Projektierungspraxis Verarbeitungsanlagen

Peter Römisch · Matthias Weiß

Projektierungspraxis Verarbeitungsanlagen

Planungsprozess mit Berechnung und
Simulation der Systemzuverlässigkeit

Springer Vieweg

Peter Römisch
Dresden, Deutschland

Matthias Weiß
Fak. II Maschinenbau u. Bioverfahrenstechnik
Hochschule Hannover
Hannover, Deutschland

ISBN 978-3-658-02358-4
DOI 10.1007/978-3-658-02359-1

ISBN 978-3-658-02359-1 (eBook)

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Vorwort

Dieses Buch wendet sich an Studierende des Maschinen- und Anlagenbaus, an Betriebsingenieure und Technologen der Anwenderindustrie, aber auch an Ingenieurstudenten technologischer Fachrichtungen. Es soll den Einstieg in das komplexe Gebiet der Anlagenprojektierung ermöglichen und auch dem Praktiker hilfreiche weitere Anregung und verlässliches Arbeitsmittel sein.

Für das ergänzende Selbststudium im Rahmen der Bachelor- und Masterstudiengänge kann dieses Lehrbuch inhaltlich und didaktisch eine wertvolle Studienhilfe sein. Das betrifft alle Lehrveranstaltungen zu Anlagenprojektierung, Materialflusssystemen, Intralogistik sowie Systemoptimierung und Simulation. Die sich am technischen Stand orientierenden Darstellungen zur Simulation sind konsequent anbieter- und betriebssystemneutral gefasst.

Anlagen der Verarbeitungstechnik werden wie andere Anlagen der Stoffwirtschaft auch als Investitionsvorhaben im Rahmen von Projekten vorbereitet und realisiert. Verarbeitungsanlagen sind zur Massenproduktion verschiedenster Produkte in vielen Industriezweigen im Einsatz, so in Lebensmittel- und Genussmittelindustrie, Textil- und Bekleidungsindustrie, Pharmazeutische Industrie, Polygrafische Industrie, Holz verarbeitende und Möbelindustrie. Derartige Anlagen basieren technologisch auf Verfahren der Verarbeitungstechnik und technisch auf Erzeugnissen des Maschinen- und Anlagenbaus, die einen bedeutenden Anteil an deutscher Industrieproduktion haben.

Schwerpunkt dieses Lehr- und Arbeitsbuches ist die *Systemzuverlässigkeit der Anlage* als bedeutendes Qualitätsmerkmal und Verkaufsargument, ganz besonders im globalen Handelsgeschäft. Ausgehend vom Betriebsverhalten der Verarbeitungsmaschine werden Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie und praktikable Berechnungsmodelle leichtverständlich dargestellt und mit Anwendungsbeispielen veranschaulicht. Die Systemzuverlässigkeit findet ihren praktischen Ausdruck in der *Anlagenverfügbarkeit* – in der Praxis oft als *Wirkungsgrad* bezeichnet –, die als wichtige Vertragsgröße die reale Produktionskapazität der Anlage zwischen Auftraggeber/Anwender und Auftragnehmer/Projektträger festlegt.

Die Vorausberechnung der Anlagenverfügbarkeit sowie die Simulation vorhandener Strukturen/Anlagen zur Analyse deren Betriebsverhaltens mit verschiedenen Zielen wie Erschließung von Reserven und Optimierung von Produktionskapazitäten werden im komplexen Projektierungs- und Investitions-Realisierungsprozess dargestellt. An

Berechnungs- und Simulationsbeispielen werden Sinnfälligkeit und Nachvollziehbarkeit der theoretischen Sachverhalte praxisgerecht demonstriert. Hierbei nehmen Störungsspeicher als besonders wirksame Mittel zur Senkung von Anlagenstillstandszeiten breiten Raum ein.

