

und fallabhängiger Disposition, müssen aber von Zeit zu Zeit auf ihre Effizienz überprüft werden. „Es gibt zu viele starre und schwerfällige Strukturen, die zu wenig flexibel rasche Reaktionen verhindern“ [9/4].

Erfahrungen in der **Lehre** aus dem Bereich der Entwicklung und Konstruktion haben gezeigt, dass auch schon der Einsatz allgemeiner Vorgehenspläne (wie in Bild 5.8 oder 6.12) für eine beschleunigte Einarbeitung und Know-how-Übernahme sehr hilfreich ist. Über die Konstruktion und Entwicklung hinaus wäre es interessant, über allgemeine Vorgehenspläne zur gesamten Produkterstellung als Basis für die Lehre zu verfügen.

4.1.6 Praxisbeispiel einer Produkterstellung: Heizgerät

Zweck des Beispiels

Das Beispiel soll zeigen, wie bei der üblichen konventionellen Produkterstellung Probleme entstehen können: Probleme aus ungenügender Zielsetzung, Mängel im Informationsaustausch, Mängel in der Ablaufplanung. Das Beispiel zeigt aber auch, wie man versucht, daraus zu lernen und durch Teamarbeit die Integration zu verbessern. Das Beispiel soll zusammen mit Kapitel 4.1.7 die Notwendigkeit zu mehr Integration in der Produkterstellung (Kapitel 4.2) aufzeigen.

Gesamtaufgabe

Ein größerer Hersteller von Zusatzheizungen für Kraftfahrzeuge (im Weiteren als Stammhaus bezeichnet) hatte einen kleineren, in Probleme geratenen Wettbewerber (im Weiteren als Zweigwerk bezeichnet) übernommen. Dieses örtlich weit entfernte Zweigwerk war auf dem Marktsegment Luftzusatzheizungen tätig, in dem das Stammhaus verstärkt Fuß fassen wollte. Dies sollte mit einer weitgehend neu zu entwickelnden Luftzusatzheizung geschehen, die sich durch bessere Funktionen und geringere Kosten gegenüber dem Wettbewerb abheben sollte.

Technik

Der Aufbau und die Funktionsweise des Heizgeräts stellte sich nach mehreren Konzeptverwerfungen und -änderungen wie folgt dar (vgl. Bild 4.19): Die Heizluft wird durch ein Heizluftgebläse angesaugt und durch das Heizgerät gefördert. Beim Passieren des Wärmeübertragers wird die Heizluft erwärmt. Die Brennluft wird vom Brennluftgebläse angesaugt und durch ein Luftführungssystem in die Brennkammer geleitet. Für einen optimalen Wärmeübergang liegt der Brenner mittig im Wärmeübertrager. Die Brennluft wird durch mehrere Löcher im Blechmantel der Brennkammer in den Brenner geleitet.

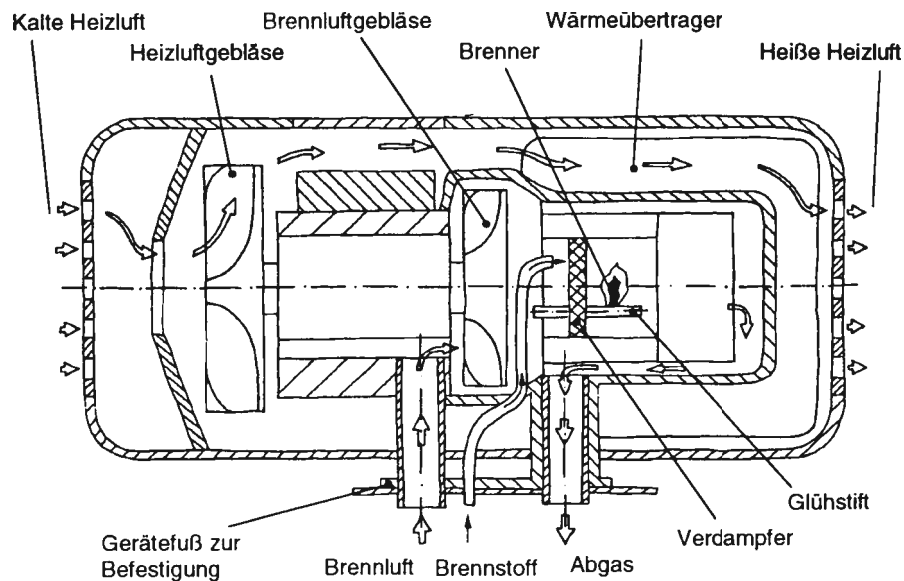


Bild 4.19 Das Heizgerät und seine Komponenten

Der Brennstoff wird von der Kraftstoffdosierpumpe aus dem Fahrzeugtank durch die Zuleitung dem Verdampfer bzw. Brenner zugeführt. Beim Durchtritt durch den Verdampfer wird der Kraftstoff durch Wärmerückführung aus der Brennkammer verdampft. Im Brenner werden dann der Kraftstoffdampf und die Brennluft miteinander vermischt. Durch den Glühstift wird die Verbrennung eingeleitet und das Kraftstoff-Luft-Gemisch zur Zündung gebracht. Die heiße Brennluft wird anschließend am Boden des Wärmeübertragers umgelenkt und strömt entgegen der Strömungsrichtung der Heizluft durch den Wärmeübertrager zum Abgasrohr. Ein elektronisches Steuergerät hat die Aufgabe, den gesamten Heizprozess zu regeln und zu überwachen. Als Sensoren dienen hierbei ein Flammwächter, ein Überhitzungsschutz und ein Temperaturfühler in der Ansaugluft.

Die gesamte Zusatzheizung ist vom Hersteller den Kundenwünschen entsprechend in das übergeordnete „System“ Kraftfahrzeug mit entsprechend komplexen Randbedingungen einzubinden.

Phase A

Die Entwicklung bzw. Erstellung der Zusatzheizung begann mit der Vorgabe der ersten Anforderungen an das Produkt von der Unternehmensleitung bzw. vom Vertrieb des Stammhauses (Bild 4.20). Es wurde im neuen Zweigwerk entwickelt, wobei die Projektleitung ihren Sitz im Stammhaus hatte. Wohl auch durch die große örtliche Trennung von Entwicklung und Projektleitung und dem damit einhergehenden mangelhaften Informationsaustausch erschien es längere Zeit so, als

ob die Entwicklung im neuen Zweigwerk ohne größere Probleme abliefe. Bei der Vorstellung bzw. Erprobung der ersten Prototypen nach etlichen Monaten zeigte sich jedoch, dass das System nicht den tatsächlichen Marktanforderungen entsprach und deutliche funktionelle Probleme mit den separaten Antrieben für Brennstoff- und Heizluftförderung auftraten. Überdies waren die Marktanforderungen nicht ausreichend erfasst bzw. beachtet worden, ferner fiel im Dauertest eine zentrale Komponente, der Verdampfer, sehr häufig aus. 16 Monate Entwicklungszeit waren in der Phase A inzwischen verstrichen.

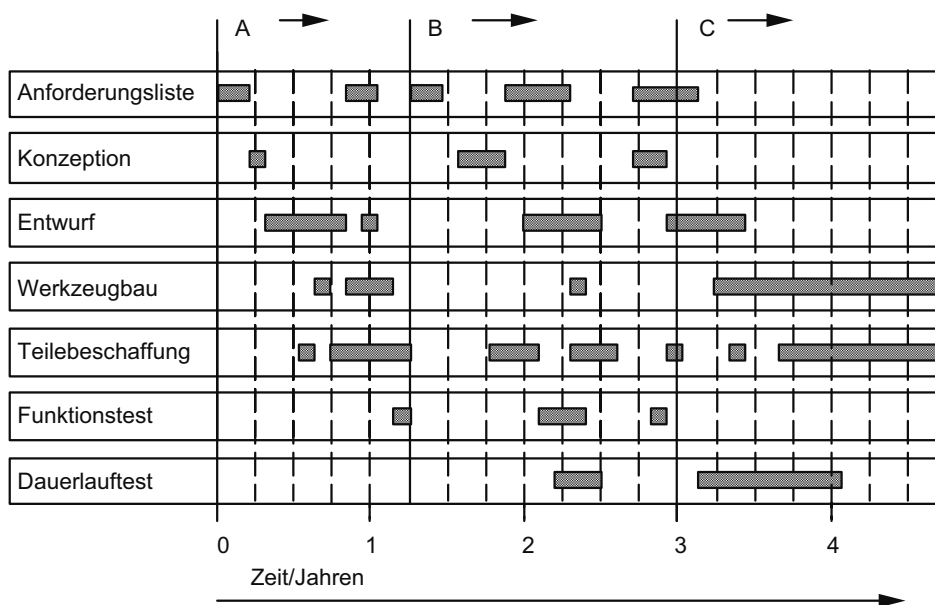


Bild 4.20 Projektablauf in der Übersicht

Phase B

Als Folge wurde unter neuer Leitung im Stammhaus eine genauere Marktanalyse durchgeführt, um die Anforderungen an das Produkt besser zu klären. Ferner erfolgte eine eingehende Schadensanalyse des im Dauertest häufig versagenden Verdampfers. Dabei zeigte sich, dass für eine zentrale Teilfunktion, die Brennstoff- und Heizluftförderung, ein neues Prinzip mit zwei separaten Antrieben angewandt wurde, ohne dass dessen Risiken durch entsprechende Voruntersuchungen ausreichend abgeschätzt worden waren. Konstruktions-FMEAs, Risikoabschätzungen oder umfassendere Versuche bzw. Simulationen zur Eigenschaftsfrüherkennung waren unzureichend durchgeführt worden. Das angewandte Prinzip war für die vorliegende Aufgabe nicht geeignet. Deshalb musste das Gesamtkonzept für das Produkt verworfen werden.

