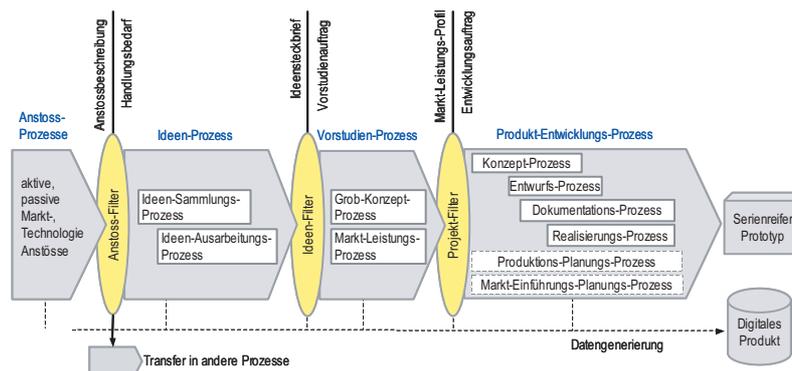


Der Innovations-Prozess

Autor: Prof. Dr. Markus Meier
WS 2005–06



Der Innovations-Prozess – 1. Teil

Produkt-Innovations-Prozess	1
Überblick	3
Das Produkt – Herz des Unternehmens	5
Lebenszyklus von Produkten aus der Sicht des Unternehmens	6
Klassierung von Produkten	11
Lebenslauf von Produkten aus der Sicht der Kunden	15
Das Produkt aus der Sicht von Umwelt und Gesellschaft	19
Innovation – Puls des Unternehmens	22
Innovationstiefe/Neuheitsgrad	24
Der (Produkt-)Innovations-Prozess	25
Unternehmen – Leitbild, Vision, Strategie, Ziel	27
Anstoss-Prozess	27
Ideen-Prozess	28
Vorstudien-Prozess	29
Produktentwicklungs-Prozess	31
Unterscheidung Prozess und Methode	34
Innovations-Prozess aus Sicht der Prozessgestaltung & Methoden-Anwendung	35
Prozess-Kompetenz im modernen Innovations-Prozess	38
Grundlagen, Sachwissen, Methoden und Werkzeuge der Produkt-Innovation	41
Grundlagenwissen	42
Sachwissen der Produkt-Entwicklung	52
Methoden und soziale Aspekte	55
Werkzeuge	56
Produkt-Innovation Leadership	57
Zusammenfassung	59
 Dokumentation und Präsentation	 1
Überblick	3
Präsentation	4
Zweck einer Präsentation, Vorgehen	5
Präsentationsort und Einladung	6
Gliederung einer Präsentation	7
Medienwahl	10
Gestaltung der Folien	11
Weitere Tipps	13
Bericht	16
Gliederung des Berichtes	16
Gliederung des Hauptteiles für Produkt-Entwicklungs-Projekte	21
Layout und Gestaltung	22
Schriften	24
Stil und Tipps	25
Logischer Aufbau	26
Zeichnungen, die Sprache der Ingenieure und Ingenieurinnen	27
Zusammenfassung	35

Markt-Leistungs-Prozess & Grob-Konzept-Prozess	1
Überblick	3
Leitbild, Vision, Unternehmensstrategie, Ziele, Kernkompetenz	9
Analyse-Prozess	13
Produkt-Markt-Strukturierung, -Darstellung	13
Stärken-/Schwächenanalyse	19
Konkurrenz	22
Patentrecherche	22
Technologie-Analyse	23
Dokumentation Analyse-Prozess	25
Zukunftsprojektion	26
Kundenverhalten, Trends, Marktbedürfnis von morgen	27
Technologiewandel	29
Veränderung von Gesetzen und Vorschriften	31
Einschätzung der Konkurrenzstrategie	32
Dokumentation, Projektion	33
Produktpositionierung	34
Strategie-Ausrichtung im Überblick	34
Bestehende Produkte in bestehende Märkten	37
Produkt-Positionierung neue Produkte in bestehende Märkte	41
Produkt-Positionierung: bestehende Produkte in neuen Märkten	44
Produkt-Positionierung: neue Produkte in neuen Märkten	44
Variation in Suchfeldern	44
Visionäre Positionierung	45
Bewertungskriterien für eine erfolgreichere Positionierung	46
Erweiterung der Systemgrenze	49
Die Benutzungsanalyse	51
Dokumentation Produktpositionierung	53
Dokumentation des Markt-Leistungs-Prozesses	54
Zusammenfassung	57
Grundlagen Kostenmanagement	1
Überblick	3
Kostenstrukturen und Begriffe	7
Kostenträger	8
Kostenarten	10
Einzelkosten	10
Kostenstelle	11
Vollkostenrechnung	12
Verteilung von Kostenarten auf Kostenstellen	12
Verteilung von Kostenstelle auf Kostenträger	13
Budgetierung der Kostenstellen	18
Kalkulationsschema	19
Kosten bei Entwicklungsprojekten, Entwicklungsquote	25
Methoden des Kostenmanagements	28
Zusammenfassung	29

Organisation	1
Überblick	3
Organisationsformen in Unternehmen	6
Linienorganisation	7
Spartenorganisation	9
Matrixorganisation	9
Organisation im Projekt: Teamorganisation	11
Teamführung	13
Teammitglieder	15
Aufgabenteilung im Team	19
Erweitertes Team	20
Teamzusammensetzung während dem Entwicklungsprozesse	20
Lenkungsausschuss	23
Coach	24
Erfolgsfaktoren der Teams	25
Kommunikationskonzept	28
Technologiebasierte Kommunikation	29
Konflikte und Widerstände	30
Widerstand als Quelle des Konflikts	30
Konflikte und deren Ausprägungen	31
Spielregeln im Team	34
Zusammenfassung	36

Der Innovations-Prozess – 2. Teil

Moderation	1
Überblick	3
Präsentation, Informationssitzung, Besprechung oder Moderation – eine Abgrenzung	5
Präsentation, Vortrag, Informationsveranstaltung	5
Informationssitzung (Koordinationssitzung)	5
Komplexe Problemstellungen erarbeiten	7
Moderation	9
Vorbereitung	10
Werkzeuge	14
Ablauf einer Moderation	16
Arbeitsformen des moderierten Workshops	33
Moderation mit IT-Unterstützung	33
Funktion der Moderierenden	35
Regeln und Hinweise für eine erfolgreiche Moderation	36
Zusammenfassung	37
Konzept-Prozess	1
Überblick	3
Bedeutung des Konzept-Prozesses	10
Intuitive und diskursive Problemlösung	12
Divergenz und Konvergenz beim Konzipieren	14
Teilprozesse, Produktmodelle	15
Strukturieren des Produkts	20
Realer Konzept-Prozess	21
Projekt-Definition	22
Anforderungsliste	23
Projekt, Projektplanung	30
Kommunikationskonzept	42
Funktionsgliederung	44
Bedeutung einer Funktionsmodellierung	44
Produktfunktionen und ihre Darstellung	46
Funktion und Verhalten	48
Gesamtfunktion, Teilfunktionen und Funktionsstruktur	50
Funktionen beschreiben	53
Funktionsstrukturen erarbeiten	62
Hinweise zum Arbeiten mit Funktionen	65
Lösungsfindung	66
Auf vorhandene Lösungen zugreifen	66
Intuitive Lösungsfindung	81
Lösungen durch systematische Variation	87
Prinzipielle Gesamtlösungen	107
Teillösungen den Teilfunktionen zuordnen	107
Teillösungen kombinieren	109
Varianten darstellen	110
Variantenflut beherrschen	111
Aussichtsreiche konzeptionelle Gesamtlösungen	118
Gesamtlösungen konkretisieren	119
Ziel der Konkretisierung	119
Methoden zur Konkretisierung	121
Beurteilen von Varianten	130
Auswahl von Varianten	131
Bewerten von Varianten	133
Überprüfen und Entscheiden	150
Zusammenfassung	153

Entwurfsprozess	1
Überblick	3
Verschiedene Aspekte des Entwurfsprozesses	6
Eingliederung und Zielsetzung	6
Gestaltungsprozess im Entwurfsprozess	7
Idealer Entwurfsprozess	8
Output des Entwurfsprozesses	11
CAD im Entwurfsprozess	11
Realer Entwicklungsprozess	14
Das Gestaltungsobjekt und seine Eigenschaften	15
Bedeutung der Anforderungen	17
Strategien des Gestaltens	19
Modulgenerierung	19
Bauraumaufteilung und Hüllelement	23
Strategien der Konkretisierung	25
Basishandlungen des Gestaltens	27
Informieren und abgrenzen	27
Generieren und variieren	28
Analysieren und validieren	33
Bewerten und entscheiden	42
Regeln, Prinzipien und Richtlinien des Gestaltens	45
Regeln des Gestaltens	45
Prinzipien des Gestaltens	55
Prinzip der Kraftleitung (Kraftfluss)	63
Gestaltungsrichtlinien (design-for-x)	77
Management und Methoden im Entwurfsprozess	79
Dokumentation des Entwurfsprozesses	83
Zusammenfassung	84

Produkt-Innovations- Prozess

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation

Vor wenigen Jahren wurden die Wintersportarten vollständig verändert, das Snowboard eroberte die Pisten. Etablierte Ski-Firmen verloren drastisch an Marktanteil, neue Namen übernahmen die Führung! Was war passiert?

Ein anderer Fall: Über Jahre haben sich namhafte Firmen mit noch besseren Funktionalitäten die Führungsposition streitig gemacht. Die Compact-Kamera und die Digitalkamera haben die Spiegelreflexkamera fast vollständig verdrängt! Was war passiert?

Neue Produkte verändern offensichtlich Märkte vollständig. Schnell verliert man den Anschluss, verpasst eine Chance. Dass dies für Unternehmen, aber auch für Ingenieure und Ingenieurinnen eine schmerzhaft Erfahrung ist, liegt auf der Hand. Wie können wir dies verhindern?

Lernziele

Die Studierenden

- verstehen die Bedeutung von „Produkt“, „Innovation“, „Prozess“ und können die Begriffe aus der Sicht des Unternehmens, der Kunden und der Umwelt erklären.
- erhalten einen Überblick über den Innovations-Prozess und seine Teilprozesse.
- Wichtige Begriffe werden verstanden und eingeordnet.
- Der Unterschied zwischen Prozess und Methode kann erklärt werden.
- erkennen die Weite des Themas und die Wichtigkeit einzelner Disziplinen.

Einleitung

Im Zentrum des gesamten Themengebietes stehen drei Worte „Produkt“, „Innovation“ und „Prozess“. Diese Begriffe sollen von verschiedenen Seiten betrachtet und diskutiert werden. Neben der Erläuterung dieser Grundbegriffe soll jedoch auch ein erster Überblick über die Begriffe des Systems, des Prozesses und der Methoden gegeben werden, welche auf dem Weg zur Produkt-Innovation unerlässlich sind.

Als Produkt-Entwickler sind wir in einem mehrdimensionalen Spannungsfeld. Einerseits befriedigen unsere Produkte die Bedürfnisse des Unternehmens, andererseits müssen die Produkte auf die Märkte bzw.

Kunden ausgerichtet sein und als drittes berücksichtigen wir die Bedürfnisse einer langfristig intakten Umwelt.

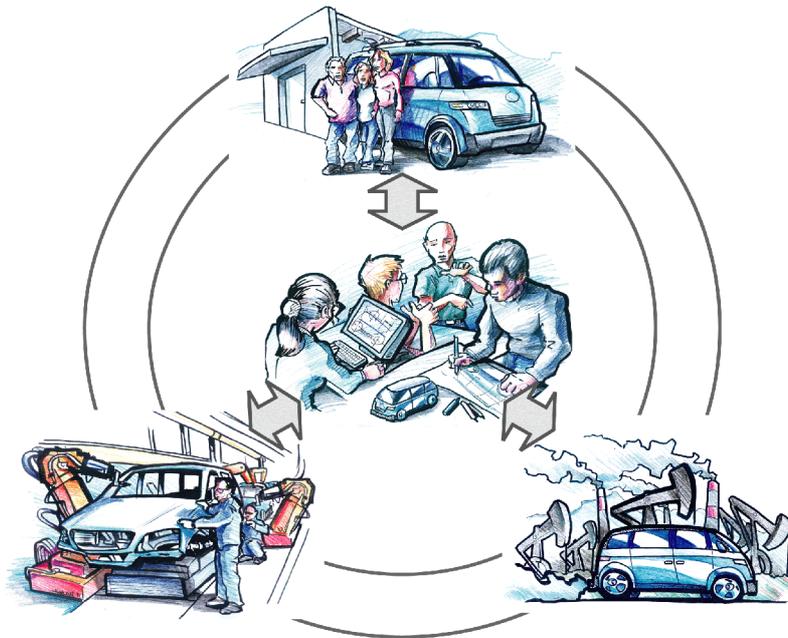


Bild (B001pipZ) Einflussbereiche auf das Produkt

In dieser sehr komplexen Aufgabenstellung unterstützen uns modernste Werkzeuge und hilfreiche Methoden.

2 Das Produkt – Herz des Unternehmens

Im ersten Brennpunkt unserer Betrachtungen soll das Produkt stehen. Zur Einführung soll dieser Begriff näher beschrieben, aus verschiedenen Blickwinkeln analysiert und für unsere Bedürfnisse abgegrenzt werden.

Wir kennen viele Arten von Produkten aus unserem täglichen Leben. Eine kleine Auswahl der unterschiedlichsten Produkte ist im Folgenden exemplarisch zusammengestellt.



Tabelle (T001pipZ) verschiedene Produkte

(Quellen: www.polymed.ch, <http://gebrauchtfahrzeug.direktvertrieb.mercedes-benz.de>, www.dfshop.com/, www.eapnews.ch/, www.vzug.ch/, www.agie.com/, www.bosch-pt.de/)

Anstelle des Begriffes „Produkt“ können wir auch Verkaufsgut, Leistung an den Kunden, Marktleistung, Verkaufsobjekt usw. verwenden.

Das Produkt bzw. die Produkte bilden das Herzstück des Unternehmens, auf welchem die Existenz der Firma basiert. Wir verstehen unter Produkt nicht nur **Sachgüter**, sondern auch **Dienstleistungen** aller Art.

Auch verstehen wir unter dem „Produkt“ nicht lediglich das physische Objekt, das wir den Kunden verkaufen, sondern auch alle dazugehörigen Services wie z.B. Beratung vor dem Kauf und **Kundendienst** nach dem Kauf. Der Begriff Marktleistung deckt die Betrachtungsweise besser ab.

Der Versuch einer Definition des Begriffes „Produkt“ in unserem Sinne könnte lauten: *„Ein Produkt ist ein technisches, materielles oder immaterielles Erzeugnis, welches in der Natur nicht vorkommt, für einen Markt hergestellt und von diesem genutzt wird.“* Obschon auf verschiedene Aspekte im Folgenden noch näher eingegangen wird, sollen hier drei wichtige Betrachtungsweisen eines Produktes, nämlich Sicht des Unternehmens, Sicht des Kunden und Sicht der Umwelt vorweg beleuchtet werden:

2.1 Lebenszyklus von Produkten aus der Sicht des Unternehmens

Der Konsumgeist unserer Gesellschaft führt dazu, dass Produkte einen begrenzten, immer kürzeren Lebenszyklus haben. Laufend entstehen neue Bedürfnisse bzw. werden solche geweckt. Produkte veralten, passen nicht mehr zu den Wünschen der Konsumierenden oder werden aus verschiedensten Gründen bewusst aus dem Sortiment genommen. Neue Produkte, meist mit neuen Leistungsmerkmalen werden entwickelt und kommen auf den Markt.

Grundsätzlich lässt sich ein **Produkt-Lebenszyklus** in die folgenden **Lebensphasen** unterteilen:

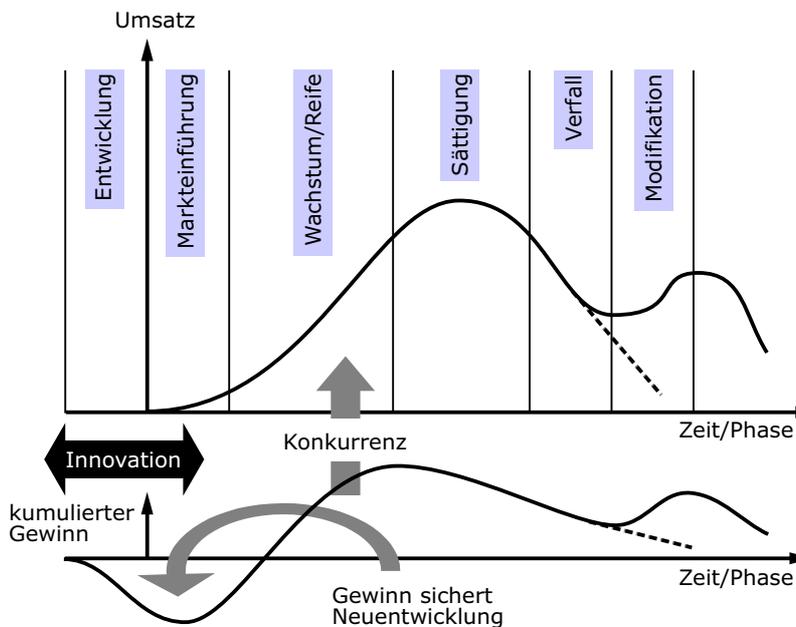


Bild (B002pipZ) Lebensphasen eines Produktes und typische Kurve des kumulierten Gewinnes

Nach der eigentlichen Entwicklung des Produktes folgt die **Markt-Einführung** und erste kleinere Umsätze werden in dieser Phase erzielt. Die Kunden, welche wir in dieser Phase des Produktes antreffen, sind meist Enthusiasten und Visionäre, die langfristige Vorteile sehen oder Freude an neuesten Produkten haben. In der folgenden Phase des Wachstums entwickeln sich die Umsätze positiv, hier sind Pragmatiker die Kunden; die Vorteile und Funktionalität der neuen Produkte sind schon bewiesen. In der Sättigung wird das Maximum der Umsätze erreicht und stagniert im Folgenden auf hohem Niveau. Hier sind konservative Kunden anzutreffen: das Produkt ist im Markt etabliert, viele nutzen es und die Vorteile sind allseits bekannt; hier beginnen die Preise meist infolge von Konkurrenz zu sinken. Abschliessend folgt die Zerfallphase und damit sinken die Umsätze, die Preise und der Gewinn markant.

Die Phase der Modifikation oder des Umbaus widerspiegelt das geschickte Agieren durch Umbauten oder Designveränderungen, die zu einer Revitalisierung des Produktes führen können und entsprechend mit Teilentwicklungen den Umsatz nochmals steigern können.

Eine weitere qualitative Information ist in dieser Lebenszyklusbetrachtung integriert. Die untere Kurve stellt den Gewinn kumuliert über die Zeit dar, den das Unternehmen mit dem Produkt erreicht. Die Entwicklung und die Einführung erzielen ein negatives Ergebnis (es entstehen Kosten für die Entwicklung und für aufwändige Werbeaktionen ohne nennenswerten Ertrag aus dem Verkauf), was sich erst gegen Ende der Einführungsphase in Gewinn (die Kosten sind amortisiert) für das Unternehmen umwandelt. Maximaler Gewinn wird am Ende der Wachstumsphase erreicht, um dann in der Sättigungsphase zu sinken und im Verfall u. U. sogar ins Negative zu fallen, falls die erwähnte Revitalisierung nicht erfolgt. Dies zeigt auch deutlich, dass ein ausgewogenes Produktsortiment wichtig ist, denn nur neue Produkte in der Einführung zu haben, kann durchaus Rentabilitätsprobleme ergeben, da die älteren Produkte die Entwicklung und Einführung der neuen Produkte bezahlen.

