

Mathias Engel

Digitale Fabrik Operating Reference (DiFOR)

**Integrierte digitale Planungsmethode in global
verteilten Planungsbereichen**



Steinbeis-Edition

Mathias Engel

Digitale Fabrik Operating Reference (DiFOR)

Integrierte digitale Planungsmethode in global verteilten Planungsbereichen

Impressum

© 2012 Steinbeis-Edition

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Mathias Engel
Digitale Fabrik Operating Reference (DiFOR)
Integrierte digitale Planungsmethode in global verteilten Planungsbereichen

1. Auflage, 2012 | Steinbeis-Edition, Stuttgart
ISBN 978-3-943356-29-8
Zugl. Steinbeis-Hochschule Berlin, Dissertation 2012

Satz: Steinbeis-Edition
Production: e. kurz + co druck und medientechnik gmbh, Stuttgart

Steinbeis ist weltweit im Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören derzeit rund 800 Steinbeis-Unternehmen sowie Kooperations- und Projektpartner in 50 Ländern. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verbund umfasst Beratung, Forschung & Entwicklung, Aus- und Weiterbildung sowie Analysen & Expertisen für alle Management und Technologiefelder. Ihren Sitz haben sie überwiegend an Forschungseinrichtungen, Universitäten und Hochschulen.

Dach des Steinbeis-Verbundes ist die 1971 ins Leben gerufene Steinbeis-Stiftung, die ihren Sitz in Stuttgart hat. Die Steinbeis-Edition verlegt ausgewählte Themen aus dem Steinbeis-Verbund.

152206-2012-12 | www.steinbeis-edition.de

Geleitwort

Integrierte, digitale Planungsmethoden gewinnen mit zunehmender Vernetzung von Betrieben, erhöhtem Kostendruck, rasanter Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie und entsprechender Nutzung zur Ausschöpfung von Rationalisierungspotentialen sowie Erhöhung der Planungssicherheit und -qualität in der Praxis an Bedeutung.

Ausgehend von Pilotlösungen, insbesondere in der Automobilindustrie, wenden sich sukzessive auch weitere Unternehmensbereiche dem „Digitalen Engineering“ zu. Der Doktorand bietet durch seine Tätigkeit im Technologiemanagement (Team Digitale Planungsmethoden) des Nutzfahrzeugbereichs bei der Daimler AG beste Voraussetzungen zur Bearbeitung der anspruchsvollen Themenstellung.

Mit dem Ziel, in der Dissertation einen Beitrag zur Digitalen Fabrik als allgemeingültige Referenzmethode zur Produktionsplanung (Digitale Fabrik Operating Reference – DiFOR) zu entwickeln, ist gleichzeitig ein transferorientiertes Projekt mit hohem Anspruch bearbeitet worden. Dieses Projekt basiert auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft, bringt hier auch den gewünschten Wissenszuwachs und hat weit über Großunternehmen hinaus auch für kleine und mittlere Unternehmen Bedeutung, Nutzungsmöglichkeiten und Entwicklungspotential.

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther

Für Tanja und meine Schwester Michaela.

Vorwort

*Der Fortgang der wissenschaftlichen Entwicklung
ist im Endeffekt eine ständige Flucht vor dem Staunen.
Albert Einstein*

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Doktorand bei der Daimler AG im Technologiemanagement des Nutzfahrzeugbereichs, sowie am Institut Production and Engineering der Steinbeis-Hochschule Berlin.

Die hochschuleitige Betreuung erfolgte durch Herrn Professor Dr.-Ing. Ulrich Günther, Leiter des Institutes Production and Engineering der Steinbeis-Hochschule Berlin. Ihm danke ich dafür, dass er meine Arbeit stets gefördert hat und immer zu fruchtbaren Diskussionen bereit war.

Herrn Professor Dr.-Ing. Edward Chlebus, Institutsdirektor der Technischen Universität Breslau (Wrocław, Polen), danke ich für sein Interesse an dieser Arbeit sowie für die Übernahme des Koreferats.