Da sich die große räumliche Entfernung von Entwicklung und Projektleitung nicht bewährt hatte, wurde die Entwicklung in das Stammhaus verlagert, um dort mit neuer Leitung und verstärkter bzw. geänderter Mannschaft die Entwicklung in einem klarer definierten Projekt fortzusetzen. In diesem Zusammenhang wurde auch die Organisationsstruktur vollständig umgebaut. Es wurde ein interdisziplinäres Team geschaffen, in dem u. a. der Vertrieb, das Controlling, die Arbeitsvorbereitung sowie Mitarbeiter aus den betroffenen Fachabteilungen für bestimmte Zeiträume eingebunden wurden. Hilfsmittel zur Projektsteuerung wurden eingesetzt, das Projekt bis zum Serienanlauf durchgeplant. Der geplante Serienanlauf musste trotzdem verschoben werden. Zur Unterstützung und der Verwirklichung einer „integrierten Produkterstellung“ wurde die Zusammenarbeit mit einer Unternehmensberatung aufgenommen.

Der weitere Projektfortschritt im Stammhaus bis zur ersten Produktionsvorserie gestaltete sich wie in Bild 4.21 bzw. im Folgenden dargestellt (die beschriebenen Teilschritte waren teilweise stark ineinander verschachtelt):

Die Entwicklungsarbeit im Stammhaus begann mit einer ausführlichen Überarbeitung der Anforderungsliste (Teilschritt 2). Hierbei wurden die Ergebnisse aus Patentrecherche, Marktanalyse, Schadensanalyse und die Vorgaben aus der Fahrzeugindustrie eingearbeitet. An diesem Anforderungskklärungsprozess war neben der Entwicklung insbesondere die Vertriebsabteilung beteiligt. In diesem Zusammenhang tauchte z. B. das Problem auf, dass der Vertrieb nicht genügend Benzintproben aus dem Ausland beschafft hatte.

Erste Entwürfe wurden durch die Entwicklung angefertigt (Teilschritt 3). Controlling und Vertrieb führten eine erste Wertanalyse durch. Zu den Wertanalysen merkte das Controlling an, dass es lästig sei, wegen „Pfennigbeträgen“ einen Berg an Formalismus bewältigen zu müssen. Die hierfür auftretenden Kosten würden dabei manchmal die gewünschten Einsparungen übersteigen.

Es folgte die Vorbereitung für den Bau eines Erprobungsgeräts mit Angebotseinholung und Bestellung von Musterteilen (Teilschritt 4). In der Konstruktion wurden detailliertere Entwürfe angefertigt. Das Projektteam führte eine Risikobetrachtung durch, und die Konstruktion berechnete die erforderlichen Toleranzen. Das Erprobungsgerät wurde montiert (Teilschritt 7), danach wurde es Funktionstests und firmenintern genormten Prüfungen unterworfen, und zwar für die Freigaben bzgl. Vertrieb, Systementwicklung, Einkauf, Arbeitsvorbereitung, Qualität und Entwicklung E-Technik. Unter Mitwirkung aller Abteilungen wurden die Bauteil- und Komponentenanforderungslisten genau festgelegt (Teilschritt 9). Des Weiteren erfolgte eine Konzeptbestätigung über eine Risikobetrachtung, in die ebenfalls alle Abteilungen eingebunden waren (Teilschritt 10).

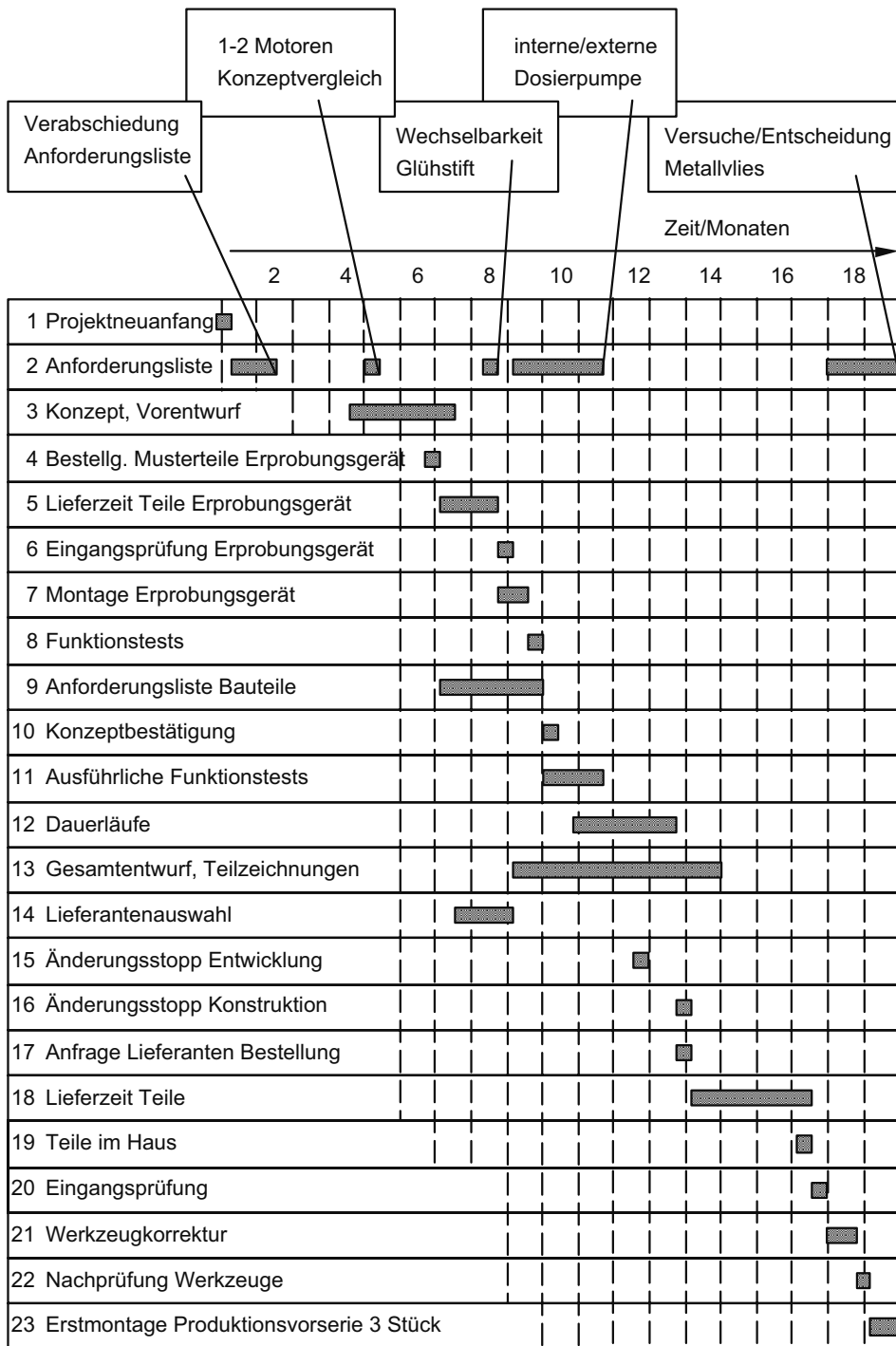


Bild 4.21 Detaillierter Ausschnitt aus dem Projektplan, Phase B

In diesem Zusammenhang dienten ausführliche Funktionstests und Dauerläufe durch den Versuch und die Konstruktion der Untermauerung der Risikoabschätzungen (Teilschritte 11/12). Dabei wurde wegen Komplikationen mit dem Leerlaufen der Kraftstoffleitung und nicht gelösten Temperaturproblemen das Gesamtkonzept erneut verworfen und zu einer Variante mit externer Dosierpumpe zurückgekehrt. Hier zeigte sich wiederum, dass die Qualitätssicherung und auch der Versuch zu wenig und zu spät in den Entstehungsprozess eingebunden waren, der Informationsaustausch zwischen den Abteilungen also ungenügend war.

Ausgehend von den festgestellten Schwachstellen bzw. Erfahrungen wurde wieder entsprechend umkonstruiert, die Konstruktion fertigte Stücklisten und Fertigungszeichnungen an. Die Arbeitsvorbereitung erarbeitete unter Mitwirkung der Qualitätssicherung die Arbeitspläne (Teilschritt 13). Parallel dazu erfolgte die Angebots-einholung und Auswahl der Lieferanten vorwiegend durch den Einkauf und die Arbeitsvorbereitung (Teilschritt 14).

Zur Absicherung des zum jetzigen Zeitpunkt im Projektverlauf vorgesehenen Änderungsstopps für die Entwicklung wurde der momentane Entwicklungsstand durch eine Risikobetrachtung bzw. Toleranzrechnung überprüft. Anschließend erfolgte die Werkzeugbestellung (Teilschritt 17). Die Werkzeuge wurden von der Qualitätssicherung und dem Versuch in Abstimmung mit dem Projektteam einer Eingangsprüfung unterzogen und teilweise korrigiert. In einem weiteren Schritt erfolgten die Nachprüfung und die Freigabe der Werkzeuge (Teilschritte 20/21/22).