Die Dauer der einzelnen Zyklen und der Gesamtlebenszyklus sind von Produktart zu Produktart unterschiedlich. Ein wohl sehr extremer Gegensatz der gesamten Dauer von Lebenszyklen ist im Bild (B003pipZ) gegeben.

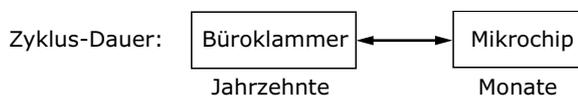


Bild (B003pipZ) Vergleich von zwei extremen Lebensdauern

Allgemein gültig ist sicher nur die Aussage, dass die Zyklen tendenziell immer kürzer werden. Das kann dazu führen, dass während die einen Mitarbeiter noch mit der Entwicklung eines Produktes beschäftigt sind, andere Mitarbeiter schon an der Formulierung des Folgeproduktes arbeiten.

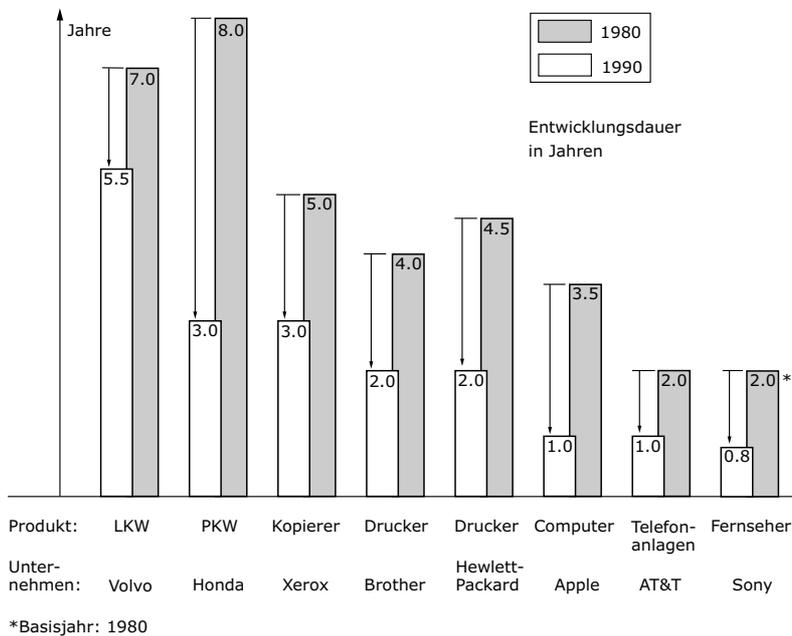


Bild (B102pipZ) Veränderung der Produktentwicklungszeiten (nach Gerpott)

Eine Studie aus den 80er Jahren ergab, dass erfolgreiche Unternehmen rund die Hälfte der Umsätze mit Produkten erzielen, welche weniger als 5 Jahre am Markt sind. Wachsende Unternehmen streben einen gesunden Mix mit Produkten der Einführungsphase, der **Wachstumsphase**, der **Sättigungsphase** und der **Verfallsphase** an. Die Prozentwerte im Bild (B023pipZ) repräsentieren die Verteilungswerte der erwähnten Studie für verschiedene erfolgreiche Unternehmen. Weniger erfolgreiche Unternehmen (schrumpfend) zeigen markant höhere Werte von Produkten in den Sättigungs- und Verfallphasen.

Verteilung der Produkt-Umsatzanteile:

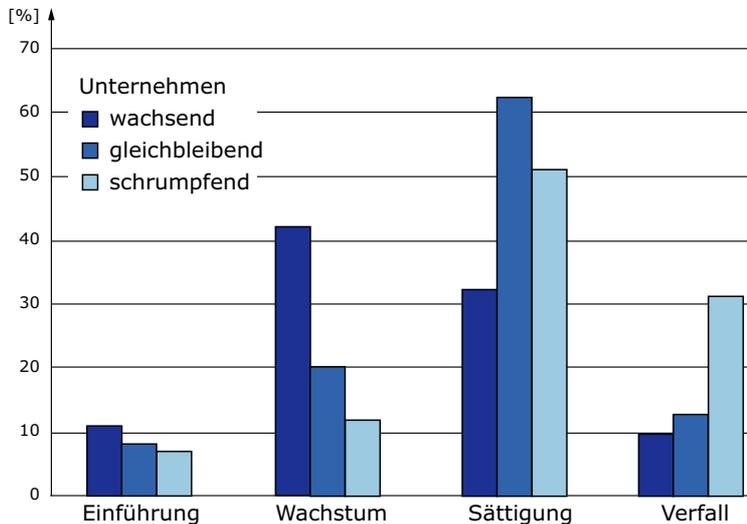


Bild (B023pipZ) Unterschiedliche Verteilung der Produktumsätze in den einzelnen Lebensphasen

Nicht nur das Produkt selber besitzt eine Lebenskurve, sondern auch die **Technologie**, auf welcher das Produkt basiert. In diesem Zusammenhang wird von der Technologie-S-Kurve gesprochen, welche horizontal die Zeit und vertikal z. B. die Leistungsfähigkeit darstellt. In der mittleren Phase kann die Leistungsfähigkeit laufend erhöht werden, bis eine Sättigung eintritt. Verbesserungen der Technologie sind nur noch marginal möglich.

Der Begriff Technologie ist vom Begriff Produkt zu trennen; Produkte basieren auf Technologien. Ein Laserpointer zum Beispiel ist ein Produkt, welches auf der Lasertechnologie basiert. Auch sind Technologien für die Herstellung der Produkte notwendig.

Vielfach wird dann die bestehende Technologie abgelöst von einer neuen, welche zwar noch in den Kinderschuhen der Leistungsfähigkeit steckt, aber ein Potential für die Zukunft aufweist.

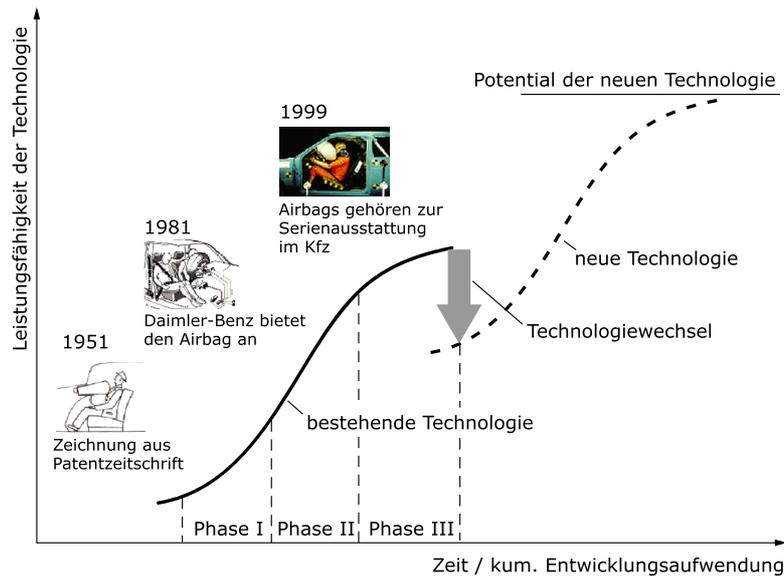


Bild (B024pipZ) Technologie-S-Kurve

2.2 Klassierung von Produkten

Wir sind im privaten wie auch im beruflichen Alltag umgeben von verschiedensten Produkten. Jedes dieser Produkte hat einerseits einen unterschiedlichen Lebenszyklus, wird andererseits aber auch nach unterschiedlichen Vorgehensprozessen entwickelt und unterschiedlich im Markt angepriesen und verkauft.

Beispielsweise ist es einleuchtend, dass bei der Entwicklung eines Serieproduktes wie einem Auto (das Paradebeispiel einer hoch technologischen **Serienproduktion**) andere Entwicklungsprozesse/Methoden angewandt werden als für die Entwicklung eines einmaligen Kundenauftrages, wie z. B. einer einfachen Haltevorrichtung für ein Werkstück. In einer anderen Dimension betrachtet ist es auch ein Unterschied, ob es sich um die Entwicklung eines Konsumgutes, wie z. B. eines Turnschuhs, einer Maschine oder sogar einer ganzen Industrieanlage handelt. Auch die Vorgehensweisen am Markt differenzieren stark. Einzelne Produkte kaufen wir ab Gestell im Supermarkt, für andere erwarten wir ein Verkaufsgespräch sowie eine Beratung, wieder andere wollen wir nur mieten.

Ganz drastisch zeigt sich der Unterschied bei einem einmaligen Kundenauftrag, z. B. einer Anlage zum Montieren von Motoren. Eine solche Anlage wird nur einmal gebaut, entsprechend wird der Umsatz einmal realisiert und der mögliche Gewinn in diesem einzigen Projekt erzielt. Die Lebenszykluskurve reduziert sich auf diesen Auftrag. Zu

bemerken ist, dass solche Anlagen wieder aus Einzelprodukten bestehen können, wie z. B. Robotern, für welche dann wieder die typische Lebensphasenbetrachtung gilt.

2.2.1 Einteilung nach dem Verwendungszweck

Produkte können nach dem Verwendungszweck klassiert werden.

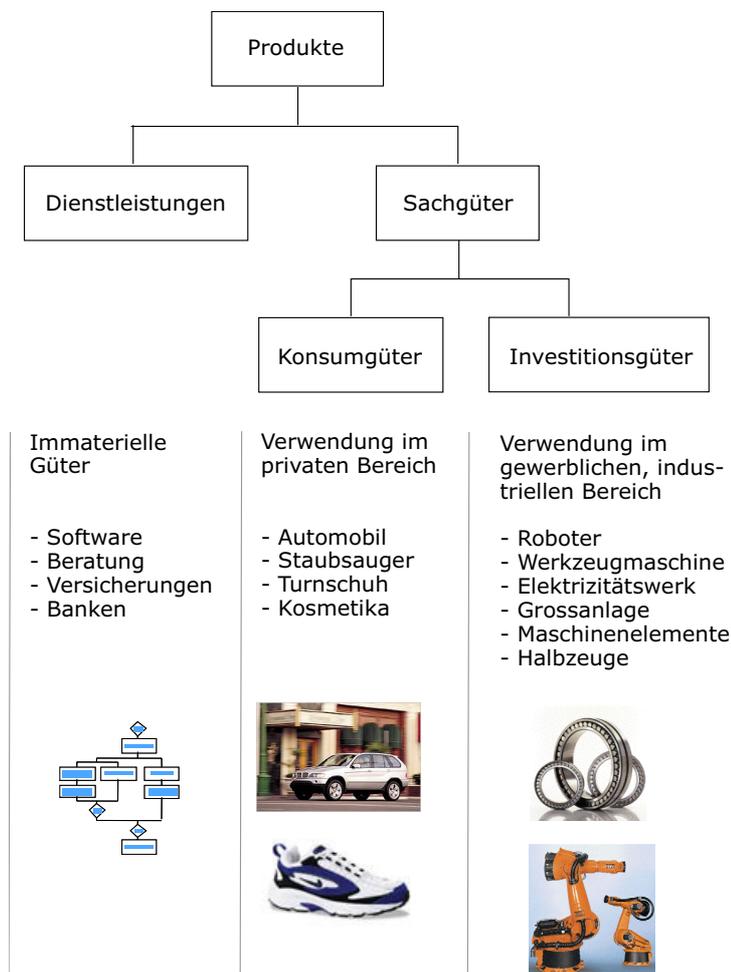


Bild (B005pipZ) Klassifizierung der Produkte nach Verwendungszweck

Einzelne Produkte können sowohl als Konsum- wie auch als Investitionsgut eingesetzt werden. Beispiele hierfür sind Automobile, Computer usw.

Viele der heutigen Produkte stellen eine Kombination von Sachgut und Dienstleistung dar, wie beispielsweise ein Computer mit War-

tungsvertrag, ein Auto mit Leasingvertrag oder ein Produkt mit Betriebsanleitung.

2.2.2 Einteilung in das Gesamtsystem

Produkte bestehen aus Teilprodukten und gliedern sich selber als Element in umfangreichere Produkte ein.

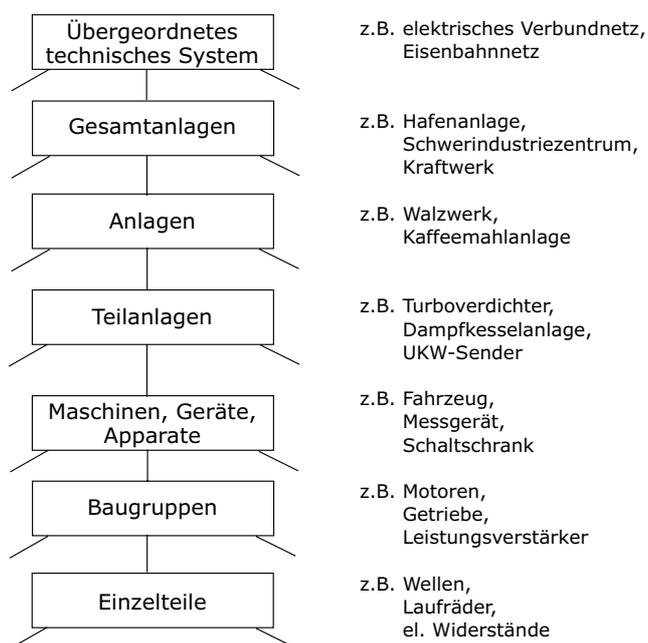


Bild (B004pipZ) Gesamtsystem und Teilprodukte

Als Beispiel strukturieren wir im folgenden Bild einen Ast des Gesamtsystems „Verkehr“ bis auf den Motor.

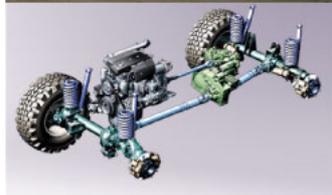
Verkehr:



Automobil:



Antriebsstrang:



Motor:



Bild (B006pipZ) Gesamtsystem und Teilprodukte (Quelle: www.mercedes-benz.com/)

2.2.3 Weitere Einteilungssichten

Es existiert eine Vielzahl weiterer Klassierungsmöglichkeiten wie z. B.:

- die marktorientierte Segmentierung: Je nach Region oder Marktsegment können dieselben Produkte ein unterschiedliches Erscheinungsbild (Design) aufweisen oder eine unterschiedliche Ausführung (unterschiedliche Gesetzesvorschriften) haben.
- die Einteilung nach dem Gesichtspunkt der **Standardisierung**: Die höchste Stufe der Standardisierung haben Produkte, welche von einem Unternehmen nur in einer oder wenigen Ausführungsvarianten hergestellt und vertrieben werden. Die individuellen Kundenwünsche führen jedoch vermehrt zu standardisierten Baukastenmodulen, auch Produkt-Plattformen

genannt, welche fast beliebig zu Gesamtprodukten kombiniert werden können.

Automobile sind gute Beispiele für eine Produkt-Plattform. Sie bestehen aus Standardelementen eines modularen Baukastensystems, in der Kombinatorik sind jedoch fast unbeschränkte individuelle Wünsche möglich.

Die tiefste Ausprägung der Standardisierung sind Sonderlösungen, welche auf wenig Standardisierung basieren und mehr oder weniger einmalig realisiert sind.

Tendenziell nehmen modulare **Produkt-Plattformen** an Bedeutung zu.



Bild (B025pipZ) Klassierung nach Standardisierung

2.3 Lebenslauf von Produkten aus der Sicht der Kunden

Haben wir oben das Produkt aus Sicht des Unternehmens behandelt, folgen wir nun einem einzelnen Produkt auf seinem Lebensweg bei den Nutzenden (Kunden, Kundinnen).

Für die Kunden stellt der Kauf (oder auch andere Modelle wie beispielsweise Miete) des Produktes den Start der Betrachtung dar. Hier fallen die Kaufkosten an. Die Kunden erwarten im Folgenden einen Nutzen (teilweise fängt ein Teilnutzen für den Kunden schon früher an, z. B. mit Beratung). Dies kann z. B. für Käufer und Käuferinnen von Inline-Skates der Freizeitnutzen sein. Es kann sich aber, wie bei Investitionsgütern üblich, auch um einen Nutzen handeln, aus dem wieder eine Wertschöpfung, wie z. B. das Produzieren von Teilen bei einer Werkzeugmaschine, erreicht wird. Die Nutzungsphase für die Kunden kann durch Modifikationen bzw. Umbauten verlängert werden (z. B. neue Rollentypen bei Skates, eine neue Steuerung bzw. neue Antriebe bei Werkzeugmaschinen).

Nach der Nutzungs- & Erneuerungsphase folgt die Entsorgungsphase.

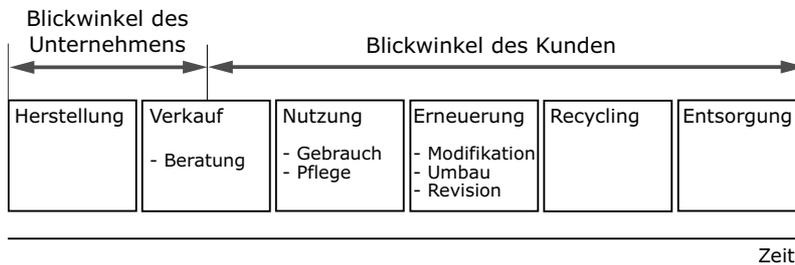


Bild (B008pipZ) Lebensphasen von Produkten

Wenn wir die Gesamtkosten eines Produktes aus Sicht des Kunden betrachten, gliedern sich diese in die Investitionskosten (Kauf), die Unterhaltskosten (Reinigung, Reparatur) und **Betriebskosten** (Energie). So sind beim einfachen Beispiel eines Schraubenschlüssels nur die Kaufkosten von Bedeutung, im Gegensatz zum Auto, wo die Betriebskosten den wesentlichen Anteil ausmachen; noch drastischer bei der hier dargestellten Kreiselpumpe (Bild B026pipZ).

Diese Betrachtung erscheint logisch und trotzdem berücksichtigen viele Kunden beim Kaufentscheid diese **Gesamtlebenskosten** nicht, sondern lediglich die Investitionskosten. Wer macht sich z. B. beim Kauf eines Computers schon Kostenüberlegungen über das ganze Leben des Produktes und entscheidet auf dieser Basis? Meist endet die Kostenbetrachtung sowohl aus Sicht der Hersteller als auch der Käufer auf dem Verkaufstisch.

