

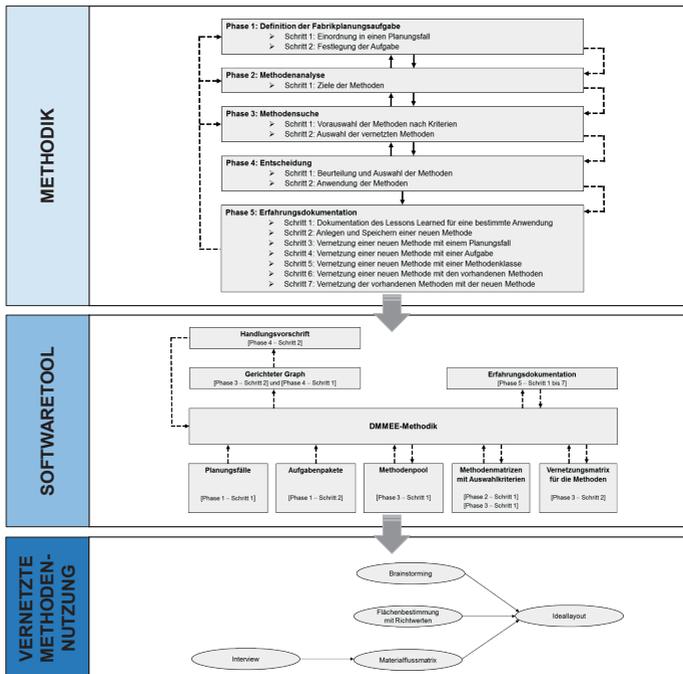
Produktionsorganisation und Fabrikplanung

Herausgeberin: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel



Mohammed Abdel Rahim

Methodik zur Unterstützung der Grobplanung für kleine und mittlere Unternehmen



Band 7

SHAKER
VERLAG

Methodik zur Unterstützung der Grobplanung für kleine und mittlere Unternehmen

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)
Vorgelegt im Fachbereich Maschinenbau
der Universität Kassel

Von:

M. Sc. (Univ.) & Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Mohammed Abdel Rahim
Geburtsort: Beirut, Libanon
Geburtsdatum: 07.11.1980

Wohnort: Steinheim (Nordrhein-Westfalen)
Einreichungsdatum: 22.10.2020

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

Erste Gutachterin: Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel, Universität Kassel
Zweiter Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Konrad Spang, Universität Kassel

Weitere Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Noche, Universität Duisburg-Essen
Prof. Dr.-Ing. Robert Refflinghaus, Universität Kassel

Tag der mündlichen Prüfung:

12.04.2021

Produktionsorganisation und Fabrikplanung

Band 7

Mohammed Abdel Rahim

**Methodik zur Unterstützung der Grobplanung
für kleine und mittlere Unternehmen**

D 34 (Diss. Univ. Kassel)

Shaker Verlag
Düren 2021

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., 2021

Copyright Shaker Verlag 2021

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8109-1

ISSN 2192-5569

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig, ohne unerlaubte Hilfe Dritter 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. Dritte waren an der inhaltlichen Erstellung der Dissertation nicht beteiligt; insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines kommerziellen Promotionsberaters in Anspruch genommen. Kein Teil dieser Arbeit ist in einem anderen Promotions- oder Habilitationsverfahren durch mich verwendet worden.

Steinheim, den 22.10.2020

Mohammed Abdel Rahim

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.

Kassel, im Mai 2021

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel

Vorwort des Autors

Manche persönliche und herausfordernde Ziele im Leben eines Menschen beinhalten konsequenterweise einen langen Weg mit vielen Zwischenstufen. Für solche Ziele mit einem großen zeitlichen Entstehungsprozess und vielen unbekanntem Hindernissen sowie Herausforderungen braucht es eine solide Unterstützung von vielen hilfsbereiten Wegbegleitern und Mentoren.

Meiner Doktormutter Frau Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel danke ich ganz herzlich für die gemeinsame Festlegung meines Ziels, die exzellente Betreuung meiner Dissertation und für das stets ausführliche sowie konstruktive Feedback.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Konrad Spang für die Übernahme des Zweitgutachtens bedanken.

Ebenso bedanke ich mich bei den Prüfern Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernd Noche und Herrn Prof. Dr.-Ing. Robert Refflinghaus.

