



**255**

**Pascal Krebs**

**Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter  
Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten**

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Betriebswissenschaften  
und Montagetechnik

**Bewertung vernetzter Produktionsstandorte  
unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten**

**Pascal Krebs**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Zäh

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

Die Dissertation wurde am 06.07.2011 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 14.11.2011 angenommen.

Pascal Krebs

**Bewertung vernetzter Produktionsstandorte  
unter Berücksichtigung multidimensionaler  
Unsicherheiten**



Herbert Utz Verlag · München

## **Forschungsberichte IWB**

Band 255

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 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.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2012

ISBN 978-3-8316-4156-7

Printed in Germany  
Herbert Utz Verlag GmbH, München  
089-277791-00 · [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

## Geleitwort der Herausgeber

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung, denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren sowie von Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozess spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Entwicklung von Produktionssystemen über deren Planung bis hin zu den eingesetzten Technologien in den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb* Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

## **Vorwort**

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Mitglied der Institutsleitung am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh, den Leitern dieses Instituts, gilt mein besonderer Dank für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing Udo Lindemann, dem Leiter des Lehrstuhls für Produktentwicklung der Technischen Universität München, möchte ich mich für die Übernahme des Koreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken. Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts und insbesondere bei den Mitgliedern der Abteilung Produktionsmanagement und Logistik für die gute Zusammenarbeit. Dank gilt auch den Studenten Michael Haas, Christopher Loos, Max Kossmann, Jörg Senger, Carlo Studtmann, Thomas Irrenhauser, Dominic Distel und Lorenz Wiedemann, die zum Gelingen dieser Arbeit beitrugen. Herrn Dr.-Ing. Michael Heinz und Herrn Dipl.-Ing. Sebastian Schindler möchte ich für die gründliche Durchsicht der Arbeit danken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Freund und Mentor Prof. Dr.-Ing. Stefan Linner für fachlichen Rat, spannende Unterhaltungen beim abendlichen Bier und die kritische Durchsicht der Arbeit.

Dank schulde ich auch Herrn Dr.-Ing. Bernd Korves, Leiter des Global Technology Fields Production Networks & Factory Planning der Siemens AG, und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern dieser Abteilung für die großzügige Unterstützung und befruchtende Zusammenarbeit. Die Integration in die Abteilung hat maßgeblich dazu beigetragen, dass ich den Bezug zur industriellen Praxis herstellen konnte.

Diese Dissertation konnte nur durch die Unterstützung meiner Eltern und Großeltern entstehen. Sie haben mich in meinem Handeln stets unterstützt, mir meine Ausbildung ermöglicht und mir auf diese Weise den Weg zur Promotion geebnet. Meiner Mutter danke ich darüber hinaus für die gründliche Durchsicht der Dissertation. Nicht zuletzt und im besonderen Maße danke ich Jennifer für ihre Geduld, die liebevolle Unterstützung und ihr Verständnis für mein Arbeiten an dieser Dissertation während vieler Wochenenden und Urlaubstage.

München, im November 2011

*Pascal Krebs*

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>XII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Formelzeichen.....</b>	<b>XVI</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Motivation .....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	5
1.3 Spezifizierung des Untersuchungsbereichs.....	6
1.3.1 Begriffsdefinitionen.....	6
1.3.2 Spezifizierung des Betrachtungsbereichs.....	6
1.4 Aufbau der Arbeit .....	10
<b>2 Grundlagen.....</b>	<b>13</b>
2.1 Allgemeines.....	13
2.2 Einflussfaktoren auf die Bewertung vernetzter Produktionsstandorte ....	13
2.2.1 Allgemeines.....	13
2.2.2 Quantitative und qualitative Einflussfaktoren.....	14
2.2.3 Abhängigkeiten zwischen Einflussfaktoren .....	16
2.3 Risiko und Unsicherheit.....	18
2.3.1 Allgemeines.....	18
2.3.2 Risiko.....	18
2.3.3 Unsicherheit.....	20