Herrn Dr.-Ing. Stephan Buerkner, Teamleiter Vorkostenplanung Trucks Daimler AG, danke ich für die fachliche unternehmensseitige Betreuung und Förderung sowie für das Ermöglichen dieser Dissertation.

Entscheidend zur erfolgreichen Durchführung der Arbeit beigetragen haben sicherlich auch die umfangreichen Diskussionen in der Initialisierungsphase des Themas. Hierfür mein spezieller Dank den Herren Manuel Specht, Roland Patzer und Anibal Coral. Dank gilt darüber hinaus Herrn Tobias Riegmann, der mir von Beginn an als wertvoller „Sparringspartner“ zur Verfügung stand. Seine Dissertation „iDiFa – Eine Implementierungsmethode der Digitalen Fabrik“ wurde in enger Verbindung durch das betreuende Institut und dem betreuenden Fachbereich bei der Daimler AG zu der vorliegenden Arbeit entwickelt. Meinen Weggefährten und Kollegen im Team Digitale Planungsmethoden danke ich für die zahlreichen Anregungen und Diskussionen. Besonders hervorheben möchte ich Herrn Ulf Eberhardt. Für die menschliche und fachliche Unterstützung sowie die tatkräftige Förderung der Fertigstellung der Arbeit danke ich meinem Abteilungsleiter für Technologiemanagement, Herrn Achim Schäfer.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Tanja für ihre Geduld und ihr Verständnis sowie für ihre vielseitige Hilfe während der Promotionszeit. Neben ihr gilt mein Dank meiner Schwester und deren Familie, die mich in meiner Entwicklung stets unterstützt haben.

Stuttgart und Berlin im Dezember 2011
Mathias Engel

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis	16
Abkürzungsverzeichnis	18
Executive summary	20
Kurzfassung	21
1 Einleitung.....	23
1.1 Zielsetzung	24
1.2 Motivation	25
1.3 Forschungskonzeption und Aufbau der Arbeit.....	27
2 Stand des Wissens.....	31
2.1 Ausgangssituation	31
2.2 Untersuchungsschwerpunkt.....	33
2.3 Digitale Fabrik in der Produktionsplanung.....	34
2.3.1 Definition	35
2.3.2 Grundlegende Zusammenhänge und Begriffe.....	38
2.3.3 Einsatzbereiche der Digitalen Fabrik	41
2.3.4 Ziele der Digitalen Fabrik.....	42
2.4 Geschäftsprozesse in der Produktionsplanung.....	44
2.4.1 Produktionsplanungsprozess als Kerngeschäftsprozess.....	44
2.4.2 Standardplanungsprozess.....	47
2.4.3 Methoden der Geschäftsprozessoptimierung	48
2.4.4 Notation von Geschäftsprozessen	50
2.5 Bewertungs-/Optimierungs- und Standardisierungsansätze von Geschäftsprozessen.....	51
2.5.1 Ansätze zur Optimierung	51
2.5.2 Ansätze zur Bewertung	54
2.5.3 Ansätze zur Standardisierung.....	56
2.6 Fazit	59

3	Identifikation der Elemente eines generischen digitalen Planungsprozesses	61
3.1	Anforderungen an die Methode.....	61
3.2	Theoretische Vorüberlegungen zur Empirie	65
3.3	Datenerhebung, -analyse und -bewertung.....	68
3.3.1	Datenerhebung	69
3.3.2	Datenanalyse.....	71
4	Modellierung des durchgängig digitalen Produktionsplanungsprozesses...75	
4.1	Modellaufbau	75
4.1.1	Notationsform des Geschäftsprozessmodells.....	77
4.1.2	Relevanz und Stabilität der Softwarewerkzeuge.....	81
4.1.3	Planungsphasen.....	86
4.1.4	Struktur der Planungsdisziplinen.....	88
4.1.5	Hauptprozesse.....	90
4.2	Generierung des Referenzmodells	99
4.2.1	Modellkomponente: Planungsfolge	100
4.2.2	Modell	107
5	Methode zur Anwendung des durchgängig digitalen Planungsprozessmodells.....	109
5.1	Modellentwicklung und -design	110
5.2	Strukturierung der Modelle zur Entwicklung der DiFOR-Methode.....	111
5.3	Das DiFOR-Referenzmodell auf der Unternehmensebene.....	115
5.4	Übertragung und Anwendung der Methode in die einzelnen Planungsbereiche.....	117
5.5	Iterative Angleichung der DiFOR-Varianten zu einem Modell.....	119
5.6	Zwischenfazit.....	120