Mein größter und herzlichster Dank gilt meiner Frau Jasmin. Nur durch ihren starken Rückhalt, ihre unglaubliche Empathie, ihre uneingeschränkte Hilfsbereitschaft und ihre selbstlosen Opfer ist diese Arbeit erfolgreich fertiggestellt worden.

Anschließend möchte ich mich bei meinen Eltern und Geschwistern, insbesondere meiner Mutter Jamila, herzlich bedanken. Sie hat uns eine immerwährende Unterstützung bei unseren drei liebevollen Kindern gegeben.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Freunden und den wissenschaftlichen Mitarbeitern am Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung des Institutes Produktionstechnik und Logistik der Universität Kassel für die Unterstützung und den wertvollen Austausch bedanken.

Steinheim, im Mai 2021

Mohammed Abdel Rahim

Kurzfassung

Aufgrund der volatilen Marktsituation und der Globalisierung sind Planungszeiten und -vorgehen der Fabrikplanung möglichst zu verkürzen, um als Unternehmen wirtschaftlich erfolgreich zu bleiben. Planungsfehler, die in frühen Planungsphasen nicht festgestellt werden, erzeugen im Regelfall hohe Kosten in späteren Planungsphasen. Unter dieser Betrachtung ist die Grobplanungsphase in einem Fabrikplanungsprozess von enormer Wichtigkeit. Allerdings existiert vor allem bei kleinen und mittleren Unternehmen die Problematik einer fehlenden oder unzureichenden Unterstützung bei der effizienten Anwendung von Methoden in dieser Phase. Um dieser Problematik zu begegnen, wird in dieser Dissertation eine Methodik zur Unterstützung der Grobplanung für kleine und mittlere Unternehmen entwickelt, da diese Unternehmen oft Restriktionen wie begrenzten finanziellen Ressourcen oder einer nicht hinreichenden Methodenkompetenz unterliegen. Daher verfolgt diese Methodik die Zielsetzung, den Planer in kleinen und mittleren Unternehmen situationsgerecht und systematisch bei einer Auswahl und vernetzten Anwendung von Methoden in der Grobplanung zu unterstützen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird die Forschungsfrage „Kann eine vernetzte Methodennutzung die Grobplanung der Fabrikplanung verbessern?“ beantwortet. Der Forschungsprozess wird durch die Forschungsmethoden Inhaltsanalyse, Delphi-Methode und Evaluation durch Fachexperten unterstützt.

Für die Zielerreichung dieser Arbeit wird eine Methodik für die Auswahl und vernetzte Anwendung von Methoden in der Grobplanung entwickelt, welche aus fünf aufeinanderfolgenden Phasen (1. Definition der Fabrikplanungsaufgabe, 2. Methodenanalyse, 3. Methodensuche, 4. Entscheidung, 5. Erfahrungsdokumentation) besteht. Um die Methodik in der Praxis zu evaluieren, wird diese in einem Softwaretool umgesetzt. Danach wird die Methodik mit Hilfe eines fiktiven Fallbeispiels durch Experten aus der Industrie evaluiert. Die Evaluation zeigt, dass die Methodik praxistauglich ist und den Planer systematisch bei seiner Auswahl und vernetzten Anwendung von Methoden in der Grobplanung unterstützen kann. Des Weiteren kann festgehalten werden, dass durch die vernetzte Methodennutzung Verbesserungen erzielt werden können, z. B. eine zeitliche Reduzierung des Planungsaufwands sowie eine Erhöhung der Transparenz bei der Anwendung mehrerer Methoden für eine Aufgabe.