2.4	Rechnungswesen zur Abbildung des wirtschaftlichen Geschehens .....	22
2.4.1	Allgemeines.....	22
2.4.2	Systematisierung des Rechnungswesens nach den betriebswirtschaftlichen Zielen .....	22
2.4.3	Investitionsrechnung .....	25
2.4.4	Jahresabschluss.....	27
2.5	Wirtschaftlichkeitsbewertung unter Unsicherheiten.....	30
2.5.1	Allgemeines.....	30
2.5.2	Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbewertung unter Unsicherheiten.....	31
2.6	Multikriterielle Bewertungs- und Entscheidungsverfahren.....	37
2.6.1	Allgemeines.....	37
2.6.2	Rangaddition (RA).....	38
2.6.3	Nutzwertanalyse (NWA).....	38
2.6.4	Analytischer Hierarchie-Prozess (AHP) .....	39
2.6.5	Künstliche Neuronale Netze (KNN).....	40
2.6.6	Fuzzy-Set-Theorie.....	41
2.7	Fazit.....	45
<b>3</b>	<b>Stand der Erkenntnisse .....</b>	<b>47</b>
3.1	Untersuchungsrahmen .....	47
3.2	Eindimensionale Bewertungsansätze.....	48
3.3	Multidimensionale Bewertungsansätze .....	54
3.4	Fazit.....	59

<b>4</b>	<b>Anforderungen an eine Methode zur Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten .....</b>	<b>61</b>
4.1	Allgemeines.....	61
4.2	Spezielle Anforderungen an die Bewertungsmethode.....	61
4.3	Allgemeine Anforderungen für die praktische Anwendung.....	63
4.4	Fazit.....	64
<b>5</b>	<b>Modellierung quantitativer und qualitativer Unsicherheiten.....</b>	<b>65</b>
5.1	Allgemeines.....	65
5.2	Modellierung quantitativer Unsicherheiten .....	66
5.2.1	Allgemeines.....	66
5.2.2	Arten der Modellierung quantitativer Unsicherheiten.....	68
5.3	Modellierung qualitativer Unsicherheiten .....	73
5.3.1	Allgemeines.....	73
5.3.2	Modellierung zeitunabhängiger und zeitabhängiger vorgängerunabhängiger qualitativer Unsicherheiten.....	74
5.3.3	Modellierung zeitabhängiger vorgängerabhängiger qualitativer Unsicherheiten.....	79
5.4	Modellierung von Abhängigkeiten zwischen Unsicherheiten.....	81
5.4.1	Allgemeines.....	81
5.4.2	Modellierung von Korrelationen.....	83
5.4.3	Fuzzy-Bewertungsnetz zur Modellierung von unscharfen Abhängigkeiten.....	86
5.4.3.1	Allgemeines .....	86
5.4.3.2	Bestandteile.....	87

5.5 Fazit.....	94
<b>6 Methode zur Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten .....</b>	<b>95</b>
6.1 Übersicht über die Methode.....	95
6.2 Definition des Bewertungsziels .....	97
6.2.1 Allgemeines.....	97
6.2.2 Definition konkreter Standortalternativen.....	97
6.2.3 Kalkulationsmodell .....	98
6.2.3.1 Allgemeines .....	98
6.2.3.2 Kalkulationsstruktur .....	99
6.2.3.3 Kalkulationselemente .....	101
6.3 Identifikation von Einflussfaktoren .....	102
6.3.1 Allgemeines und Bedingungen .....	102
6.3.2 Vorgehen .....	103
6.3.3 Informationsbedarfsermittlung.....	103
6.3.4 Informationsbeschaffung.....	108
6.4 Unsicherheitsmodell .....	115
6.4.1 Allgemeines und Bedingungen .....	115
6.4.2 Modellierung quantitativer und qualitativer Unsicherheiten .....	115
6.5 Bewertung.....	118
6.5.1 Bewertungsmodell.....	118
6.5.2 Durchführung der Simulation .....	120
6.6 Analyse .....	123