6 Validierung der digitalen Planungsmethode.....	123
6.1 Darstellung der verwendeten Werkzeuge und des verwendeten Planungsablaufs	125
6.2 Anwendung des generischen Planungsprozesses	133
6.2.1 Einsatz einer DiFOR-Instanz in einem Wiederholplanungsprojekt.....	134
6.2.2 Einsatz einer DiFOR-Adaption in einem Neutypenplanungsprojekt	136
6.3 Wirtschaftlichkeitbetrachtung	138
7 Zusammenfassung und Ausblick	143
Literaturverzeichnis	145
A Abbildungen.....	171
B Tabellen.....	177
C Fragebogen und Auswertungen	197
D Prozesslandkarte.....	205
E Checkliste DiFOR-Adaption.....	217
F Prototypenplanungsablauf	219

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Die drei Elemente der DiFOR-Methode.....	24
Abbildung 1.2:	Aufbau der Arbeit in Anlehnung an [Ulr01, S. 45] [Sch08a, S. 8].....	28
Abbildung 2.1:	Evolutionstufen der Planungsproduktivität, in Anlehnung an [SR96, S. 3ff] [Sch08a, S. 1].....	32
Abbildung 2.2:	Fokus der Fachmagazine von 1998–2009, vergleiche auch [Eng09a, S. 4]	37
Abbildung 2.3:	Digitale Fabrik-Werkzeuge im Datenaustausch	39
Abbildung 2.4:	Verkürzung der Produktionsplanung durch Frontloading in Anlehnung an Zäh [ZSCM05, S. 286–287]	41
Abbildung 2.5:	Ziele der Digitalen Fabrik in der Automobilindustrie vgl. mit [KKS+06, S. 17f.]	43
Abbildung 2.6:	Gliederung der Geschäftsprozesse in Anlehnung an Steinbuch, Mertins, Rosenkranz [Ste98, S. 34f.] [Mer01, S. 25ff.] [Ros06, S. 3–4]	45
Abbildung 2.7:	Standardplanungsablauf in der Produktionsplanung (vgl. Kettner [KSG84, S. 13f]).....	48
Abbildung 2.8.:	Beispiel für den BPMN-Notationsstil, vergleiche Allweyer [All10, S. 18].....	51
Abbildung 2.9:	Untersuchungsschwerpunkt und resultierende Forschungslücke.....	60
Abbildung 3.1:	Aufbau der Konzeptualisierung und Operationalisierung.....	68
Abbildung 3.2:	Kategoriensystem der qualitativen Expertenbefragung.....	70
Formel 3.1:	Definition des Median mit $n =$ ungerade oben und $n =$ gerade unten.....	72
Formel 3.2:	Median im Fall einer geraden Anzahl von Messwerten	72
Abbildung 4.1:	Vorgehensweise bei der Modellerstellung.....	77
Abbildung 4.2:	Angewandte DiFOR-Modellierungsnotation in Anlehnung an das BPMN	80
Abbildung 4.3:	Aufmerksamkeitskurve der Digitalen Fabrik in Anlehnung an Gartner [FR08, S. 22] [EGBE10, S. 7]	82