Parallel dazu erfolgte auch die endgültige Bestellung der Zulieferteile, wobei selbst in dieser späten Phase noch Unsicherheiten bzgl. der Verwendung eines Metallvlieses als Verdampfer bestanden. Versuche hierzu wurden noch durchgeführt, während drei Zusatzheizungen der Produktionsvorserie bereits montiert wurden (Teilschritt 23). Schwierigkeiten bei der Montage zeigten, dass auch die Arbeitsvorbereitung nicht genügend bzw. zu spät in den Entwicklungsprozess integriert worden war.

Phase C

In der Phase C (siehe Bild 4.20) konnte die Luftzusatzheizung schließlich zur Serienreife weiterentwickelt werden.

Zusammenarbeit und Informationsfluss

Die insgesamt auffälligen Abstimmungsprobleme in dem Projekt wurden mit einer eingehenden Informationsfluss- bzw. Kommunikationsanalyse näher hinterfragt. Hierbei wurden alle Mitarbeiter des Projektteams rechtzeitig gebeten, über sämtliche von ihnen geführten Gespräche in einem zweiwöchigen Zeitraum Buch zu führen. In entsprechenden Formularen waren Zeitpunkt, Gesprächspartner, Initiator, Dauer und Anlass der Gespräche zu notieren. Eine Auswertung dieser Erhe-

bung ist in Bild 4.22 dargestellt. Das Bild zeigt sternförmig aufgetragen die Gespräche des im mittleren Kreis genannten Mitarbeiters (Entwickler Wärmetauscher), wobei die Darstellung Folgendes anzeigt:

- die Pfeilstärke gibt die gesamte Gesprächsdauer an,
- die Pfeilrichtung verdeutlicht, wer das Gespräch initiierte und
- die Zahl am Pfeil symbolisiert die Anzahl der geführten Gespräche.

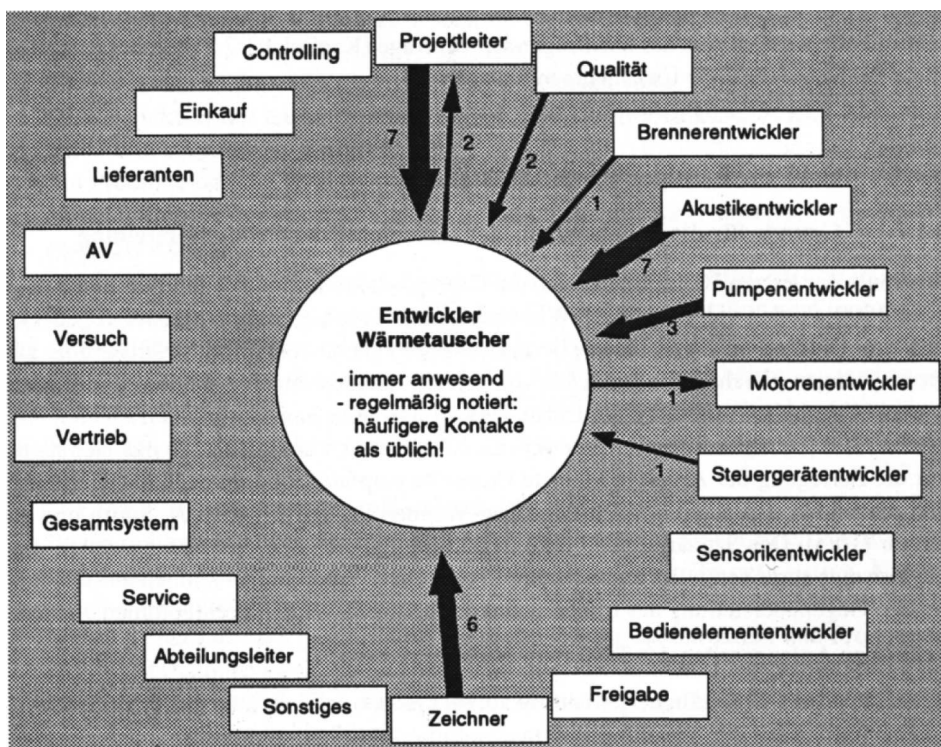


Bild 4.22 Auswertung des Informationsaustauschs eines Mitarbeiters über den Zeitraum von zwei Wochen. Die Zahlen beziehen sich auf die Häufigkeit der Gespräche, die Dicke der Pfeile auf deren Gesamtdauer (Bereichsangaben verändert). Siehe auch Bild 3.7

Durch diese Auswertung konnten so z.B. relativ eindeutig „Informationssenken“ erkannt werden. Der hier beschriebene Mitarbeiter – „Entwickler Wärmetauscher“ in der Mitte von Bild 4.22 – ging von sich aus sehr selten auf andere Projektbearbeiter zu: im Bild nur zweimal auf den Projektleiter und einmal auf den Motorverantwortlichen. Interviews zeigten, dass als Folge auch die anderen Mitarbeiter wenig Lust hatten, sich stets um die an sich unumgängliche Kommunikation mit ihm zu bemühen. Die Analysen wurden auch mit einer Abfrage des Soll-Zustands bezüglich der Kommunikation bei den jeweiligen Abteilungs- sowie Projektleitern

abgeglichen. Auch dies zeigte sehr deutlich die Schwächen im Informationsfluss auf. Das Beispiel zeigt außerdem, dass das zu stark introvertierte Verhalten dieses Mitarbeiters zu technischen Problemen, Zeitverlust und überhöhten Kosten führte. (Kapitel 3.5; Bild 3.7).

Erkannte Probleme

Bei diesem Fallbeispiel, das über die Analysen und entsprechende Korrekturmaßnahmen zu guter Letzt doch noch erfolgreich zu Ende gebracht werden konnte, tauchten in mehreren wichtigen Bereichen folgende Probleme auf:

1. Mangelnde Zusammenarbeit durch eine (zunächst) ungeeignete Organisationsstruktur, schlechte Koordination und Abstimmung und auch eine mangelhafte Leitung des Projekts.
2. Unzureichende Marktanalyse und Aufgabenklärung, unzureichende Risikoabschätzung, also insgesamt mangelhafter Methodeneinsatz.
3. Missachtung von persönlichen, menschlichen Eigenschaften und individuell unterschiedlichen Verhaltensweisen.

Diese Probleme können meist nicht isoliert betrachtet werden. Sie sind voneinander abhängig, eng vernetzt und sich gegenseitig bedingend. Stimmt sich z. B. der Einkauf nicht ausreichend mit dem Versuch ab (u. U. ein menschliches oder ein organisatorisches Problem), so können technische Probleme die Folge sein, was sich als massives Zeitproblem in der Konstruktion auswirken kann. Letztlich bewirkt Zeitmangel dann häufig hohe Kosten. Aus der nachfolgenden Umfrage (Kapitel 4.1.7.2) erkennt man, dass diese Probleme für viele Unternehmen typisch sind.

4.1.7 Probleme heutiger Produkterstellung

4.1.7.1 Gründe für die Probleme aus der Geschichte der Produkterstellung

Innerhalb der letzten 100 Jahre hat sich die Güterproduktion fundamental gewandelt. Bis circa 1900 wurden viele benötigte Wissensbereiche durch erfahrene Meister abgedeckt und zum Großteil auch von ihnen erledigt. Mit der zunehmenden Industrialisierung, als große Mengen gleichartiger Produkte von schnell anzulernenden Arbeitern zu fertigen waren, begann die Aufteilung der früher vom Handwerker ganzheitlich verrichteten Arbeiten. Gleichzeitig wurden die Produkte und die Fabriken komplexer, so dass sich nicht nur die Zerlegung der Arbeit in kleinste Elemente empfahl, sondern auch die Trennung von planenden und ausführenden Arbeiten. Wegbereiter dafür waren A. Smith und F. Taylor [10/4]. Das Szenario der Produkterstellung hat sich seit den Anfangszeiten des Taylorismus stark verändert und verkompliziert. Diese Änderungen können aus der folgenden Gegenüberstellung des früheren und des heutigen Szenarios entnommen werden:

Früher zu Anfangszeiten des Taylorismus war

- ein **Produkt** über **lange Zeiträume unverändert** geblieben (z. B. T-Modell von Ford). Man hat die Abteilungen darauf optimiert ausrichten können. Es gab nur **wenige Varianten** (Ford: „Sie können jede Farbe haben, Hauptsache, sie ist schwarz“). Die Stückzahlen gleicher Produkte waren hoch.
- Das Produkt war **wenig komplex**: wenig Funktionen, kaum Elektrik, keine Elektronik. Mit einfachen Werkzeugen konnte ein normaler Arbeiter i. A. die Einzelteile herstellen, das Produkt montieren und warten.
- Das **Bildungsniveau der Arbeiter** und der meisten Angestellten war eher niedrig. Die stark hierarchischen Unternehmensstrukturen wurden größtenteils, auch wegen der noch schwachen Gewerkschaften, akzeptiert.
- Der **Markt** war ein **nationaler Verkäufermarkt**: Der Markt war aufgrund der großen Nachfrage von den Verkäufern dominiert. Der Preis wurde auf Grund der kalkulierten Kosten der Produktion gemacht.