Methodisch anschaulich und einprägsam werden die ingenieurtechnischen Tätigkeiten des Anlagenprojektanten von der Projektaufgabenstellung über Dimensionieren, Strukturieren und Gestalten bis hin zu den Realisierungsprozessen behandelt und durch Praxisbeispiele unterfüttert. Dabei erlebt sowohl der Projektant als auch der in der Anwenderindustrie Tätige die Erarbeitung der Projektdokumente vom Informationsangebot bis zum Ausführungsprojekt. Vorrangiger Betrachtungsgegenstand ist das Stoffsystem der Anlage, die maschinentechnische Ausrüstung. Neben der Verarbeitungsmaschine als dem wichtigsten Anlagenelement erfährt der Guttransport in der Anlage durch die einbezogene Verkettungstechnik – allgemein auch als TUL-Technik bekannt – entsprechende Beachtung.

Vorbereitung und Realisierung von Verarbeitungsanlagen als branchentypische Investitionsobjekte werden ausgehend von allgemeingültigen Erkenntnissen und Methodiken der Fabrikplanung dargestellt. Da manche Tätigkeiten und Fachinhalte der Anlagenprojektierung im Rahmen dieses Buches nur angerissen werden können, ermöglichen angegebene Literaturquellen, Normen und Vorschriften dem Leser eine Vertiefung und Erweiterung des erworbenen Wissens.

Aus langjähriger Industrie- und Lehrtätigkeit der Autoren erhält der Leser gleichzeitig eine Vielzahl praktischer Hinweise und Anregungen für sinnvolle Verhaltensweisen in manchen Vorbereitungs- und Realisierungsetappen einer Anlageninvestition. Neben den vorrangig interessierenden Teilen des Projektmanagements werden Anlagenprojektant und technologisch Tätiger auch mit ausgewählten Aspekten des Kosten- und Vertragsmanagements vertraut gemacht.

Zum leichteren Einstieg in die komplexen Projektierungs- und Planungsprozesse dienen zahlreiche Querverweise im Buch. Gleiches Ziel verfolgt auch die in Abschn. 1.7 gegebene Inhaltsübersicht der einzelnen Buchkapitel.

Die Autoren danken allen Firmen und Institutionen sowie deren Mitarbeitern, die durch Bildmaterial und fachliche Hinweise zur Gestaltung dieses Buches beigetragen haben. Besonderer Dank gilt dem Verlag und seinem Lektorat Maschinenbau für wertvolle Unterstützung bei der Buchgestaltung.

Nicht versäumen möchten es die Autoren, ganz besonders Ihren Familien zu danken, die mit viel Geduld und Umsicht die Erarbeitung des Buchmanuskriptes unterstützten.

Weitere Hinweise zur Verbesserung dieser Erstausgabe nehmen die Autoren gern entgegen.

Dresden, im Januar 2014

Peter Römisch
Mattias Weiß

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis¹

AG, AN	Auftraggeber, Auftragnehmer
AST	Aufgabenstellung (allgemein oder eines Projektes)
BDE	Betriebsdatenerfassung
BE, EB	Betrachtungseinheit, Einsatzbedingungen
Ih, GR	Instandhaltung, Generalreparatur
MTA	Maschinentechnische Ausrüstung (Anlagenelement: Maschine, ...; Abschn. 2.5.3)
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
TUL	Transport-, Umschlag-, Lager-
VAT	Verarbeitungstechnik
VG	Verarbeitungsgut
ZKG	Zuverlässigkeitsgröße
ZKW	Zuverlässigkeitswert
ZPD	Zuverlässigkeitsprimärdaten
K, k_{ges}	Kosten, spezifische Verarbeitungskosten (Kosten pro Produkt)
M	Menge, Produktmenge; Speichergröße, Fassungsvermögen eines Speichers
M_F, M_L	Füllmenge (im Speicher befindliche Gutmenge), Leermenge von Speichern
M_t	tatsächlich produzierbare Produktmenge
Q, Q_r, Q_t	Produktivität (Produktmenge pro Zeiteinheit), r rechnerische, t tatsächliche
$\bar{Q}_r$	Mittelwert der rechnerischen Produktivität $Q_r(t)$
Q_{rp}	projektseitig dem Normalbetrieb zu Grunde gelegte Produktivität
T	Betrachtungszeit, Lebensdauer
T_A	mittlere Ausfalldauer, Reparaturdauer (<i>MTTR: mean time to repair</i>)
t	Zeit, Zeitpunkt
t_B	Betriebszeit (geplante Produktionszeit pro Schicht, pro Tag, ...)
t_i	Ausfallzeitelement von T_A (Abschn. 3.2.2: t_s Stillstandszeit, t_q Qualitätszeit, ...)
V, V_T	Verfügbarkeit (allgemein, Mengenverfügbarkeit), Zeitverfügbarkeit
β	mittlere Erneuerungsrate, Reparaturrate