Die Methodik richtet den wissenschaftlichen Fokus ausschließlich auf die Grobplanung. Um eine ganzheitliche Methodik in einem Fabrikplanungsprozess zu erreichen, sollte im nächsten Schritt eine vernetzte Methodennutzung über alle Planungsphasen angestrebt werden. Dieses kann ein weiterer Beitrag zur Unterstützung einer effizienten Methodennutzung im Rahmen einer Fabrikplanung in der Praxis sein.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VIII
1. EINLEITUNG	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	5
1.3 Wissenschaftliche Einordnung der Arbeit.....	7
1.4 Forschungsmethodisches Vorgehen	9
1.5 Aufbau der Arbeit.....	12
2. FORSCHUNGSBEREICH FABRIKPLANUNG	15
2.1 Begriffe und Abgrenzungen der Fabrikplanung.....	15
2.1.1 Fabrikplanung	15
2.1.2 Methoden.....	18
2.1.3 Vernetzung	26
2.2 Einführung in die Fabrikplanung.....	28
2.2.1 Planungsgrundsätze.....	28
2.2.2 Ziele der Fabrikplanung.....	33
2.2.3 Ansätze zur Planung und Gestaltung einer Fabrik.....	34
2.2.4 Grundlagen des Projektmanagements und dessen Relevanz für die Fabrikplanung.....	36
2.2.5 Darstellung und Beschreibung der Grobplanung.....	39
2.3 Zusammenfassung	49
3. STAND DER TECHNIK IN DER METHODISCHEN UNTERSTÜTZUNG DER GROBPLANUNG.....	50
3.1 Anforderungen an Ansätze zur Planung und Gestaltung einer Fabrik unter Berücksichtigung von Methoden der Grobplanung	50
3.2 Ableitung und Darstellung der Methoden in der Grobplanung aus der Literatur	56
3.3 Zusammenfassung	62
4. EXPERTENBEFRAGUNG MIT HILFE DER DELPHI-METHODE.....	63
4.1 Theoretische Grundlagen der Delphi-Methode.....	63

4.1.1	Definition und Ablauf einer Delphi-Methode.....	63
4.1.2	Typen der Delphi-Methode.....	64
4.1.3	Definition und Anzahl der Experten.....	66
4.2	Entwicklung eines Fragebogens für die Expertenbefragung.....	66
4.2.1	Aufbau und Struktur des Fragebogens.....	66
4.2.2	Pretest und Konsensbestimmung.....	70
4.3	Durchführung der Expertenbefragung in der Praxis.....	72
4.3.1	Vorgehensweise und Auswertung der Ergebnisse aus der ersten Befragungsrunde.....	72
4.3.2	Vorgehensweise und Auswertung der Ergebnisse aus der zweiten Befragungsrunde.....	76
4.4	Zusammenfassung.....	87
5.	METHODIK ZUR UNTERSTÜTZUNG DER GROBPLANUNG IN DER FABRIKPLANUNG.....	88
5.1	Methodik.....	88
5.1.1	Aufbau und Beschreibung der Methodik.....	88
5.1.2	Grundbausteine der DMME-Methodik.....	92
5.1.2.1	Planungsfälle.....	94
5.1.2.2	Aufgabenpakete.....	96
5.1.2.3	Methodenpool.....	97
5.1.2.4	Methodenmatrizen mit Auswahlkriterien.....	100
5.1.2.5	Vernetzungsmatrix für die Methoden.....	107
5.1.2.6	Gerichteter Graph.....	110
5.1.2.7	Handlungsvorschrift.....	111
5.1.2.8	Erfahrungsdokumentation.....	113
5.2	Anwendung der Methodik.....	115
5.2.1	Phase 1: Definition der Fabrikplanungsaufgabe.....	115
5.2.1.1	Schritt 1: Einordnung in einen Planungsfall.....	116
5.2.1.2	Schritt 2: Festlegung der Aufgabe.....	116
5.2.2	Phase 2: Methodenanalyse.....	117
5.2.3	Phase 3: Methodensuche.....	118
5.2.3.1	Schritt 1: Vorauswahl der Methoden nach Kriterien.....	119
5.2.3.2	Schritt 2: Auswahl der vernetzten Methoden.....	121
5.2.4	Phase 4: Entscheidung.....	129
5.2.4.1	Schritt 1: Beurteilung und Auswahl der Methoden.....	129