Heute haben wir:

- einen **raschen Wandel der Produkte**. Der Faktor „Zeit“ hat insbesondere im Konsumbereich seit den 70er Jahren an Gewicht gewonnen. Wegen der großen Konkurrenz auf dem Weltmarkt wurde neben Preis und Qualität eine **kurze Innovationszeit** zum erfolgsbegründenden Kriterium. Die Innovationen folgen rasch aufeinander. Die Marktlebensdauer der dadurch schneller entwickelten Produkte sank von 1980 bis 1990 im Computerbereich um 46 % und im Kfz-Bau um 12,5 % (Bild 7.8). Ein neuer Typ von Wettbewerbern, der schnelle Konkurrent, hat so alle Branchen umgestaltet. Die Produktentwicklungszeit muss kurz sein, da oft nur noch der Erste am Markt guten Gewinn macht.
- Im Investitionsgüterbereich wird fast jedem Kunden seine Wunschvariante gebaut („Käufermarkt“). Man erstickt in der teuren **Variantenflut**. Die Losgrößen bzw. Stückzahlen sind stark zurückgegangen („Losgröße 1“; „individualisierte Massenproduktion“ [82/9]).
- Die Produkte und die Produktion sind z. T. durch Elektronik und Rechnersteuerung oft **sehr komplex** geworden: Mechatronik ist heute normal. Vieles wird automatisiert, was früher vom „Bediener“ gesteuert wurde.
- Die Forderung nach **Sicherheit, Zuverlässigkeit** und **Qualität** ist dominierend. Qualitäts-Sicherungsnachweise und die zugehörige Dokumentation sind umfangreicher und teurer geworden (Produkthaftungs-Gesetz; DIN ISO 9000 [7/4]).
- Das **Bildungsniveau** der Arbeiter und Angestellten ist heute höher. Auch sind sie selbstbewusster geworden. Sie lehnen sich gegen streng hierarchische, verkrustete Strukturen auf. Sie suchen nicht nur Verdienst, sondern auch Selbstverwirklichung in der Arbeit.
- Der Markt ist zum weltweiten **Käufermarkt** geworden: Der Kunde ist König. Die Preise richten sich nach der internationalen und zahlreich gewordenen Konkur-

renz und danach, „wie viel der Kunde zu zahlen bereit ist“ (vgl. Target Costing, Kapitel 9.3.3). Die Herstellkosten können nun nicht mehr einfach auf den Verkaufspreis hochgerechnet werden (bottom up), sondern der Produktpreis ist eine konstruktiv zu verwirklichende Zielgröße (top down).

- Die **Technikproduktion** ist **globalisiert**, d. h. vom Standort her flexibel: Es gibt weltweit technische Bildungs- und Produktionsmöglichkeiten und damit Bezugsquellen. Durch Automatisierung ist das „Meister-Know-how“ als deutscher Vorteil nicht mehr so wichtig wie früher. Frühere „Billigländer“ bringen bei entsprechenden Telekommunikations- und Verkehrsmöglichkeiten alteingesessene Produzenten in Bedrängnis.

4.1.7.2 Probleme der konventionellen – nicht integrierten – Produkterstellung am Beispiel Entwicklung und Konstruktion

Folgende drei Problembereiche in Entwicklung und Konstruktion sind sehr wahrscheinlich auch für die Produkterstellung insgesamt typisch:

- **Problembereich 1: organisatorische Probleme.** Hierunter fallen u. a. Zusammenarbeits-, Führungs-, Motivations-, Qualifikations- und Weiterbildungsprobleme sowie die Organisation von Hilfsmitteln (CAD; CAX; PDM; Simulation; Kataloge, ...).
- **Problembereich 2: Entwicklungs- und Konstruktionsprozess.** Hierunter fallen Probleme mit der Klärung der Anforderungen, der Suche nach Lösungen sowie mit der zeitlichen und inhaltlichen Steuerung der Prozesse (Terminprobleme).
- **Problembereich 3: technisch-wirtschaftliche Probleme** mit dem Produkt. Hierunter fallen die Funktions-, Fertigungs-, Werkstoff-, Zuverlässigkeits-, Umwelt- und Kostenprobleme.

Die Bewertung dieser drei Problembereiche wurde mit einer Umfrage 1991/92 abgefragt. Dies ist schon daher unerlässlich, weil eine sorgfältige Schwachstellenanalyse eine Grundvoraussetzung für entsprechende Verbesserungen der Produkterstellung und ihrer Abläufe ist.

a) Ergebnisse der Umfrage „Probleme in Entwicklung und Konstruktion“

Bei der Umfrage⁴ wurden rund 300 Mitarbeitern aus unterschiedlichen Unternehmen die in Bild 4.23 in Kurzform angegebenen Fragen gestellt: organisatorische Probleme: Fragen 1.1 bis 1.8, Probleme im Entwicklungs- und Konstruktionsprozess: Fragen 2.1 bis 2.6; technisch wirtschaftliche Probleme: Fragen 3.1

4) Diese Umfrage wurde im Rahmen von Industrieseminaren zum „Kostengünstigen Konstruieren“ in den Jahren 1991 und 1992 durchgeführt. Die Befragten stammten zu 70% aus dem allgemeinen Maschinenbau, zu 17% aus der Kfz-Industrie und deren Zulieferern. Die Unternehmensgröße hatte einen Schwerpunkt bei 500–2000 Mitarbeitern (24%), rund die Hälfte waren Konstrukteure (Sachbearbeiter), 23% Gruppenleiter, 15% Abteilungsleiter. Einzel- und Kleinserienfertigung dominierte. – Nach neueren Beobachtungen (5. Auflage Buch) sind wesentliche Aussagen der Umfrage immer noch gültig.

bis 3.8. Manche Fragen waren redundant. Zeit- und Kostenprobleme wurden direkt abgefragt (Frage 2.4; 2.5; 3.7), die Frage nach der Produktqualität dagegen war indirekt in den Fragen 3.1 bis 3.6 enthalten. Die Antworten konnten in einer fünf-stufigen Skala von 0 = sehr gut (keine Probleme), bis 4 = sehr schlecht (große Probleme) gegeben werden. Der Mittelwert aller Antworten lag bei 2,01.

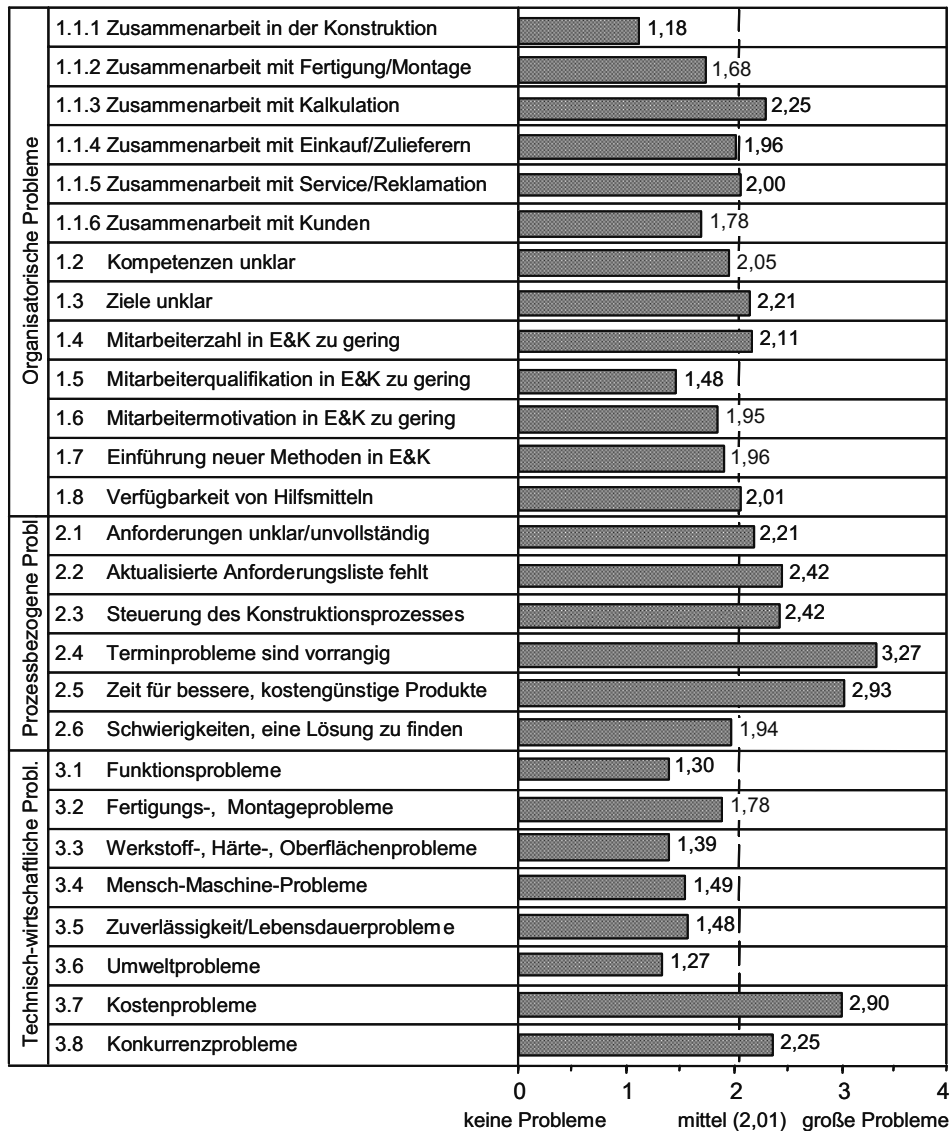


Bild 4.23 Auswertung von 295 Fragebögen zu Problemen in Entwicklung und Konstruktion