Abbildung 4.4:	formales Subsystem: Strukturen nach Becker/Langosch [BL02, S. 94f.]	88
Abbildung 4.5:	struktureller Aufbau des DiFOR-Referenzmodells	89
Abbildung 4.6:	Aufgaben der Projektleitung in der Vorbereitungsphase.....	101
Abbildung 4.7:	Aufgaben der Montageplanung in der Grobplanungsphase	102
Abbildung 4.8:	Aufgaben der Fertigungsplanung in der Grobplanungsphase...	103
Abbildung 4.9:	Aufgaben der Logistikplanung in der Feinplanungsphase	104
Abbildung 4.10:	Aufgaben der Layoutplanung in der Grobplanungsphase	105
Abbildung 4.11:	Planungsstopp der digitalen Prozess- und Planungsaktivitäten.....	106
Abbildung 4.12:	Das DiFOR-Referenzmodell in vereinfachter Visualisierung. (Grafik auch zum Download unter www.steinbeis-edition.de » SHB-Dissertationen » Mathias Engel)	108
Abbildung 5.1:	Entstehung des Referenzmodells und der Methode DiFOR....	111
Abbildung 5.2:	Referenzsichten des Aachener PPS-Modells (in Anlehnung an [Sch06b, S. 18])	113
Abbildung 5.3:	Referenzsichten des Aachener PPS-Modell im DiFOR-Gesamtmodell	114
Abbildung 5.4:	Abgeleitetes konzernweit gültiges DiFOR-Referenzmodell	117
Abbildung 5.5:	DiFOR-Referenzmodell bei Erstimplementierung.	118
Abbildung 5.6:	Iterationszyklen zur konzernweiten Vereinheitlichung des implementierten DiFOR.....	120
Abbildung 6.1:	Anforderungen und Ergebnis der Validierung	124
Abbildung 6.2:	Übersicht der Oberfläche im Siemens Process Designer	126
Abbildung 6.3:	Bereitstellung des Modells für den Anwender.....	127
Abbildung 6.4:	Exemplarische Darstellung von Prozessschritten in der Vorbereitungsphase	129
Abbildung 6.5:	Exemplarische Darstellung von Prozessschritten in der Grobplanungsphase	130
Abbildung 6.6:	Exemplarische Darstellung von Prozessschritten in der Feinplanungsphase.....	132
Abbildung 6.7:	Vergleich der konventionellen Planung versus DiFOR am Projekt HDEP	135
Abbildung 6.8:	Vergleich der konventionellen Planung versus DiFOR am Projekt DICV	136

Formel 6.1:	differenzierte Kapitalwertformel.....	139
Abbildung 6.9:	CashFlow des DiFOR und der iDIFA, siehe [BR11, S. 13f.]...	141
Abbildung A.1:	Entwicklung Kondratieffzyklen vs. soziale Systeme	171
Abbildung A.2:	Fokus der Fachmagazine von 1998–2009.....	172
Abbildung A.3:	Standardplanungsprozess nach Eversheim - Vorbereitung und Grobplanungsphase	173
Abbildung A.4:	Standardplanungsprozess nach Eversheim - Feinplanung bis SOP	174
Abbildung A.5:	Visualisierung der Aufwendungen einzelner Planungsbereiche in den Meilensteinen.....	175
Abbildung A.6:	Aufbau dieser wissenschaftlichen Arbeit	176
Abbildung C.1:	Altersgruppe der Befragten.....	197
Abbildung C.2:	Bildungshintergrund der Befragten	197
Abbildung C.3:	Werden die Produkte von dem Befragten aktuell genutzt	198
Abbildung C.4:	Klassifikation des Unternehmens	198
Abbildung C.5:	Mitarbeiteranzahl des Befragten Unternehmens	199
Abbildung D.1:	Alle Prozessgruppen in nummerierter Übersicht. (Grafik auch zum Download unter www.steinbeis-edition.de » SHB-Dissertationen » Mathias Engel)	205
Abbildung D.2:	Prozessgruppe 01 des allgemeingültigen Planungsprozesses	206
Abbildung D.3:	Prozessgruppe 02 des allgemeingültigen Planungsprozesses	206
Abbildung D.4:	Prozessgruppe 03 des allgemeingültigen Planungsprozesses	207
Abbildung D.5:	Prozessgruppe 04 des allgemeingültigen Planungsprozesses	208
Abbildung D.6:	Prozessgruppe 05 des allgemeingültigen Planungsprozesses	209
Abbildung D.7:	Prozessgruppe 06 des allgemeingültigen Planungsprozesses	210
Abbildung D.8:	Prozessgruppe 07 des allgemeingültigen Planungsprozesses	211
Abbildung D.9:	Prozessgruppe 08 des allgemeingültigen Planungsprozesses	212
Abbildung D.10:	Prozessgruppe 09 des allgemeingültigen Planungsprozesses	213
Abbildung D.11:	Prozessgruppe 10 des allgemeingültigen Planungsprozesses	213
Abbildung D.12:	Prozessgruppe 11 des allgemeingültigen Planungsprozesses	214
Abbildung D.13:	Prozessgruppe 12 des allgemeingültigen Planungsprozesses	214
Abbildung D.14:	Prozessgruppe 13 des allgemeingültigen Planungsprozesses	215
Abbildung D.15:	Prozessgruppe 14 des allgemeingültigen Planungsprozesses	215
Abbildung D.16:	Prozessgruppe 15 des allgemeingültigen Planungsprozesses	216