6.6.1	Allgemeines .....	123
6.6.2	Bewertung des Risikos .....	123
6.6.3	Ermittlung von Sensitivitäten .....	127
6.6.4	Gegenüberstellung der Analyseverfahren .....	129
6.7	Fazit .....	130
<b>7</b>	<b>Umsetzung der Methode .....</b>	<b>131</b>
7.1	Allgemeines .....	131
7.2	Werkzeug zur Standortbewertung .....	131
7.2.1	Allgemeines .....	131
7.2.2	PlantCalc <sup>®</sup> -Verwaltungsebene .....	133
7.2.3	PlantCalc <sup>®</sup> -Kalkulationssebene .....	135
7.3	Projektbeispiel .....	138
7.3.1	Definition des Bewertungsziels für das Projektbeispiel .....	138
7.3.2	Identifikation von Einflussfaktoren und Unsicherheitsmodell im Rahmen des Projektbeispiels .....	142
7.3.3	Bewertung und Analyse für das Projektbeispiel .....	147
7.4	Bewertung der entwickelten Methode .....	151
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>157</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>161</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>189</b>
10.1	Verteilungsfunktionen zur Modellierung quantitativer Unsicherheiten .....	189
10.1.1	Stetige Gleichverteilung .....	189
10.1.2	Dreiecksverteilung .....	189

10.1.3 Binominalverteilung .....	189
10.1.4 Diskrete Gleichverteilung .....	190
10.2 Identifikation und Beseitigung von Zyklen mit der Graphentheorie.....	190
10.2.1 Allgemeines.....	190
10.2.2 Suche und Beseitigung von Zyklen in dieser Arbeit.....	192
10.3 Unified Modeling Language (UML) .....	195
10.4 Genutzte Softwareprodukte .....	196
10.5 Genannte Firmen.....	196

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zielregionen von Verlagerungen und Rückverlagerungen inkl. Rückverlagerungsgründe in 2009 (ISI 2009) .....	3
Abbildung 2:	Spezifizierung des Betrachtungsbereichs durch die Fabrik- ebenen nach Raumsicht (in Anlehnung an WIENDAHL ET AL. 2007) .....	7
Abbildung 3:	Ablauf der Standortplanung und Schnittstellen zur Fabrik- planung (in Anlehnung an VDI 2010, VDI 2011).....	9
Abbildung 4:	Aufbau der Arbeit .....	10
Abbildung 5:	Arten der Abhängigkeiten zwischen Einflussfaktoren .....	17
Abbildung 6:	Informations- bzw. ursachenorientierter Risikobegriff (in Anlehnung an HEIN 2007) .....	19
Abbildung 7:	Wirkungsorientierter Risikobegriff.....	20
Abbildung 8:	Zusammenhang zwischen Unsicherheit und Risiko .....	21
Abbildung 9:	Systematisierung des Rechnungswesens und Bedeutung für die Standortbewertung (in Anlehnung an SESTERHENN 2003) .....	23
Abbildung 10:	Statische und dynamische Verfahren der Investitions- rechnung (HEGER 2007).....	25
Abbildung 11:	Zusammensetzung des MVA und des EVA .....	29
Abbildung 12:	Berechnung des EBIT aus der Differenz zwischen den Umsatzerlösen und den Funktions- und Einmalkosten .....	29
Abbildung 13:	Prinzip der Risikoanalyse (in Anlehnung an ROMMELFANGER 2008).....	32
Abbildung 14:	Entscheidungsbaum für zwei Zeitperioden.....	33
Abbildung 15:	Ausgewählte Verfahren zur Bewertung von Entscheidungsalternativen anhand qualitativer Faktoren .....	38
Abbildung 16:	Aufbau eines zyklenfreien KNN.....	41

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 17: Beispiel zu unscharfen Mengen.....	43
Abbildung 18: Häufige Formen von Zugehörigkeitsfunktionen (in Anlehnung an NICOLAI 1995).....	43
Abbildung 19: Linguistische Variable als Fuzzy-Set .....	44
Abbildung 20: Analyisierte eindimensionale Bewertungsansätze.....	53
Abbildung 21: Analyisierte multidimensionale Bewertungsansätze .....	58
Abbildung 22: Anforderungen an eine Methode zur Bewertung vernetzter Produktionsstandorte .....	64
Abbildung 23: Klassifizierung von Unsicherheiten (in Anlehnung an RIMPAU 2010) .....	65
Abbildung 24: Modellierung einer quantitativen Unsicherheit als Wahrscheinlichkeitsverteilung .....	67
Abbildung 25: Modellierungsarten quantitativer Unsicherheiten .....	68
Abbildung 26: Modellierungsarten qualitativer Unsicherheiten .....	74
Abbildung 27: Graphische Darstellung eines Fuzzy-Sets, welches in dieser Arbeit verwendet wird .....	76
Abbildung 28: Beispiel für die Inferenz .....	78
Abbildung 29: Beispiel für die Defuzzifizierung .....	79
Abbildung 30: Arten der Abhängigkeiten zwischen Unsicherheiten und Integration in das Bewertungsmodell.....	82
Abbildung 31: Aufbau des Fuzzy-Bewertungsnetzes (in Anlehnung an REINHART ET AL. 2008a).....	88
Abbildung 32: Übersicht über die Bewertungsmethode.....	95
Abbildung 33: Auswahl konkreter Standortalternativen (in Anlehnung an ABELE ET AL. 2008).....	98
Abbildung 34: Statisches Klassendiagramm für die Kalkulations- struktur des Kalkulationsmodells in UML-Schreib- weise .....	100