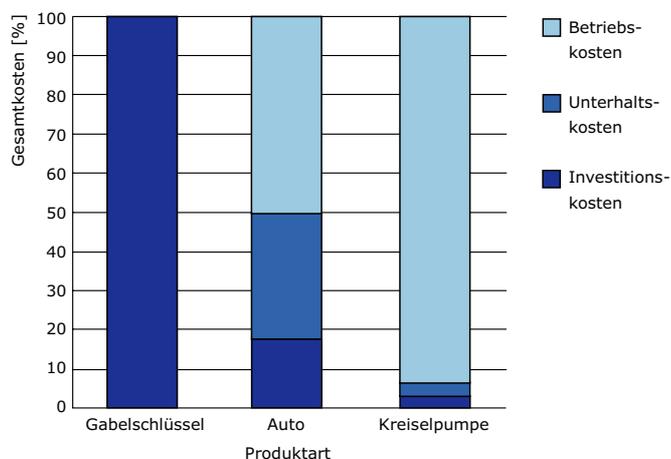


Bild (B026pipZ) Verteilung der Kostenanteile verschiedener Produkte an die life-cycle-costs

2.3.1 Kunde und Kundennutzen

Schon mehrmals wurden die Ausdrücke „Nutzen“ und „Kundennutzen“ erwähnt, weshalb wir diese genauer betrachten wollen.

Was kaufen Kunden tatsächlich? Kaufen sie das Produkt? Dies ist nur auf den ersten Blick korrekt.

Vertiefter betrachtet erkennt man, dass der Kunde, abgesehen von stark emotional belasteten Produkten (dazu gehören z. B. das Auto, die Armbanduhr - so genannte Statussymbole), meist nur den Nutzen kauft.

Am klarsten hat dies wohl die Firma Lever Fabergé GmbH mit ihrem Produkt OMO auf den Punkt gebracht, mit dem Ausspruch:

„Der Kunde will weisse Wäsche, nicht Waschpulver.“

Ein bekanntes Beispiel, wie diese Tatsache vermarktet wird, liefert Xerox seit Jahren. Sie verkaufen ihre Leistung pro Kopie, welche der Kunde in seinem Unternehmen auf dem Gerät macht. Xerox verrechnen den Nutzen und nicht das Kopiergerät (Sie erkennen hier gut, dass der Begriff „Produkt“ nicht nur das Objekt erfasst, sondern die Gesamtleistung.). Das Gerät wird durch Xerox gewartet und durch Umbauten auf dem technologisch neuesten Stand gehalten. Ein Schweizer Werkzeugmaschinenhersteller argumentiert am Markt nicht mit dem Kaufpreis der **Werkzeugmaschine**, sondern mit dem Stückpreis des auf dieser Maschine produzierten Werkstückes; Automobilfirmen überlassen Maschinen- und Anlagebauern Produktionsflächen in den eigenen Produktionswerken. Dort produzieren diese Firmen (Lieferanten) auf den eigenen Anlagen, warten diese selbständig und verkaufen dem Automobilwerk nicht die Anlage, sondern die darauf produzierten Teile. Firmen in Firmen entstehen. Dies sind moderne, zukunftssträchtige Wege, wie der Nutzen (und nur sekundär das Produkt) an den Käufer geht.

Der Nutzen kann dabei in einem **Gebrauchs-** bzw. **Geltungsnutzen** bestehen.

Mit dem Erwerb des Produkts ist für den Kunden neben dem Nutzen auch ein Aufwand (meistens: Kosten) verbunden. Beispiele sind:

Produkt	Gebrauchsnutzen	Geltungsnutzen	Aufwand (Beispiel)
Waschpulver	Wäsche reinigen	?	Anschaffungskosten
Automobil	Personen & Lasten transportieren	Image, Prestige, Statussymbol, Selbstdarstellung	Anschaffungs-, Wartungs-, Reparaturkosten
Werkzeugmaschinen	Teile herstellen, hohe Produktivität, Mehrwert	modernste Maschinen als Imageträger	Investitionskosten, Betriebskosten
Brillantring	?	Person schmücken	Anschaffungskosten, Tresormiete, Versicherung

Tabelle (T002pipZ) Nutzen und Aufwand

Marktgerechte Produkte erfüllen den Kundennutzen bei einem Aufwand, der von den Kunden als angemessen empfunden wird (gutes Kosten-/ Nutzenverhältnis).

2.3.2 Kunde und Kundin als Zentrum des Denkens und Handelns

Die Bedeutung des Kunden im gesamten Innovations-Prozess, aber auch ganz generell in unserem Denken und Handeln während einer Produkt-Entwicklung, kann nicht genügend stark hervorgehoben werden. Er ist das eigentliche Zentrum unseres individuellen Tuns.

Deshalb ist die kurze prägnante Darstellung der Kundenorientiertheit hier sicher angebracht: Ein Kunde ...

- ist die wichtigste Person in unserem Unternehmen, egal ob er persönlich da ist, schreibt oder telefoniert.
- hängt nicht von uns ab, sondern wir von ihm.
- ist keine Unterbrechung unserer Arbeit, sondern ihr Sinn und Zweck.
- ist jemand, der uns seine Wünsche bringt.
- Wir haben die Aufgabe, diese Wünsche gewinnbringend für ihn und uns zu erfüllen.
- ist keine Statistik, sondern ein Mensch aus Fleisch und Blut, mit Vorurteilen und Irrtümern behaftet.

- ist nicht jemand, mit dem man ein Streitgespräch führt oder seinen Intellekt misst. Es gibt niemanden, der je einen Streit mit einem Kunden gewonnen hat.
- ist kein Aussenseiter, sondern ein lebendiger Teil unseres Geschäftes. Wir tun ihm keinen Gefallen, indem wir ihn bedienen, sondern er tut uns einen Gefallen, wenn er uns Gelegenheit gibt, es zu tun.

2.4 Das Produkt aus der Sicht von Umwelt und Gesellschaft

Dieser Aspekt wurde nun schon mehrmals angesprochen. Was erwartet die Umwelt von einem Produkt? Welchen Gedanken sind wir als Produktentwickler verpflichtet nachzugehen?

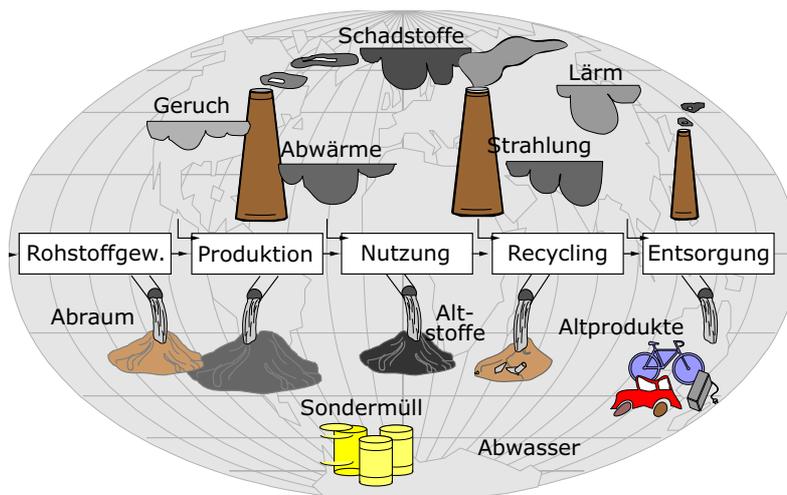


Bild (B007pipZ) Umweltbeeinträchtigungen während des Lebenslaufs eines Produktes

Wir sind aufgefordert, Produkte mit maximalem Nutzen (ökonomische Optimierung) bei minimaler **Umweltbelastung** (ökologische Optimierung) zu generieren. Das gemeinsame Optimum liegt selten beim Zenit des einen Aspektes, sondern im Abwägen/Gewichten beider Aspekte.

Im gesamten Produktlebenslauf werden Rohstoffe und Energie verbraucht, Abfälle erzeugt und Emissionen wie Staub, Lärm, Abwasser und Abgase in die Umwelt abgegeben. Grundsätzlich entstehen in den Prozessen jeder Lebensphase Umweltbeeinträchtigungen.

Zu einem wesentlichen Teil werden die Umweltbeeinträchtigungen der einzelnen Prozesse schon früh durch die Produktentwicklung festgelegt bzw. vorbestimmt.

Nur wenn es gelingt, die möglichen Umweltbeeinträchtigungen der einzelnen Lebensphasen zu minimieren, ist ein vorsorgender Umweltschutz realisierbar.

Die Auswirkungen von Massnahmen in der Produktentwicklung auf die Umwelt und die Gesellschaft erfordern auch grosses Verantwortungsbewusstsein des einzelnen Entwicklers. Individuen, Gruppen/ Teams und Unternehmen unterliegen letztlich der Ethik des technischen Handelns.



Bild (B027pipZ) Die Phasen eines Produktes, Kreislauf der Baugruppen, Aspekte ökologischer Produkte-Gestaltung

Die einzelnen Forderungen aus Sicht der Umwelt sind in Bild (B027pipZ) aufgeführt. Für die Entwicklung gilt:

- Produkte mit langer Nutzungsdauer generieren (dies ist wohl am schwierigsten mit der ökonomischen Sicht zu vereinbaren und erfordert neue Nutzungsmodelle).
- Nicht erneuerbare **Ressourcen** in der Materialwahl vermeiden (z.B. Steinkohle, Erdöl bzw. daraus hergestellte Kunststoffe etc.).
- Demontagegerechte Konstruktionen liefern, die auch zukünftige Modifikationen und Umbauten ermöglichen und die Demontage beim Produktlebensende berücksichtigen.
- Produkte mit niedrigem Ressourcenverbrauch und tiefen Emissionen realisieren.

Anstelle frühzeitig ein neues Produkt zu beschaffen, wird es möglich, das bestehende umzubauen und so gleichzeitig technologisch wieder an die Spitze zu rücken, ohne ökologische Nachteile zu erleiden.

Am Ende des Produktlebens erfolgt heute vermehrt eine Rückführung von Bauteilen in neue Produkte.

Beispiel: Auch hier ist Xerox eine Vorreiterin, denn 90 % der Bauteile kommen aus den alten Maschinen zurück. Vermehrt treffen wir dies auch bei neuen Fahrzeugen an.

Mit diesen ersten Betrachtungen ist das Kernstück für weitere Betrachtungen dargelegt. Viele Vertiefungen auf dieser Basis werden in späteren Kapiteln folgen.

3 Innovation – Puls des Unternehmens

Innovation ist der zweite Schlüsselbegriff neben dem Begriff Produkt. Wir haben das Produkt ins Zentrum der Betrachtung gesetzt und festgestellt, dass das Produkt einen beschränkten Lebenszyklus am Markt aufweist. Modifikationen, **Umbauten** und somit Steigerung der Attraktivität mögen diese wohl verlängern, aber nicht deren Ende verhindern.

Neues generieren und danach erfolgreich am Markt einführen ist demnach von existentieller Notwendigkeit. Innovation ist der umfassende Name dieser Tätigkeit oder noch spezifischer ausgedrückt, Produkt-Innovation.

Definition Innovation: Neues generieren und erfolgreich im Markt einführen. Innovation hebt sich somit vom Erfinden und der Produkt-Entwicklung ab, denn das erstere ist ein rein schöpferischer Akt und dem letzteren fehlt die Komponente „erfolgreich am Markt einführen“. Zur Abgrenzung des Begriffes Innovation sei erwähnt, dass dieser Begriff verschiedenste Bedeutungen oder Ausrichtungen besitzt, sprechen z.B. auch Banken (Finanzinnovation) oder Versicherungen von Innovation. Auch in der Sparte der Güterindustrie existiert der Begriff verschiedentlich, so sprechen die Marketingleute von Marketing-Innovation. Für uns soll der Begriff für die Einführung neuer Produkte (**Produkt-Innovation**) stehen.

Unternehmen, die sich nicht bzw. nur wenig um Innovationen bemühen, können recht lange erfolgreich operieren. Sie holen ihre meist hohe Rentabilität aus der Optimierung der Produkte, der Verbesserung der Produktionsprozesse, der Verstärkung der Marktaktivität, durch Reorganisation und Restrukturierungen der internen Abläufe, so dass der Gewinn mit den vorhandenen Produkten maximiert ist. Sie vergessen dabei häufig, dass dieses Vorgehen nur eine Ausrichtung der Strategie sein darf und ein Teil des verdienten Geldes auch in neue Entwicklungen einfließen muss. Auf der folgenden Grafik (B005einZ) ist dies gut ersichtlich.

Ausgehend von der linken unteren Ecke stehen uns zwei strategische Wege offen:

- Horizontal: Weg der reinen operativen Stärke, Kostenoptimierung etc.
- Diagonal nach oben: Kombiniert innovatives Handeln und operative Effizienzsteigerung.

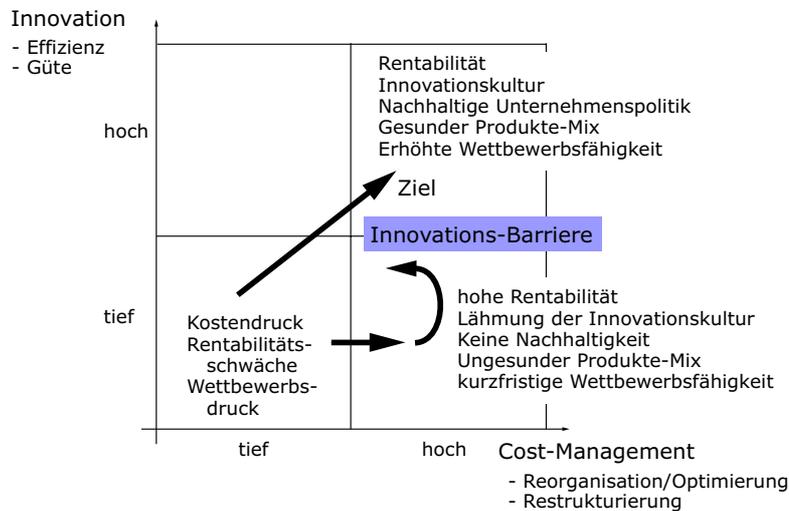


Bild (B005einZ) Unterschiedliche strategische Unternehmenswege und deren langfristige Auswirkung

Die „Halbwertszeit“ der reinen Cost-Management-Strategie ist kurz, die Produkte altern, Konkurrenz bedrängt stark, Billiglohnanbieter dringen in diese Produktfelder. In dieser Strategie des rein horizontalen Weges ist das Unternehmen gedrillt, bei maximaler Effektivität das tägliche operative Geschäft zu bewältigen und lässt so keinen Platz mehr für Neues. Die Innovations-Kultur verkümmert und es bildet sich eine „Innovations-Barriere“. Der vertikale Weg der Innovation muss ebenso gepflegt werden. Aus diesen Gründen muss ein simultaner Weg diagonal nach oben begangen werden: Vom Blickwinkel der Nachhaltigkeit des Unternehmenserfolges der beste Weg. Wir beachten dabei die langfristige, kontinuierliche Gesundheit des Unternehmens und erhalten auch die notwendige Innovations-Kultur. Firmen, die bekannterweise diese Gedanken professionell praktizieren sind z. B. 3M und Alcan (ehemals Alusuisse). Die Angestellten der Entwicklungsabteilungen erhalten dort einen Arbeitsfreiraum (z. B. 1 Tag pro Woche), um die rein operative Tätigkeit beiseite zu legen und neuen Gedanken nachzugehen. Nach Angaben dieser Firmen resultieren 80 % der neuen Ideen aus solchen innovativen Freiräumen von 20%.

Noch ein Wort zur Präzisierung: Innovation ist nicht zwingender Massen High-Tech. Viele sehr erfolgreiche Innovationen sind im Low-Tech-Bereich angesiedelt. (siehe z. B. Post-it-Zettel)

3.1 Innovationstiefe/Neuheitsgrad

Die Innovation am Markt kann verschiedene Neuheitsgrade aufweisen. Nur selten handelt es sich um eigentliche Basisinnovationen. Unterschieden wird:

Innovations-grad	Häufigkeit	Erläuterungen und Beispiele
Basis-innovation	sehr selten	Grundlegend neues Produkt mit bisher unbekanntem Lösungsprinzip
Neu-konstruktion	ca. 20% aller Aufgaben	Neues Produkt mit neuem oder vorgegebenem Lösungsprinzip: Erstes Fahrrad mit Pedalantrieb, Liegerad
Anpassungs-konstruktion	ca. 50% aller Aufgaben	Neues Produkt mit vorgegebener Grobgestalt: Fahrrad mit Carbon-Rahmen
Varianten-konstruktion	ca. 30% aller Aufgaben	Neues Produkt mit vorgegebener Grobgestalt, aber veränderten Abmessungen bzw. Fertigungstechnologie: Fahrrad mit verschiedener Rahmengrösse

Tabelle (T003pipZ) Neuheitsgrade der Innovation

Diese Klassierung ist jedoch nur als grober Raster zu verstehen und eine Firma, die ein Fahrrad mit Carbon-Rahmen entwickelt, wird diese Innovation natürlich mit „Innovations-Fanfaren“ ankündigen und nicht von einer Anpassungs-Konstruktion sprechen.

4 Der (Produkt-)Innovations-Prozess

Definition: Ein Prozess ist ein zeitlich begrenzter Ablauf mit klar definiertem Anfangs- (Input) und Endzustand (Output).

Die Produkt-Innovation wird als Gesamtprozess verstanden, welcher einen Anstoss, z.B. ein Marktbedürfnis, als Input erhält und innerhalb des Gesamtprozesses ein Produkt generiert, das dieses Marktbedürfnis befriedigt.

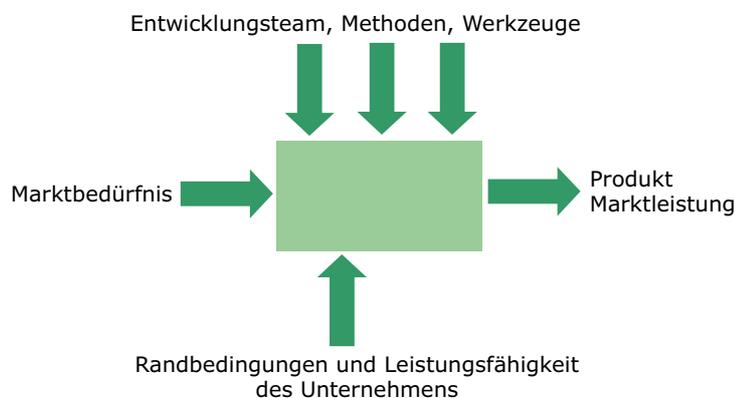


Bild (B009pipZ) Gesamtprozess der Produkt-Innovation

Betrachten wir den idealtypischen Gesamtprozesses im Detail, so kann dieser in weitere Prozesse gegliedert werden:

- Anstoss-Prozess
- **Ideen-Prozess** mit den Teilprozessen
 - Ideen-Sammlungs-Prozess
 - Ideen-Ausarbeitungs-Prozess
- **Vorstudien-Prozess** mit den Teilprozessen
 - Grobkonzept-Prozess
 - Marktleistungs-Prozess
- **Entwicklungs-Prozess** mit den Teilprozessen
 - Konzept-Prozess
 - Entwurfs-Prozess
 - Dokumentations-Prozess
 - Produktions-Planungs-Prozess
 - Markteinführungs-Planungs-Prozess

Wie die Grafik zeigt, überlagern sich einzelne dieser Prozesse und werden parallel durchgeführt.