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Digitale-Fabrik-Schwerpunkte der Fachvertreter	36
Tabelle 2.2:	Kostenkriterien zur Beurteilung von Geschäftsprozessen, vergleiche auch [SH05, S. 252], [Ros06, S. 261]	56
Tabelle 2.3:	Nutzenkriterien zur Beurteilung von Geschäftsprozessen, vergleiche auch [SH05, S. 252], [Ros06, S. 261]	56
Tabelle 2.4:	Vergleichende Arbeiten im Umfeld der Digitalen Fabrik.....	57
Tabelle 2.5:	Vergleichende Arbeiten im erweiterten Umfeld des PLM.....	58
Tabelle 3.1:	Anforderungskriterien an die Methode DiFOR: Qualität	63
Tabelle 3.2:	Anforderungskriterien an die Methode DiFOR: Produktivität.....	63
Tabelle 3.3.:	Anforderungskriterien an die Methode DiFOR: Kosten	64
Tabelle 3.4:	Zuordnung und Bewertung der drei Säulen der DiFOR-Methode.....	66
Tabelle 3.5:	Übersicht der angewandten Methoden	73
Tabelle 4.1:	Gegenüberstellung der zur Auswahl stehenden Notationswerkzeuge.....	79
Tabelle 4.2:	Stabilität der Werkzeuge aus Sicht der Anwender [EGBE10, S. 5]	83
Tabelle 4.3:	Stabilität vs. Relevanz der Werkzeuge aus Sicht der Anwender [EGBE10, S. 9]	84
Tabelle 4.4:	Ziele der Digitalen Fabrik aus Sicht der Anwender [EGBE10, S. 11]	85
Tabelle 4.5:	Hauptprozesse der Montageplanung.....	92
Tabelle 4.6:	Hauptprozesse der Fertigungsplanung	94
Tabelle 4.7:	Hauptprozesse der Logistikplanung	96
Tabelle 4.8:	Hauptprozesse der Layoutplanung.....	98
Tabelle 6.1:	Auszug aus der Kostenmatrix, siehe [BR11, S. 13f.].....	138
Tabelle 6.2:	Auszug aus der Nutzenmatrix (siehe auch [BR11, S. 13f.])	140
Tabelle B.1:	Fokus der Fachmagazine sortiert nach Clusterung und Jahreszahl	177
Tabelle B.2:	Literatur Fachbibliotheken.....	178