Stichwortverzeichnis

A

- ABC-Analyse 455, 798, 818f., 827, 831, 874
- abhängiger Funktionsträger 423
- Abhilfemaßnahme 627
- Ablauf
 - adaptiver 405
 - prozeduraler 409
 - verschachtelter 407
- Ablaufintegration 252
- Ablauforganisation 211, 256
- Ablaufsteuerung 152
- Abnehmerbereich 459, 462
- Abstraktion 97, 99, 489, 491, 510, 757
 - bildhafte 149
- Abstraktionsfähigkeit 418
- Abwicklung, konstruktive 372, 374
- adaptiv 405
- Adaptronik 346
- Ähnlichkeit
 - dynamische 886f.
- Ähnlichkeitsanalyse 855
- Ähnlichkeitsgesetze 882, 885, 888
- Aktor 517
- Akzeptanzbedingung 267
- Analysemethode 617
- Analyseproblem 77
- Änderungsdienst 495
- Änderungshäufigkeit 247
- Änderungskosten 870
- Änderungsmanagement 665
- Änderungsstopp 281
- Anforderung 111, 435, 468, 478, 643, 716, 806f., 813, 816, 819, 831, 856f.
 - Analyse und Formulierung 151
 - Arten 480, 551
 - Gliederung 480, 482, 484
- Anforderungsliste 282, 494, 551, 685ff., 739, 754, 769, 771, 845
- Anforderungsmanagement 495
- Angebot 551
- Angebotserstellung 901
- Angebotsingenieur 363
- Angebotstätigkeit 363
- Anpassungskonstruktion 331, 420f., 423
- Anwenderbaukasten 896
- Anzeige 518
- Arbeitsklima 418
- Arbeitsmethode 26
- Arbeitsprinzip 459, 461
- Arbeitsteilung 203, 247, 364
- Arbeitsvorbereitung für die Konstruktion 364
- Artteilung 204
- Assoziationen 563
- Aufbauorganisation, produktbezogene 253
- Aufgabe 67, 696
 - analysieren 111, 131, 491, 684, 726, 753
 - formulieren 111f., 131, 685
 - klären 111, 139, 321, 684, 697, 716, 752, 770
 - strukturieren 107, 111f., 131, 499, 726
- Aufgabenanalyse 491
- Aufgabenintegration 250
- Aufgabenklärung 110, 474, 476, 496, 696f., 703, 710f., 716, 723, 725, 727, 752
- Auftragsgespräch 806, 845
- Augmented Reality 386
- ausarbeiten 326
- Ausbildung 366
- Ausfallkurve für Produktidee 447
- Ausgangsgröße 545

Auslegungsberechnung 627
 Ausprägung 38
 Auswahlliste 641, 644 f., 758
 automatische Arbeitsplanung und Kostenrechnung 856

B

Bauchentscheidung 73
 Bauelementematrix 56
 Baukasten 890, 895 f.
 – geschlossener 896
 – offener 896
 – -struktur 898
 – Zuliefer- 896
 Baukastenkonstruktion 890, 897
 – Vorgehensweise 897
 Baukastensystem 893, 895 f.
 Baureihe 806 f., 812, 822 f., 826, 829, 844, 852, 877, 880 ff., 888, 890, 892
 Baureihenkonstruktion 880, 882 f., 885
 Baustruktur 47, 501
 Bauweise 607 f.
 Bearbeitungszeit 259, 352
 Bedienelement 517
 Bedienfunktion 517
 Bedingungszustand 927, 929
 begleitende Tätigkeit 312
 begriffliche Abstraktion 149
 Benchmarking 466, 841, 845
 Benutzeroberfläche 517
 Benutzerschnittstelle 517
 Berechnungsingenieur 362
 Berechnungsmethode 737
 Bergwanderung 6, 405
 – Analogie 405
 Berufsbilder 362
 Berührungs- und Kontaktart 569
 Beschaffungspotenzial 472
 Beschleunigungsfaktor durch CAD 380
 Betriebsklima 254, 271, 370, 377, 387, 840
 Bewertung 482
 – einfache 642
 – emotionale 19
 Bewertungs-
 – und Entscheidungsprozess 634
 Bewertungsmethode 641
 Beziehung (Relation) 515
 bildhaftes Gedächtnis 147

Bionik 460, 462, 529
 Black-Box 29, 44, 489
 Brainstorming 526
 Brainwriting 528
 Break even 845 ff.
 Break even point 64

C

CAD 313, 374, 382, 384, 856
 – Beschleunigungsfaktor 380
 – Integration 856
 – Kosten 826
 – Prozess 141
 CAD-Einsatz 364
 Cauchy-Zahl 887
 CAx-System 284
 Checkliste 392, 484, 530, 551, 821, 824
 Chunk 79, 100
 Computer 19, 21, 178, 381
 Computereinsatz 381
 Concurrent Engineering 249, 275
 Conjoint Analyse 466, 841

D

Datenerhebung 661
 Datenverarbeitung 8
 Denk 408
 Denkblockade 545
 Denken 81
 – abstraktes 95
 – diskursives 81
 – intuitives 81
 – konkretes 95
 – kreatives 92, 526, 529
 – rationales 82
 Denkfehler 89, 167
 Denkformen 82
 Denkökonomie 157, 408
 Denkschwächen 89
 Design 460
 Design for X 8, 17, 407, 427, 431
 Design-Review 256, 838
 Detailkonstrukteur 362
 detaillieren 710
 Detaillierungstiefe 412
 dezimalgeometrisch gestufte Reihen 883
 DfX 776

- Dichtung 615
 Dienstleistung 197, 447, 454, 459
 Differenzialbauweise 601
 Differenzierte Zuschlagskalkulation 797, 799
 Digital Mock-up 386
 Dokument 206f., 312
 Dokumentation 555
 Durchlaufzeit 247, 259, 352, 806, 865, 869
 Durchlaufzeitverkürzung 375, 377
 DV-Informationssystem 880
 – dynamische Regel 923
 DV-Technik 381
- E**
- EDV-Konfigurationssystem 901
 Effekt
 – physikalischer 49
 Effektivität 656
 Effektwahl 546
 Effizienz 656
 Effizienzmessung 371
 Eigendynamik 72
 Eigenerprobung 334
 Eigenschaft 31, 36, 50, 512, 643
 Eigenschaftsänderung 933
 Eigenschaftscheckliste 845f.
 Eigenschaftsfrüherkennung 618, 750
 Eigenschafts-Rückfluss 60
 Einarbeit
 – Produktspektrum 354
 Einführungskosten 823
 Eingangsgröße 545
 Einkauf 522
 Einzelzeiten 890
 elementare Operation 930
 Elementarfunktion 513
 Elementarisierung 556
 Element (Teilsystem) 30, 514
 Emotionen 81, 83
 Energie 40
 Energiefluss-Struktur 511
 Energieumsatz 925, 931
 Entscheidung 636
 Entscheidungsfähigkeit 368
 Entscheidungstabelle 900
 Entscheidungsunsicherheit 638
 Entscheidungsverhalten 638
 Entscheidungsvorbereitung 634
 Entsorgungskosten 797
 Entstaubungsmaschine 542
 Entwerfen 324, 559, 711
 Entwicklung 11, 307, 309, 347, 357, 359,
 368, 375, 380, 392, 954f.
 Entwicklungs-
 – und Konstruktionskosten 380
 Entwicklungsanalyse 874
 Entwicklungsantrag 282, 468
 Entwicklungsauftrag 468, 477
 Entwicklungskonstrukteur 362
 Entwicklungslabor 621
 Entwicklungsplanung 282
 Entwicklungstätigkeit 308
 Entwurf 324, 761
 – endgültiger 324
 Entwurfskonstrukteur 362
 Entwurfsphase 561
 epistemische Struktur 80
 Erfindung 723
 Erfolg 132, 151
 Ergänzungszustand 926
 Ergebnisebene 405
 Evolution in der Technik 14
 explizit 656
- F**
- Faktenwissen 147
 Feature 856f., 859ff.
 featurebasierte Produktmodellierung 856
 – Wiederhol- und Ähnlichteilsuche 857
 Federn 581
 Fehler 167f., 298
 Fehlerausgleich 826
 Fehlerbaumanalyse 624
 Fehlprognose 462
 FEM-Simulation 619
 Fertigungskonzept 771
 Fertigungskosten
 – aus Einzelzeiten 810, 812, 829, 890
 – aus Rüstzeiten 809ff., 829, 869
 Fertigungsmodell 861
 Fertigungsplaner 363
 Fertigungsplanung 856, 861
 Fertigungstiefe
 – Verringerung 868
 Fertigungs- und Kostenberatung 374, 836
 Festforderung 481