¹ Dieses Verzeichnis enthält nur die oft verwendeten Abkürzungen und Symbole; die darüber hinaus verwendeten lokalen Bedeutungen sind an entsprechender Stelle erklärt.

λ	mittlere Ausfallrate
Θ	mittlerer Ausfallabstand (<i>MTBF: mean time between failure</i>)
φ	interne Elementredundanz (bei Bedarf nutzbare Produktivitätsreserve)

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	1
1.2	Bedeutung der Verarbeitungsanlagen	4
1.3	Stellung der Anlage im Verarbeitungsbetrieb	6
1.4	Die Anlage als technisches System	7
1.5	Planung und Projektmanagement als Teil einer Investition	13
1.6	Projektleitung und Projektabwicklung	17
1.7	Zur Methodik des Buches	21
1.8	Anwendungsbeispiele	22
2	Planung von Verarbeitungsanlagen	25
2.1	Grundlagen der Planung	25
2.1.1	Aufgaben, Abläufe, Planungsstrategie	25
2.1.2	Aufgabenstellungen, Grundfälle der Projektierung	29
2.2	Projektierungsprozess	30
2.2.1	Gesamtprozess	30
2.2.2	Schrittfolge Dimensionieren, Strukturieren, Gestalten	32
2.3	Projektdokumentation	33
2.3.1	Ausarbeitung der Dokumente	33
2.3.2	Inhalte von Angeboten	35
2.3.3	Inhalte von Ausführungsprojekten	36
2.4	Mittel zur rationelleren Aufgabenbearbeitung	38
2.4.1	Grundsätze und Methoden	38
2.4.2	Verfahren und Hilfsmittel der Planung	42
2.4.3	Nutzung EDV	43
2.5	Besonderheiten der Verarbeitungsanlagen	45
2.5.1	Verarbeitungsgut und Verarbeitungsverfahren	45
2.5.2	Verarbeitungstechnisch bedingte Gutströme	48
2.5.3	Maschinentechnische Ausrüstungen – die Anlagenelemente	51
2.5.4	Betrieb, Steuerung, Prozessüberwachung	55
2.5.5	Restriktionen für den Projektanten	58

2.5.6	Anforderungen an Konstruktion und Entwicklung	59
2.6	Beispiele	60
2.6.1	Verfahren und Maschinentechnik einer Schokoladenfabrik	60
2.6.2	Gutströme von Getränkeabfüllanlagen	63
3	Betriebsverhalten der Anlage und ihrer Elemente	65
3.1	Betriebsverhalten und seine Einflussfaktoren	65
3.2	Produktivität	71
3.2.1	Produktivität einer Verarbeitungsmaschine	71
3.2.2	Zeitgliederung des Maschineneinsatzes	75
3.2.3	Produktivität der Anlage	77
3.3	Zuverlässigkeit	78
3.3.1	Problemstellung, Grundlagen, Grundbegriffe	78
3.3.2	Zuverlässigkeitskenngrößen und -primärdaten	81
3.3.3	Erfassung von Zuverlässigkeitsprimärdaten	86
3.3.4	Zuverlässigkeitsarbeit	88
3.4	Effektivität	89
3.4.1	Einleitung	89
3.4.2	Effektivitätskriterien	90
3.4.3	Kosten	92
3.4.4	Nutzen	94
3.5	Umweltbeziehungen	95
3.6	Betriebsanalysen	96
3.6.1	Ziele und Etappen der Analyse	96
3.6.2	Vorbereitung	97
3.6.3	Durchführung und Auswertung	98
3.7	Beispiele	100
3.7.1	Datenerfassung in einer Brauerei	100
3.7.2	Analyse einer Käsereianlage	100
4	Dimensionierung – Auswahl der Ausrüstungen	107
4.1	Wege und Auswahlkriterien	107
4.2	Auswahl der Hauptelemente	109
4.2.1	Auswahlprozess	109
4.2.2	Auswahl einer Maschine am Beispiel	111
4.3	Auswahl der Verkettungselemente	114
4.3.1	Auswahlprozess	114
4.3.2	Förderprinzip und Funktionen der Verkettung	114
4.3.3	Beschreibung von Gutströmen	120
4.3.3.1	Entscheidende Einflussgrößen	120
4.3.3.2	Arten der Gutströme	122
4.3.3.3	Kopplung von Gutströmen	124

