahlreiche Diskussionen zur Thematik der Informationsqualität mit Kollegen des Fachgebiets bestärkten dabei meine Motivation zum Verfassen der Arbeit.

Mein Dank gilt allen Kollegen, Projektpartnern und Studierenden, die mich bei der Erstellung der Arbeit unterstützt haben. Weiterhin möchte ich Univ.-Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz sowie Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jens Hesselbach für den Beisitz in der Prüfungskommission sowie Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem für die Übernahme des Zweitgutachters der Dissertation danken. Mein besonderer Dank gilt Frau Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel, die meine Arbeit nicht nur begutachtete, sondern sich immer auch die Zeit nahm, über Inhalte zu diskutieren, Fragen zu beantworten sowie Ideen weiterzuentwickeln. Persönlich möchte ich mich bei meiner Lebensgefährtin Kathrin Kampe bedanken, die immer Verständnis für meine Arbeit sowie die damit verbundenen privaten Zeiteinbußen aufgebracht hat und mir so den notwendigen Rückhalt gab.

Kassel, im Mai 2013

Dennis Abel

Kurzfassung

Der Einsatz der ereignisdiskreten Simulation im Bereich Produktion und Logistik gewinnt im Rahmen der Verbreitung digitaler Werkzeuge immer weiter an Bedeutung. Dabei erweisen sich die Informationen, die dem Simulationsexperten für das Durchführen einer Simulationsstudie zur Verfügung stehen, als entscheidende Einflussgrößen hinsichtlich der Qualität der Simulationsergebnisse. Bestehende Arbeiten gehen in diesem Zusammenhang jedoch nicht über eine reine Qualitätsbetrachtung der zur Modellbildung relevanten Informationen hinaus.

Die vorliegende Arbeit setzt an dieser Stelle an und befasst sich zusätzlich auch mit den Informationen, die keinen direkten Einfluss auf die Modellbildung haben, und bietet insbesondere die Möglichkeit, Rückschlüsse hinsichtlich des Einfluss der Informationsqualität auf die Qualität der Simulationsergebnisse zuzulassen. Die in diesem Zusammenhang entwickelte Methodik unterstützt den Simulationsexperten dabei aktiv über den gesamten Verlauf der Simulationsstudie.

Ausgehend von den für diese Arbeit relevanten Begriffen „Qualität“ und „Information“ werden zunächst die Definition, das Verständnis sowie die Bedeutung der Informationsqualität in Simulationsstudien vorgestellt. Als Voraussetzung zur anschließenden Entwicklung der Methodik wird das für diese Arbeit gültige Verständnis des Ablauf von Simulationsstudien definiert und 53 relevante Informationstypen für Simulationsstudien im Bereich der Produktion und Logistik im Rahmen einer Delphi-Studie identifiziert. Die entwickelte Methodik zur Beurteilung des Einflusses der Informationsqualität setzt sich aus den in dieser Arbeit entwickelten Methodiken zur Bewertung der Informationsqualität und zur Bewertung der Wichtigkeit von Informationen zusammen. In der anschließenden Evaluation wird die Entwicklung anhand eines Evaluationskonzepts hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und Eignung der Methodik untersucht.