- Finanzpotenzial 472
 Flussbild 34
 Flussregel 925
 Flussstruktur 42, 47, 510
 FMEA 622
 Folgeanforderung 734, 740
 Folgeentwurf 828f., 885, 889
 Folgefunktion 513
 Forderung
 – Folge 481
 formale Regel 925
 Formblattanalyse 622
 Formschluss 568
 Fortschrittskonstruktion 331, 373, 375, 378, 388
 Fragebogen 486
 Frageliste 141
 Freigabebesprechung 421, 838
 Freigabetermin 414
 Fremderzeugnisanalyse 455
 Führung 156
 Führungsanforderung 368
 Führungsverhalten 370
 Functional Digital Mock-up 386
 Funktion 17, 459, 461, 507, 513
 – Anpassfunktion 896
 – auftragsspezifische 896
 – Basisfunktion 895
 – ermitteln 687
 – Gesamtfunktion 895, 898
 – Sonderfunktion 896, 900
 – Spezialfunktion 896
 – technische 514
 – Teilfunktion 508, 895, 899
 funktionale Baustruktur 21, 502
 funktionelle Baustruktur 872
 Funktionsaufteilung 556
 Funktionsbaum 513
 Funktionsbereich 209
 Funktionsdenken 839
 Funktionskosten 818ff., 839
 Funktionsliste 688
 Funktionsstruktur 34, 140, 508, 517, 688, 772, 919, 933f.
 Funktionsstrukturvarianten 688ff., 696
 Funktionsträger 423, 514
 – maßgebender 55
 Funktionstrennung 597f., 615
 Funktionsvereinigung 597ff., 808, 928
- G**
- Galeriemethode 529
 Gedächtnis
 – bildliches 81
 – Kurzzeit 79
 – Langzeit 101
 Gedächtnismodelle 78
 Gefühl 18, 71, 83, 87, 478, 638
 Geltungsfunktion 514
 Gemeinkosten 796, 854f., 857, 861f., 870, 874
 generierendes Vorgehen 5, 338, 755
 Geometrie
 – Identifikation 859
 geometrische Ähnlichkeit 828
 Gesamtfunktion 424, 508f., 513, 522, 552, 556, 753
 Gesamtfunktion/Teilfunktionen formulieren 687
 Geschäftsfeld 898
 Gestalt
 – direkte Variation 564
 Gestalten 20, 324, 326, 559
 Gestaltung 17
 Gestaltungsrichtlinie 430
 Getriebe 128
 Getriebearten 586
 Getriebefreiheitsgrad 579
 Gewichtskostenkalkulation 826f.
 Gewichtskostensatz 827
 Gewichtung 646, 650
 Gewinn 63, 801
 Gleichteilverwendung 777
 Grobarbeitsplanung, automatische 859
 Grundähnlichkeit 885
 Grundentwurf 828f., 852, 882, 885, 888f.
 Grundtätigkeit 312
 Gruppe
 – kleine 262
 Gruppenarbeit 262, 639, 867
 – hybride 527
- H**
- Halbähnlichkeit 828
 Halbwertszeit 179
 Handlungssystem 35

Hauptforderung 111, 350, 420, 427, 430, 482, 500, 725
 Hauptfunktion 513, 558, 820
 Hauptumsatz 29, 40, 925, 933
 Herstellerbaukasten 895
 Herstellerkriterien 454
 Herstellkosten 796, 798 ff., 803, 805 ff., 818 f., 823, 827 ff., 831, 834 f., 840 ff., 846 ff., 850, 852, 855, 862, 869, 883 f., 889 f.
 Herstellkostenstruktur 852
 Heurismus 81
 heuristische Kompetenz 73
 – Methode 434
 – Struktur 81
 hierarchische Ordnung 499
 Hüllelement 590
 human factors 5
 Human-FMEA 622
 Hypothese 129

I

implizit 19, 656
 Industrial Design 149
 Information 40, 655 f.
 – Arten der 656
 – Handlungs- 658
 – Prozess- 658
 – Sach- 658
 – Steuer 658
 – Ziel- 658
 Informations-Explosion 179
 Informationsfluss 206, 224, 243, 660 f.
 Informationsgewinnung 308
 Informationsmethode 655 f.
 Informations-Ökonomie 165
 Informationsquellen 660
 Informationsrückfluss 243
 Informationssuche 659
 Informationssystem 856 f.
 Informationsträger 659
 Informationsumsatz 308
 Informationsverarbeitung 308, 656, 660
 Informationsvorfluss 243
 Informationsweitergabe 308
 Innenhochdruckumformen 777
 Innovation 101, 433, 447, 450, 468
 Innovationsfähigkeit 468

Innovationshemmnisse 449
 Innovationsmanagement 451
 Innovationstempo 468
 Input/Output 31
 Integralbauweise 603 f., 877
 Integration 4, 297, 970
 – informatorische 250
 – persönliche 250
 integrierte Produkterstellung 375
 Integrierte Produkterstellungsmethodik (IPE-Methodik) 4, 396
 Intelligenztest 73, 141
 interdisziplinärer Prozess 496
 – Team 484, 495, 499
 Interpolationsproblem 103, 105
 Intuition 5, 523, 630, 638
 Iteration 97, 101, 113, 161, 168, 711, 750

J

Job-Rotation 469

K

Kaizen (KVP) 722
 Kalkulation
 – konstruktionsbegleitende 825, 855, 858
 – Koppelung von CAD und 826
 – mitlaufende 814, 825
 kalkulierter Preis 842
 Kaufteile 849, 877
 Kennzahlenmethoden 627 f.
 Kernteam 265, 765
 Klassifikation 40, 486
 Kombination 536, 545, 552, 760
 Kommunalität 873, 893
 Kommunikation 156, 225, 880
 Kommunikationsbedingung 267
 Kommunikationsnetz 661
 Kommunikationsschnittstelle 517
 Kommunikationsstern 661
 Komplexität 5, 45, 203, 328, 339, 662
 – Beherrschung 867
 Komplexitätsbewältigung 123
 Komplexitätskosten 866, 869
 Komplexitätsmanagement 58, 661, 865, 897
 Kompliziertheit 45
 Konfigurationssystem 880

- Konfigurator 901
- Konkretisierung 494
- Konkurrenz 522
- Konkurrenzanalyse 472
- Konstruieren
 - Bedeutung 309
 - kostengünstig 797, 799, 805f., 813ff., 818, 854, 856f.
 - Regeln 824, 831
 - Vorgehen beim kostengünstigen 815
 - Ziele 311
 - zielkostengesteuertes 845, 854
- Konstruktion 11, 307, 309, 347, 357, 359, 368, 375, 380, 392, 954f.
- Konstruktionsabteilung, Kosten der 380
- Konstruktionsart 328
- Konstruktionsaufgabe 74
- Konstruktionserfahrung 152
- Konstruktionskatalog 536, 538
- Konstruktionsleitsystem 309, 339, 351
- Konstruktionslogik 54
- Konstruktionsmethode, Wirksamkeit 16
- Konstruktionsmethodik 14, 17f., 315
 - starre 18
 - und CAD 19
 - wirksame 187
 - Ziel 18
- Konstruktionsphase 138, 312, 317, 328, 332, 500f.
- Konstruktionspotenzial 472
- Konstruktionsprozess
 - Gruppe 153
 - Steuerung 114
 - Theorie 25
- Konstruktionstätigkeit 308
- Konstruktionszeit 351
- konstruktive Abwicklung 372, 374, 388
- konstruktive Entscheidungsprozesse 374
- konventioneller Katalog 538
- Konzept 322
 - Lösungsprinzip 807
- Konzeptphase 17
- Konzeptvarianten 780
- Konzipieren 322, 411 ff., 424 ff., 710
- korrigierende oder generierende Vorgehensweise 726
- korrigierendes Vorgehen 5, 20, 337, 740, 751, 755
- Korrosionsschutz 782, 785
- Kosten 63, 841
 - Analyse 813
 - -beeinflussung 808
 - -beurteilung 808
 - -degression 812
 - des Kunden 847
 - -entstehung 801
 - -festlegung 802
 - Forechecking 843, 850
 - -früherkennung 814
 - -früherkennung, Hilfsmittel für die 815
 - -informationsmodell 856f.
 - -informationssystem 854, 856f.
 - -kalkulation 374
 - -kneten 843
 - -rechnung 799, 803f., 821, 841, 859, 861, 869
 - -rechnungsmodell 859, 861
 - -reduzierung, mögliche 862
 - -schätzung 826, 856
 - -senkungspotenzial 796, 816, 819, 824, 831, 842, 848 ff.
 - -struktur 380, 798, 805, 811 f., 818 ff., 829 ff., 848 ff., 852, 858, 860, 889
 - Wachstumsgesetz 828
 - Ziel 795f., 807, 815f., 818f., 835ff., 841 ff., 845f., 848, 850, 854
 - -ziel, Ableitung 843
 - -ziel, aufspalten 848
 - -ziel, Ermittlung 818
- Kostensenken 11
- Kraftfluss 605, 609
- Kraftschluss 568
- kreative Klärung 430, 497
- Kreativität 523
- Kreativitätstechniken 102, 469, 523, 525
- Kreisschaltung 583, 922
- Kreisschluss 614
- Krise 674
- Krisenmanagement 676
- Kriterien, universelle 635
- kritische Situationen 469
- Kunde 475f.
- Kundenerprobung 334
- Kundenkontakt 468
- Kundenvielfalt 867

Kurzkalkulation mit Ähnlichkeitsbeziehungen
826, 828
Kurzzeitgedächtnis 79, 101, 140, 175

L

Lamellenkupplung 583
Langzeitgedächtnis 79, 175
Lastausgleich 609, 713
– elastischer 612f.
Lastenheft 321, 494, 769
Lebenslauf 486, 797f.
– System 62
Lebenslaufkosten 798, 848, 884
Lehrbarkeit 12
Lehre 16, 20, 97, 185
Leichtbau 765
Leistungssteigerung 372
Leistungsverzweigung 610
Leitlinie 486f., 537, 551
Leitstützstruktur 47
Lernen 239, 387
Lernprozess 114
Lieferantenvielfalt 867
Liegezeiten 247
life-cycle 240, 487
life-cycle-costs 63, 797f., 848
life-cycle-engineering 2, 51, 62, 199,
308
Life-Cycle Management PLM 799
limbisches System 83
Logik
– Entsorgungs- 54
– Konstruktions- 54
– Nutzungs- 54
– Produkt- 51
– Produktions- 54
logische Operation 920
Lösung
– analysieren 112, 139, 143, 151
– auswählen 112, 700, 758, 760
– bewerten 112, 139, 639f., 760
– prinzipielle 13, 17, 140
– suchen 112f., 121, 131, 171, 519, 521,
529f., 551, 553, 698, 718, 755
Lösungsfeld 555
Lösungsfixierung 150, 461
Lösungsfreiraum 76
Lösungspotenzial 497