4.3.3.4	Speicherprinzip	127
4.3.3.5	Auswahlmöglichkeiten	128
4.4	Entwicklung neuer Verkettungstechnik	130
4.4.1	Entwicklungsbedarf	130
4.4.2	Analyse bekannter Lösungen	130
4.4.3	Synthese neuer Koppelemente	132
4.5	Beispiele	134
4.5.1	Angebot zum Herstellen von Schokoladenmasse	134
4.5.2	Lösungskonzept für ein Koppelement	137
5	Strukturierung – technologische Struktur	145
5.1	Grundstrukturen, Bausteine, Kopplungskriterien	145
5.1.1	Grundstrukturen	145
5.1.2	Strukturbausteine	148
5.1.2.1	Elemente	148
5.1.2.2	Reihensysteme	150
5.1.2.3	Parallelsysteme	151
5.1.2.4	Bausteine komplizierter Struktur	154
5.1.3	Bausteinkombination und Kopplungskriterien	155
5.2	Systemstrukturierung und Erzeugnisentwicklung	157
5.2.1	Bewährte Abläufe zur Strukturierung	157
5.2.2	Anforderungen an den MTA-Projektanten	158
5.2.3	Erzeugnisentwicklung	160
5.3	Berechnung stochastischer Prozesse	161
5.3.1	Anwendung klassischer Zuverlässigkeitstheorie	161
5.3.2	Anwendung praktikabler Berechnungsverfahren	162
5.3.3	Wann analytische Berechnung, wann Simulation?	164
5.4	Berechnung von Elementen	165
5.5	Beispiele	168
5.5.1	Vorprojekt einer Verpackungsanlage für Hartkaramellen – Teil 1	168
5.5.2	Strukturierung und Gestaltung einer Spinnerei	171
5.5.3	Anlagenstruktur erfordert neue Koppelemente	180
6	Gestaltung – räumliche Anordnung, Layout	183
6.1	Grundlagen und Ziele des Layout	183
6.2	Räumliche Gegebenheiten und Raumanforderungen	185
6.2.1	Industriebauwerke	185
6.2.2	Räumliche Einflussfaktoren	187
6.2.3	Montageanforderungen	189
6.2.4	Instandhaltungsaspekte	191
6.2.5	Störeinflüsse	191
6.3	Standortbestimmung	191