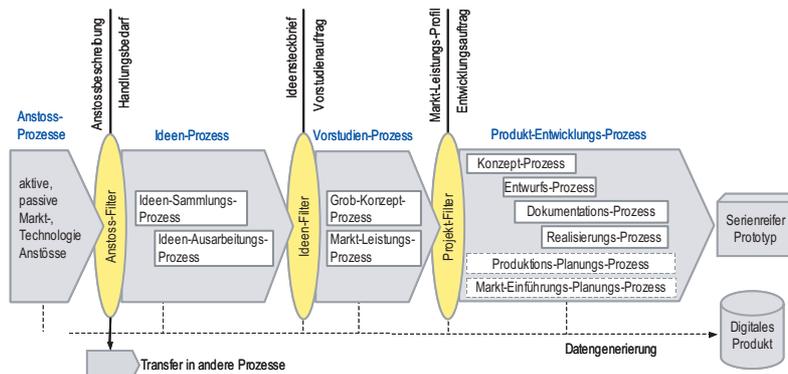


Bild (B033konZ) Referenzmodell Innovations-Prozess

Der Gesamtprozess gliedert sich in einzelne Prozesse und Teilprozesse, und jeder Teilprozess ist weiter gliederbar bis zur einzelnen Tätigkeit. Die Inhalte von jedem Prozess und jedem Teilprozess werden im folgenden Abschnitt kurz vorgestellt.

Es ist jedoch äusserst vereinfacht und irreführend, mit dieser seriellen, idealtypischen Ablaufdarstellung einer Produktentwicklung zu suggerieren, dass der wirkliche Gesamtprozess einer solchen sequentiellen Prozessabfolge gehorcht.

In keiner realen Anwendung wird dies so sein. Im Gegenteil, die reale Produktentwicklung ist ein ausgesprochen iterativer Prozess. Wir starten zwar einheitlich beim Anstoss und bewegen uns kontinuierlich zum finalen Produkt. Auf diesem Weg springen wir jedoch z.B. mit einem Bauteil einmal weit nach vorne in die Feingestaltung, werden aber im nächsten Moment infolge neuer technologischer Erkenntnisse wieder in die Konzeptphase zurückgeworfen.

Trotzdem sollte es für ein Unternehmen selbstverständlich sein, klar zu unterscheiden, ob sich eine Produktidee noch im Ideen-Prozess befindet (und nur geringe Mittel eingesetzt werden um die Idee weiter auszuarbeiten), oder ob bereits ein Vorstudien- oder Entwicklungsauftrag erteilbar ist mit entsprechenden umfangreichen Budgets.

Es ist wichtig zu erkennen, dass diese Prozessdarstellung als roter Faden durch die Entwicklung sehr nützlich ist, jedoch stark idealisiert ist und die Realität schlecht repräsentiert.

4.1 Unternehmen – Leitbild, Vision, Strategie, Ziel

Jedem Innovations-Prozess übergeordnet (im Bild nicht dargestellt) ist das **Leitbild** eines Unternehmens, wonach es seine gesamte Tätigkeit und das Verhalten langfristig ausrichtet. Davon abgeleitet werden die Strategie und die **Ziele**, die das Unternehmen als Gesamtheit erreichen will. Jährlich werden diese Ziele überprüft und neuen Gegebenheiten angepasst. Dies ist als Kreislauf zu verstehen. Die Unternehmensstrategie und darin eingebettet die Innovations-Strategie nimmt starken Einfluss auf den Innovations-Entscheid im einzelnen.

4.2 Anstoss-Prozess

Als Anstoss werden alle Arten von Informationen betrachtet, die eine mögliche Produktinnovation einleiten. Dabei wird in erster Linie zwischen aktiver und passiver Informationsgewinnung unterschieden. Die Sammlung von Anstössen lässt sich durch Methodeneinsatz gezielt fördern (aktiv): z. B. durch Marktanalysen, Analyse des bestehenden Produktsortiments oder durch Patentscreening. Unaufgefordert entstehende Anstösse sollten jedoch ebenfalls nicht verloren gehen (passiv): z. B. Kundenanfragen oder Rückmeldungen aus dem Kundendienst z. B. in Form von Beanstandungen.

In einer zweiten Dimension kann zwischen marktgetriebenen (market pull) und technologiegetriebenen (technology push) Anstössen unterschieden werden. Der Anstoss-Prozess endet mit der Anstossbeschreibung. Im Anstoss-Filter entscheidet sich, ob der Anstoss vom Unternehmen nicht nur wahrgenommen sondern auch weiterverfolgt wird: Aus dem Anstoss wird durch diese Filtertransformation ein effektiver Handlungsbedarf für den Innovations-Prozess; z. B. ein noch nicht optimal befriedigtes Marktbedürfnis oder eine neue technische Möglichkeit.

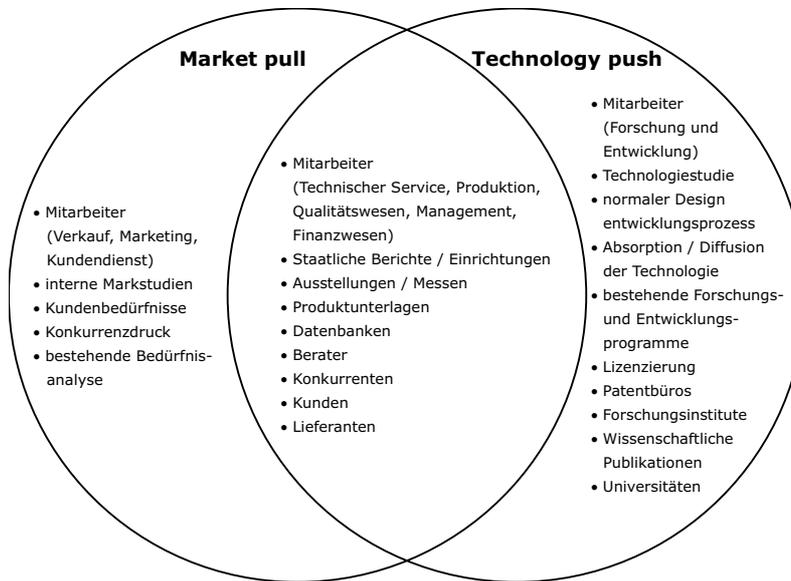


Bild (B013mipZ) Quellen für Produkt-Innovations-Anstösse und -Ideen: „Market pull“ und „Technology push“

4.3 Ideen-Prozess

Im Ideen-Prozess werden Ideen zur Befriedigung der ermittelten Handlungsbedarfe zum einen gesammelt (Ideen-Sammlungs-Prozess) und zum anderen ausgearbeitet (Ideen-Ausarbeitungs-Prozess).

Die als Handlungsbedarf erkannten Anstösse dienen als „Samen“ für den Produkt-Ideen-„Keimling“. Ein Marktbedürfnis wird zu einer Produkt-Idee indem es durch Realisierungsansätze ergänzt wird. Eine technische Möglichkeit wird erst durch Kombination mit einem Marktbedürfnis zu einer Produkt-Idee mit Marktchancen.

Die Ideen stammen aus den gleichen Quellen wie die Anstösse, werden aber schon gezielter in direktem Bezug zum Anstoss abgefragt: von den Mitarbeitern generell, von der Entwicklung, dem Servicepersonal und dem Management im Speziellen. Ideen kommen aber auch von Kunden, aus Patenten usw.

Als Abschluss der Ideenausarbeitung wird ein Ideensteckbrief verfasst, welcher die Idee grob skizziert, das Potential beleuchtet, den Aufwand und Risiko abschätzt und für das Verständnis relevante Aussagen beinhaltet. In diesem Ideensteckbrief können niemals alle Fragen beantwortet werden. Es geht vielmehr darum, die bekannten Aspekte als Entscheidungsgrundlage strukturiert festzuhalten.

Checkliste Produkt-Ideensteckbrief

1. Ideenname
2. Ideenbeschreibung (inkl. Skizze)
3. Anstossquelle
4. Innovationskategorie z. B.:
 - Produktverbesserung
 - Sortiments-Ergänzung
 - Neue Produktgeneration
 - Break-Through-Innovation
5. Marktsegment
6. Nutzen, Vorteile
7. Marktrisiken
8. Technische Risiken
9. Aufwand (Ressourcen, Zeit)
10. Schlüsselpersonen
11. Diverses (z. B. relevante Dokumente, Links, ...)

Im Ideenfilter wird, basierend auf einem Bewertungs-Prozess entschieden, ob ein Vorstudienauftrag erteilt wird oder nicht. Die „Keimlinge“ werden ausgedünnt und in den Vorstudien-Prozess transformiert.

Wichtig ist zu erwähnen, dass die nicht weiter verfolgten Ideen nicht „verloren“ sind, sondern in einem Ideen-Pool abgelegt werden, um vielleicht unter anderen Voraussetzungen wieder aktiviert zu werden.

4.4 Vorstudien-Prozess

Ziel einer Vorstudie ist es, das eigentliche Produkt-Entwicklungs-Projekt vorzubereiten, Grundlagen für die Entscheidung über die Projekt-freigabe bereitzustellen wie z. B. die wichtigsten Risiken weiter zu quantifizieren und eventuell sogar auszuräumen.

In die Pflanzenwelt übertragen wird die Idee als ausgedünnter „Keimling“ im Vorstudien-Prozess zum „Sprössling“ aufgezogen.

Produkte müssen erfolgreich in Märkte eingeführt werden. Eine vertiefte Analyse der Ist-Situation in mehrere Dimensionen mit Projektion in die Zukunft bildet die Voraussetzung dafür (Marktleistungs-Prozess). Die Analyse der Ist-Situation umfasst u. a. die aktuelle Marktsituation, die bestehenden, eigenen Produkte und die der Konkurrenz sowie die Stärken und Schwächen der Produkte, der Vertriebsorganisation und des Unternehmens im Gesamten, die Patent- und Gesetzes-Situation und vieles mehr. Als weiterer Schritt wird eine Zukunftsprognose (Projektion) der relevanten Einflussfaktoren, wie

z. B. des Marktwandels, der zukünftigen Preispolitik, des Gesetzes, usw. erstellt.

Darauf aufbauend wird das zukünftige Produkt beschrieben, noch nicht in der technischen Gestalt, sondern abstrakter in der Beschreibung der Leistungsmerkmale und Eigenschaften für den Markt. Die neuen gewünschten und geforderten Eigenschaften und Merkmale werden quantitativ und qualitativ festgehalten. Aus diesem **Markt-Leistungs-Prozess** ergeben sich weitere Ziele, wie z. B. die Erwartungen in Bezug auf das Projektmanagement (Zeit, Ressourcen) des Projektes, Marketingziele, Organisationsziele usw.; Gesamthaft auch **Pflichtenheft** genannt. Für das Entwicklungsteam ist es von grosser Wichtigkeit, die Gesamtheit aller Ziele zu kennen. Erst dann wird das Team in der Lage sein, das Produkt kundenorientiert zu entwickeln.

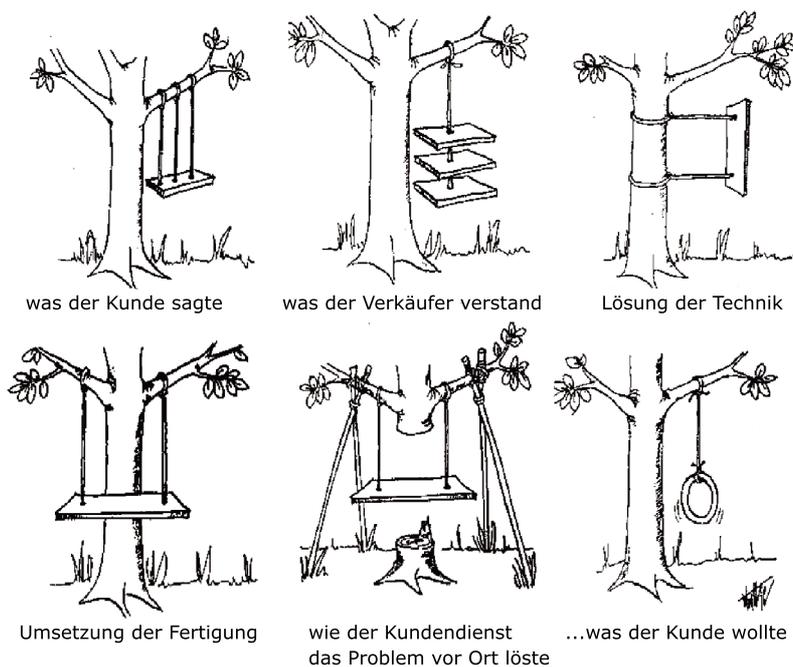


Bild (B007einZ) Karikatur einer schlechten Bedürfnisumsetzung

Parallel und in enger Kopplung zum Marktleistungs-Prozess wird der Grobkonzept-Prozess durchgeführt. Darin werden erste Lösungen skizziert, Machbarkeiten abgeklärt, grobe Berechnungen durchge-

führt, usw. Erst durch die Festlegung bestimmter technischer Rahmenbedingungen ist es meist möglich, differenzierte Marktabklärungen, Konkurrenzanalysen oder Patentrecherchen durchzuführen. Nicht ein konstruktiv ausgereiftes Produktkonzept ist das Ziel, vielmehr müssen grobe Konzepte aufbereitet werden, damit die zielgerichtete Entwicklung möglich wird. Der Fokus liegt zum Beispiel auf groben Funktionsprinzipien, physikalischen Abschätzungen, einer ersten Designstudie, der Einschränkung der Fertigungstechnologien, relevanten Make or Buy Entscheidungen, etc.

Am Ende des Vorstudien-Prozesses liegt ein Marktleistungs-Profil vor, welches im anschliessenden Projekt-Filter als Entscheidungsgrundlage dient um den Entwicklungsauftrag auszulösen.

4.5 Produktentwicklungs-Prozess

Der gesamte Produktentwicklungs-Prozess lässt sich in folgende Teilprozesse gliedern, in:

- den Konzept-Prozess,
- den Entwurfs-Prozess,
- den Dokumentations-Prozess,
- den Realisierungs-Prozess,
- den Produktions-Planungs-Prozess und
- den Markteinführungsplanungs-Prozess.

4.5.1 Der Konzept-Prozess

Aufbauend auf den Markt-Leistungs-Dokumenten wird die detaillierte Anforderungsliste und ein Projektplan erstellt. Das Entwicklungsteam erarbeitet kreativ, teilweise durch Methoden unterstützt, verschiedene Lösungskonzepte und „erfindet“ das Produkt. Dabei muss immer das Ziel vor Augen gehalten werden, möglichst die Anforderungen des Marktes in der Gesamtheit zu erfüllen. Jede der Lösungen wird ergänzend auf prinzipielle Machbarkeit überprüft, Funktionsmuster werden gebaut. Als Abschluss dieser Phase werden einzelne Lösungen in Bezug auf die technischen, kommerziellen und terminlichen Aspekte beurteilt und ausgewählt.

4.5.2 Der Entwurfs-Prozess

Die aus der Konzeptphase resultierende „Bestlösung“ wird nun entworfen und konstruiert. Nebst umfangreichen Projektleitungsarbeiten und Abklärungsaufgaben erfolgt in dieser Phase die eigentliche „Konstruktion“ im engeren Sinn. Hier werden somit alle Konstruktions-

richtlinien und Berechnungsmethoden eingesetzt. Hier werden auch die Fertigungsverfahren, die Werkstoffe und die existenten Maschinenelemente ausgewählt, d. h. das Produkt wird gestaltet.

4.5.3 Der Dokumentations-Prozess

Das Finale im Konstruktions-Prozess stellt das Ausarbeiten von Dokumentationen dar. Zum Beispiel werden Detailkonstruktionen erstellt, welche wiederum zu den eigentlichen Teilezeichnungen und Beschaffungsunterlagen weiter verarbeitet werden. Auch werden Dokumente zum Beispiel für den Verkauf usw. generiert. In der Gesamtheit sprechen wir von der technischen Dokumentation. Diese Unterlagen haben so eindeutig zu sein, dass die weiteren Abteilungen bzw. die Lieferbetriebe ohne grosse Rückfragen diese nutzen und danach mit der Beschaffung und der Herstellung beginnen können.

4.5.4 Der Realisierungs-Prozess

Anhand der erstellten Dokumentationen (Fertigungsunterlagen) werden die Teile und Komponenten hergestellt und eingekauft und der serienreife Prototyp gebaut. Das Entwicklungsteam steht für allfällige Fragen und Detailabklärungen zur Verfügung. Nach all dieser Denkarbeit und dem „Paper-work“ erfolgt der mechanische Aufbau des Produktes, meist als Prototyp oder in einer ersten kleinen Serie. Die Einzelteile werden zusammengebaut, die Maschine verdrahtet und zum „Leben“ erweckt. Erste Tests zeigen den Erfüllungsgrad der gesteckten Anforderungen. Auch hier ist wiederum die Frage berechtigt, wann der Entwicklungs-Prozess für den Entwickler endet. Wir folgen der Überzeugung, dass der Entwicklungs-Prozess erst direkt vor der Markteinführung, also nach Modifikation und Behebung aller „Kinderkrankheiten“ des Prototypen, sowie im Feldtest geprüft, endet. Der Erfolg eines Entwicklungsprojektes und die Leistungsfähigkeit einer Maschine zeigen sich nur bedingt anhand der Tests im eigenen Unternehmen. Erst im harten Einsatz beim Kunden kommen die Schwachstellen einer Maschine zutage. Hier schliesst sich auch der Kreis zum Markt-Leistungs-Profil, wo die Umgebungsbedingungen, Temperaturen, Feuchtigkeit und Verschmutzung der dafür bestimmten Standorte der Maschine beschrieben sind. In dieser Phase zeigt sich, wie ernsthaft das Entwicklungsteam sich vorgängig mit diesen Informationen auseinandergesetzt und diese erschwerenden Umstände in der Produkt-Entwicklung berücksichtigt hat. In dieser Phase wird nun die Maschine auf Herz und Nieren im Feld geprüft und Schwachstellen werden erkannt und in Verbesserungen umgesetzt. Diese Phase wird häufig mit wenigen ausgewählten Kunden (laun-

ching customers) durchgeführt. Die Serienproduktion kann nun starten und die Markteinführung definitiv auf breiter Front in Angriff genommen werden. Die schon gezeigten weiteren Lebensphasen eines Produktes werden durchlaufen. In dieser Phase gelangen immer wieder neue Anforderungen und Verbesserungsvorschläge in die Entwicklung. Diese werden gesamthaft und durch „Produkt-Pflege“ als kontinuierliche Verbesserung des Produktes umgesetzt.

4.5.5 Der Produktions-Planungs-Prozess

Schon sehr früh startet die Planung der zukünftigen Produktion des Produktes. Eigentlich schon im Vorstudien-Prozess, z. B. durch Make or Buy Entscheide, werden die Spezialisten der Produktion beigezogen. Spätestens aber ab dem Entwurfs-Prozess werden, parallel mit der Gestaltung des Produktes, intensiv die Fragen der späteren Serienproduktion überlegt. Dabei muss in verschiedenen Zeitfenstern geplant werden: wie wird der Produktions-Anlauf, wie die Ramp-Up-Phase wie die Serieproduktion realisiert.

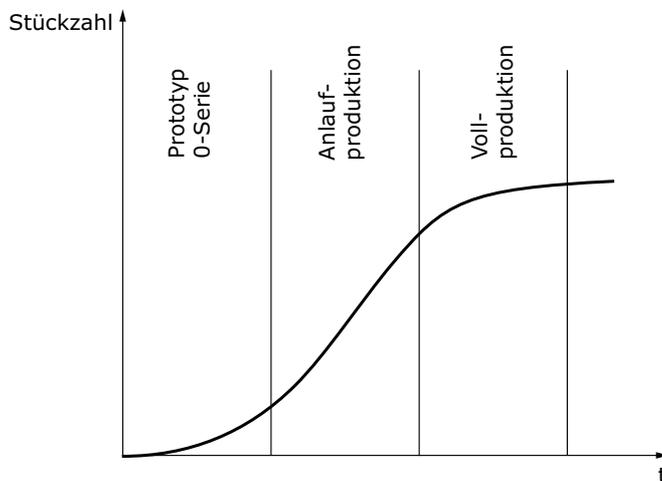


Bild (B003mipZ)

Make or Buy Entscheide, Gespräche und Verhandlungen mit Lieferanten, Planung von Produktions-Investitionen Werkzeugen und Vorrichtungen, Automatisierung, Qualitätssicherung und vieles mehr sind anspruchsvolle Inhalte dieses Prozesses.

