
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 Maschinenteknik 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 | Bausteincombination 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 |

Projektierungspraxis Verarbeitungsanlagen
Planungsprozess mit Berechnung und Simulation der
Systemzuverlässigkeit
Römisch, P.; Weiß, M.
2014, XV, 425 S. 172 Abb., 14 Abb. in Farbe., Softcover
ISBN: 978-3-658-02358-4