6.3.1	Einordnung einer Produktionsstätte in den Betrieb	191
6.3.2	Bestimmung des Anlagenstandortes	192
6.3.3	Flächen- und Raumbedarf	194
6.4	Erarbeitung des Layout	198
6.4.1	Methoden, Hilfsmittel, Planungsfortschritt	198
6.4.2	Objekte und ihre Darstellung	199
6.4.3	Anordnung und Verkettung von Objekten	202
6.4.4	Systemtypen und Gestaltungsmöglichkeiten	205
6.4.5	Vom Raumkonzept zum Layout	206
6.4.5.1	Entwurfsstrategie	206
6.4.5.2	Entwurf am Anlagenbeispiel	208
6.5	Ausgewählte Standortfaktoren und Layoutanforderungen	210
6.5.1	Arbeitsplatz	210
6.5.2	Sicherheitsabstände	213
6.5.3	Maßangaben im Layout	215
6.5.4	Weitere Standortfaktoren im Überblick	217
6.6	Beispiele	218
6.6.1	Vorprojekt einer Verpackungsanlage für Hartkaramellen – Teil 2	218
6.6.2	Hochleistungs-Verpackungssystem für kleinstückige Güter	224
7	Anlagenrealisierung	227
7.1	Projektmanagement der Realisierung	227
7.2	Ausführungsplanung und Ausführungsprojekt	232
7.2.1	Präzisierung der Aufgabenstellung	232
7.2.2	Planungsmethodik und Projekteinhalte	233
7.2.3	Planungstechniken	236
7.2.3.1	Projektablauf- und Terminplanung	236
7.2.3.2	Kapazitätsplanung	239
7.2.4	Teile der Projektdokumentation	246
7.2.4.1	Allgemeiner Teil	246
7.2.4.2	Technisch-technologischer Teil	247
7.2.4.3	Ökonomischer Teil	247
7.2.4.4	Kommerzieller Teil	248
7.2.4.5	Organisatorischer Teil	248
7.2.4.6	Vorschriften und Schutznachweise	248
7.2.4.7	Genehmigungen	250
7.2.4.8	Weitere Realisierung	251
7.2.5	Beispiele zur Projektdokumentation	251
7.2.5.1	Balkenplan zur zeitlichen Projektabwicklung	251
7.2.5.2	Netzplan zum Zeitablauf	252
7.2.5.3	Betriebsvorschriften	257
7.2.5.4	Spezifikation Rohstoffe	257

7.3	Materielle Realisierung	258
7.3.1	Beschaffung und Fertigung	258
7.3.2	Versand, Transport, Einlagerung	260
7.3.3	Montage	260
7.3.4	Funktionsprobe, Probetrieb, Mängelbeseitigung	262
7.3.5	Erprobung, Leistungsfahrt, Restmängelbeseitigung	264
7.3.6	Übergabe/Übernahme, Inbetriebnahme	266
7.3.7	Gewährleistung, Service	266
7.4	Immaterielle Leistungen	267
7.4.1	Mitwirkungshandlungen des Projektteams	267
7.4.2	Schulung des Betreiberpersonals	268
7.4.3	Rechnungslegung und Nachkalkulation	268
7.4.4	Handlungen zum Projektabschluss	270
7.5	Nachkontakte, Informationsrückflüsse	270
8	Berechnungen zur Strukturierung	273
8.1	Berechnung von Reihensystemen in fester Verkettung	273
8.1.1	Redundanzlose Reihensysteme	273
8.1.2	Reihensysteme mit interner Elementredundanz	275
8.1.3	Beispiele zu Reihensystemen	275
8.2	Berechnung von Reihensystemen in loser Verkettung	277
8.2.1	Vorbetrachtung und Auswahl geeigneter Modelle	277
8.2.2	Reihensysteme ohne interne Elementredundanz	280
8.2.3	Reihensysteme mit interner Elementredundanz	283
8.2.4	Berechnungsbeispiel – Teil 1: Verlauf $V = f(\text{Speichergröße})$	285
8.3	Berechnung von Parallelsystemen	288
8.3.1	Parallelsysteme ohne Reserveelemente	288
8.3.2	Parallelsysteme mit Reserveelementen	291
8.3.2.1	Vorbemerkung	291
8.3.2.2	Iterationsmethode	292
8.3.2.3	Parallelsystem allgemein	293
8.3.2.4	Parallelschaltung einer größeren Anzahl Elemente	295
8.3.3	Beispiele	297
8.3.3.1	Parallelsysteme ohne Reserveelemente	297
8.3.3.2	Parallelsystem mit Reserveelement	300
8.4	Teilsysteme komplizierter Struktur	301
8.5	Berechnung der Anlagenverfügbarkeit	302
8.5.1	Anwendung des Reduktionsverfahrens	302
8.5.2	Ausfall- und Erneuerungsrate von Teilsystemen	305
8.5.2.1	Motivation	305
8.5.2.2	Erneuerungsrate von Reihensystemen	305
8.5.2.3	Erneuerungsrate von Parallelsystemen	307