Abbildung 35: Statisches Klassendiagramm für die Kalkulationselemente des Kalkulationsmodells in UML-Schreibweise .....	101
Abbildung 36: Vorgehen zur Identifikation von Einflussfaktoren im Rahmen der Standortbewertung.....	103
Abbildung 37: Vorgehen zur Informationsbedarfsermittlung im Rahmen der Standortbewertung.....	105
Abbildung 38: Vorgehen zur Informationsbeschaffung im Rahmen der Standortbewertung .....	110
Abbildung 39: Attribute und Kategorien zur Bewertung der Datenqualität im Rahmen der Standortbewertung (in Anlehnung an BERNHARD & DRAGAN 2007) .....	111
Abbildung 40: Vorgehen zur Ermittlung von Abhängigkeiten zwischen den in die Standortbewertung zu integrierenden Unsicherheiten.....	112
Abbildung 41: Matrix zur Spezifizierung der Abhängigkeiten zwischen Unsicherheiten im Rahmen der Standortbewertung .....	113
Abbildung 42: Statisches Klassendiagramm einer Unsicherheit im Rahmen der Standortbewertung in UML-Schreibweise .....	116
Abbildung 43: Verknüpfung von Kalkulations- und Unsicherheitsmodell zu einem Bewertungsmodell in UML-Schreibweise .....	119
Abbildung 44: Unterschiedliche Erwartungswerte von deterministischer und unsicherheitsbehafteter Bewertung (in Anlehnung an KORVES & KREBS 2008) .....	121
Abbildung 45: Anwendung der Monte-Carlo-Simulation für das Bewertungsmodell dieser Arbeit .....	122
Abbildung 46: Vergleich der Histogramme zweier Standortalternativen.....	124

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 47: Bewertungsportfolio (in Anlehnung an KREBS ET AL. 2009).....	125
Abbildung 48: Histogramm der Zielgröße zur Bewertung des Risikos .....	126
Abbildung 49: Graphische Darstellung der Sensitivitätsanalyse für die Zielgröße .....	128
Abbildung 50: Gegenüberstellung der Verfahren zur Analyse der Bewertungsergebnisse .....	129
Abbildung 51: Grundsätzlicher Aufbau von PlantCalc® .....	132
Abbildung 52: Schematische Darstellung der Modul-, Vorlagen- und Projektverwaltung von PlantCalc® .....	134
Abbildung 53: Bewertungsprojekt in PlantCalc® .....	135
Abbildung 54: Kommunikation zwischen den einzelnen Kalkulationsmodulen (in Anlehnung an MÖLLER 2008) .....	136
Abbildung 55: Ausschnitt eines quantitativen Unsicherheitsmoduls in PlantCalc® .....	137
Abbildung 56: Ausschnitt eines qualitativen Unsicherheitsmoduls in PlantCalc® .....	137
Abbildung 57: Tendenz der Abhängigkeiten 3. Art zwischen den für die Alternative Indien integrierten Unsicherheiten.....	145
Abbildung 58: Tendenz der Abhängigkeiten 4. Art zwischen den für die Alternative Indien integrierten Unsicherheiten.....	146
Abbildung 59: Vergleich der Histogramme der beiden Standortalternativen für die Zielgröße MVA des Projektbeispiels in PlantCalc® .....	148
Abbildung 60: Koordinaten für das Bewertungsportfolio für die Zielgröße MVA des Projektbeispiels .....	148
Abbildung 61: Vergleich der beiden Standortalternativen für die Zielgröße MVA des Projektbeispiels anhand des Bewertungsportfolios .....	149