Mit den erarbeiteten Ergebnissen verfolgt die Dissertation die Zielsetzung, den sowohl in der Wissenschaften bekannten als auch in der Praxis identifizierten Zusammenhang zwischen der Informationsqualität und der Qualität der Ergebnisse der Simulationsstudie im Rahmen einer systematischen Bewertung greifbar zu machen. Das Ergebnis der Dissertation eignet sich somit als praktische Anwendung zur Unterstützung des Simulationsexperten und bietet einen interessanten Anknüpfungspunkt für wissenschaftstheoretische Weiterentwicklungen zur Integration der Methodik in sogenannte Assistenzwerkzeuge für Simulationsstudien.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	XI
Abbildungsverzeichnis.....	XV
Tabellenverzeichnis.....	XVII
Formelverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis	XX
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Aufbau der Arbeit.....	7
2 Grundlagen zur Informationsqualität in Simulationsstudien.....	10
2.1 Qualitätsmanagement in Simulationsstudien	10
2.1.1 Grundsätzliches Verständnis von Qualität und Qualitätsmanagement	10
2.1.2 Qualitätsverständnis in Simulationsstudien	12
2.1.3 Qualitätskriterien für Simulationsstudien	14
2.1.4 Verifikation und Validierung in der Simulation	15
2.2 Informationen in Simulationsstudien	17
2.2.1 Definitionen und Verständnis von Informationen	17
2.2.2 Abgrenzung - Zeichen, Daten, Informationen und Wissen	20
2.2.3 Informationen als Input für Simulationsstudien.....	22
2.3 Informationsqualität in Simulationsstudien	25
2.3.1 Definition und Verständnis von Informationsqualität	26
2.3.2 Bedeutung der Informationsqualität für Simulationsstudien	28
2.3.3 Ansätze zur Bewertung von Informationsqualität	30
2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse Kapitel 2	34

3	Das Vorgehen in Simulationsstudien.....	35
3.1	Hintergründe, Definition und Verständnis von Vorgehensmodellen.....	35
3.2	Ausgewählte Vorgehensmodelle aus dem Bereich der Simulation	39
3.2.1	Das Vorgehensmodell für Simulationsstudien nach VDI 3633	39
3.2.2	Das Vorgehensmodell für Simulationsstudien nach Rabe et al.	41
3.2.3	Das Vorgehensmodell für Simulationsstudien nach Balci.....	43
3.2.4	Sonstige Ansätze.....	45
3.3	Ableiten eines geeigneten Vorgehensmodells zur Beurteilung des Einflusses der Informationsqualität.....	47
3.3.1	Anforderungen an ein geeignetes Vorgehensmodell	47
3.3.2	Analyse und Bewertung etablierter Modelle	50
3.3.3	Entwicklung eines Vorgehensmodells für Simulationsstudien als Basis für die Einflussbewertung der Informationsqualität	55
3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse Kapitel 3	57
4	Methodik zur Bewertung von Informationsqualität in Simulationsstudien....	58
4.1	Delphi-Studie zur Ermittlung relevanter Informationen in Simulationsstudien	58
4.1.1	Die Delphi-Studie als Methodik zur Expertenbefragung.....	58
4.1.2	Ziele der Delphi-Studie zur Ermittlung relevanter Informationen in Simulationsstudien.....	60
4.1.3	Gestaltung und Durchführung der Delphi-Studie	62
4.1.4	Ergebnisse der Delphi-Studie.....	67
4.2	Kriterien zur Beurteilung von Informationsqualität - Die IQ-Dimensionen... 75	
4.3	Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Informationsqualität.....	80
4.3.1	Prinzipieller Aufbau der Methodik	80
4.3.2	Ausprägungen der IQ-Dimensionen	83
4.3.3	Operative Umsetzung zur Anwendung.....	89
4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse Kapitel 4	93

5	Methodik zur Einflussanalyse der Informationsqualität auf die	
	Simulationsergebnisse.....	94
5.1	Definition und Verständnis von Einfluss	94
5.1.1	Allgemeine Grundlagen	94
5.1.2	Das Prinzip der Einflussmessung im Rahmen der Arbeit.....	97
5.2	Entwicklung eines Gesamtkonzepts zur Einflussanalyse.....	98
5.2.1	Die Bedeutung der Informationstypen und Informationskategorien bei der Einflussanalyse.....	99
5.2.2	Das Vorgehensmodell für Simulationsstudien als Ausgangspunkt der Einflussanalyse	101
5.2.3	Zusammenführung zu einem einheitlichen Vorgehenskonzept.....	103
5.3	Umsetzung des Vorgehenskonzepts zu einer anwendbaren Methodik	105
5.3.1	Aufbau und Vorgehen der Methodik	105
5.3.2	Umsetzung und Anwendung der Methodik mit Microsoft Excel	108
5.4	Umsetzung einer Gesamtmethodik mit Microsoft Access	112
5.4.1	Prinzipieller Aufbau und Vorgehen bei der Anwendung.....	113
5.4.2	Anpassung der Methodik zur vereinfachten Anwendung.....	120
5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse Kapitel 5	123
6	Pilotanwendung zur Evaluation der Methodik	124
6.1	Das Evaluationskonzept	124
6.1.1	Grundlagen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit	126
6.1.2	Grundlagen zur Bewertung der Eignung der Ergebnisse.....	130
6.2	Vorstellung der Simulationsstudie	133
6.2.1	Beschreibung der Ausgangssituation - Das zu simulierende System	136
6.2.2	Darstellung der relevanten Informationen	140
6.2.3	Übertragung der Informationen in ein Simulationsmodell	149
6.3	Simulationsergebnisse nach Real- und Idealqualität der zugrundeliegenden Informationen.....	152
6.4	Anwendung der Methodik zur Einflussanalyse.....	155
6.4.1	Bestimmung der Informationswichtigkeit	155
6.4.2	Bewertung der Informationsqualität	158