8.5.3	Zuverlässigkeitsoptimale Strukturen	308
8.5.3.1	Betriebsstrategie und Störungsspeicher	308
8.5.3.2	Wirtschaftlich optimale Größe von Störungsspeichern	308
8.5.3.3	Verfügbarkeitsmaximale Füllmenge von Störungsspeichern	310
8.5.4	Beispiele	311
8.5.4.1	Berechnung der Anlagenverfügbarkeit im Reduktionsverfahren	311
8.5.4.2	Berechnung der optimalen Speichergröße – Teil 2	315
9	Simulation von Verarbeitungsanlagen	319
9.1	Definition und Eingrenzung	319
9.2	Grundlagen der Simulation	321
9.2.1	Trennung von Ursache und Wirkung	321
9.2.2	Statistische Sicherheit	323
9.2.3	Ergebnissicherheit der Simulation	325
9.2.4	Einbeziehung der Produkt- und Formatvielfalt	330
9.2.5	Berücksichtigung der Anfahrphase	331
9.3	Vorgehen bei einem Simulationsprojekt	332
9.3.1	Überblick und Einordnung notwendiger Arbeitsschritte	332
9.3.2	Aufgabendefinition bis Datenbeschaffung	333
9.3.2.1	Aufgabendefinition	333
9.3.2.2	Simulationsmethoden	334
9.3.2.3	Simulationswerkzeuge und Simulationsführende	336
9.3.2.4	Datenbeschaffung	337
9.3.3	Systemgrenzen und Abstraktion	341
9.3.3.1	Festlegung der Systemgrenzen, Abstraktion der Modelle	341
9.3.3.2	Festlegung der Skalierung	344
9.3.4	Modellierung	345
9.3.4.1	Strukturabbildung	345
9.3.4.2	Parametrierung	346
9.3.5	Simulation von Varianten und Auswertung	347
9.4	Entscheidungsunterstützung für Speichereinsatz	350
9.4.1	Aufgabenspektrum	350
9.4.2	Vorgehensweise – Entscheidungsstrategie	351
9.4.3	Besonderer Einfluss des Ausfallverhaltens	354
9.4.4	Speicherposition in der Anlage	357
9.4.5	Speichereinsatz bei Parallelverkettung	359
10	Wirtschaftliche Aspekte	361
10.1	Betriebswirtschaftliche Grundlagen	361
10.2	Investitionsrechnungen zum Vorhaben	366

10.2.1 Kostenvergleich	366
10.2.2 Gewinnvergleich	369
10.2.3 Rentabilitätsvergleich	370
10.2.4 Amortisationsvergleich	372
10.2.5 Kapitalwertverfahren	373
10.3 Kosten des Vorhabens	374
10.3.1 Kostenbestandteile	374
10.3.2 Kostenplanung	377
10.3.3 Kostenrechnung und Kostenkontrolle	378
10.4 Aufwand und Kosten von Planungsphasen	379
10.4.1 Aufwand von Planungsphasen allgemein	379
10.4.2 Aufwand und Kosten von Projektierungsleistungen	381
10.4.3 Preiskalkulation für Planungsaufwendungen	382
10.4.4 Honorare und Kostenkalkulation auf Basis HOAI	385
10.5 Beispiel zu Kosten und Aufwand einer Projektphase	387
11 Vertragsmanagement	391
11.1 Vorbemerkung	391
11.2 Beziehung zu anderen Managementelementen	391
11.3 Leistungsgegenstände und Vertragsarten	392
11.4 Vertragsformen	395
11.5 Vertragsgestaltung	396
11.5.1 Anwendbares Recht	396
11.5.2 Vertragsinhalte, Musterverträge	398
11.6 Abschluss und Änderung von Verträgen	399
11.7 Zu ausgewählten Vertragsinhalten	400
11.7.1 Vertragsgegenstand und seine Spezifikation	400
11.7.2 Preis und Zahlungsbedingungen	401
11.7.3 Qualitäts- und Abnahmebedingungen	404
11.7.4 Mitwirkungshandlungen des Auftraggebers	404
11.7.5 Geschäftsbedingungen und weitere Bestimmungen	405
Anhang	407
Literatur	411
Sachverzeichnis	421