Abbildung 62: Berechnung des Risikoverhältnis für die Zielgröße MVA des Projektbeispiels .....	149
Abbildung 63: Sensitivitätsanalyse für ausgewählte Unsicher- heiten der Standortalternative Indien im Rahmen des Projektbeispiels.....	150
Abbildung 64: Aufwand vs. Nutzen bei Anwendung der in dieser Arbeit entwickelten Methode im Vergleich zu einer konventionellen Bewertung .....	152
Abbildung 65: Beurteilung des Erfüllungsgrads bzgl. der an die entwickelte Methode gestellten Anforderungen .....	155
Abbildung 66: Arten von Graphen.....	192
Abbildung 67: Tiefensuche .....	193
Abbildung 68: Zyklensuche mit der Tiefensuche .....	193
Abbildung 69: Algorithmus zur Zyklensuche innerhalb des Fuzzy- Bewertungsnetzes .....	194
Abbildung 70: Für diese Arbeit wichtigen Notationen eines Klassendiagramms in UML-Schreibweise (in Anlehnung an BALZERT 2010) .....	196

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Beispielhaftes Regelwerk zur Beschreibung der Netzstruktur .....	90
Tabelle 2:	Übersicht über die Kalkulationsmodule und die zugehörigen Einflussfaktoren für das Projektbeispiel (Teil 1 von 2).....	140
Tabelle 3:	Übersicht über die Kalkulationsmodule und die zugehörigen Einflussfaktoren für das Projektbeispiel (Teil 2 von 2).....	141
Tabelle 4:	Im Rahmen des Projektbeispiels integrierte quantitative Unsicherheiten sowie deren Alternativenbezug, Klassifizierung und Modellierungsart.....	143
Tabelle 5:	Im Rahmen des Projektbeispiels integrierte qualitative Unsicherheiten sowie deren Alternativenbezug, Klassifizierung und Modellierungsart .....	144

## Abkürzungsverzeichnis

AHP	Analytischer Hierarchie Prozess
BIFOA	Betriebswirtschaftliches Institut für Organisation und Automation
bspw.	Beispielsweise
bzgl.	Bezüglich
bzw.	Beziehungsweise
cm	Zentimeter
D	Deutschland
DCF	Discounted Cash Flow
d. h.	Das heißt
DAX	Deutscher Aktien Index
DIN	Deutsche Industrienorm
EBIT	Gewinn vor Steuern (engl. Earnings before Interest and Taxes)
engl.	Englisch
et al.	Et alii
EU	Europäische Union
EUR	Euro
EVA	Economic Value Added
EWK	Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung
F&E	Forschung und Entwicklung
GuV	Gewinn- und Verlustrechnung
HGB	Handelsgesetzbuch

## Abkürzungsverzeichnis

---

I	Indien
INR	Indische Rupie
ISI	Institut für System- und Innovationsforschung
i. e.	Im engeren
i. w.	Im weiteren
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
KNN	Künstliches Neuronales Netz
LOMAP	Logistische Erfolgsfaktoren für die marktnahe Produktion
MCDM	Multi Criteria Decision Making
MODM	Multi Objective Decision Making
MADM	Multi Attribute Decision Making
MVA	Market Value Added
NOPAT	Geschäftsergebnis (engl. Net Operating Profit after Taxes)
NOA	Geschäftsvermögen (engl. Net Operating Assets)
NPV	Kapitalwert (engl. Net Present Value)
NWA	Nutzwertanalyse
o. g.	Oben genannte
PC	Personal Computer
RA	Rangaddition
S.	Seite
sog.	So genannte
TOPSIS	Technique for order preference by similiary to ideal solution

UML	Unified Modeling Language
u. a.	Und andere
usw.	Und so weiter
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
vgl.	Vergleiche
vs.	Versus; lateinisch für: gegenüber gestellt
WACC	Kapitalkostensatz (engl. Weighted Average Cost of Capital)
z. B.	Zum Beispiel

### Formelzeichen

Einige der im Folgenden aufgeführten Formelzeichen werden mit verschiedenen Bedeutungen verwendet. Die jeweilige Bedeutung und Einheit ergibt sich entweder aus dem Kontext oder ist im Text erklärt.