Lösungsprinzip 426
Lösungssammlung 538
Lösungssuche 518
– korrigierende 17
Lösungssuchraum 751

M

Magischer Würfel 87
Makro kraftfluss 605
Makrozyklus
– Mechatronik 126, 345
Marketing 478
Marktanalyse 226, 444, 454
Marktkriterien 454
Marktlebensdauer 63
Marktnähe 479
Marktpreis 818, 854
maßgebender Funktionsträger 423
Materialkosten 803, 809, 812, 819, 827ff.,
831, 860
Materialkostenmethode 826f.
Materialwirtschaft 255, 374
Matrix 435, 532
– Organisation 254
Mechatronik 280, 340, 385, 412, 417, 517,
894
Meilenstein 281, 414
Mengenteilung 204
Menschenverhalten 5
Merkmal 512
– Beschaffenheits- 38
– Funktions- 38
– Mittel 69, 72
– mittelbar festgelegt 38
– Relations- 38
– unmittelbar festgelegt 38
– Zeit 73, 76
– Ziel 72
Merkmalliste 551
Methode 173, 634
– Leistungsfähigkeit 184, 434, 437, 441,
452, 454, 457, 461, 509, 511, 526, 528ff.,
541, 552ff.
– Lern- und Anwendungsaufwand 438
– Wirksamkeit 173, 187
Methodenauswahl 437, 440
Methodenbaukasten 400, 415, 434,
938

- Methodeneinsatz
 – Aufwand 166
 Methodik
 – flexibler Einsatz 402
 – produktartsspezifisch 419
 – produktneutral 419
 – produktspezifisch 419
 Mikrokraftfluss 605, 607
 Mikrozyklus 345
 – Mechatronik 126
 Mindestforderung 481
 Mind Mapping 465f.
 Minimal-Methodik 159
 Mitarbeiter, räumliche Distanz der 662
 Mitarbeiterstruktur 357
 Mittelproblem 724
 Modell 27, 619
 Modelle
 – aufwandsarme 141
 Modellerstellung 114
 Modellierung 27, 34, 37, 208, 510, 661
 Modul 319, 500, 872
 Modularisierung 774
 Modularität 600, 872
 Montagegruppe 501
 Montageplanung 411
 Montagesystem 411
 morphologischer Baum 460, 533
 morphologischer Kasten 556f., 691, 760, 780
 Motivation 368, 418
 Münchner Vorgehensmodell 127
- N**
- Nachrechnung 619, 627
 NC-Drehmaschine 41
 NC-Programmierer 364f.
 Nebenfunktion 513, 559, 820
 Nebenumsatz 29, 925, 927, 934
 Netzwerk
 – soziales 270, 391
 Neuigkeit 500
 Neukonstruktion 17, 330, 421 ff., 705, 710, 712
 Normalbetrieb des Denkens 9, 15, 20
 Normteile 823, 877
 Normung 378
 Normzahlreihe 883
- Not Invented Here 449
 Nummernsystem 659
 Nutzerkriterien 454
 Nutzwertanalyse 649f.
 Nutzwertmatrix 650
 Nutzwertprofil 652
- O**
- Ökologie 249
 Ökonomie des Denkens 171
 Oldhamkupplung 593
 Open Innovation 464
 Operation 509
 – ändern 931
 – leiten 931
 – speichern 931
 – technische 932
 – vereinigen 931
 – wandeln 931
 Operationsvereinigung 922f.
 Optimierung 55, 618, 627, 883
 ordnender Gesichtspunkt 531
 Ordnung, hierarchische 499
 Ordnungsschema 530f., 535, 539
 – eindimensionales 553
 Organisation 209, 211, 232, 305, 339, 354, 357, 364, 377, 401, 954f.
 – Ablauf- 211, 218
 – Aufbau- 208
 Organisationsmethode 433
 Organisationsstruktur 58
 orientierender Versuch 630, 736, 739, 751
 Outsourcing 266, 522, 822
- P**
- Paarweiser Vergleich 645
 Paradigma 240
 Parallelisierung 259, 388
 Parallelschaltung 583, 610, 690, 922
 Parallelverschlüsselung 900
 Patent 380
 – und Lizenzanalyse 455
 Patentliteratur 522
 personenspezifischer Unterschied 152
 Pflegeaufwand für CAD 862
 Pflichtenheft 321, 494

- physikalischer Effekt 539, 551, 692, 757, 762
 – Eigenschaften 545
 PKW-Karosserie 60
 Plagiatschutz 665
 Planetengetriebe 218, 584, 613, 712
 Planetengetriebe (Unterschiedliche Arten der Modellierung) 34
 Planung 65
 Planungsausschuss 472
 Planungsgruppe 474
 Planungsmodell 861
 Planzeitwert 389f.
 Plattform 873
 Plattformbauweise 891
 Plattformeinsatz 891
 PLM Produkt-Life-Cycle-Management 385, 418, 799
 Polaritätsprofil 488
 Portfolio-Diagramm 455
 Praktiker 145
 Preisziel 818
 prinzipielle Lösung 13, 17, 322
 Problem 68
 – -bereichswechsel 119
 – -einteilung 681
 – lösen 67
 – -lösungszyklus 106f., 716
 – Schwierigkeit 69, 73, 703
 Product Lifecycle Management 385
 Produkt
 – Art 457, 462
 – -definition 199
 – -dokumentation 326
 – Eigenschaften 198
 – -erfolg 311, 375, 379, 444
 Produktalter 446
 Produktarchitektur 502, 511, 600, 872, 891, 901
 Produktentstehung 1
 Produkterstellung 1, 198, 200, 226
 – Erstellungsmodell 620
 – Geschichte der 226
 – integrierte 233
 – konventionelle 198
 Produktidee 457, 461
 – auswählen 467
 Produktindividualisierung 880
 Produktion 372, 379, 388, 411
 Produktionspotenzial 472
 Produktkomplexität 351
 – Gesamtkosten 798, 819
 – Kostenplanung 843
 – Lebenslauf 245
 – Modell 308, 372, 374, 379, 856ff., 861f.
 – Normung 822
 – Planung 443, 696
 – Potenzial 454, 457, 461, 472
 – Vielfalt 864f.
 – Vorgehen 445
 Produktlogik 51
 Produktmanagement 253, 478
 Produktpiraterie 665
 Produktplanung 65
 Produktprogramm 871
 Produktstruktur 871
 Produktvielfalt 867
 Profit Center 252f.
 Projektkalkulation 270
 Projektleiter 363
 Projektmanagement 249, 252, 267, 354, 765
 Projektplan 212, 270
 Prototyp 619, 693, 783
 Prozess 517
 – -kostenrechnung 800, 870
 – -modell 861
 – -oberfläche 517
 – -schnittstelle 517
 – -zustand 927
 Prozessentwicklung 109
 Punktbewertung
 – einfache 646
 – gewichtete 646
- Q**
- QFD 292, 769
 Qualität 287, 311
 Qualitätsanspruch 156
 Qualitätsmanagement 250, 287
- R**
- Rapid Prototyping 386
 Rationalisierung 375ff.
 Raumschauung 140
 Raum-Zeit-Relationen 80

- Rechner 19
 Rechneinsatz 74, 854
 rechnergestütztes Konstruieren 435
 rechnerische Analysemethoden 628
 Rechnersimulation 619, 735
 Recycling 62
 Reduktion der Teilezahl 603
 Redundanz 598
 Regelkreis 256, 271
 – Denken 271
 – langer 244
 – Regelkreispyramide 255
 – Regelung 271
 Reihenfolgeregel 921
 Reihenschaltung 583, 689f., 922
 Rekursion 113
 Relation 31, 515, 921
 – Arten 921
 – ungerichtete 921
 Relativkosten 821, 823
 – -Katalog 821, 823
 Repräsentationsart 664
 Restriktion 431
 Return on Investment 379
 rule of ten 168, 170, 809
- S**
- sachgebundene Methode 433
 Sachsystem 33
 SADT 30
 Schadensanalyse 127, 624
 Schadensmerkmal 626
 Schadensursache 627
 Schaltungsart 936
 Scheibenbremse 611, 630
 Schema 322
 – eindimensionales 531, 536
 – morphologisches 531, 533
 – zweidimensionales 531, 536
 Schnittstelle 206, 517, 655, 661
 Schnittstellendefinition 30
 schriftliches Nachdenken 101, 716
 Schwachstelle 336, 497, 636, 734
 Schwachstellenanalyse 621
 Schwerpunktbildung 144, 816, 819, 839,
 843
 SCRUM 525
 Segmentierung 867
- Selbstähnlichkeit 123, 212
 Selbsthilfe 613
 Selbstkosten 340, 799
 selbstverstärkende Lösungen 616
 semantisches Netz 80
 Sensor 517
 sequenzielle Arbeitsweise 96, 204, 814
 Service 178, 197, 199, 216, 238ff., 279,
 299, 362, 385f., 430, 454f., 496, 666
 SE-Team 246, 276, 430, 854
 Sicherheitsmanagement 286
 Sicherheitstechnik 381
 Sichten 34
 Signalfluss
 – Struktur 512
 Signalumsatz 925, 931
 Simulationstechnik 386
 Simultaneous Engineering 58, 246, 249,
 252, 275, 280, 284, 375, 397, 414, 427,
 765
 – Team 497
 Situation
 – kritische 153, 406, 440
 Situationsanalyse 406, 434, 496
 Skibindung 531
 Skizze 100, 140, 322, 529, 536, 553,
 557
 Skizzieren 140
 Softwarewerkzeuge 766
 soziotechnisches System 27
 Spartenorganisation 252f.
 Spezialisierung 4
 Spielen 668
 Standardisierung 479, 807, 862, 866,
 877
 Stärke
 – Diagramm 647, 649
 statistisch ermittelte Kostenfunktionen
 826, 829
 Steuerung 517
 Stoff
 – Umsatz 925, 931
 Stofffluss
 – Struktur 510
 Stoff (Materie) 40
 Stoffschluss 568
 Störfunktion 513
 Störgröße 546
 Straßenbahn 763