6.5	Evaluation der Methodik zur Einflussanalyse.....	162
6.5.1	Evaluation der Gebrauchstauglichkeit	162
6.5.2	Evaluation der Eignung der Ergebnisse	164
6.5.3	Mögliche Anpassungen und abschließende Nutzenbeurteilung der Methodik aufgrund der Evaluationsergebnisse.....	172
6.6	Zusammenfassung der Ergebnisse Kapitel 6	174
7	Schlussbetrachtung	176
7.1	Beantwortung der Zielfragen	176
7.2	Zusammenfassung und Ausblick	179
8	Literaturverzeichnis.....	183
9	Anhang	194

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einfluss der Informationsqualität	3
Abbildung 2: Aufbau der Dissertation.....	8
Abbildung 3: Ausschnitt aus der Wissenstreppe	21
Abbildung 4: Informationen als Input für Simulationsstudien.....	25
Abbildung 5: Informationsqualität in Simulationsstudien.....	29
Abbildung 6: Darstellungen der IQ-Dimensionen sowie zugehöriger Kategorien	32
Abbildung 7: Generischer Aufbau von Vorgehensmodellen	37
Abbildung 8: Vorgehensweise bei einer Simulationsstudie nach VDI 3633	40
Abbildung 9: Vorgehensweise bei einer Simulationsstudie nach Rabe et al.	42
Abbildung 10: Vorgehensweise bei einer Simulationsstudie nach Balci	44
Abbildung 11: Vorgehensmodell für Simulationsstudien als Basis für die Einflussbewertung der Informationsqualität	55
Abbildung 12: Prinzipieller Ablauf der Delphi-Studie.....	59
Abbildung 13: Schematischer Aufbau der Methodik zur Beurteilung der Informationsqualität	81
Abbildung 14: Generische Übersicht zur Punktevergabe.....	82
Abbildung 15: Exemplarischer Ausschnitt zum Aufbau einer Methodik zur Bewertung der Informationsqualität.....	90
Abbildung 16: Das Verständnis von Einfluss.....	96
Abbildung 17: Umsetzung des entwickelten Vorgehensmodells für Simulationsstu- dien als Basis für die Einflussbewertung der Informationsqualität.....	102
Abbildung 18: Vorgehenskonzept zur Bewertung des Einflusses der Informationsqualität	103
Abbildung 19: Excel-Methodik für die Einflussanalyse der Informationsqualität auf Basis der Informationstypen.....	109
Abbildung 20: Auswahl der Vorgehensweise zur Einflussanalyse	114
Abbildung 21: Kategorisierung der Informationstypen im Rahmen der Einflussanalyse	116
Abbildung 22: Ausschnitt zur Bewertung der Informationswichtigkeit am Beispiel der Informationstypen	117
Abbildung 23: Ausschnitt der Bewertung der Informationsqualität am Beispiel der Informationstypen	118