#### Große und kleine griechische Buchstaben

$\Omega$	Grundmenge
$\Delta t$	Zeitintervall
$\Delta x$	Schrittweite der Irrfahrt
$\varepsilon_t$	Zufälliger, standardnormalverteilter Fehler
$\varepsilon_{t-1}$	Binomiale Zufallsvariable einer Auf- und Abwärtsbewegung des stochastischen Prozesses
$\zeta$	Optionswert
$\mu$	Zugehörigkeitswert des Fuzzy-Sets
$\mu_i$	Zugehörigkeitswert
$\mu_{It\hat{o}}$	Erwartete prozentuale Änderungsrate (Drift) der Entwicklung des Einflussfaktors von $t-1$ nach $t$
$\mu_N$	Erwartungswert der Normalverteilung
$\mu_{A\cap B}$	Zugehörigkeitswert des unsicheren Einflussfaktors $u$ zu den Mengen $A$ und $B$
$\mu_{A\cup B}$	Zugehörigkeitswert des unsicheren Einflussfaktors $u$ zu den Mengen $A$ oder $B$
$\mu_A$	Zugehörigkeitswert des unsicheren Einflussfaktors $u$ zu der Menge $A$
$\mu_B$	Zugehörigkeitswert des unsicheren Einflussfaktors $u$ zu der Menge $B$
$\mu_T(u_k)$	Zugehörigkeitswerte des Faktors $u_k$ zu den linguistischen Termen

$\sigma$	Standardabweichung
$\sigma_{It\hat{o}}$	Prozentuale angegebene Standardabweichung des Itô-Prozesses
$\tau$	Kendallscher Korrelationskoeffizient

### **Große und kleine lateinische Buchstaben**

$a$	Untere Intervallgrenze
$a_{Pro}$	Anzahl der Proversionen
$a_{Inv}$	Anzahl der Inversionen
$a_{u_k}$	Interner Zustand eines Einflussfaktors $u_k$
$a_{u_l}$	Interner Zustand eines Einflussfaktors $u_l$
$A_t$	Auszahlungen in Zeitperiode $t$
$A_{u_l}$	Zustandsfunktion für den Einflussfaktor $u_l$
$AT_u$	Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Abweichung vom Einflussfaktor $u$
$b$	Obere Intervallgrenze
$B_u$	Bedeutung des Einflussfaktors $u$ (Auswirkung auf die Zielgröße)
$B(p,q)$	Beta-Funktion mit den reelwertigen Parametern $p, q$
$c$	Konklusion zur Kodierung der Regeln
$Defuzzy_{u_l}(a_{u_l})$	Defuzzifizierungsfunktion von Faktor $u_l$
$eNPV$	Erweiterter Kapitalwert
$E_{T,+}$	Erwartungswert für die Chance der Zielgröße
$E_{T,-}$	Erwartungswert für die Gefahr der Zielgröße
$E_t$	Einzahlungen in Zeitperiode $t$

## Formelzeichen

---

$EVA_t$	Economic Value Added in der Zeitperiode $t$
$E(-)$	Erwartungswert von (-)
$Ex_{u_i}$	Externer Eingabevektor zur Beschreibung des Einflussfaktors $u_i$
$f(x)$	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Zufallsvariablen $X$
$F$	Fläche unter den Zugehörigkeitsfunktionen der entsprechenden linguistischen Terme
$g_f$	Gewicht von Faktor $f$
$h_{vf}$	Bewertung des Faktors $f$ der Alternative $v$
$i$	Laufvariable
$i_{NPV}$	Kalkulationszins
$i_{WACC}$	Durchschnittlicher Kapitalkostensatz
$I_0$	Investition in Zeitperiode $t=0$
$ISO_{u_k}$	Netzeingabewert, der sich bei alleiniger Abhängigkeit von Faktor $u_k$ ergibt
$ISO_{u_k,c}$	Netzeingabewert der einzelnen Komponente der Konklusion $c$ des den Einflussfaktor $u_k$ beschreibenden Vektors
$IE_t$	Investitionsentscheidung zu Beginn von Zeitperiode $t$
$j$	Laufvariable
$k$	Laufvariable der unsicheren Einflussfaktoren
$l$	Laufvariable der unsicheren Einflussfaktoren
$M$	Unschärfe Menge
$MVA$	Market Value Added
$n$	Laufvariable
$N$	Anzahl der möglichen Ereignisse