Tabelle B.3:	Grad der Innovationsgüte von Methoden/Technologien	179
Tabelle B.4:	Reifegrad der Technologie/ Methode	180
Tabelle B.5:	Kernprozesse der Montageplanung (1 / 3)	181
Tabelle B.6:	Kernprozesse der Montageplanung (2 / 3)	182
Tabelle B.7:	Kernprozesse der Montageplanung (3 / 3)	183
Tabelle B.8:	Kernprozesse der Fertigungsplanung (1 / 2)	184
Tabelle B.9:	Kernprozesse der Fertigungsplanung (2 / 2)	185
Tabelle B.10:	Kernprozesse der Logistikplanung (1 / 2)	186
Tabelle B.11:	Kernprozesse der Logistikplanung (2 / 2)	187
Tabelle B.12:	Kernprozesse der Layoutplanung (1 / 2)	188
Tabelle B.13:	Kernprozesse der Layoutplanung (2 / 2)	189
Tabelle B.14:	Ergebnisse der Bewertung für das Greenfieldprojekt mit DiFOR	192
Tabelle B.15:	Ergebnisse der Bewertung für das Brownfieldprojekt mit konventionellen Mitteln	195
Tabelle C.1:	Unterstützung von Digitalen Fabrik-Werkzeugen in folgenden Funktionen	199
Tabelle C.2:	Wie wichtig sind folgende Werkzeuge im Unternehmen	200
Tabelle C.3:	Wie stabil und ausgereift sind Digitale Fabrik Werkzeuge bei folgenden Funktionen	201
Tabelle C.4:	Wie stabil und ausgereift sind Digitale Fabrik Werkzeuge allgemein	202
Tabelle C.5:	Welches Ziel verfolgt Ihr Unternehmen im Zusammenhang mit Digitaler Fabrik	203
Tabelle C.6:	Welche Methoden sind bisher bei Ihnen umgesetzt	203
Tabelle E.1:	Checkliste DiFOR-Adaption.	217

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensionale Darstellung
APS	Audi-Produktionssystem
AR	Augmented Reality
ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BPMN	Business Process Modell Notation
BPS	Bosch-Produktionssystem
BRIC-Staaten	Brasilien, Russland, Indien, China
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
CADAM	Computer Augmented Design and Manufacturing
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPe	Computer Aided Process Engineering
CAX	Computer Aided X
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CRM	Customer Relationship Management
DiFOR	Digitale Fabrik Operating Reference
DIPP	digitaler Planungs- und Prozesstag
DMU	Digital Mock-Up
EDV	elektronische Datenverarbeitung
eEPK	erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette
EMS	Electronic Manufacturing Server
ERP	Enterprise Resource Planning
FMEA	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse
IDC	International Data Corporation
iDIFA	implement Digitale Fabrik
IT	Informationstechnologie

JIT	Just in Time
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
MES	Manufacturing Execution System
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MPS	Mercedes-Produktionssystem
MTM	Method Time Measurement
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDM	Produkt-Daten-Management
PLM	Produkt-Lebenszyklus-Management
PPS	Produktionsplanung und Steuerung
PPS	Porsche-Produktionssystem
PPS	Produkt-Planungs- und Steuerungssystem
REFA	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung
SCM	Supply Chain Management
SOP	Start of Production
TOS	Truck Operating System
TPS	Toyota-Produktionssystem
TQC	Total Quality Control
UML	Unified Modeling Language
VR	Virtual Reality
z. B.	zum Beispiel

Executive summary

The need to reduce costs led manufacturers of varied large series think about innovative methods and tools for the pre-production planning. The **Digital Factory** offers a modular system with various tools, interfaces and methods for procedural and/or stand-alone execution for the production planners. In a direct comparison to the conventional production planning there is the most obvious distinguishing feature of the digital factory planning and the efforts of a process simulation software tools. The subsequent storage also allows for resubmission in similar plans in the future. A similar prototype simulation of production processes allows an increased planning reliability and quality. Untapped potential for rationalization of the various manufacturing stations can also be identified right before the series production begins.

The focus of the research in Digital Factory was mainly in the software tools, the software interfaces to related systems and in software's methods. Involving the production planners and an consistent use of all the needed tools were not investigated until now. The essence of this work is therefore to develop a method to utilize a production planning model. The focus is on increasing the quality of planning and pre-planning time, as well as reducing the costs in the pre-planning and production.

This work documents the development of a reference method for production planning (**DiFOR**)¹. The three elements are classified according to the tactical use (the formal model), the strategic use (the descriptive method) and the operational use (the user-visible surface). The results are a reference model for the character of the general design and an adaptable, reusable and independent design recommendation for the development of methods and modeling. The methodology developed for the reference method consciously designed the interface to the example of the Aachener PPS model [Sch06b, S. 18].

The method was referenced in a generic project plan. In two cases, productive application of the Daimler AG at a brown-field-planning-project and green-field-planning-project were validated.

The developed methodology can be applied to all processes producing companies.

¹ DiFOR: Digital Factory Operating Reference.