5.2.4.2 Schritt 2: Anwendung der Methoden	132
5.2.5 Phase 5: Erfahrungsdokumentation.....	132
5.2.5.1 Schritt 1: Dokumentation des Lessons Learned für eine bestimmte Anwendung.....	133
5.2.5.2 Schritt 2: Anlegen und Speichern einer neuen Methode.....	134
5.2.5.3 Schritt 3: Vernetzung einer neuen Methode mit einem Planungsfall..	136
5.2.5.4 Schritt 4: Vernetzung einer neuen Methode mit einer Aufgabe.....	138
5.2.5.5 Schritt 5: Vernetzung einer neuen Methode mit einer Methodenklasse	138
5.2.5.6 Schritt 6: Vernetzung einer neuen Methode mit den vorhandenen Methoden	140
5.2.5.7 Schritt 7: Vernetzung der vorhandenen Methoden mit der neuen Methode	142
5.3 Projektabschluss in Verbindung mit der Methodik.....	143
5.4 Zusammenfassung	144
6. EVALUATION DER METHODIK IN DER PRAXIS	146
6.1 Theoretische Grundlagen der Evaluation	146
6.2 Anwendung und Evaluation der Methodik.....	148
6.2.1 Darstellung des Fallbeispiels.....	148
6.2.2 Aufbau des Fragebogens	149
6.2.3 Durchführung und Ergebnisse der Evaluation	151
6.3 Kritische Bewertung der Evaluation in Bezug auf die Zielsetzung der Arbeit und den Nutzen für die Praxis	155
6.4 Zusammenfassung	159
7. SCHLUSSBETRACHTUNG	160
7.1 Zusammenfassung	160
7.2 Ausblick.....	163
LITERATURVERZEICHNIS.....	165
ANHANG.....	179
A.1: Beschreibung und Darstellung von Ansätzen zur Planung und Gestaltung einer Fabrik unter Berücksichtigung von Methoden der Grobplanung.....	179
A.2.1: Darstellung von Methoden in der Grobplanungsphase aus Schritt 4.....	195
A.2.2: Darstellung der theoretisch relevanten Methoden in der Grobplanungsphase aus Schritt 5	208

A.2.3: Darstellung der relevanten Methoden in der Grobplanungsphase für diese Forschungsarbeit aus Schritt 6.....	210
A.3: Fragebogen für die erste Phase der Delphi-Befragung	214
A.4: Umfrageergebnisse des Fragebogens aus der ersten Phase (Befragungsrunde 1)	224
A.5: Umfrageergebnisse des Fragebogens aus der zweiten Phase (Befragungsrunde 2).....	230
A.6: Planungsfälle	236
A.7: Aufgaben	239
A.8: Methodentemplates.....	247
A.9: Gerichteter Graph des Anwendungsbeispiels.....	288
A.10: Handlungsvorschrift in Form eines PDF-Dokuments des Anwendungsbeispiels	289
A.11: Fallbeispiel.....	291
A.12: Fragebogen für die Evaluation	293

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zielsetzung der Arbeit	7
Abbildung 2: Einordnung der Produktionstechnik im System der Wissenschaften.....	9
Abbildung 3: Inhaltsanalyse	10
Abbildung 4: Forschungsmethodische Vorgehensweise	12
Abbildung 5: Aufbau und Gliederung der Arbeit.....	14
Abbildung 6: Transformationsmodell.....	23
Abbildung 7: Varianten des Transformationsprozesses	24
Abbildung 8: Einflussgrößen auf auszuwählende Planungsmethoden	25
Abbildung 9: Grundbegriffe der Systemterminologie	26
Abbildung 10: Phasenmodell des Fabrikplanungsprozesses	35
Abbildung 11: Charakteristikum der Grobplanungsphase.....	48
Abbildung 12: Überblick über die Anforderungen an Ansätze, welche Methoden der Grobplanung berücksichtigen	52
Abbildung 13: Bewertung von Ansätzen mit der Berücksichtigung von Methoden in der Grobplanung	55
Abbildung 14: Vorgehensweise zur Ermittlung von Methoden in der Grobplanung aus der Literatur.....	57
Abbildung 15: Die vier Typen einer Delphi-Befragung.....	65
Abbildung 16: Ausschnitt aus Frage 1 des Fragebogens der Delphi-Befragung.....	69
Abbildung 17: Konsensbestimmung.....	72
Abbildung 18: Vergleichsanalyse der Konsensbetrachtung der einzelnen Antwortmöglichkeiten einer Frage in der ersten Phase	75
Abbildung 19: Ausschnitt des Aufbaus und der Struktur des Fragebogens in der zweiten Phase am Beispiel der Frage 2	77
Abbildung 20: Konsens „wichtig“ bei der Frage 1 in Phase 2	78
Abbildung 21: Konsens „wichtig“ bei der Frage 2 in Phase 2	79
Abbildung 22: Konsens „wichtig“ bei der Frage 3 in Phase 2	81
Abbildung 23: Konsens „wichtig“ bei der Frage 4 in Phase 2	82
Abbildung 24: Konsens in der „Reihenfolge“ bei der Frage 5 in Phase 2	82
Abbildung 25: Konsens „wichtig“ bei der Frage 6 in Phase 2	83
Abbildung 26: Vergleichsanalyse der Konsensbetrachtung der einzelnen Antwortmöglichkeiten einer Frage in der zweiten Phase	85
Abbildung 27: Relevante Methoden aus der Delphi-Befragung	86
Abbildung 28: Systemtechnische Problemlösungszyklen	89