4.5.6 Der Markteinführungsplanungs-Prozess

Ausgehend vom Anstoss über den Ideen-Prozess, Vorstudien-Prozess und verstärkt im Entwicklungs-Prozess erfolgt die Planungsarbeit für die Markteinführung. Definition der Werbung allgemein, der Preisgliederung, des Design der Produktverpackung, der Länderfolge beim Einführen, der Messegestaltung, etc. sind sehr wichtige Teilaufgaben, welche zum Gesamterfolg wesentlich beitragen.

4.6 Unterscheidung Prozess und Methode

In der Theorie zur Produkt-Innovation bzw. der Produkt-Entwicklung tauchen die Begriffe: „Prozess“ und „Methode“ immer wieder auf. Eine klare Differenzierung ist notwendig.

Definition: Eine Methode ist eine Handlungsanweisung mit Werkzeugcharakter, die einen Prozess unterstützt. Methoden haben einen Input und erwarteten Output und helfen, die Prozesse effizient durchzuführen.

Die **Methode** hat unterstützenden Charakter. Im Vergleich zum Prozess fehlt aber hier der zeitliche Aspekt. Eine Methode kann ähnlich wie der Prozess beschrieben werden.

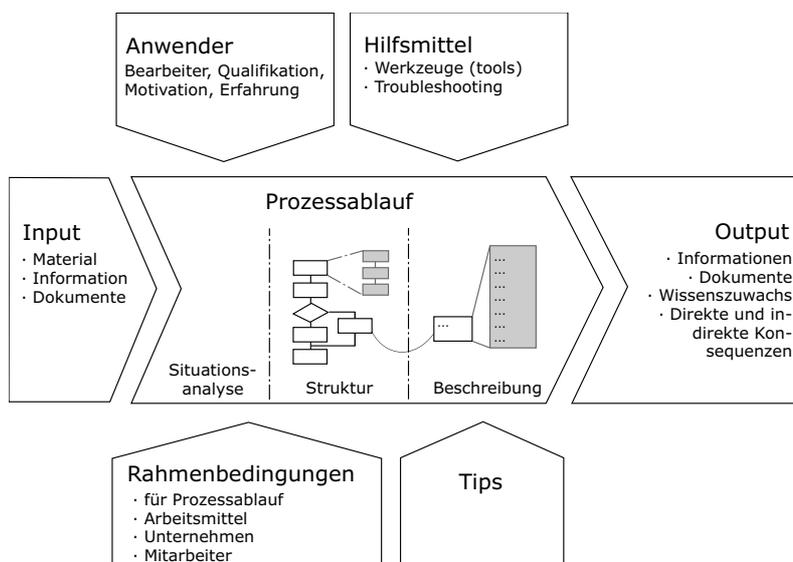


Bild (B107pipZ) Allgemeines Prozessmodell

Beispielhaft sei hier ein Teilprozess beschrieben, der häufig im Innovations-Prozess benötigt wird, der Lösungsfindungs-Prozess.

Der Input ist eine Problemstellung mit klar definierten Randbedingungen; als gewünschten Output suchen wir eine oder mehrere Lösungen. Eine der Methoden, diesen Prozess qualitativ und zeitlich erfolgreich durchzuführen, ist das Brainstorming.

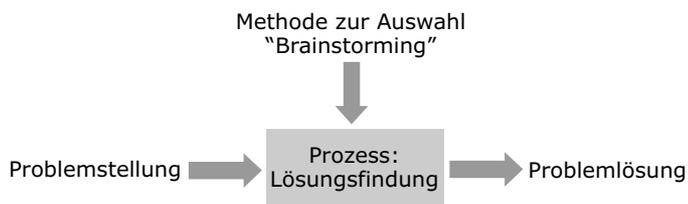


Bild (B010pipZ) Lösungsfindungsprozess mit der Methode „Brainstorming“

4.7 Innovations-Prozess aus Sicht der Prozessgestaltung & Methoden-Anwendung

Wir haben den Gesamtablauf vom Markt zum Markt als ideale, sequentiell verlaufende Struktur gesehen. In Tat und Wahrheit ist der Gesamtprozess alles andere als ideal-sequentiell, sondern ein komplexer, vielfach iterativer Vorgang. In einem Teilbereich sind wir gedanklich schon weit fortgeschritten, in anderen Bereichen noch in der Definitionsphase, oder das Resultat aus einer Detailabklärung hat so grosse Nebenwirkung auf die anderen Komponenten, dass diese nochmals durchgearbeitet werden müssen. Aus dieser Komplexität drängt sich eine erweiterte Darstellung des Gesamt-Innovations-Prozesses auf, eine Sicht, welche den Überblick des idealen Prozesses ergänzt. Wir betrachten nun den Innovations-Prozess aus Sicht der **Prozessgestaltung** und der Methoden-Anwendung.

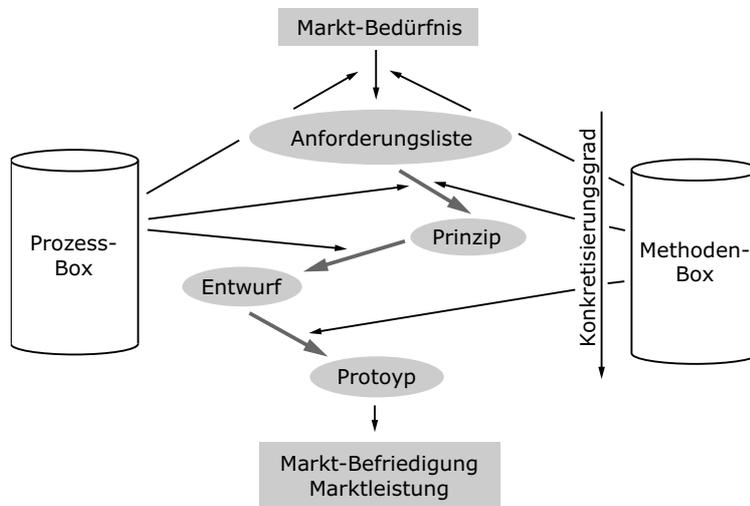


Bild (B011pipZ) Vom Marktbedürfnis zur Marktbefriedigung: Gesamtprozess der Produktentwicklung

Zentral stehen nun nicht mehr die Prozesse, sondern die unterschiedlichen **Produktmodelle**. Produktmodelle sind abstrakte Formen und Beschreibungen des Produktes und definieren die Konkretisierung des Produktes oder Teile des Produktes von oben nach unten. In der obersten Stufe sind z. B. nur textuelle Anforderungen bekannt, in der zweiten Stufe folgen Skizzen des Konzeptes, in einer tieferen Stufe Entwürfe, dann ein erster physikalischer **Prototyp**, nachher die Fertigungsunterlagen usw., bis auf unterster Stufe das Produkt vollständig und umfassend beschrieben ist (digital bzw. physisch).

Von links bedienen wir uns sinnvoller Prozesse, um auf eine nächst tiefere Repräsentation zu gelangen und von rechts werden wir aus der Summe aller Methoden nutzbringend effektiv bedient.

Von einer Repräsentationsstufe (Produkt-Modell) zur nächsten, kontinuierlich in Richtung zur Marktbefriedigung, ist der Prozess das verbindende Glied; teilweise mit, teilweise ohne Methodennutzung. Die Methodennutzung dient letztlich dazu, den Weg in die Konkretisierung effizienter und mit weniger „Rückschritten“ und Schlaufen zurückzulegen.

Für die praktischen Anwendung geht es darum, aus der Fülle der gezeigten Möglichkeiten von Methoden und der gesamten Prozessvielfalt die sinnvollen Vorgehenszyklen und Methoden auszuwählen, bzw. Methoden zu kombinieren oder sogar eigene Wege zu gehen. Es können keine allgemein gültigen Aussagen gemacht werden, welche Methoden sich bei welchen Entwicklungstypen eignen. Die Varianz

der Aufgabenstellung ist so immens und vielschichtig, dass auch viel Eigeninitiative in der Vorgehenswahl vorausgesetzt wird.

Spezialisierte Literatur, z. B. über das systematische Vorgehen bei ganz konkreten Produkten, existiert und wird zur Vertiefung empfohlen.

5 Prozess-Kompetenz im modernen Innovations-Prozess

Die **Arbeitsteilungen** und Organisationsformen der Produkt-Entwicklung sind in schnellem Wandel. Frühere sequentielle Prozesse, wie z. B. die Abfolge Konzipieren, Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bereitstellen der Fertigungsunterlagen, Arbeitsvorbereitung, Einkauf und Produktion, weichen heute den teamorientierten, parallel verlaufenden Prozessen.

Wo früher von einer Arbeitsstelle zur nächsten Papiere und Dokumente übergeben wurden, bildet heute ein zentrales Datenmodell eine gemeinsame Plattform und Personen mit unterschiedlichsten Aufgabenstellungen arbeiten gleichzeitig am Entwicklungsprojekt.

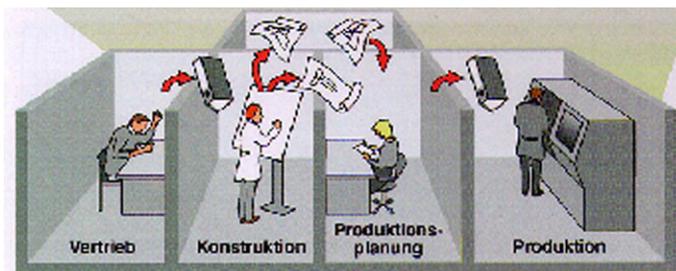


Bild (B208pipZ) Frühere sequentielle, dokumentenbasierte Arbeitsweise (Ehrlenspiel)

Mit diesem dramatischen Wechsel der Arbeitsform geht auch eine Veränderung in der Organisationsform vor sich. Die sequentielle Arbeitsweise bedurfte einer klaren hierarchischen Organisationsform. Jede Arbeitsteilung verlangte nach einer Gruppenleitung; mehrere Gruppen zusammen bildeten eine Abteilung, eine Hauptabteilung, einen Bereich oder das ganze Unternehmen. Grossbetriebe hatten bis zu 8 Hierarchiestufen. Auch hier ist der Wandel in vollem Gange. Hierarchiestufen verschwinden. Die Unternehmen werden flacher und auch grosse moderne Betriebe kennen kaum mehr als 3–4 Stufen. Andere gehen noch weiter, indem sie vollständig auf Hierarchie verzichten.

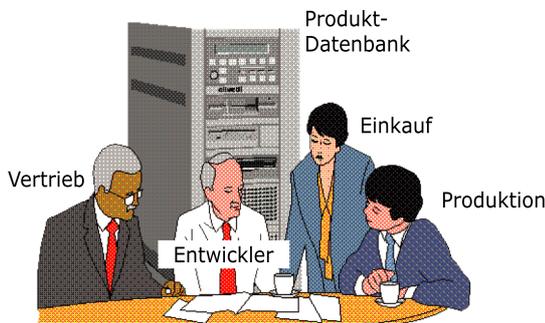


Bild (B902pipZ) Teamorientierte Arbeitsweise in der Entwicklung

Eine neuer Typ von Führungsperson ist dabei entstanden. Parallel mit dem Abbau von rein hierarchischen Führungspersonen ist der Bedarf an Personen mit Prozess-Kompetenz gestiegen, welche in der Lage sind, Projekte auf Zeit kompetent zu leiten. Prozess-Kompetenz versus Hierarchie-Autorität ist gefragt!

Durch diese teamorientierte Arbeitsform hat sich auch die Tätigkeit jedes Teammitgliedes verändert. Eine Untersuchung zeigt, dass nur noch 1/3 der Zeit für reine Entwicklungstätigkeit im engeren Sinne eingesetzt wird. Viel Zeit benötigt die Informationsbeschaffung, -Strukturierung und -Weitergabe. In grösseren Innovationsvorhaben werden bis zu 50 % der Zeit für Abklärungen, Untersuchungen und Wissensbeschaffung eingesetzt.

32%	Entwicklung & Konstruktion (eigentliche Wertschöpfung)
22%	Informationsbeschaffung & -aufbereitung
23%	Informationsweitergabe
23%	Sonstiges

Tabelle (T004pipZ) Zeitaufwand für Tätigkeit in der Produkt-Entwicklung nach [Dermbach-91]

Stellen wir das Streben nach Statussymbolen (aus der Zeit der Hierarchie-Struktur), wie ein eigenes Büro, Ledersessel, eigenes Sekretariat etc., in den Hintergrund und machen statt dessen in unseren Köpfen Platz für die neue, zukunftsgerichtete Form von Prozess-Kompetenz. Hochschul-Ingenieure und -Ingenieurinnen sind prädestiniert, diese anspruchsvolle Aufgabe der **Prozess-Kompetenz** zu übernehmen, denn sie erlangen die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge zu verste-

hen. Sie lernen, auch in unbekannte Felder vorzudringen. In vielen Grundlagenfächern bringen sie vertieftes Fachwissen mit. Was noch für diese Führungsposition fehlt, ist die notwendige Vernetzung aller Wissensbauteile zu einem Gesamtbild und somit das Verständnis des Gesamtprozesses sowie viele soziale Komponenten wie Arbeitsmethodik im Team, Präsentationstechnik, Projektmanagement, um nur einige zu nennen.

Innovation, Entwicklung von Neuem und erfolgreiches Einführen in den Markt stellen einen solchen komplexen Prozess dar, den Innovations-Prozess.

6 Grundlagen, Sachwissen, Methoden und Werkzeuge der Produkt-Innovation

Ein Produkt-Innovationsprozess ist ein Unterfangen mit vielen Facetten, was sowohl die integrierten Disziplinen, die relevanten Sachaspekte, die eingesetzten modernen Entwicklungswerkzeuge als auch die sozialen und führungsbezogenen Aufgaben angeht. Zu keinem Zeitpunkt dürfen die Bedeutung und Eingliederung des betrachteten Aspektes im Zusammenhang mit dem Gesamtprozess vergessen werden.

Der Versuch, in einem Brainstorming die vielfältigen Themenkreise des Entwicklungsprozesses (ohne chronologische Ordnung) aufzulisten, ergibt eine **Pin-Wand** folgender (unvollständiger) Gestalt:

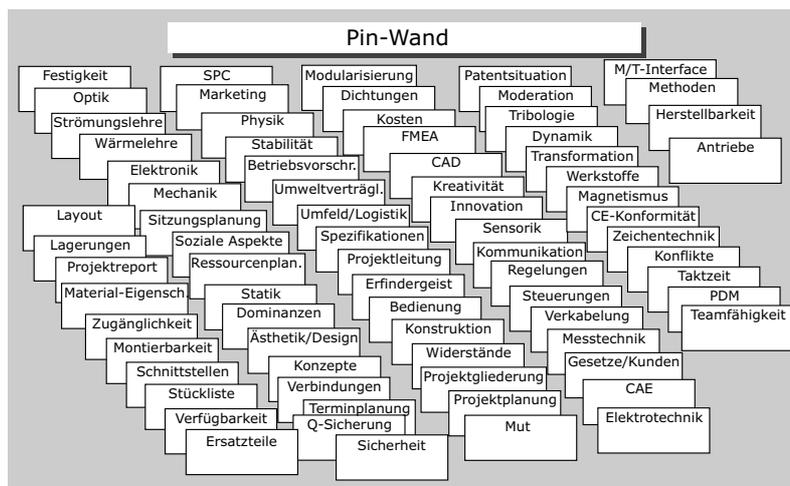


Bild (B210pipZ) Sachaspekte innerhalb der Produkt-Entwicklung

Die hier gezeigte Anzahl ist schon erschreckend hoch, obwohl sicher noch viele weitere Themen angereicht werden müssten.

Es gibt bestimmt nur wenige Berufe mit nur annähernd vielschichtigen Themendisziplinen. Dies macht den Beruf sehr interessant, setzt uns aber der Gefahr aus, sich in eine Thematik zu vertiefen und dabei die Ganzheit aus den Augen zu verlieren oder umgekehrt oberflächliche Kenntnisse ohne notwendige Tiefe. Der Versuch, eine Gliederung der Themen zu erzielen, ergibt folgende mögliche Struktur:

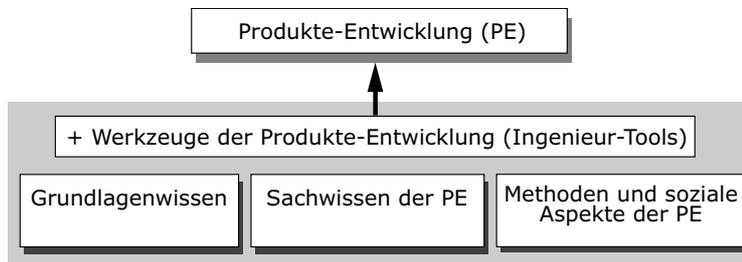


Bild (B011einZ) Gliederung der Aspekte in Hauptgruppen

Als Überblick soll die Bedeutung der Themen anhand erster Beispiele gezeigt werden, um die Motivation für die später folgende, tiefere Kenntnis und für andere Wissensgebiete zu intensivieren und die Vernetzung zu beleuchten.

6.1 Grundlagenwissen

Grundlagen	
Physik	Wärme, Optik, ...
Mechanik	Statik, Dynamik, Strömungslehre, Festigkeit, Stabilität
Werkstoffe	Eigenschaften, Kennwerte, Tribologie, ...
Elektronik	Messtechnik, Steuerungen, Regelungen, Sensorik, ...
Elektrotechnik	Antriebstechnik, Transformatoren, Magnetismus, ...
Informatik	
Chemie	

Tabelle (T005pipZ) Hauptgruppe Grundlagenwissen

Viele Themen aus dieser Gruppe werden interdisziplinär in eigenständigen Wissensgebieten behandelt. Das Themengebiet „Produkt-Innovation“ wird den Betrachtungshorizont insofern erweitern, als dass eine Brücke zwischen meist theoretischem Wissen und dem im Produkt-Entwicklungsprozess vorliegenden, realen Bauteil geschlagen wird.

Dies erfolgt z. B. in der Verbindung zwischen der statischen, dynamischen Mechanik und Werkstofflehre zur festigkeitsmässigen Auslegung (Dimensionierung) der Maschinenteile und Gesamtmaschine.

Einige Beispiele zeigen diese interdisziplinäre Verbindung der Themengebiete.

6.1.1 Physik

Die Physik stellt für den Maschinenbau ohne Zweifel eine Basisdisziplin dar, bauen doch die meisten Prozesse auf physikalischen Grundlagen auf. Beispiele sind:

Thermodynamik, Wärmelehre

- Wärmetauscher
- Heizungen

Zur Entwicklung solcher Produkte sind die Grundlagen der Wärmelehre, -erzeugung, -durchgang, -strahlung etc. von Bedeutung.



