

Vorwort zur 5. Auflage	V
Vorwort zur 4. Auflage	IX
Vorwort zur 3. Auflage	XI
Vorwort zur 2. Auflage	XIII
Vorwort zur 1. Auflage	XV
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung und möglicher Leserkreis	1
1.2 Gliederung des Buches	6
1.3 Zur Akzeptanz und Weiterentwicklung der Konstruktionsmethodik	9
1.4 Forschungsbedarf	15
1.4.1 Eine Vision für eine mögliche Entwicklungsmethodik-Forschung	16
2 Technische Systeme und ihre Eigenschaften	19
2.1 Einleitung	19
2.2 Der Systembegriff	21
2.2.1 Allgemeingültiges	21
2.2.2 Technische Systeme	27
2.3 Eigenschaften und Klassifikation technischer Systeme	30
2.3.1 Allgemeingültiges zu Eigenschaften	30
2.3.2 Klassifikation technischer Systeme	32
2.3.3 Verknüpfung von Sach- und Handlungssystemen	42
2.4 Der Lebenslauf technischer Systeme und ihre Planung im Handlungssystem	51
3 Der Mensch als Problemlöser	55
3.1 Was ist ein Problem?	56
3.1.1 Allgemeine Probleme	56
3.1.2 Die Konstruktionsaufgabe als Problem	61
3.2 Der problemlösende Mensch	64
3.2.1 Gedächtnismodelle	64
3.2.2 Was heißt Denken?	67
3.2.3 Denkschwächen und Denkfehler	73

3.3	Maßnahmen zur Lösung von Problemen	76
3.3.1	Das TOTE-Schema	85
3.3.2	Der Problemlösungs- und der Vorgehenszyklus	88
3.3.3	Der Vorgehenszyklus und zugehörige Strategien	103
3.3.4	Beispiel zum Vorgehenszyklus	107
3.4	Konstruktionsprozesse von Einzelpersonen	111
3.4.1	Projekt 1: Versuchsbedingungen (nach Dylla)	112
3.4.2	Erkenntnisse aus Projekt 1	116
3.4.3	Projekt 2: Konstruktionsprozesse von Praktikern (Günther)	122
3.4.4	Zum bildhaften Gedächtnis und Faktenwissen des Konstrukteurs	124
3.4.5	Wodurch zeichnen sich erfolgreiche Einzelkonstrukteure aus?	126
3.5	Konstruktionsprozesse von Gruppen in Unternehmen	129
3.6	Denk- und Informationsökonomie als ein Haupteinfluss des Verhaltens	132
3.7	Fehler – nicht nur beim Konstruieren	141
3.8	Die Wirksamkeit von Methoden	145
3.8.1	Überblick über Methoden	146
3.8.2	Warum Methoden verwenden?	147
3.8.3	Sind Methoden praktisch wirksam? Welche Lehre?	154
3.9	Natürliches oder streng systematisches Konstruieren? Ist Konstruieren Kunst oder Wissenschaft?	157
4	Methodik der Integrierten Produkterstellung im Unternehmen	161
4.1	Konventionelle – nicht integrierte – Produkterstellung	162
4.1.1	Der Prozess der Produkterstellung	162
4.1.2	Einflüsse auf den Prozess der Produkterstellung	163
4.1.3	Arbeitsteilung zur Bewältigung der Komplexität der Produkterstellung	167
4.1.3.1	Begründung und Arten der Arbeitsteilung	167
4.1.3.2	Dokumente als Folge der Arbeitsteilung	169
4.1.4	Aufbauorganisation	172
4.1.5	Ablauforganisation und Vorgehenspläne	174
4.1.6	Praxisbeispiel einer Produkterstellung: Heizgerät	181
4.1.7	Probleme heutiger Produkterstellung	187
4.1.7.1	Gründe für die Probleme aus der Geschichte der Produkterstellung	187
4.1.7.2	Probleme der konventionellen – nicht integrierten – Produkterstellung am Beispiel Entwicklung und Konstruktion	189
4.2	Integrierte Produkterstellung	193
4.2.1	Was heißt Integrierte Produkterstellung?	194
4.2.2	Bewusstseinsänderung	199
4.2.2.1	Entwicklung der Produkterstellung	199
4.2.2.2	Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes	200
4.2.3	Begründung integrierter Produkterstellung aus dem Informationsfluss	202
4.2.3.1	Arten und Organisation des Informationsflusses	202
4.2.3.2	Folgen der schnittstellenbedingten Informationsverarbeitung	205
4.2.4	Methodensystem für die integrierte Produkterstellung	207
4.3	Organisatorische Methoden der integrierten Produkterstellung	210
4.3.1	Produktbezogene Aufbauorganisation	211
4.3.2	Methoden der Ablauforganisation	213

4.3.3	Gruppen- und Teamarbeit	217
4.3.3.1	Was versteht man unter einer Gruppe, was unter einem Team?	217
4.3.3.2	Vorteile und Anwendungsbereiche von Gruppenarbeit	218
4.3.3.3	Probleme bei Teamarbeit	219
4.3.3.4	Regeln für effektive Teamarbeit	219
4.3.4	Projektmanagement	221
4.3.4.1	Aufgaben des Projektmanagements	222
4.3.4.2	Einsatzbereiche des Projektmanagements	225
4.3.4.3	Methoden und Hilfsmittel des Projektmanagements	226
4.4	Integrierende Vorgehensweisen	227
4.4.1	Simultaneous Engineering	227
4.4.1.1	Idee und Arbeitsweise des Simultaneous Engineering	227
4.4.1.2	Auswirkungen des Simultaneous Engineering	229
4.4.1.3	Praxisbeispiel zu Simultaneous Engineering: Entwicklung eines digitalen Manometers	232
4.4.1.4	Realisierung des Simultaneous Engineering (SE) in der Praxis	235
4.4.2	Qualitätsmanagement	237
4.4.3	Qualitätssteigerung mit QFD	240
4.5	Auswirkung der Integration: Merkmale erfolgreicher Unternehmen	244
5	Entwicklung und Konstruktion – Grundlagen	251
5.1	Ziele, Aufgaben und Tätigkeiten in Entwicklung und Konstruktion	253
5.1.1	Definition und Bedeutung des Entwickelns und Konstruierens	253
5.1.2	Ziele des Entwickelns und Konstruierens	255
5.1.3	Tätigkeiten und Konstruktionsphasen	258
5.1.3.1	Klären der Aufgabenstellung	263
5.1.3.2	Konzipieren	263
5.1.3.3	Entwerfen	265
5.1.3.4	Ausarbeiten	267
5.1.4	Arten des Konstruierens	268
5.1.4.1	Konstruktionen unterschiedlicher Bearbeitungstiefe: Konstruktionsarten	269
5.1.4.2	Konstruktionen mit unterschiedlicher Eigenschaftsermittlung durch Berechnung und Versuche	274
5.1.4.3	Korrigierendes und generierendes Vorgehen	274
5.1.4.4	Konstruktionen höherer Komplexität – mechatronische Produkte	279
5.1.4.5	Konstruktionen unterschiedlicher Art der Hauptforderung – Design for X	287
5.1.4.6	Kundengebundene und kundenoffene Konstruktion	287
5.1.4.7	Konstruktionen mit unterschiedlichen Konstruktionszeiten und -kosten	287
5.1.5	Wie arbeitet man sich in ein neues Produktspektrum ein?	290
5.2	Management in Entwicklung und Konstruktion	292
5.2.1	Organisation und Führungsanforderungen	292
5.2.1.1	Die Mitarbeiterstruktur	292
5.2.1.2	Berufsbilder in Konstruktion und Fertigungsvorbereitung	297
5.2.1.3	Organisation	299
5.2.1.4	Führungsanforderungen	299
5.2.2	Leistungssteigerung, Durchlaufzeitverkürzung und Effizienzmessung in Entwicklung und Konstruktion	304

5.2.2.1	Was heißt Leistungssteigerung in Entwicklung und Konstruktion?	305
5.2.2.2	Vorgehensweise bei der Rationalisierung und Durchlaufzeitverkürzung	307
5.2.2.3	Leistungsmessung in Entwicklung und Konstruktion	310
5.2.2.4	Kosten der Konstruktionsabteilung	312
5.2.2.5	Computereinsatz beim Entwickeln und Konstruieren	312
5.2.3	Termin- und Kapazitätsplanung	317
5.2.3.1	Zur Begründung der Termin- und Kapazitätsplanung	317
5.2.3.2	Durchführung der Termin- und Kapazitätsplanung	318
5.2.3.3	Erfahrungswerte für Planzeiten	321
5.2.3.4	Einführung einer Termin- und Kapazitätsplanung	322
6	Methodik der integrierten Produkterstellung IPE in Entwicklung und Konstruktion	325
6.1	Einleitung und Zielsetzung	325
6.2	Darstellung der IPE-Methodik	327
6.2.1	Inhalte	327
6.2.2	Elemente der IPE-Methodik und ihr Zusammenwirken	329
6.2.3	VDI-Richtlinie 2221 und flexibler Einsatz der IPE-Methodik	331
6.3	Anwendung der IPE-Methodik in unterschiedlichen Bereichen	337
6.3.1	Vergleich der Methodikelemente in drei Unternehmensbereichen	339
6.3.2	Einsatz von Vorgehensplänen	339
6.3.2.1	Aufteilung in unterschiedliche Teilprozesse am Beispiel der Produktion ..	339
6.3.2.2	Aufteilung in unterschiedliche Teilprozesse und Teilobjekte am Beispiel Konstruktion	339
6.3.2.3	Beispiele für einen Vorgehensplan bei integrierter Produkterstellung ..	342
6.4	Unternehmens- und produktspezifische Anpassung und Einführung der IPE-Methodik	343
6.4.1	Vorgehensweise	343
6.4.2	Personenbezogene Voraussetzungen	345
6.5	Anwendung für das Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren	346
6.5.1	Vorgehenspläne für die Hauptforderung Funktion	347
6.5.2	Vorgehen für beliebige Hauptforderungen – Design for X	353
7	Sachgebundene Methoden für die Entwicklung und Konstruktion ..	359
7.1	Methodenbaukasten	359
7.1.1	Struktur und Anwendung des Methodenbaukastens	360
7.1.2	Auswahl von Methoden	362
7.1.3	Beispiel für eine Methodenauswahl	365
7.2	Methoden zu Produktplanung und Innovation	367
7.2.1	Produktstrategien und Innovation	368
7.2.2	Ermitteln des Unternehmenspotentials	373
7.2.3	Ermitteln des Produktpotentials	376
7.2.4	Finden von Produktbereichen und Produktideen	379
7.2.5	Organisatorische Maßnahmen zur Förderung der Innovationsfähigkeit ..	388
7.2.6	Praxisbeispiel: Müllgroßbehälter	388
7.3	Methoden zur Aufgabenklärung	391
7.3.1	Zweck und Gültigkeitsbereich der Methoden	391

7.3.2	Systematisches Finden von Anforderungen	394
7.3.2.1	Arten von Anforderungen	395
7.3.2.2	Hilfsmittel für das Ermitteln von Anforderungen	399
7.3.3	Aufgabenklärung und Systemabgrenzung mittels Black-Box	403
7.3.4	Problemanalyse durch Systemgrenzenverschiebung	403
7.3.5	Aufgabenanalyse durch Abstraktion	405
7.3.6	Erstellen einer Anforderungsliste	407
7.3.7	Aufgabenklärung und Vorgehensstrukturierung „Kreative Klärung“	409
7.4	Methoden zur Aufgabenstrukturierung	411
7.4.1	Organisatorische Strukturierung	412
7.4.1.1	Strukturieren nach Modulen	413
7.4.1.2	Strukturieren nach der Bearbeitungsreihenfolge von Modulen	415
7.4.2	Inhaltliche Strukturierung nach Funktionen	417
7.4.2.1	Zweck und Begründung der Methode	419
7.4.2.2	Begriffe zu Funktion	422
7.4.2.3	Definition der Elemente und Symbole einer Funktionsstruktur	424
7.4.2.4	Funktionsstruktur für Geräte mit zentraler Steuerung (Mechatronik)	426
7.5	Methoden zur (prinzipiellen) Lösungssuche	427
7.5.1	Grundlagen zur Lösungssuche	428
7.5.2	Strategien zur Lösungssuche	430
7.5.3	Nahe liegende Lösungen suchen	430
7.5.4	Lösungssuche mit Kreativitätstechniken (Intuitives Vorgehen)	431
7.5.5	Lösungssuche mit Systematiken (Diskursives Vorgehen)	436
7.5.5.1	Ordnungsschemata	437
7.5.5.2	Konstruktionskataloge	443
7.5.5.3	Ordnungsschemata für physikalische Effekte	445
7.5.5.4	Ordnungsschemata zur Lösung technischer Widersprüche (Altschuller; TRIZ)	453
7.5.5.5	Checklisten	454
7.5.6	Kombination von Lösungsprinzipien: morphologischer Kasten	455
7.5.6.1	Zweck und Begründung der Methode	456
7.5.6.2	Beispiele für die Verwendung des morphologischen Kastens	459
7.6	Methoden zum Gestalten – Variation der Gestalt	459
7.6.1	Direkte Variation der Gestalt	465
7.6.1.1	Variation der Flächen und Körper	466
7.6.1.2	Variation der Flächen- und Körperbeziehungen	468
7.6.1.3	Variation der Stoffart	473
7.6.2	Indirekte Variation der Gestalt	473
7.6.2.1	Variation der stofflichen Eigenschaften im Einzelnen	474
7.6.2.2	Variation des Fertigungs- und Montageverfahrens	474
7.6.2.3	Variation der Bewegungen	476
7.6.2.4	Variation der Kraftübertragung	479
7.6.2.5	Variation der Getriebeart	484
7.6.3	Umkehrung als negierendes Variationsmerkmal	486
7.6.4	Vorgehen beim zeichnerischen Gestalten und Variieren von Lösungen ..	487
7.6.5	Variationsbeispiel Wellenkupplung	491
7.7	Methoden zum Gestalten – Gestaltungsprinzipien	495
7.7.1	Prinzip der Funktionsvereinigung/-trennung	495

7.7.2	Prinzip der Integral-/Differentialbauweise	499
7.7.3	Prinzip des Kraftflusses	502
7.7.4	Prinzip des Lastausgleichs	506
7.7.5	Prinzip der Selbsthilfe	510
7.8	Analysemethoden für Produkteigenschaften	513
7.8.1	Überlegung und Diskussion als Analysemethode	517
7.8.1.1	Methoden zur Schwachstellenanalyse	517
7.8.1.2	Methode der Schadensanalyse	519
7.8.2	Rechen- und Simulationsmethoden, Optimierung, Kennzahlenmethoden .	522
7.8.2.1	Berechnungsarten technischer Sicherheiten	522
7.8.2.2	Weitere rechnerische Analysemethoden	523
7.8.3	Versuchsmethoden	523
7.9	Methoden zum Beurteilen und Entscheiden	528
7.9.1	Zweck und Gültigkeitsbereich der Methoden	528
7.9.2	Eigenheiten und Schwachstellen realer Bewertungs- und Entscheidungsprozesse	529
7.9.3	Hilfen zur Verbesserung der Entscheidungssicherheit	531
7.9.4	Auswahl von Bewertungsmethoden	532
7.9.5	Methoden für die einfache Bewertung	533
7.9.6	Methoden für die intensive Bewertung, Nutzwertanalyse	536
7.9.7	Multikriterielles Bewerten	542
7.10	Methoden zur Informations- und Wissensverarbeitung	544
7.10.1	Zweck und Begründung	544
7.10.2	Informationsgewinnung – Informationsquellen	546
7.10.3	Informationsverarbeitung – Informationsfluss	547
7.10.4	Informationsweitergabe – Dokumentation – Plagiatschutz	550
7.10.5	Formen individueller Informationsverarbeitung und Kommunikation	552
7.10.6	Schutzrecht-Strategie im Produktlebenszyklus	554
8	Entwicklungs- und Konstruktionsbeispiele	559
8.1	Entwicklung einer Fischentgrätzungsmaschine	561
8.1.1	Was zeigt das Beispiel?	561
8.1.2	Aufgabe klären	562
8.1.2.1	Aufgabe analysieren	562
8.1.2.2	Aufgabe formulieren (Anforderungsliste erarbeiten)	563
8.1.3	Funktionen ermitteln	565
8.1.3.1	Gesamtfunktion/Teilfunktionen formulieren	565
8.1.3.2	Funktionsstruktur erarbeiten	565
8.1.4	Lösungsprinzipien suchen	568
8.1.4.1	Physikalische Effekte suchen	568
8.1.4.2	Wirkflächen, Wirkbewegungen, Stoffarten suchen	568
8.1.5	Konzept erarbeiten	570
8.1.5.1	Lösungsprinzipien zu Konzeptvarianten kombinieren	570
8.1.5.2	Orientierende, entwicklungsbegleitende Versuche	570
8.1.5.3	Prototyp gestalten, bauen und testen	570
8.1.5.4	Versuchsergebnisse und Probleme	572
8.1.6	Was kann man daraus lernen?	573

8.2	Neukonstruktion eines Tragetaschenspenders (Dispenser), der ein Marktflop wurde	573
8.2.1	Was zeigt das Beispiel?	573
8.2.2	Ausgangssituation	573
8.2.3	Aufgabe klären	574
8.2.4	Lösungen suchen	574
8.2.5	Lösungen auswählen und verwirklichen	576
8.2.6	Was kann man daraus lernen?	578
8.3	Die Konstruktion einer Wandhalterung – ein nicht optimaler Prozess	579
8.3.1	Was zeigt das Beispiel?	579
8.3.2	Die Konstruktionsaufgabe	580
8.3.3	Versuchsdurchführung	581
8.3.4	Der Konstruktionsprozess der Versuchsperson „Otto“	581
8.3.5	Analyse des Prozesses	585
8.3.6	Was kann man daraus lernen?	586
8.4	Einfacherer Lastausgleich für Planetengetriebe	587
8.4.1	Was zeigt das Beispiel?	587
8.4.2	Ausgangssituation	588
8.4.3	Aufgabe klären	591
8.4.4	Lösungen suchen	592
8.4.5	Lösungen auswählen und verwirklichen	593
8.4.6	Das Entstehen einer Erfindung	594
8.4.7	Das Risiko der Werkstoffwahl	596
8.4.8	Was kann man daraus lernen?	597
8.5	Geräuschgünstiger Unterdruckstellantrieb	597
8.5.1	Was zeigt das Beispiel?	597
8.5.2	Technische Aufgabenstellung	598
8.5.3	Struktur der Beispieldarstellung	599
8.5.4	Aufgabenklärung und erste Lösungsideen	600
8.5.5	Entscheidung zwischen korrigierendem und generierendem Vorgehen ..	604
8.5.6	Suche nach weiteren Lösungen	604
8.5.7	Lösungsanalyse zur Lösungsauswahl	607
8.5.8	Was kann man daraus lernen?	611
8.6	Montagegünstige Konstruktion eines Reihenschalters	612
8.6.1	Was zeigt das Beispiel?	612
8.6.2	Ausgangssituation	613
8.6.3	Konstruktionsablauf	614
8.6.3.1	Lösung L1 (Iteration 1)	615
8.6.3.2	Lösung L2 (Iteration 2)	616
8.6.3.3	Lösung L3 (Iteration 3)	618
8.6.3.4	Lösung L4 (Iteration 4)	619
8.6.4	Was kann man daraus lernen?	621
8.7	Entwicklung einer Pkw-Kennzeichenhalterung	622
8.7.1	Was zeigt das Beispiel?	622
8.7.2	Aufgabe klären	623
8.7.3	Lösungen suchen	625
8.7.4	Lösungen auswählen	628

8.7.5	Lösung	630
8.7.6	Was kann man daraus lernen?	632
8.8	Ein fertigungstechnologisch neues Rohbaukonzept für die Straßenbahn-Plattform Avenio	632
8.8.1	Was zeigt das Beispiel?	632
8.8.2	Ausgangssituation	633
8.8.3	Vorgehensweise im Projekt	634
8.8.3.1	Team	634
8.8.3.2	Organisation, Projektmanagement	634
8.8.3.3	Methodeneinsatz	635
8.8.3.4	IT-Einsatz	635
8.8.3.5	Prinzipielle Vorgehensweise	636
8.8.4	Aufgabe klären	638
8.8.4.1	Aufgabe analysieren	638
8.8.4.2	Aufgabe formulieren, Anforderungsliste erstellen	640
8.8.5	Funktionsstruktur	641
8.8.6	Lösungsprinzipien suchen	642
8.8.6.1	Modularisierungsmöglichkeiten	642
8.8.6.2	Technologiefindung	643
8.8.6.3	Knotenkonzepte	644
8.8.7	Erarbeiten einer Konzeptlösung	647
8.8.7.1	Wagen-Konzept	647
8.8.7.2	Korrosionsschutz-Konzept	649
8.8.8	Prototyp bauen (und testen)	650
8.8.8.1	Wagen-Konzept	650
8.8.8.2	Korrosionsschutz-Konzept	651
8.8.9	Ergebnisse der Umsetzung	653
8.8.10	Was kann man daraus lernen?	654
9	Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren	657
9.1	Kosten konstruieren?	657
9.1.1	Kostensenken aus der Nutzersicht (Lebenslaufkosten, life-cycle-costs)	658
9.1.2	Kostensenken aus Herstellersicht	659
9.1.3	Kostenverantwortung der Konstruktion	662
9.1.4	Probleme beim Kostengünstigen Konstruieren	662
9.1.5	Einflussgrößen auf die Herstellkosten eines Produkts	665
9.2	Vorgehen beim kostengünstigen Konstruieren – zielkostengesteuertes Konstruieren (Target Costing)	672
9.2.1	Ermittlung und Aufspalten des Kostenzieles	674
9.2.2	Suche kostengünstiger Lösungen	678
9.2.3	Konstruktionsbegleitende Kalkulation – Kostenermittlung beim Konstruieren	682
9.2.4	Beispiel für Kostengünstiges Konstruieren: Gehäuse einer Zentrifuge	685
9.3	Integrierend wirkende Methoden und Organisationsformen	690
9.3.1	Fertigungs- und Kostenberatung	691
9.3.2	Wertanalyse	692

9.3.3	Target Costing	695	
9.3.3.1	Grundsätzliches Vorgehen beim Target Costing	695	
9.3.3.2	Beispiel für Target Costing: Betonmischer in Einzel- und Kleinserienfertigung	697	
9.3.4	Kostengünstig Konstruieren mit integrierten Rechnerwerkzeugen	706	
9.3.4.1	Kosteninformationssysteme	706	
9.3.4.2	Anwendung eines Kosteninformationssystems	708	
9.4	Variantenmanagement	714	
9.4.1	Ursachen von Produkt- und Teilevielfalt	715	
9.4.2	Auswirkungen der Produkt- und Teilevielfalt auf Herstellkosten	718	
9.4.3	Analyse der Teilevielfalt	720	
9.4.4	Verringerung der Produkt- und Teilevielfalt	722	
9.4.4.1	Technische Maßnahmen	722	
9.4.4.2	Organisatorische Maßnahmen	725	
9.4.5	Baureihenkonstruktion	725	
9.4.5.1	Normzahlreihen als Hilfsmittel zur Baureihenkonstruktion	727	
9.4.5.2	Grundsätzliches Vorgehen	728	
9.4.5.3	Ähnlichkeitsgesetze als Hilfsmittel zur Baureihenkonstruktion	729	
9.4.6	Beispiel für eine Baureihe	732	
9.4.7	Baukastenkonstruktion	734	
9.4.7.1	Grundsätzliches	735	
9.4.7.2	Aufbau von Baukästen – Begriffe	737	
9.4.7.3	Entwickeln von Baukästen	739	
10	Begriffe	743	
Anhang des gedruckten Buches			753
A1	Erstellen von Funktionsstrukturen	753	
A1.1	Elemente und Symbole	753	
A1.2	Formale Regeln zum Umgang mit den Elementen	755	
A1.3	Inhaltliche Regeln zum Umgang mit den Elementen	758	
A1.4	Erstellen von Funktionsstrukturen	765	
A.2	Verfügbare Konstruktionskataloge	769	
A.3	Strukturierte Methodensammlung (Methodenbaukasten)	771	
Anhang im Internet (Inhaltsangabe) (Adresse im Vorwort)			771
Literatur			773
Stichwortverzeichnis			815