Strategie 123, 173, 205, 400
 – vom Groben zum Feinen 99, 101
 – zeitsparend 146
 Struktur 30
 Strukturartenregel 922
 Strukturierungsregel 924
 Stückliste 326
 Stückzahl 800, 806, 808, 810, 812, 822,
 827, 857, 863, 881 ff., 892, 895
 Stufensprung 828, 885 ff., 889
 – Optimierung 884
 Subsidiaritätsprinzip 255
 Suchbegriff 140, 547
 Suchfeld 459
 Suchfeldhierarchie 460
 Suchkalkulation 826
 Symboldarstellung 100
 Synektik 529
 Syntheseproblem 77
 System 25, 35
 – Leit- 218
 – soziotechnisches 37
 – technisches 35
 Systemarten 32
 Systematik 19, 530
 Systemgrenze 30
 Systemgrenzenerweiterung 492
 Systemgrenzenveränderung 489
 Systemumgebung 31
 Szenariotechnik 464

T

Target Costing 249 f., 803, 818, 841, 843,
 845 f., 848, 850, 852, 973
 Tätigkeit 312, 367
 Tätigkeitsprofil 367
 Taylorismus 227, 240
 Team 240, 247, 262, 276, 427, 519
 – interdisziplinäres 486
 Teamarbeit 153, 265, 829, 842, 852
 – ressortübergreifende 839
 technical factors 5
 technische Funktion 514
 technisch-wirtschaftliche Bewertung 647
 Teilefamilie 812, 822, 877 ff.
 – fertigungstechnische 878
 – konstruktive 878
 Teilesuchsystem 821 f., 877

Teilevielfalt 781, 855, 862, 864 ff., 869 ff.,
 874, 876 f.
 – Verringerung 862, 876 f.
 Teilfunktion 426, 508, 522, 697, 757
 Teil-Ganzes-Relation 80
 Teilobjekt 412 f.
 Teilproblem 98
 Teilprozess 412
 Termin- und Kapazitätsplanung 388 f., 393
 TOTE-Schema 103 f., 106, 138, 353, 400
 Toyota-Produktionssystem 298
 Trainiereffekt 881
 Trend 462
 trial and error 52
 tribologische Einteilung 620
 TRIZ 466, 549, 777
 Turbinengetriebe 53, 127
 Turbinenschaufel 616

U

Üben 20
 Überschlagsrechnung 739
 UMEA 623
 Umkehrung 587
 Umsatzprodukt 489, 509
 Umsatztypregel 925
 Umwelt-FMEA 285, 418, 622
 Umweltkosten 798
 Umwelt-QFD 296, 418
 Unbestimmtheit 171
 unbewusst 15, 19, 72 f., 83, 656
 Unbewusstes 6
 Unbewusstheit 174
 unique selling points 480
 Unklarheit 71
 Unsicherheit 637
 Unternehmensbereich 409
 Unternehmenspotenzial 451 f., 454, 457,
 472
 Unternehmensziel 454, 473
 unterscheidendes Merkmal 532 f., 535,
 538
 Upgrading-gerecht 431
 Ursachenanalyse 727
 Ursache-Wirkungs-Kette 626 f.

V

- Value Management 841
- Varianten
 - baumstruktur 875
 - konstruktion 331, 423f.
 - management 796, 806, 863f.
 - stückliste 900
 - überflüssige 876
- Variantenmanagement 863, 865
- Variante(n)vielfalt 855, 862f., 865, 869, 875, 877
 - Kosten der 869
- Variation 562ff., 566f., 571f., 574f., 578, 587f., 592, 594
 - Berührungs- und Kontaktart 569
 - Bestimmtheitsgrad 581
 - Bewegungen 575
 - Bewegungsarten 576
 - Bezugssystem 576
 - direkte 559
 - elast. Glieder 580
 - Fertigung; Montageverfahren 574
 - Flächen und Körper 564
 - Flächen- und Körperbeziehungen 567
 - Form 565
 - Freiheitsgrad 578
 - Gestalt-Indirekt 573
 - Getriebearart 585
 - indirekte 559
 - Kompaktheit Bauweise 572
 - Koppelungsart 569
 - Kraftübertragung 578
 - Kupplungen 595
 - Lage 565
 - Lagerstellen 579
 - Reihenfolge 571
 - Schaltungart 583
 - Verbindungsart 567
 - Verbindungsstruktur 571
 - Werkstoff 573
 - Zahl 566
 - zeitlicher Verlauf 577
- Variation der Gestalt 703
- Variationsmerkmale 562, 936
- VDI 2223 416
- VDI-Richtlinie 2206 126, 324
- VDI-Richtlinie 2220 445
- VDI-Richtlinie 2221 14, 18, 317, 402
- VDI-Richtlinie 2222 317, 402
- VDI-Richtlinie 2223 324, 560
- VDI-Richtlinie 2225 647
- Verantwortungsdelegation 255
- Verbesserungsvorschlag 298
- Verfahren 35, 443, 447, 459, 462, 515, 528, 541, 549
 - deterministische 627
 - halbdeterministische 627
 - probabilistische 628
- Verhalten
 - soziales 149
 - zwischenmenschliches 20
- Verifikationsmodell 620
- Verknüpfungsregel 926
- Vernetztheit 45, 71, 499
- Verschachtelung 333
- Verschleißkosten 843, 853
- Versuch 723
 - orientierender 693, 727, 750
- Versuchsmethoden 619, 622, 629, 632
 - modell 736
- Versuchsplanung 632
 - tätigkeit 360
- Vertriebspotenzial 472
- Verwaltungskosten 870
- Vielfalt von Kunden, Lieferanten, Aufträgen 870
- Virtual Reality 382, 386
- Visualisierung 497
- VMEA 874
- Vollständigkeitsregel 922
- Vorauswahl 641
- Vorbild 149
- Vorentwurf 324f.
- Vorgehen 146, 405
 - generelles 318
 - generierendes 5, 126, 142f., 337ff., 561, 730, 739
 - korrigierendes 20, 125, 142f., 153, 338f., 561, 730f., 739
 - operatives 405
 - phasenorientiertes 144
 - strategisches 405
 - teilproblemorientiertes 144, 146, 153
- Vorgehensplan 124, 139, 211, 332, 354, 400, 411, 414, 421ff., 683, 712
 - in der Praxis 427
- Vorgehensstrukturierung 496

Vorgehensweise 146
 – generierende 146
 – integrierende 274
 – korrigierende 146
 Vorgehenszyklus 5, 11, 35, 106, 110, 123,
 138f., 169, 353f., 400, 433, 435, 497f.,
 500, 526, 536, 563, 682f., 703, 711, 716,
 723, 725, 763
 – für die Systemanalyse 114
 Vorläuferprodukt 335
 Vorrichtungskonstrukteur 364
 Vorteil-/Nachteil-Vergleich 643

W

Weiterentwicklung 335
 Wellenkupplung 592
 Weltbild, wissenschaftliches 240
 Werkstoffwahl 722
 Werkzeuge 173
 Wertanalyse 252, 380, 816, 820, 838 ff.
 Werteskala 647
 Wertfunktion 647
 Wertigkeit
 – technische 648
 – wirtschaftliche 648f.
 Wertverbesserung 838
 Widerspruchsorientierte Entwicklungs-
 strategie (WOIS) 466
 Wiederholteil 822
 Wiederholteilsuchsystem 879
 Wiederhol- und Ähnlichtheilsuche 855 ff., 862
 Wirkbewegung 426
 – -geometrievariation 757, 762
 – Prinzip 426
 Wirkfläche 426, 558f., 565
 Wirkflächenpaare 567
 Wirkgeometrie 426, 558
 Wirkgestalt 558
 Wirkstruktur 426, 872
 Wissen 656
 – Fakten- 72
 – Halbwertszeit 179

– Methoden- 73
 – Sach- 152
 Wissensexplosion 26, 179
 Wissensmanagement 181
 WOIS 519
 Wunsch 481

X

X-gerechte 420, 431

Z

Zeichnungsänderung 248, 870
 Zeichnungserstellung 364, 378
 Zeit 14
 Zeitaufwand 380
 Zeitdruck 17, 230
 Zeitmanagement 389
 Ziel 111, 475
 – Katalog 845
 – Konflikt 482
 – Kosten 846
 – -kostenspaltung 795, 819, 842, 846,
 848
 – -problem 696
 Ziele
 – herstellerspezifische 311
 – marktspezifische 311
 – persönliche 311
 Zielproblem 724
 Zulieferkomponente 522
 Zusammenarbeit 275, 368
 – mangelhafte 172
 Zustand 509
 Zustandsänderung 489, 513
 Zustandsmerkmal 39
 Zustandsvereinigung 922 ff.
 Zweckfunktion 513
 Zweistufen-Vorgehen 20, 83, 92, 108,
 162f., 190, 400, 403, 406
 Zwischenzielbildung 96
 Zwischenzustand 926