Bild (B201pipZ) Schema und Bild eines Industriekühlers (Quelle: www.hipag.com)

Optik

Viele moderne Maschinen arbeiten auf der Basis von optischen Gesetzmässigkeiten, wie z. B.

- Laser-Applikationen:
- Laser-Schneidmaschinen
- Laser-Schweissmaschinen
- optische Messinstrumente
- optische Sensoren

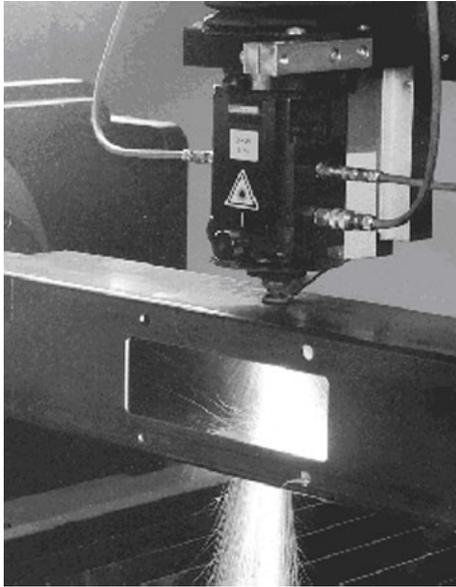


Bild (B202pipZ) Laser-Schneidkopf (Quelle: www.bystronic.ch)

6.1.2 Mechanik

In der Entwicklungsphase der Dimensionierung von Bauteilen werden verschiedene Grundlagen der **Mechanik** angewendet. Die Berechnungen während der Konstruktion bestimmen meistens die Grösse bzw. die Auslegung der Bauteile/der ganzen Maschine (Bauteildimensionierung).

Statik

Die **Statik** wird für die Bestimmung von Kräften und Momenten in Konstruktionen bzw. Bauelementen eingesetzt.

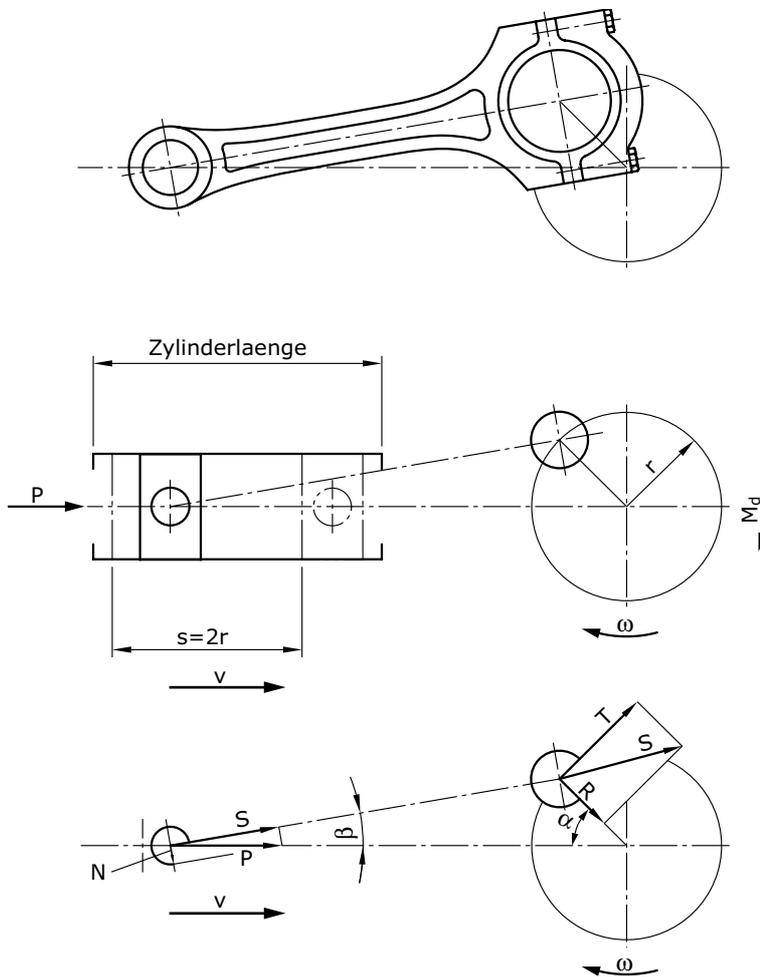


Bild (B203pipZ) Kräftebestimmung an Kolbenstange; S: Schubkraft; P: Kolbenkraft; N: Normalkraft; T: Tangentialkraft; R: Radialkraft; α : Kurbelwinkel; β : Schubstangenwinkel; ω : Kurbelzapfengeschwindigkeit; v : Kolbengeschwindigkeit

Dynamik

Anlagen, Maschinen und Produkte bewegen sich bzw. werden angetrieben. Bewegungen in Form von Beschleunigungen, Verzögerungen, gleichmässigen Geschwindigkeiten, in linearer als auch rotativer Form, erzeugen zyklische Kräfte und Schwingungen.

Verschiedene Unter Aspekte der **Dynamik** sind für die Produkt-Entwicklung relevant:

- Lebensdauer: Viele Bauteile müssen so dimensioniert werden, dass sie die festgelegte Lebensdauer ohne Schaden überstehen.
- Resonanz für Bauteil-Dimensionierung, z. B. Brücken und Wellen.

- Lärm als Resultat von mechanischen Schwingungen.



Bild (B204pipZ) Roboterzelle zum Verpacken von Antibiotika-Flaschen(Quelle: www.abb.ch)

Stabilität

Mittels Stabilitätsberechnungen einzelner Bauteile kann bestimmt werden, inwiefern diese unter der vorhandenen Belastung ausknicken oder beulen bzw. was wesentlicher ist, mit welchen konstruktiven Mitteln dies verhindert werden kann.



Bild (B205pipZ) Dünnwandiges Rohr, ausgebeult unter axialer Belastung

Festigkeitslehre

Die berechneten Kräfte und Momente erzeugen innerhalb der Bauteile Spannungen (Kräfte pro Fläche). Jeder Werkstoff erträgt ein maximales Mass an Spannungen, oberhalb dessen ein Versagen, sei dies ein Bruch oder plastisches Verformen, auftritt.

In der **Festigkeitslehre** werden demnach die Wissensblöcke Mechanik und Werkstoff in Kombination mit der Produkt-Entwicklung verknüpft.

Moderne Berechnungsmethoden ermöglichen die Berechnung der Spannungen direkt am CAD-Modell (CAD: Computer-Aided-Design: Software zum zeichnerischen Gestalten von Produkten). Eine dieser Berechnungsmethoden ist die Finite-Element-Methode. Hier werden wir die Vernetzung der linearen Algebra, der Mechanik und der Bauteil-Konstruktion sehen.

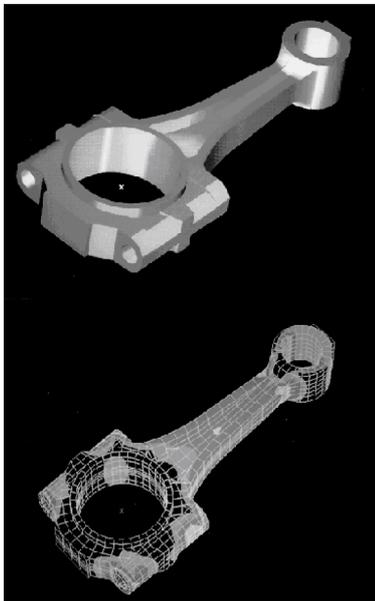


Bild (B206pipZ) Modellbildung und Finite-Element-Berechnung der Spannungen oben: CAD-Darstellung; unten: Berechnung der Spannungen

Strömungslehre, Fluiddynamik

Die Strömungslehre vermittelt die Grundlagen der gasförmigen und fluiden „Werkstoffe“ und deren physikalische Gesetze. Nur mit diesem Grundlagenwissen in Kombination mit Werkstoffen sind wir befähigt, einen Deltaflieger zu entwickeln.

In vielen Produkten ist die Strömungslehre bzw. die **Fluiddynamik** wichtig, wie z. B.:

- Anlagebau: Konzeption von Leitungssystemen
- Maschinenbau: Anwendungen der **Pneumatik / Hydraulik**
- Flugzeugbau: Auslegung von Flügelprofilen
- Fahrzeug: Luftwiderstand von Autos



Bild (B208pipZ) Deltaflieger

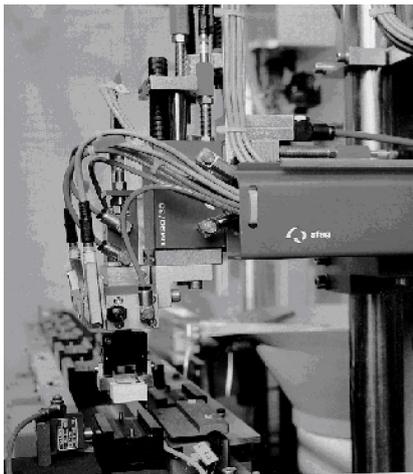


Bild (B209pipZ) Pneumatik Applikation (Quelle: www.united-components.com)

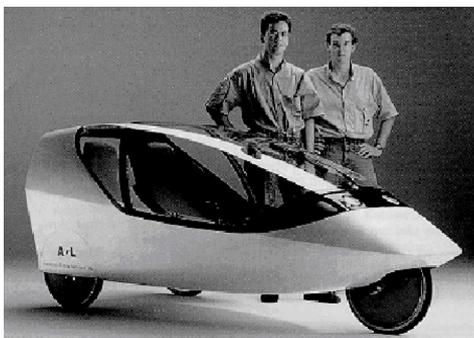


Bild (B210pipZ) Das strömungstechnisch optimierte Fahrzeug Twike mit dem Entwicklungsteam (Quelle: www.twike.ch)

6.1.3 Werkstoffe

Jedes Produkt beinhaltet eine Vielzahl von verschiedenen Materialien. Die Voraussetzung für die Wahl des geeigneten Werkstoffes, sei dies metallisch oder nichtmetallisch, ist die Kenntnis der Eigenschaften dieser Werkstoffe und der Anforderung an das Bauteil. Hier gehen die Themen wie Festigkeitsberechnung und Fertigungsverfahren eine starke Vernetzung ein.

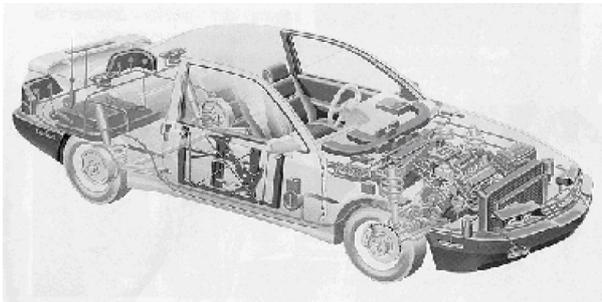


Bild (B211pipZ) Verschiedene Materialkomponenten im Auto

Die Anzahl der verschiedenen Werkstoffe ist immens. Jeder einzelne hat ergänzend dazu wieder eine eigene Vielzahl von Varianten zur Auswahl. Beispielsweise ist Stahl in hunderten von verschiedensten Güteklassen und mit verschiedensten Nachbehandlungen erhältlich, massgeschneidert auf das zu bestimmende Maschinenteil.

Tribologie

Die Grundlage der **Tribologie**, die Wissenschaft der physikalischen, teilweise auch chemischen Eigenschaften zwischen zwei Körpern, ist ein weiteres Beispiel, wie Mechanik und Werkstofflehre (teilweise Chemie) interdisziplinär ineinander greifen. Sie vermittelt dem Maschinenbauer die Kenntnis, wie Reibung und Abrieb zwischen zwei gegeneinander bewegten Körpern sich negativ auswirken bzw. genutzt werden können.

Beispiel:

- Ausgeschlagenes Lager
- Schleudern eines Fahrzeuges
- Schleifmaschine

6.1.4 Elektronik

Messtechnik

In fast allen Maschinen ist die **Messtechnik** zu finden, wie z. B. in Servo-Antriebsachsen. Zu jedem Zeitpunkt wird mittels optischer Messwert-Erfassung der Ort der Achse ermittelt (Absolut-Weg-Messgeber). Der Rechner vergleicht diese Messwerte mit den Soll-Werten und regelt den Antrieb weiter bis der Messwert mit dem Soll-Wert übereinstimmt (Regelung).

Steuerungstechnik

Die Aufgabe einer Maschinensteuerung (**Steuerungstechnik**) besteht darin, die Abfolge von Bewegungen zu koordinieren und den eigentlichen Prozess zu steuern (vielfach regeln). Die Entwicklung der Steuerung zu einer neuen Maschine nimmt heute denselben Stellenwert ein wie die rein mechanischen Entwicklungen.

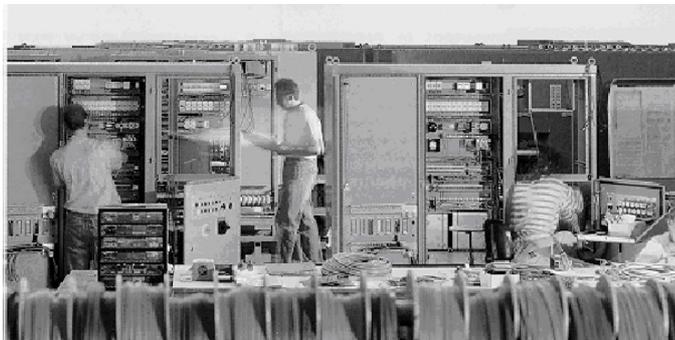


Bild (B212pipZ) Blick in die Montage eines Steuerungsbauers(Quelle: www.bircher.ch)

Im Sinne einer umfassenden Entwicklung muss die mechanische Maschine und die dazugehörige Steuerung als eine Einheit betrachtet werden. Prozess-Kompetenz verlangt hier die Fähigkeit, beide Grundlagen miteinander zu verschmelzen.

Sensorik

Sensoren sind Maschinenkomponenten, meist über physikalische Gesetzmässigkeiten Zustände zu erkennen. Das Erkennen ist vielfach digital, d. h. die Erkennung ist auf vorhanden/nicht vorhanden, hell/

dunkel, ein/aus etc. reduziert. Beispiele sind optische, induktive und biologische Sensoren (siehe [Sensorik](#)).

Es existieren auch Sensoren mit analogem Ausgangssignal, wie z. B. einer Spannung von 0–10V für z. B. die Abstandsmessung durch Laser-Triangulation oder Kraftmessung durch Piezo-Aufnehmer.

6.1.5 Elektrotechnik

Der Anziehungseffekt von zwei unterschiedlichen Polen wird in der Maschinenkonstruktion verschiedentlich ausgenutzt.

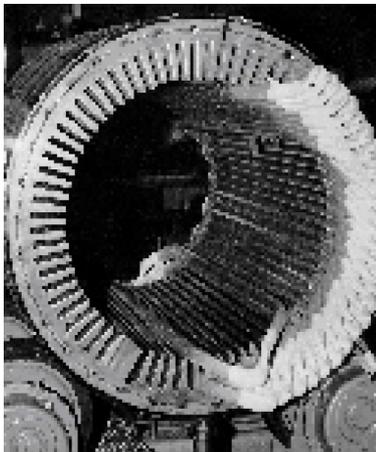


Bild (B030pipZ) Der Stator als Beispiel, wie Werkstoffe, Magnetismus, Wärmeentwicklung und Elektrotechnik gemeinsam von Bedeutung sind.

Ein Beispiel ist auch das Magnetband, auf dem metallische, magnetisierbare Güter transportiert werden können.

6.1.6 Weitere Disziplinen

Viele weitere Themenkreise beschäftigen die Produkt-Entwickler; dies können medizinische Themen sein z. B. Implantate oder chirurgische Instrumente aber auch biologische Grundlagen für neue Technologien z. B. in der Bioverfahrenstechnik.

6.2 Sachwissen der Produkt-Entwicklung

Auch für Sachaspekte ist eine Gliederung in Hauptgruppen möglich.

Gesetze/Normen/Spezifikationen

Gesetze, **Normen** und **Spezifikationen** schaffen grundlegende Rahmenbedingungen für die Produkt-Entwicklung.

Sachwissen der Produkt-Entwicklung

Mensch-Technik-Beziehung	Bedienung, Betriebsvorschriften, Zugänglichkeit, Sicherheit
Konstruktions-Konzept	Modularisierung, Herstellungsverfahren, Verkabelung, Steuerung, Montierbarkeit, Ästhetik/Design, ...
Gesetze/Vorschriften	CE-Konformität, Umweltverträglichkeit, Spezifikationen, Patentsituation, ...
Umfeld/Logistik	Layout, Taktzeit, Schnittstellen, Verfügbarkeit, ...
Qualität	Q-Sicherung, SPC, FMEA, ...
Betriebswirtschaft	Kosten, Rentabilität, ...

Tabelle (T006pipZ) Hauptgruppe der Sachaspekte

Betrachten wir als erstes Teilthema die CE-Konformität.

CE-Konformität

Seit dem 1.1.1995 muss für alle Produkte, welche im EU-Raum in Betrieb genommen werden, die **CE-Konformität** bescheinigt sein.



Bild (B213pipZ) CE-Zeichen

Dass es sich hierbei nicht nur um das Anbringen des bekannten Zeichens handelt, wird spätestens bei der vertieften Durchsicht der Vorschriften, Richtlinien und Gesetze klar. Hier soll speziell die dabei durchzuführende Gefahrenanalyse der Maschine hervorgehoben werden. Jede Bewegung, jeder Zustand und jede Funktion der Maschine muss auf eine mögliche Gefährdung des Menschen, der Umwelt und des Umfeldes untersucht und gewertet werden, eine entsprechende Risikobehhebung durchgeführt werden oder eine Warnung in der Betriebsanleitung vermerkt werden.

Spezifikation

Den Lieferanten von Maschinen für Automobilfirmen beispielsweise, erwarten viele Hürden. Eine gute Maschine zu haben reicht nicht aus, um in den Genuss eines Verkaufskontrakts zu kommen. Vielmehr stehen sie vorerst einem Berg von konkreten Vorschriften gegenüber, wie und mit welchen Komponenten eine Maschine gebaut werden darf.

Umfeld/Logistik

Die meisten Maschinen sind Teil einer Gesamtanlage. Damit ist das Wesentliche schon betont:

„Eine Maschine kann selten für sich alleine betrachtet werden, sondern ist Teil eines Ganzen und muss sich dort auch logistisch integrieren lassen.“

Layout

Meist wird ein Layout einer Gesamtanlage erstellt. Es zeigt die geometrischen Grössen der einzelnen Komponenten oder Maschinen und den gegenseitigen Bezug, nicht nur hinsichtlich der geometrischen Anordnung, sondern auch in Bezug auf die funktionelle Verknüpfung untereinander.

Taktzeit

Die einzelnen Maschinen und Komponenten müssen in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit aufeinander abgestimmt sein. Es ist offensichtlich, dass eine Hochleistungsmaschine ihr Potential nicht entfalten kann, wenn sie in ein langsamer laufendes Umfeld eingebettet ist.

Qualität

In der heutigen Zeit wird der Qualität und der Qualitätssicherung eine grosse Bedeutung beigemessen.

Qualitätssicherung

Verschiedenste Sensoren überwachen eine Maschine auf die zu produzierende Qualität und registrieren Abweichungen vom Soll-Wert.



Bild (B215pipZ) Auto auf Vermessungsplatz (Quelle: www.bmw.ch)

So kann z. B. die Registrierung eines produzierten Fehlteiles/Produktes zum automatischen Ausschleusen dieses Teiles oder sogar zum Stillstand der Maschine führen. Im Automobilbau geht man vielfach soweit, dass jedes produzierte Bauteil dokumentiert zurückverfolgt werden kann. Dies ist im Falle einer Forderung aus der Produkt-Haftpflicht von Bedeutung.

6.3 Methoden und soziale Aspekte

Auch dieser Block umfasst Themen, welche in der gesamtheitlichen Produkt-Entwicklung eine dominante Rolle spielen. Als Einleitung können nur einige angesprochen werden.

Methoden und soziale Aspekte der Produkt-Entwicklung

Methoden	Konstruktionsmethodik, Produkte-Analyse, Moderationstechnik, Präsentationstechnik, ...
Projektmanagement	Projektleitung, Projektgliederung, Reporting, Sitzungsplanung, Ressourcenplanung, Terminplanung, ...
Kreativität	Brainstorming, Brainwriting, 635-Methode, ...
Soziale Aspekte	Teamorganisation, Coaching, Kommunikation, Konfliktbewältigung, ...

Tabelle (T007pipZ) Hauptgruppe Projektmanagement und soziale Aspekte

Projektorganisation, Projektleitung und Projektgliederung

Innovations-Projekte sind äusserst komplex und erfordern eine sorgfältige Planung von Terminen, Kosten, Verantwortlichkeit und während des Projektes eine permanente Kontrolle.

Kreativität

Produkt-Entwickler müssen täglich Kreativität beweisen und sich mit sozialen Konfrontationen auseinandersetzen.



Bild (B216pipZ) Daniel Düsentrieb, das Sinnbild des kreativen Ingenieurs (Quelle: www.disney.de)

Obwohl Kreativität auch eine Frage von Begabung ist, kann sie doch mit Hilfsmitteln wie Kreativitäts-Methoden gefördert werden. Kreativität hat einen hohen Stellenwert, denn wir brauchen innovative Produkte und nicht nur Bekanntes verbessert.

Soziale Aspekte

An und für sich ist die Aufgabe an ein Team klar. Anhand eines Pflichtenheftes ist gemeinsam ein Produkt zu entwickeln. Viel Arbeit steht bevor – eine motivierende Aufgabe. Aber sobald Menschen eng zusammenarbeiten, entstehen Konflikte. Zwischenmenschliche Probleme treten auf und müssen überwunden werden, und auch Dominanzen einzelner müssen akzeptiert oder abgebaut werden. Dies kann oft dazu führen, dass Entwicklungsprojekte gebremst werden, vielfach in ernste Krisen geraten und so das eigentliche Ziel gefährdet wird.

»Die Zähmung des Menschen, seine Entwicklung vom Gorilla zum Kulturwesen, geht einen langen, langsamen Weg. Die praktischen, in Sitte und Gesetz festgelegten Errungenschaften sind zweifelhaft, jede Gelegenheit fördert zähnefletschende Atavismen zutage und macht alles scheinbar für immer Erreichte wieder hinfällig... « (Zitat von Hermann Hesse, 1919 Bern)

Diese Einleitung soll aufzeigen, dass der gesamtheitliche Entwicklungsprozess von vielen Sachaspekten und Themen begleitet ist. Der Ingenieur muss über einen immensen Überblick über all diese Grundlagen, Methoden, Möglichkeiten und Einschränkungen verfügen. Nur dann hat er das Potential und die Prozess-Kompetenz, die Führung einer solchen Aufgabe zu übernehmen.

6.4 Werkzeuge

Der moderne Innovationsprozess ist ohne tiefe Integration von modernen computergestützten Werkzeugen nicht mehr denkbar. Das wohl wichtigste Werkzeug ist mit Sicherheit das CAD (Computer-Aided-Design). Heute ist dies ein Werkzeug, das die Arbeitsweise im Entwicklungsbüro massgeblich verändert hat. Ein weiteres Werkzeug das PDM (Product-Data-Management), das hilft anfallende Produktdaten über den gesamten Prozess zu verwalten und zu koordinieren, Virtual Reality (VR) um Produkte zu visualisieren.

Weitere Werkzeuge sind Softwarepakete für Projekt-Management und weitere konventionelle administrative Aufgaben. Vom Produkt-Entwickler wird eine hohe Kompetenz in den Grundlagen und in der Anwendung dieser Werkzeuge verlangt.

6.5 Produkt-Innovation Leadership

Gesamthaft können die folgenden Anforderungen an heutige Führungskräfte in Innovation, Innovationsmanagement bzw. Produkt-Entwicklung aufgestellt werden (ohne wertende Reihenfolge!).



Bild (B901pipZ) Innovation Leadership

1. Prozess- und Methodenkompetenz
 - Gute Kenntnis und Anwendungskompetenz der Entwicklungsprozesse und -methoden
 - Breite Kenntnis der benachbarten Unternehmensprozesse und Disziplinen (Marketing, Produktion, Finanzen, Geschäftsführung etc.)
2. Sachkompetenz
 - Sicheres Grundlagenwissen in technischen Grunddisziplinen wie Physik, Elektrotechnik etc.
 - Tiefe Kenntnisse in Fertigungsverfahren, Materialien, käufliche Komponenten
 - Kenntnisse in Patentwesen, Normen, Gesetz
 - Wissen im Zusammenhang Werkstoff, Material, Kosten
 - Projektmanagement
3. Werkzeugkompetenz
 - Tiefe Kenntnis und Beherrschung der modernen Entwicklungswerkzeuge und allgemeiner Software wie CAD, CAE, CAM, PDM, VR, Netzwerke, Datenbanken, Office-Software, Projekt-Management-Software, Kommunikations-Software
4. Sozialkompetenz
 - Kompetenz in Teamarbeit
 - Kommunikationsfähigkeit
 - Moderationstechnik

- Kreativität
 - Präsentationstechnik
 - Bereitschaft zum kontinuierlichen Lernen
5. Internationalität
- Englisch
 - Weitere Fremdsprachen und Kenntnis anderer Kulturen
 - Flexibilität in Bezug auf Arbeitsort

7 Zusammenfassung

Produktinnovation ist von strategischer Bedeutung für den Erfolg von Unternehmen. Kontinuierlich müssen bestehende Produkte von neuen abgelöst werden. Erfolgreiche Innovationen entstehen, wenn die Sicht der Unternehmen, der Kunden und Umwelt gleichermaßen verstanden und berücksichtigt wird. Produkt-Innovation wird als Prozess mit Teilprozessen und Tätigkeiten beschrieben und von leistungsfähigen Methoden und Werkzeugen unterstützt.

Ingenieurinnen und Ingenieure müssen sowohl über breites und tiefes Grundlagen- und Sachwissen verfügen, als auch über Methodenkenntnisse und die Fähigkeit soziale Aspekte berücksichtigen zu können, um innovative Produkte zu entwickeln. Diese Sektion gibt einen ersten Abriss über viele dieser einflussreichen Themen.

Verständnisfrage 1

In den ersten Kapiteln haben wir gesehen, dass Produkte aus verschiedenen Sichten klassiert werden können. Versuchen Sie dies anhand eines Fahrrades durchzuführen.

- In welchem Typ gruppieren Sie das Fahrrad als Gesamtsystem in die Teilsysteme bis zum Einzelteil? Führen Sie dies beispielhaft bis zur Kugel des Wälzlagers in der Vorderradachse durch.
- Wie ordnen Sie das Fahrrad in Bezug auf die Standardisierung?
- Jedes Produkt hat einen Lebenszyklus; in welche Teilphasen würden Sie das Fahrrad positionieren?
- Wie lange dauert der Lebenszyklus eines Fahrrades schätzungsweise?
- Wie schätzen Sie proportional die Investitionskosten, Unterhalts- und Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer eines Fahrrades ab.
- Wie würden Sie den Gebrauchsnutzen eines Fahrrades beschreiben?

Verständnisfrage 2

Wieso können Unternehmen, die wenig Innovation betreiben, über mehrere Jahre finanziell überdurchschnittliche Renditen vorweisen?

Verständnisfrage 3

Ein neuer Fahrradtyp besitzt neuartige Scheibenbremsen. Wie würden Sie diese Innovationstiefe bzw. den Neuheitsgrad beschreiben? Argumentieren Sie aus mehreren unterschiedlichen Sichtweisen.

Verständnisfrage 4

Stellen Sie sich vor, dass Sie Entwicklungsleiter einer Firma sind, die Fahrräder herstellt. Die Geschäftsleitung hat entschieden, dass ein weiteres Produkt entwickelt werden soll, um die Zukunft des Unternehmens zu sichern. Wie gliedern Sie diese Aufgabe grob, mit welchen Teilprozessen, wie starten Sie, welche weiteren Prozesse durchlaufen Sie?

Verständnisfrage 5

Welches Sachwissen benötigen Sie, um eine neue Fahrradbremse zu entwickeln?

Verständnisfrage 6

Erklären Sie den Unterschied zwischen Methode und Prozess einem Kollegen, einer Kollegin.

Verständnisfrage 7

Was ist eine Marktleistung?

Verständnisfrage 8

Definieren Sie den Begriff „Produkt-Innovation“ und grenzen Sie diesen vom Begriff „Erfindung“ ab.

Antwort 1

- Das Fahrrad ist ein Konsumgut; es ordnet sich in das Gesamtsystem des Verkehrs, Gruppe „muskelgetriebene, individuelle Nahverkehrsmittel“, ein. Die Strukturierung kann weiter geführt werden:

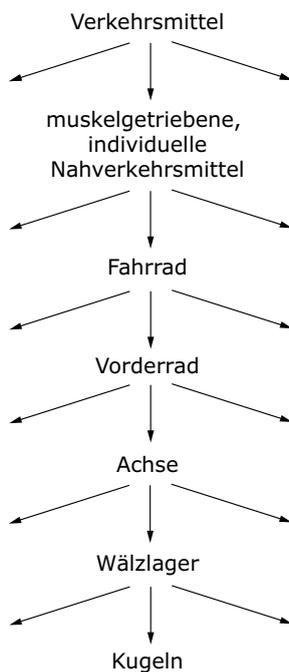


Bild (B037pipZ) Strukturierung in Gesamt- und Teilsysteme

- Fahrräder sind stark standardisiert. Die Kunden können individuell Komponenten zusammenstellen. Diese Komponenten sind Standardprodukte grosser Stückzahl.
- Die Frage ist in dieser Breite schwierig zu beantworten. Erst bei einem konkreten Typ könnte dies abgeschätzt werden.
- Schätzungsweise 3–5 Jahre.
- Die Unterhaltskosten sind recht klein; kleine Reparaturen sind günstig: Schätzungsweise 5% pro Jahr in Bezug auf die Anschaffungskosten.
Die Betriebskosten sind verschwindend klein bzw. gleich null.
- Transport einer Einzelperson durch Muskelkraft zwischen zwei nahe gelegenen Orten.

Antwort 2

Innovation bzw. Produkt-Entwicklung benötigt beachtliche Investitionen. Über eine grössere Zeitspanne können so die Ergebnisse eines Unternehmens positiver ausfallen. Erst in der Sättigungs- und Verfallsphase fällt auf, dass keine jungen Produkte in der Pipeline sind.

Antwort 3

Aus Sicht des Herstellers von Bremsen ist dies eine Neuentwicklung. Für den Fahrradhersteller, welcher diese Komponenten beschafft hingegen nur eine Variante.

Antwort 4

Siehe Prozessmodell und die Kurzbeschreibungen.

Antwort 5

- Materialkenntnisse in Bezug auf Reibeigenschaften, Korrosionsverhalten und Kombinierbarkeit
- Thermodynamik (Wärmelehre) über Wärmeleitung und Kühlung
- Fertigungswissen über die Herstellung der Komponenten
- Wissen über automatisierte Montage
- Produkt-Haftung, ...

Antwort 6

- Prozess:
Ist ein Ablauf von Tätigkeiten mit definierter Ausgangslage und definiertem Ergebnis; ein Prozess hat eine zeitliche Komponente.
- Methode:
Ist ein Rezept, eine Arbeitsanweisung, um den Prozess qualitativ besser, effizienter durchzuführen. Auch Methoden haben eine Ausgangslage und einen Endzustand.

Antwort 7

Marktleistung ist ein Sammelbegriff für Verkaufsaktivitäten; der Begriff umfasst sowohl den Verkauf von eigentlichen Produkten, aber auch von Beratung, Garantie, Service etc.

Antwort 8

Produkt-Innovation: Neue Produkte entwickeln, produzieren und erfolgreich vermarkten.

Im Gegensatz dazu hat die Erfindung nur einen wichtigen frühen Anteil der Ideengenerierung.

Relevante Cases

- Gartengrill

Publikationsverzeichnis – Literatur

- Boutellier, Roman; Völker, Rainer und Voit, Eugen (1999): Innovationscontrolling. Forschungs- und Entwicklungsprozesse gezielt planen und steuern; Hanser Verlag, München, Wien
- Brockhoff, Klaus (1999): Forschung und Entwicklung. Planung und Kontrolle; 5. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, Wien
- Christensen, Clayton M. (2003): The Innovator's Dilemma; Harper Business
- Gassmann, Oliver; Kobe, Carmen und Voit, Eugen (Hrsg.) (2001): High-Risk-Projekte. Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg New York
- Harvard Business Review (Hrsg.) (2001): Harvard Business Review on Innovation; Harvard Business School Publishing Corporation, Boston
- Hauschildt, Jürgen (2004): Innovationsmanagement, Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften; 3. Auflage, Verlag Vahlen, München
- Miller, William L. und Morris, Langdon (1999): Fourth Generation R&D. Managing Knowledge, Technology, and Innovation; John Wiley & Sons, Inc., New York
- Pahl, Gerhard und Beitz, Wolfgang (2003): Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung; 5. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Specht, Günter; Beckmann, Christoph und Amelingmeyer, Jenny (2002): F&E-Management. Kompetenz im Innovationsmanagement; 2. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart

Ulrich, Karl T. und Eppinger, Steven D. (2003): Product Design and Development; 3. Auflage, McGrawHill, New York

Publikationsverzeichnis – Weblinks

- www.polymed.ch
- <http://gebrauchtfahrzeug.direktvertrieb.mercedes-benz.de>
- www.dedl.org/~prami/svf/images/sv%20bagger%20mitte.jpg
- www.dfshop.com/
- www.eapnews.ch/
- www.vzug.ch/
- www.agie.com/
- www.bosch-pt.de/
- [www.mercedes-benz.com/\(Antriebsstrang\)](http://www.mercedes-benz.com/(Antriebsstrang))
- [www.mercedes-benz.com/\(Motor\)\)](http://www.mercedes-benz.com/(Motor)))
- www.hipag.com
- www.bystronic.ch
- www.abb.ch
- www.united-components.com
- www.twike.ch
- www.bircher.ch
- www.bmw.ch
- www.disney.de

Dokumentation und Präsentation

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation

Erinnern Sie sich an Vorträge, die Sie gehört haben. Wo lagen die hauptsächlichsten Schwachstellen der „Art und Weise“ des Vortrags bzw. der Vortragenden (nicht Inhaltlich)? Machen Sie eine Liste dieser Punkte. Welches ist Ihr persönliches Verbesserungspotential für Präsentationen? Machen Sie auch hier eine Aufzählung von Punkten.

Lernziele

Die Studierenden sollen:

- die wesentlichen Aspekte einer erfolgreichen Präsentation und eines guten Berichts kennen,
- in der Lage sein, eine eigene Präsentation vorzubereiten und zu gliedern,
- diese unter Berücksichtigung der wesentlichen Aspekte zu präsentieren,
- in der Lage sein, Schwachstellen „fremder“ Präsentationen zu erkennen und zu benennen.
- den Aufbau und die Elemente eines vollständigen Berichts kennen,
- die Bedeutung aussagekräftiger Bilder als Kommunikationsmittel erkennen,
- vorbereitet sein, um sich in diesem Thema selber kontinuierlich zu verbessern.

Einleitung

Zu verschiedenen Zeitpunkten eines Projektes werden **Dokumentationen** in Form von **Berichten** bzw. **Präsentationen** vor einem Publikum erwartet. Der Bericht und die Präsentation sind dabei nichts anderes als eine Kommunikationsform des Teams zuhanden der „Aussenwelt“. Diese Dokumentation des Erreichten bzw. des Standes entscheidet vielfach über die Zukunft des Projektes, wie z.B. weitere Freigabe von Folgeprozessen, Modifikation der Ziele, Abbruch des Projektes. Es lohnt sich deshalb mit Sicherheit, dem „wie“ einige Gedanken zu widmen und nützliche Vorgehensempfehlungen zusammen zu stellen.

Merke: Eine Dokumentation oder ein Bericht kann ein schlechtes Ergebnis nicht vertuschen; im umgekehrten Fall ist es aber möglich, durch eine schlechte Dokumentation bzw. Präsentation eine erfolgreiche und gute Arbeit in ein schlechtes Licht zu rücken!

2 Präsentation

Während der Entwicklungsarbeit oder häufig auch bei Abschluss wichtiger Phasen werden Projektfortschritt und -ergebnisse einem Publikum unterschiedlicher Grösse präsentiert. Bei solchen Präsentationen wird die Arbeit den Zuhörenden „verkauft“ oder es werden Entschiede für das weitere Vorgehen erstrebt. Meist sind Präsentationen einmalige, nicht wiederkehrende Gelegenheiten, die Ergebnisse vorzustellen. Bei den Präsentationen ist es also von massgebender Bedeutung, wie wir senden bzw. noch wichtiger, was das Publikum empfängt, denn das ganze Projekt kann davon abhängen.

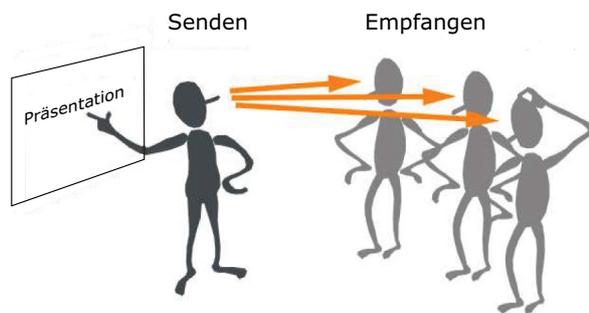


Bild (B005dokZ) Präsentation (kommunikationstheoretisch)



Bild (B001dokZ) Präsentation

Merke: Es ist nicht bedeutend, was wir senden, sondern nur, was empfangen wird.

Unsere bewusste Wahrnehmung ist stark geprägt von unseren Interessen, den persönlichen Zielen und Erfahrungen. Wir empfangen gerne das, was in unser **Paradigma** passt und rücken den Rest gerne so zurecht, dass dieser auch in unsere Vorstellung passt. Somit kann die Wahrnehmung verschiedener Teilnehmer grundsätzlich unterschiedlich sein, obwohl wir vermeintlich dasselbe sehen.



Bild (B002dokZ) Die bewusste Wahrnehmung erfasst nur im Hinblick auf aktuelle Interessen oder Ziele selektiertes Raster der Umgebungssituation.