Abbildung 24: Ausschnitt der Ergebnisauswertung am Beispiel einzelner Informationstypen	119
Abbildung 25: Bewertung der Informationswichtigkeit am Beispiel der Informationstypen bei Auswahl des vereinfachten Vorgehens	121
Abbildung 26: Das Evaluationskonzept	125
Abbildung 27: Layout und Bearbeitungszeiten des zu simulierenden Systems	137
Abbildung 28: Layout und Zeiten für die Rüstvorgänge	138
Abbildung 29: Soll-Simulationsmodell zur konzipierten Simulationsstudie	150
Abbildung 30: Vergleich der Ergebnisse nach Real- und Idealqualität der zugrundeliegenden Informationen	154
Abbildung 31: Ausschnitt zur Bewertung der Wichtigkeit der Informationstypen	156
Abbildung 32: Übereinstimmungsvergleich der elf einflussreichsten Informationstypen	168

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wesentliche V&V-Kriterien	16
Tabelle 2:	Ausgewählte Definitionen für Information(en)	18
Tabelle 3:	Analyse der unterschiedlichen Vorgehensmodelle	52
Tabelle 4:	Bewertungsergebnis der analysierten Vorgehensmodelle	53
Tabelle 5:	Eigenschaftspaare für Informationstypen in Simulationsstudien	64
Tabelle 6:	Darstellung der Informationskategorien aus der Vorstudie	65
Tabelle 7:	In der Delphi-Studie identifizierte Informationstypen.....	67
Tabelle 8:	Informationskategorien für Informationstypen.....	72
Tabelle 9:	Zuordnung der Informationstypen in die Informationskategorien	74
Tabelle 10:	IQ-Kategorien und IQ-Dimensionen in Anlehnung an ROHWEDER ET AL. (2008).....	76
Tabelle 11:	Übersicht zur Punktevergabe der einzelnen IQ-Dimensionen.....	88
Tabelle 12:	Fragebogen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit.....	128
Tabelle 13:	Bewertungsbegriffe und deren Bedeutung zur Ergebnisevaluation	133
Tabelle 14:	Ansprechpartner (Rollen) im Rahmen der Pilotanwendung.....	134
Tabelle 15:	Produktionsprogramm der Simulationsstudie.....	139
Tabelle 16:	Übersicht der relevanten Förderer im Rahmen der Simulationsstudie	139
Tabelle 17:	Übersicht der unterschiedlichen Verfügbarkeiten	140
Tabelle 18:	Übersicht zur Herausgabe der verfügbaren Informationen für die Simulationsstudie.....	143
Tabelle 19:	Ergebnisse der Experimente nach Realqualität der zugrundeliegenden Informationen	152
Tabelle 20:	Ergebnisse der Experimente nach Idealqualität der zugrundeliegenden Informationen	153
Tabelle 21:	Übersicht zur Qualitätsbeurteilung der Informationstypen	158
Tabelle 22:	Vollständige Beurteilung der Qualität - Informationstyp 11	160
Tabelle 23:	Zusammenfassung der ausgefüllten Fragebögen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit	162
Tabelle 24:	Ergebnisse der Einflussanalyse im Rahmen der Pilotanwendung.....	165

Tabelle 25: Auswirkung der acht einflussreichsten Informationstypen auf die Ergebnisqualität der Simulationsstudie	170
Tabelle 26: Auswirkung der zehn Informationstypen mit dem geringsten Einfluss auf die Ergebnisqualität der Simulationsstudie	171

Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung der Informationsqualität.....	92
Formel 2: Berechnung des absoluten Einflusses	107
Formel 3: Berechnung des relativen Einflusses.....	107

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
ASIM	Arbeitsgemeinschaft Simulation
BMVg	Bundesministeriums der Verteidigung
BWB	Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung
bzw.	beziehungsweise
DFG	Deutsche Forschungsgesellschaft
et al.	et alia/ et alii
ggf.	gegebenenfalls
Hrsg.	Herausgeber
IBM	International Business Machines Corporation
IPL	Institut für Produktionstechnik und Logistik
IQ	Informationsqualität
IT	Informationstechnik
MS	Microsoft
PFP	Produktionsorganisation und Fabrikplanung
SFB	Sonderforschungsbereich
u. a.	unter anderem
UML	Unified Modeling Language
V&V	Verifikation und Validierung
z. B.	zum Beispiel