Abbildung 29: Methodik für die Auswahl und vernetzte Anwendung von Methoden in der Grobplanung	90
Abbildung 30: Grundbausteine der DMME-Methodik	94
Abbildung 31: Aufbau eines generischen Planungsfalls	95
Abbildung 32: Planungsfall Neubau	96
Abbildung 33: Aufbau eines generischen Aufgabenpakets	96
Abbildung 34: Aufgabenpaket Entwurf eines Ideallayouts	97
Abbildung 35: Methodentemplate ABC-Analyse	100
Abbildung 36: Methodenmatrix Auswahlkriterium Planungsfall	102
Abbildung 37: Methodenmatrix Auswahlkriterium Aufgabe	103
Abbildung 38: Methodenmatrix Auswahlkriterium Methodenklasse	105
Abbildung 39: Vorgehensweise zur Festlegung der Vorauswahl einer Methode	107
Abbildung 40: Beispiel 1 – Vernetzung von zwei Methoden in der Vernetzungsmatrix	109
Abbildung 41: Vernetzungsmatrix für die Methoden	110
Abbildung 42: Beispiel 2 – Vernetzung von zwei Methoden in der Vernetzungsmatrix	114
Abbildung 43: Screenshot aus der Software DMME-Methodik – Schritt 1 in Phase 3 (Vorauswahl der Methoden nach Kriterien)	120
Abbildung 44: Screenshot aus der Software DMME-Methodik – Schritt 2 in Phase 3 (Auswahl der vernetzten Methoden)	123
Abbildung 45: Screenshot aus der Software DMME-Methodik – Schritt 2 in Phase 3 (Auswahl der vernetzten Methoden)	126
Abbildung 46: Screenshot aus der Software DMME-Methodik – Schritt 1 in Phase 4 (Beurteilung und Auswahl der Methoden)	131
Abbildung 47: Screenshot aus der Software DMME-Methodik – Schritt 3 in Phase 5 (Vernetzung einer neuen Methode mit einem Planungsfall)	137
Abbildung 48: Screenshot aus der Software DMME-Methodik – Schritt 5 in Phase 5 (Vernetzung einer neuen Methode mit einer Methodenklasse)	139
Abbildung 49: Screenshot aus der Software DMME-Methodik – Schritt 6 in Phase 5 (Vernetzung einer neuen Methode mit den vorhandenen Methoden)	141
Abbildung 50: Fünf Fragen einer Evaluation	147
Abbildung 51: Ausschnitt aus dem Fragebogen für die Evaluation	150
Abbildung 52: Bewertung der Fragen aus dem Evaluationsbogen der DMME-Methodik	154

Abbildung 53: Darstellung der Mittelwerte je Frage über alle Unternehmen aus dem
Evaluationsbogen der DMME-Methodik 155

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BDE	Betriebsdatenerfassung
CD	Compact Disc
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DVD	Digital Versatile Disc
EN	Europäische Norm
ERP	Enterprise Resource Planning
ER	Entity Relationship
etc.	et cetera
F&E	Forschung und Entwicklung
ggf.	gegebenenfalls
GPL	Gesellschaft Produktion und Logistik
IfMB	Institut für Mittelstandsforschung Bonn
ISO	International Organization for Standardization
IuK	Informations- und Kommunikationstechnologien
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
MDE	Maschinendatenerfassung
MES	Manufacturing Execution System
PC	Personal Computer
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
SE	Systems Engineering
s. o.	siehe oben
s. u.	siehe unten
u. a.	unter anderem
URL	Uniform Resource Locator
URS 95	Unternehmensregister-System 95
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel