

Inhaltsverzeichnis

1	Vorteile Konstruktionsmethodischen Vorgehens	1
1.1	Zielsetzung (S) ¹	1
1.2	Die Methode der Effektvariation bei erkannten Teilfunktionen (S)	2
1.2.1	Durchführung der Abstraktion	5
1.2.2	Durchführung der Konkretisierung	5
1.2.3	Methode der Variation aller Teilfunktionen mit dem Morphologischen Kasten	5
1.3	Lösungssammlungen und Konstruktionskataloge für das methodische Konstruieren (S)	12
1.4	Rationelles Arbeiten mit dem Morphologischen Kasten	12
1.5	Schrifttum	15
2	Allgemeine Grundlagen der Konstruktionslehre	17
2.1	Die drei Allgemeinen Größen der Konstruktionslehre (S)	17
2.2	Ablaufplan für das methodische Konstruieren	23
2.2.1	Ablaufplan für das Algorithmische Auswahlverfahren zur Konstruktion mit Katalogen (S)	24
2.2.1.1	Aufgabenformulierungsphase	25
2.2.1.2	Funktionelle Phase	26
2.2.1.3	Prinzipielle Phase	26
2.2.1.4	Gestaltende Phase	29
2.2.1.5	Auswirkung von Entscheidungen in einzelnen Phasen	30
2.2.1.6	Überspringen von Konstruktionsphasen	32
2.2.1.7	Einfügen des Konstruktionsablaufs in ein übergeordnetes Vorgehenssystem	32
2.2.1.8	Unterteilung des Ablaufplanes in die Arbeitsabschnitte 1 – 7:	33
	Arbeitsabschnitt 1 (Aufgabenstellung)	33
	Arbeitsabschnitt 2 (Funktionen)	33
	Arbeitsabschnitt 3.1 (Prinziplösungen mit Effekten)	35
	Arbeitsabschnitt 3.2 (Prinziplösungen mit Gestaltelementen)	35
	Arbeitsabschnitt 4 (Gestalt-Module)	36
	Arbeitsabschnitt 5 (Gestalten maßgebender Module)	36
	Arbeitsabschnitt 6 (Gesamtentwurf)	36
	Arbeitsabschnitt 7 (Detaillierung, Produktdokumentation)	36
2.2.2	Variabler Ablaufplan	37
2.2.2.1	Konstruktionsarten	39
2.2.2.2	Beispiel für die Lösungsmöglichkeiten beim Einstieg in verschiedene Konstruktionsphasen	40
2.2.2.3	Vergleich mit anderen Ablaufplänen	42
2.2.3	Einfluß der Vernetzung von Funktions- und Baustrukturen auf die Vorgehensweise	45
2.2.4	Mögliche Vorgehensweisen bei Vereinigung mehrerer Arbeitsabschnitte, Vorgehens-Strategien I-VI (S)	47

XII	Inhaltsverzeichnis	
2.2.5	Eine effektive Variantenerzeugung- und Variantenauswahl-Methode für verschiedene Vorgehens-Strategien (S)	49
2.3	Schrifttum	50
3	Methodisches Formulieren der Aufgabenstellung	53
3.1	Produktdarstellende Modelle für die Phasenabschnitte des Ablaufplans (S)	54
3.2	Hilfen zur Aufgabenformulierung (S)	57
3.2.1	Die Aufgabenstellung (S)	58
3.2.2	Der Hauptaufgabensatz (S)	59
3.2.3	Die Anforderungsliste (S)	64
3.2.4	Verfahren zur Aufstellung von Anforderungslisten	66
3.2.4.1	Produktfrageliste (Anforderungsliste I)	66
3.2.4.2	Analyse der Produktumgebung (Anforderungsliste II)	67
3.2.4.3	Analyse der Lebenslauf-Phasen des Produkts (Anforderungsliste III)	69
3.3	Schrifttum	80
4	Methodisches Ermitteln der Funktionen und der Funktionsstrukturen	81
4.1	Soll-Funktionen und Funktionsstrukturen	81
4.2	Gesamtfunktions-Modell	81
4.3	Die Allgemeinen Funktionen, die Allgemeine Funktionsstruktur AFS	81
4.3.1	Darstellungsmöglichkeit aller technischen Systeme mit Allgemeinen Funktionen (S)	83
4.3.2	Elementare Funktionseinheit (S)	85
4.3.3	Beziehungen der Allgemeinen Größen	88
4.3.3.1	Trägerfunktion	88
4.3.3.2	Allgemeine Größen als Ein- und Ausgangsgrößen des Systems	88
4.3.3.3	Allgemeine Größen als aktive Größen zur Erzeugung technischer Gebilde	88
4.3.4	Arbeiten mit Allgemeinen Funktionen (S)	88
4.3.5	Erweiterter Gültigkeitsbereich der Allgemeinen Funktionsstruktur für alle Funktionseinheiten mit ähnlichen Aufgaben	90
4.3.6	Variationsmöglichkeiten der Allgemeinen Funktionsstruktur	92
4.4	Verschiedene Funktionsstrukturen	92
4.4.1	Das Allgemeine Flußbild für Stoff, Energie und Information	92
4.4.2	Die Intensitäts-, Quantitätsgrößen-Funktionsstruktur IQF (S)	94
4.4.3	Gesamtfunktions-Element	94
4.5	Verschiedene Funktionsstrukturen, Übergang der Soll-Funktionen	94
4.6	Das Logische Getriebe-Modell, Logische Funktionsstrukturen (S)	96
4.6.1	Allgemeine Einsatzvoraussetzungen (S)	96
4.6.2	Logische kombinatorische Funktionen und Getriebe	97
4.6.2.1	Logische kombinatorische Funktionen (S)	98
4.6.2.2	Logische kombinatorische Getriebe	99
4.6.3	Logische sequentielle Funktionen und Getriebe (S)	100
4.7	Beispiele für logische Gesetzmäßigkeiten und Funktionsstrukturen	102
4.8	Schrifttum	106
5	Physikalische Realisierung der Funktionen und methodisches Entwerfen der Lösungsprinzipien	107
5.1	Das „Funktions-Effektgesetz“	107
5.2	Mögliches Vorgehen in der Prinzipiellen Phase (S)	107
5.3	Entwickeln des Lösungsprinzips von der Allgemeinen Funktionsstruktur ausgehend	111
5.4	Entwickeln des Lösungsprinzips, von den Intensitäts- und Quantitätsgrößen ausgehend (S)	111

5.5	Realisieren des Lösungsprinzips mit der Speziellen Funktionsstruktur (S)	113
5.5.1	Die Funktionsgrößen-Matrix (S)	114
5.5.2	Sammlung physikalischer funktioneller Zusammenhänge	117
5.5.3	Schrifttum zu den physikalischen Gleichungen im Bild 5.8	135
5.6	Entwickeln von Lösungsprinzipen mit der Logischen Funktionsstruktur	136
5.6.1	Mechanische Prinzipien zur Realisierung Logischer Funktionen	136
5.6.2	Logische, mechanische Getriebeprinzipien (S)	136
5.6.3	Mechanische RS-Kippglieder (RS-Flipflops)	138
5.6.4	Mechanische bistabile T-Kippglieder (T-Flipflops)	139
5.6.5	Mechanismen für Logische Funktionen (S)	140
5.6.6	Beispiel für die Entwicklung eines mechanischen logischen Getriebes (Autotür-Kindersicherung)	144
5.7	Schrifttum	149
6	Methodisches Konstruieren der Gestalt	150
6.1	Von der Wirkstruktur zur Körperkontur	150
6.1.1	Mögliche Veränderungen	150
6.1.2	Konturausbildung	150
6.1.3	Querschnittsusbildung	152
6.1.4	Regeln für die Querschnittsdimensionierung	154
6.1.5	Prinzipien günstiger Kraftleitung (S)	154
6.1.5.1	Kraftversetzung	154
6.1.5.2	Kraft versetzen beim Stabwerk	157
6.1.5.3	Kräfte beim virtuellen „Stabwerk“ innerhalb der Teilekontur	158
6.1.5.4	Leichte Konstruktionen durch Vermeiden von Biegebeanspruchungen	164
6.1.5.5	Starrheit bei Netzen, Stabkörpern und Stützkräften	164
6.1.5.6	Kraftflußverdichtung	164
6.2	Struktur- und Gestaltoptimierung mit Hilfe verschiedener Vorgehensmethoden	166
6.2.1	Variieren (S)	166
6.2.1.1	Definition	166
6.2.1.2	Erläuterung	166
6.2.1.3	Variationen der Körperausbildung	167
6.2.1.4	Variation der Anordnung	167
6.2.2	Abstrahieren und Konkretisieren (S)	170
6.2.2.1	Definition	170
6.2.2.2	Theoretisches Beispiel mit Venn-Diagramm	170
6.2.2.3	Praktisches Beispiel für feste Verbindungen	170
6.2.2.4	Konkretisieren	171
6.2.2.5	Methode; Abstrahieren und Konkretisieren	171
6.2.3	Iterieren (S)	171
6.2.3.1	Anwenden beim Konstruieren	171
6.2.3.2	Definition	171
6.2.3.3	Beispiel	172
6.2.4	Betrachtungsfeld ändern	174
6.2.4.1	Begründung	174
6.2.4.2	Definition	174
6.2.4.3	Beispiel	174
6.2.5	Gliedern in Bauteile (S)	175
6.2.5.1	Notwendigkeit	175
6.2.5.2	Beispiel	176
6.2.6	Symmetrische Bauweisen (S)	176
6.2.6.1	Zweck der Ausführungen	176
6.2.6.2	Symmetrie, Symmetrielage, Symmetricoperation	177
6.2.6.3	Ausführung von Symmetricoperationen	177
6.2.6.4	Inverse Symmetrieoperationen	180
6.2.6.5	Symmetrieanwendung beim methodischen Konstruieren	180
6.2.6.6	Symmetrie und Redundanz	180
6.2.6.7	Symmetrie bei Kraftübertragungen	182
6.2.6.8	Symmetrien bei wichtigen Elementenpaarungen	182
6.2.6.9	Symmetrien bei festen Verbindungen	182

6.2.6.10	Symmetrie, Asymmetrie	182
6.2.6.11	Stab-, Streifen- und Netzsymmetrien	183
6.2.6.12	Symmetrien durch Streckung	183
6.2.6.13	Symmetriegruppen	183
6.2.6.14	Gruppentafel, konjugierte Klassen	185
6.2.6.15	Symmetrie und Komplexität (S)	185
	1. Die Komplexität der geometrischen Form von Teilen	186
	2. Maßangaben und Operationen zur Darstellung technischer Teile	187
	3. Symmetrie als Maß für die Regelmäßigkeiten von Körpern	190
	4. Verhältnis von Symmetrie und Komplexität	190
6.2.7	Beachtung von Konstruktionsregeln	195
6.2.7.1	Einordnung in den Konstruktionsablauf	195
6.2.7.2	Gebrauch der Regeln	195
6.2.7.3	Gültigkeit der Regeln	196
6.3	Funktions- und gestaltungsgerechtes Konstruieren (S)	196
6.3.1	„Gerechtes“ Konstruieren	196
6.3.2	Funktionsgerechtes Konstruieren	196
6.3.3	Gestalt- und designgerechtes Konstruieren (S)	198
6.3.3.1	Designgerecht	198
6.3.3.2	Ergonomiegerecht	198
6.3.3.3	Regeln für das gestaltgerechte Konstruieren im Bereich des Industrial Design	200
6.3.4	Wirkanordnungs- und Gestaltanordnungsgerechtes Konstruieren	201
6.3.4.1	Wirkstruktur-Anordnung	201
6.3.4.2	Anbindung der Wirkflächen	202
6.3.4.3	Übergangsformen, Wirkfläche, Wirkraum (S)	203
6.3.4.4	Beurteilung der Wirkflächenanbindungsformen	203
6.3.4.5	Wirkraumgestaltung (S)	205
6.3.5	Gestaltungsgerecht Konstruieren für Montierbarkeit (S)	205
6.3.6	Gestaltungsgerecht Konstruieren bezüglich der menschlichen Sicherheit (S)	206
6.3.7	Fertigungs- und toleranzgerecht Konstruieren	206
6.3.7.1	Gießgerechtes Konstruieren	209
6.3.7.2	Umformgerechtes Konstruieren	212
	1. Allgemein	212
	2. Die Verfahren der Untergruppen des Umformens	214
	3. Konstruktionsregeln für Schneiden und Fließpressen	216
	4. Konstruktionsregeln für Blechumformen	216
6.3.7.3	Konstruktionsregeln für spannungsgerechtes Konstruieren	216
	1. Konstruktionsregeln für Bohren, Drehen, Fräsen	220
	2. Konstruktionsregeln für schleifgerechte Werkstückgestaltung	220
6.3.7.4	Fügegerechtes Konstruieren	220
	1. Allgemeines	220
	2. Die Verfahren der Untergruppen des Fügens (Auflegen, Schweißen, Weben usw.) (S)	221
	3. Auswahl fügegünstiger Verbindungen	226
6.3.7.5	Recyclinggerecht Konstruieren (S)	226
	1. Zunehmende Bedeutung geschlossener Wiederverwertungs-Kreisläufe	226
	2. Ein Recyclingmodell	227
	3. Demontagefreundliche Verbindungen	230
	4. Wichtige Recyclingverfahren	230
	5. Recyclingformen	232
	6. Wichtige Verfahren zur Aufbereitung von Abfall- bzw. Altstoffrecycling	232
	7. Regeln zum recyclinggerechten Konstruieren	233
6.4	Funktionsintegration und Funktionstrennung (S)	234
6.4.1	Mögliche Arten der Funktionsintegration	237
6.4.2	Beispiele für die verschiedenen Arten der Funktionsintegration	242
6.4.3	Systematisches Vorgehen bei der Funktionsintegration (S)	245
6.4.4	Funktionstrennung (S)	247
6.5	Schrifttum	249

7	Aufbau von Maschinen, Geräten und Apparaten	252
7.1	Die besonderen Aufgaben der drei Allgemeinen Größen ,Stoff, Energie, Information bei technischen Systemen	252
7.2	Zusammensetzung aus Funktionsteilen und Funktionseinheiten	253
7.3	Die Maschinenelemente (S)	253
7.3.1	Vielfachfunktionen der einteiligen Maschinenelemente	253
7.3.2	Funktionen mehrteiliger Maschinenelemente	255
7.3.3	Führungen (S)	255
7.3.4	Die Zusammensetzung von Maschinen aus Wirkelementen, Maschinenelementen und Funktionseinheiten	259
7.3.5	Der grundsätzliche Funktionsaufbau von Maschinen	259
7.3.5.1	Aktive, passive Maschinensysteme	259
7.3.5.2	Aufbau der Stoff, Energie und Information umsetzenden technischen Systeme (S)	260
7.3.5.3	Aufgliedern komplexer Einheiten (Maschinen) in einfache Einheiten	263
7.4	Größenänderung von Teilen und Maschinen, Auswirkung der Modellgesetze (S)	265
7.4.1	Bedeutung der Größenänderung	265
7.4.2	Modellgesetze	265
7.4.2.1	Statische Ähnlichkeit (Beispiel: Knicklast der Hauptausführung)	267
7.4.2.2	Dynamische Ähnlichkeit (Newton, Froude, Cauchy)	268
7.4.3	Physikalisch-technische Zusammenhänge bei Veränderung der absoluten Längenmaße (S)	270
7.4.3.1	Längen-, Rauminhalt- und Massenverhältnis	270
7.4.3.2	Oberflächen-Rauminhaltsverhältnis, allgemein (S)	272
	1. Auswirkungen von Abmessungsänderungen bei Maschinen und Lebewesen	272
	2. Auswirkungen von Abmessungsänderungen auf Einzelteile (bezüglich Oberfläche, Volumen, Trägheitsmoment usw.)	274
7.4.3.3	Das Oberflächen-Rauminhaltverhältnis von Quader, Zylinder und Kugel (S)	277
	1. Bei gleichen Maßgrößen für die Vergleichskörper	277
	2. Bei gleichgroßen Rauminhalten der Vergleichskörper	280
7.4.3.4	Oberflächen-Rauminhaltverhältnis bei veränderlichen Körpermaßen von Quader, Zylinder und Kugel	280
	1. Oberflächen-Rauminhaltverhältnis A/V, abhängig von den Körpermaßen, konstanten Rauminhalten der Oberflächen bei Quader und Zylinder	280
	2. Oberflächen-Rauminhaltverhältnis A/V bei konstanten Rauminhalten	281
	3. Oberflächen-Rauminhaltverhältnis A/V bei konstanten Oberflächen	283
7.4.3.5	Durchbiegeverhältnis von Teilen bei partieller Verkleinerung der Abmessungen	285
7.4.3.6	Das Toleranz-Längenverhältnis bei Abmessungsänderungen (S)	289
7.4.3.7	Ermitteln der Laufgeschwindigkeit von Dinosauriern mit Hilfe der Froudeschen Ähnlichkeitsbetrachtungen	292
7.5	Aufbau von Geräten mit zentraler Steuerung (S)	295
7.5.1	Oberflächen von Geräten	295
7.5.2	Einteilung der Gerätetypen	296
7.5.3	Mechanische Anzeigeelemente und Sensoren	297
7.5.4	Besondere Bedeutung mechanischer Bedienelemente	298
7.5.5	Sondergetriebe in mechanischen Aktoren	300
7.6	Schrifttum	300
8	Neue Modelle zur rechnerunterstützten und zur methodischen Vorgehensweise	301
8.1	Gegenüberstellung der Elemente für Funktionsstrukturen	301
8.2	Die Vektorielle Funktionsstruktur	303
8.2.1	Festlegungen für Vektorielle Funktionselemente	304

8.2.2	Verknüpfungen Vektorieller Funktionselemente	306
8.2.2.1	Verknüpfung von Kräften und Momenten	306
8.2.2.2	Verknüpfung von Geschwindigkeiten	306
8.2.3	Verknüpfungen von kombinierten Ein- und Zweipunktgrößen	310
8.3	Erzeugen von Spannungsringen, Spannungssegmenten und Kraftfeldanordnungen (S)	312
8.3.1	Das Erzeugen und Aufrechterhalten von Kraftwirkungen	312
8.3.2	Der Spannungsring und seine für die Konstruktion wichtigen Eigenschaften (Sätze) (S)	315
8.3.3	Spannungsringe und Spannungssegmente	317
8.3.3.1	Aufbau der Spannungsringe und Spannungssegmente	317
8.3.3.2	Arten von Spannungsringen und Spannungssegmenten	319
8.3.3.3	Drei Betriebszustände von Getriebeketten (S)	325
8.3.3.4	Praktische Beispiele für Getriebeanordnungen	326
8.3.4	Statische elastische Spannungsringe	327
8.3.5	Laden, Geladenhalten und Entladen der Spannungsringsspeicher	334
8.4	Die Geometrische Funktionsstruktur	336
8.4.1	Eigenart und Zweck (S)	336
8.4.2	Die Elemente der Geometrischen Funktionsstruktur	337
8.4.2.1	Wirkraum-Funktionen (S)	337
8.4.2.2	Wirkflächenpaar-Funktionen	339
8.4.2.3	Quellenelemente	343
8.4.2.4	Feldelemente	343
8.4.3	Operationen mit Struktur-Funktions-Elementen	344
8.4.3.1	Das Variieren	344
8.4.3.2	Das Verbinden (S)	344
8.4.3.3	Das Trennen (S)	344
8.4.3.4	Das Zusammenfassen	348
8.4.3.5	Das Unterteilen	348
8.4.3.6	Beispiele für Operationen (S)	348
8.4.3.7	Zusammensetzen mit Elementenpaarungen bzw. Gelenken	350
8.4.4	Zusammensetzen der Elemente zu technischen Gebilden und Maschinen-Elementen (S)	352
8.4.4.1	Rückgriff auf funktionelle Gestaltstrukturen (S)	355
8.4.4.2	Geschlossene ebene Ketten	258
8.4.5	Übergang von der Struktur- zur Konturdarstellung statischer Gebilde mit Struktur-Funktions-Elementen (S)	363
8.4.6	Konstruieren mit Vektoriellen und Geometrischen Funktionsstruktur	367
8.5	Konstruieren mit Schaltsymbolen (Vorgehens-Strategien) (S)	370
8.5.1	Anwendung für bestimmte Konstruktionsarten	370
8.5.2	Festlegung der Konstruktions-Strategie durch Anwendung bestimmter Schaltsymbole	371
8.5.2.1	Schaltzeichen	371
8.5.2.2	Informationsumsetzung	371
8.5.2.3	Energieumsetzung	372
8.5.2.4	Gleichzeitiger Stoff- und Energieumsatz	374
8.5.2.5	Vorgehens-Strategien und Produktarten (S)	375
8.5.3	Übergang von Vorgehens-Strategie IV zu Strategie I	375
8.5.3.1	Festlegen der Funktion	375
8.5.3.2	Finden der Effekte	375
8.5.3.3	Suche nach Gestalt-Lösungsprinzipien	376
8.5.3.4	Endgültige Gestaltfindung	376
8.5.4	Die Schaltzeichen als Produkt-Modelle für den Konstruktionsablauf	378
8.6	Beispiele für den Einsatz verschiedener Vorgehens-Strategien (S)	378
8.6.1	Beispiel: Entwickeln eines neuen Wagenhebers (Vorgehens-Strategie I)	380
8.6.2	Entwickeln von Produkten mit Vorgehens-Strategien II bis VI	383
8.6.2.1	Vorgehen nach Strategie II (Maschinenbau) (S)	383
8.6.2.2	Vorgehen nach Strategie III (Elektrotechnik)	384
8.6.2.3	Vorgehen nach Strategie IV (Fluidtechnik)	384
8.6.2.4	Vorgehen nach Strategie V (Mikrotechnik, Makrotechnik, Maschinenbau)	384

8.6.2.5	Vorgehen nach Strategie VI (alle Techniken)	385
8.6.2.6	Wahl der Vorgehens-Strategie (S)	385
8.7	Schrifttum	385
9	Die Theorie der Logischen Schluß-Matrix	387
9.1	Aufbau der logischen Schluß-Matrix (S)	387
9.2	Belegungsmöglichkeiten der Schluß-Matrix, Transformationen	388
9.3	Stützpunkte, Gestaltbestimmung	391
9.4	Bewegungssperrung und Bewegungsfreiheit durch Berührung und Nichtberührung, Boolesche Kategorien	397
9.5	Logische Operationen mit Schluß-Matrizen	398
9.5.1	Erfüllung der Huntington'schen Axiome durch Elementenpaare	398
9.5.1.1	Kommutativgesetz	398
9.5.1.2	Zwei distributive Gesetze	398
9.5.1.3	Neutrale Elemente	398
9.5.1.4	Existenz eines inversen Elements	400
9.5.2	Die allgemeinen Regeln zur Festlegung „konjunktiver“ und „disjunktiver“ Verknüpfung von Elementenpaarungen	402
9.5.3	Anschauliche Darstellung der Gültigkeit von Booleschen Operationen für Elementenpaare (S)	403
9.5.4	Logische Verknüpfung und Zerlegung von Schluß-Matrizen (S)	404
9.6	Logische Operationen mit Schluß-Matrizen bei großer Teilezahl (S)	406
9.7	Schluß-Matrizen für gekoppelte Bewegungen	408
9.7.1	Interpretation der Kopplungsschreibweise (S)	408
9.7.2	Die Neigungskopplung	409
9.7.3	Die Schraubkopplung	411
9.7.4	Die Wälzkopplung	412
9.7.5	Die Kopplung der zwangsläufig geführten Rotation	413
9.8	Verknüpfung von Schluß-Matrizen, welche Kopplungsbedingungen enthalten	414
9.8.1	Verknüpfung bei den verschiedenen Kopplungsarten	415
9.8.1.1	Verknüpfen von Neigungskopplungen	415
9.8.1.2	Verknüpfen von Schraubkopplungen	419
9.8.1.3	Verknüpfen von Wälzkopplungen	420
9.8.1.4	Verknüpfen von Rotationskopplungen	420
9.8.2	Zwangsläufige Bewegungen durch Verknüpfen gekoppelter Elementenpaarungen	421
9.9	Die Schlußarten-Matrix (S)	423
9.9.1	Montage und Sicherung	423
9.9.2	Eigenschaft der Schlußarten	424
9.9.3	Die Sicherung der Verbindungen durch Berührungsschluß (S)	426
9.9.4	Sicherung gegen Demontage durch Kraftschluß	426
9.10	Schrifttum	430
	Sachverzeichnis	433