2.1 Zweck einer Präsentation, Vorgehen

Wenn Sie eine gute Basis für eine erfolgreiche Präsentation legen wollen, definieren Sie vorerst das eigentliche Ziel der Präsentation. Nehmen Sie sich die Zeit, diese Gedanken schriftlich und möglichst im Detail niederzuschreiben. Vermeiden Sie ungenügende Formulierungen wie z. B. "wir wollen unsere Produktideen präsentieren". Hingegen könnte ein Ziel heissen: "Wir wollen darstellen, wieso wir die Produktidee XY bevorzugen und aufzeigen, wie die weiteren Schritte der Entwicklung geplant sind und wir wollen die Freigabe erlangen mit den Meilensteinen XY und dem Budget XY". Dies ist ein genau definiertes Ziel mit klaren Absichten.

Um eine Struktur der Präsentation zu erarbeiten und um die gesetzten Ziele in Teilziele und Abfolgen zu gliedern, lohnt es sich in einem ersten Schritt einen Überblick zu erstellen. Eine einfache Methode ist, diesen mittels „Post-it“-Zettel als „Story-Board“ zu erstellen. Legen Sie die Dauer der Präsentation bzw. die Dauer der einzelnen Abschnitte fest (als grobe Richtlinie sollen rund 2 min/Folie berechnet werden).

Merke: Jede Präsentation ist sorgfältig und professionell vorzubereiten. Der Schaden, den wir anrichten könnten, ist zu gross um Nachlässigkeit zu dulden.

Der Anfang für die Vorbereitungen einer Präsentation bildet die Überlegung, wer das Publikum und was das Ziel der Präsentation ist:

- Wie viele Zuhörende werden anwesend sein.
- Wer sind die Zuhörenden (Zuordnung zu Firmen, Abteilungen, hierarchische Zuordnung, gegenseitige Abhängigkeiten, wer sind die Entscheidungspersonen, usw.).
- Was wissen die Zuhörenden bereits über das Thema und wie unterschiedlich ist ihr Wissensstand.
- Welche Widerstände sind zu erwarten (vorgefasste Meinungen).

Versetzen Sie sich gedanklich in die einzelnen Personen und überlegen Sie sich, was diese Person von der Präsentation erwartet, wo sie „abgeholt“ werden muss und wie sie zum Präsentationsziel geführt wird. Einige wichtige Punkte hierzu sind in den [Grundsätzen für jede Präsentation](#) zusammengefasst.

2.2 Präsentationsort und Einladung

Vielfach ist der Raum, in welchem die Präsentation stattfindet vorgegeben. Es wird empfohlen, diesen Ort einige Tage vor der Präsentation aufzusuchen und sich über die Verhältnisse zu informieren: Sind die technischen Einrichtungen vorhanden: Projektoren, Leinwand, Stromanschluss, Stromkabel? Wie ist die Bestuhlung? Besteht die Möglichkeit zur Verdunkelung? Funktioniert die Beleuchtung und ist sie ausreichend? Haben die Zuhörer und Zuhörerinnen Schreibmöglichkeiten? Ist für Getränke gesorgt? Wer ist für den Raum verantwortlich? Ist diese Person über die Präsentation informiert und wird von ihr alles vorbereitet?

Des weiteren muss geklärt sein, dass alle Teilnehmer die Einladung zur Präsentation erhalten haben. Sind auf dieser Einladung Ort, Zeitpunkt, Dauer, Teilnehmer klar und unmissverständlich? Der Inhalt der

Präsentation bzw. des Meetings muss beschrieben und die Ziele unmissverständlich festgehalten sein:

„Die verschiedenen Produktideen werden vorgestellt und gegeneinander bewertet. Das Entwicklungsteam erläutert vertieft die favorisierte Lösungsidee und zeigt die weiteren geplanten Projektschritte. Es ist das Ziel, diese Schritte (Inhalt, Zeit, Budget) zu diskutieren und freizugeben.“

Handout: Nützlich ist es, den Zuhörenden vor der Präsentation ein Handout zu verteilen, auf welchem der Inhalt der Präsentation schriftlich zusammengefasst ist. Meist werden dazu 2–3 Folien (alle oder die wichtigsten) auf A4-Blätter kopiert (bestehende Funktionalität heutiger Software). Vorteilhaft ist es, wenn für die Teilnehmer auch noch Platz für eigene Notizen auf dem Handout vorhanden ist.

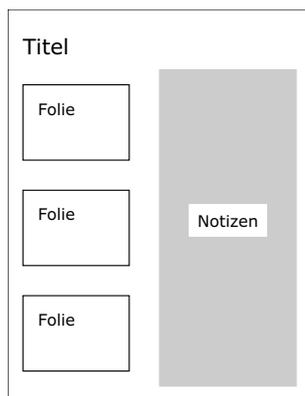


Bild (B004dokZ) Handout

Die [Checkliste der Vorbereitung einer Präsentation](#) hilft Überraschungen zu vermeiden.

2.3 Gliederung einer Präsentation

Es hat sich bewährt, eine Präsentation wie folgt zu gliedern:

- Einleitung
- Hauptteil
- Abschluss

Im Folgenden werden detaillierte Empfehlungen zu diesen drei Teilen gegeben.

2.3.1 Einleitung

Die Einleitung wiederum wird aufgeteilt in:

- Begrüssung,
- Gliederung und
- Spielregeln.

Im Bereich der Gliederung soll dem Publikum ein Überblick über den Hauptteil gegeben werden. Dies hilft den Zuhörern und Zuhörerinnen, sich in der Gesamtpräsentation zurechtzufinden. Ein visuelles Hilfsmittel kann dabei beispielsweise sein, den kommenden Hauptteil in Unterteile zu strukturieren und diese durch Symbole oder Farben zu unterscheiden. Sagen Sie bei der Gliederung auch etwas über die Dauer der Präsentation u. U. sogar gegliedert nach Phasen.

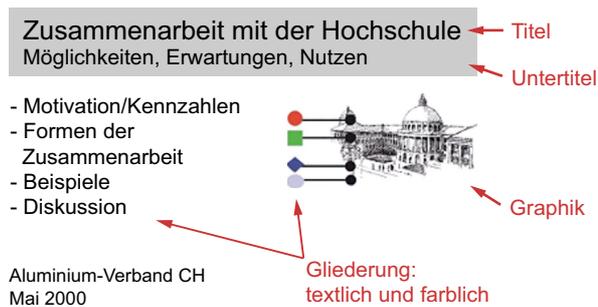


Bild (B006dokZ) Gliederung einer Folie

Unter die **Spielregeln** könnte z. B. fallen, ob Fragen während der Präsentation oder erst am Schluss gestellt werden sollen. Dazu zwei einfache Ergänzungen: Für kleinere Gruppen können Fragen während der Präsentation zugelassen werden, was sogar zur Lockerung der Atmosphäre führen kann; hingegen bei Vorträgen an ein grösseres Publikum (ab ca. 20 Personen) empfiehlt es sich, die Fragerunde an den Schluss zu verlegen und während der Präsentation nur direkte Verständnisfragen zu gestatten. Eine Diskussion vor Abschluss der kompletten Informationsübergabe kann sich u. U. sehr negativ auf die Entscheidung auswirken.

2.3.2 Hauptteil

In vielen Lehrbüchern ist eine Dreiteilung der Präsentation, angelehnt an Sinfonie und Schauspiel, empfohlen: Exposition, Handlung, Abschluss; oder: Einführung, Diskussion, Zusammenfassung. Wir soll-

ten dies jedoch nicht zu eng sehen und uns nur an diese Empfehlung anlehnen. Eine Gliederung kann auch sein:

1. Ausgangslage
2. Zielsetzung
3. Lösungsweg
4. Meilensteine
5. Resultat
6. Erkenntnisse
7. Weiteres Vorgehen
8. Empfehlungen

Wichtig ist, dass diesen Unterkapiteln wieder eine klare Zielsetzung zugeordnet ist. Wir gehen nun in der Gliederung Stufe um Stufe nach unten bis z. B. zur einzelnen Präsentationsfolie: Wir legen die Story-board zurecht. Methodisch können wir uns den Ablauf auf Flipchart zurecht legen, indem zuerst die Ziele der Abschnitte und danach die Kernaussagen in die Abschnitte auf "Post-it"-Zettel notiert und diese in gewünschter Reihenfolge auf das Flipchart geheftet werden und so eine eigentliche Story komponieren. Diese "Post-it"-Methode ist bestechend, weil wir die "Post-it" jederzeit umgruppieren können, unnötige Zettel entfernen und neue einfügen können. Die Story wird solange vorbereitet, bis wir überzeugt sind, die Information zielgerichtet, vollständig, passend zur Sprechzeit, wohl proportioniert und in logischem Kontext vor uns haben. Ein "Post-it"-Zettel entspricht dann in der Basis einer Folie. Bringen Sie nur so viele Informationen wie notwendig, überladen Sie nicht mit unnötigem Ballast. Alle zusätzlichen Informationen haben Sie bei sich und zeigen diese nur bei Bedarf (Ergänzungsfolien).

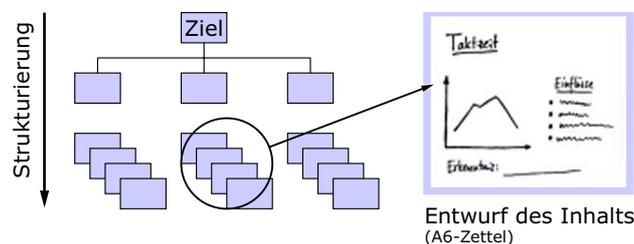


Bild (B003dokZ) Story-Board strukturiert mit Post-it-Zettel

2.3.3 Abschluss

Am Ende werden nochmals die wichtigsten Punkte und der gezeigte Weg zusammengefasst. (Inhalt der bei den Zuhörenden verankert sein

muss!) Nun soll dem Publikum nochmals ein Überblick und konzentriert die wichtigsten Punkte vorgeführt werden. Hier spiegelt sich häufig die ursprüngliche Zielsetzung wider.

2.4 Medienwahl

Zur Präsentation eignen sich verschiedene Hilfsmittel bzw. **Medien**:

- Folien mit Hellraumprojektor oder Beamer,
- Dias,
- Videos,
- Plakate z. B. mit Flipchart, Pinwand,
- physikalische Objekte, Anschauungsobjekte, Prototypen.

Merke: Eine gezielte Kombination mehrerer Medien (Medienwechsel) ergibt meistens sehr gelungene Präsentationen: z. B. Folien (Hellraumprojektor oder Beamer) für die Wissensvermittlung, Flipcharts (oder Plakate) für den Überblick und die Zusammenfassung der Ergebnisse sowie Gegenstände zum Herumgeben und Anfassen.

Dias werden, obwohl visuell nach wie vor beste Qualität, infolge des Aufwandes weniger verwendet.

Die Folien werden heute meist direkt ab Beamer präsentiert und z. B. Videos direkt digital integriert. Vorteile der Folienpräsentation sind einerseits die projizierbare Grösse und andererseits die vielseitigen Softwarewerkzeuge (PowerPoint), die eine effiziente und ansprechende Gestaltung der Folien erlauben. Als Nachteil kann aufgeführt werden, dass die einzelne Folie dem Publikum nicht lange präsent sind, sondern nur kurzfristig aufliegen.

Eine weitere Möglichkeit ist z. B. vorbereitete **Flipcharts** oder Plakate, die wegen der beschränkten Grösse nur für kleinere Gruppen geeignet sind. Der Vorteil liegt darin, dass die Flipchart-Bilder während der ganzen Präsentation galeriemässig hängen können und die Zuhörer jederzeit visuell darauf zurückgreifen können. Die vorbereiteten Flipcharts und Plakate eignen sich deshalb vorzüglich, Zwischenergebnisse zu verankern. Gedanklich vorbereitete, aber erst während der Präsentation erstellte Plakate geben der Präsentation eine individuelle und auch professionelle Note.

Falls Anschauungsobjekte bzw. Prototypen vorhanden sind, müssen diese eingebaut werden, um das Ergebnis der Arbeiten den Zuhörern noch realer näher zu bringen.

Merke: Eine gezielter Wechsel der Medien ist empfehlenswert, zu viele Wechsel macht die Präsentation jedoch nervös und gekünstelt.

2.5 Gestaltung der Folien

Bei der Gestaltung der Folien muss auf eine saubere Struktur geachtet werden. Überladene Folien unbedingt vermeiden, insbesondere bei Tabellen und Grafiken. Das sicherste Vorgehen ist, sich immer in die Rolle des Publikums zu versetzen: können diese die Informationen in dieser Zeit verarbeiten, was ist notwendige Information und was Ballast.

Von Vorteil ist, dass keine ganzen Textsätze auf der Folie sind, sondern lediglich Stichworte oder Kurzsätze. Den ganzen Text bringt der Sprechende ein. Vermitteln Sie möglichst viel graphisch mit Bildern, Videos, Diagramme (nur die wesentlichsten Informationsgehalte integrieren!)

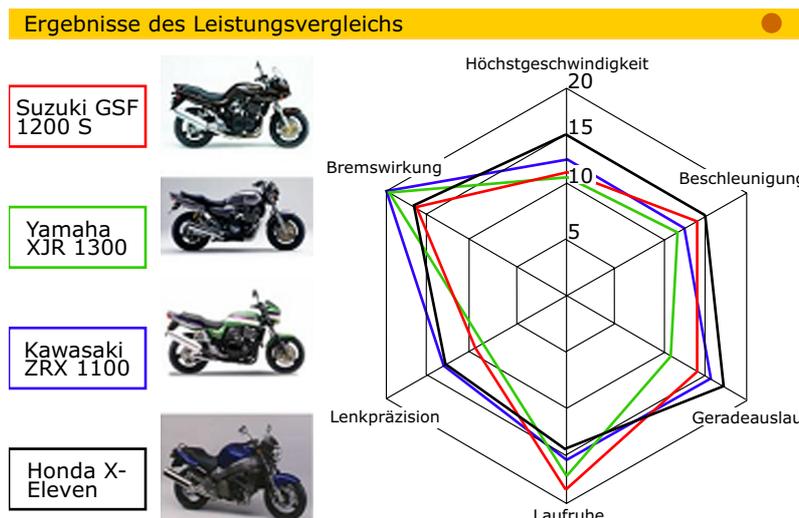


Bild (B007dokZ) graphische Möglichkeit, komplexe Information übersichtlich darzustellen. Im oberen Balken Titel bzw. farbliche Kennzeichnung des Präsentationsstandes ; links die Objekte und rechts eine Poldarstellung des Vergleiches (Quellen: www.suzuki-moto.ch, www.yamaha-motor.ch, www.kawasaki.ch, www.hondamoto.ch)

Ergebnisse des Leistungsvergleichs

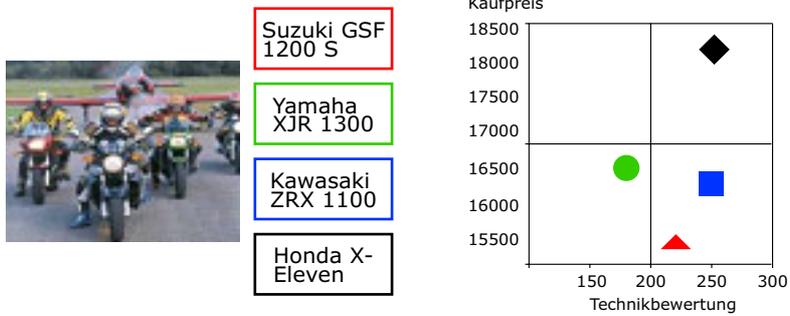


Bild (B008dokZ) Reduktion der Informationen auf einfache Graphik; in diesem Fall eine Portfoliodarstellung.

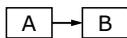
Zeigen Sie auf der Folie z. B. durch Titel oder Farbe, wo Sie im Vortrag stehen.

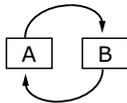
Einfache graphische Symbole wecken, ohne viel Worte, **Assoziationen**.

Beispiele:

 : wurde durchgeführt

 : B ist Bestandteil von A

 : B folgt A

 : A und B sind in Wechselbeziehung

 : ist wichtig

Bild (B017dokZ) einige selbstsprechende Symbole

Eine triviale, und trotzdem immer wieder missachtete Regel ist die Einhaltung einer minimalen Schriftgrösse. Alle Schriften sollten mehr als 18pt gross sein und nur in Ausnahmefällen auf 16pt gesenkt werden. Es empfiehlt sich auch, um Ordnung auf der Folie zu haben, nur zwei Grössen und möglichst wenig zusätzlichen Abhebungen, auch Schrift-

schnitte genannt (unterstrichen, fett, kursiv, anderer Schrifttyp, Schriftfarbe, etc.) in das Grundlayout der Folie zu integrieren.

Heutige PC-Tools ermöglichen auch umfangreiche Animationseffekte. Diese Möglichkeiten sollen gezielt und zurückhaltend eingesetzt werden. Animationen sollen vor allem dann genutzt werden, wenn ein Gedankenfluss auf der Folie langsam entwickelt werden soll (verwenden Sie auch hier nur einen Typ von Animationen). Der Mehrstufige Aufbau einer Folie, oder sogar Zeile um Zeile einblendend, ist schnell ermüdend und verliert die didaktische Wirkung.

Über Farben lässt sich bekanntlich streiten, grundsätzlich gilt aber auch hier, dass ein Konzept über den Vortrag hinweg festgelegt wird. Der Kontrast zwischen Hintergrund und Text muss möglichst gross sein, wie z. B. helle Schrift auf dunklem Hintergrund oder umgekehrt. Beachtet werden muss aber, dass sich gewisse Kombinationen schon fast nur schmerzhaft lesen lassen: z. B. rote Schrift auf blauem Grund ist zu vermeiden.

Merke: klares Struktur-, Schrift- und Farbkonzept, schlicht und einheitlich ist empfehlenswert.

2.6 Weitere Tipps

- Lauter, langsamer und deutlicher sprechen als sonst.
- Abwechselnd mit verschiedene Personen Blickkontakt aufnehmen (nicht nur mit der Entscheidungsperson).
- Sicher stellen, dass alle auf die Präsentation sehen können.
- Stehen sie gerade und halten Sie die Hände frei und ruhig (falls Sie nicht wissen wohin mit den Händen, nehmen Sie einen Gegenstand und halten ihn ruhig in der Hand); stehen Sie immer den Zuhörern zugewandt; vermeiden Sie einen „Fox-trott“ mit den Füßen.
- Formulieren Sie leicht verständlich in kurzen, aktiven Sätzen und vermeiden Sie Fachterminologien.
- Vermeiden Sie die Verkleinerungsform und den Konjunktiv: „Wir könnten ein wenig ...“; dies reflektiert Unsicherheit.
- Sprechen mehrere Redner, achten Sie darauf, dass Sie nicht direkt voreinander stehen; der positive Redner geht bewusst aus dem direkten Blickwinkel.
- Setzen Sie technisches Werkzeuge ein, sind diese vorher vor Ort auf ihre Funktionstüchtigkeit zu überprüfen.
- Stellen Sie sich ganz auf die Zuhörer ein, bedenken Sie deren Wissensstand.

- Sprechen Sie Interessen, Wünsche, Ziele und Gefühle der Zuhörer unmittelbar an.
- Sprechen Sie die Zuhörer namentlich an (falls bekannt).
- Treten Fragen aus dem Publikum auf, versuchen Sie zu unterscheiden, ob es sich um einen versteckten Einwand oder nur um eine Selbstdarstellung eines Teilnehmers handelt. Im ersten Fall den betreffenden Punkt anhand eines Beispiels veranschaulichen, oder, was auch immer nützlich ist, den Einwand in Relation zu anderen Einflüssen stellen. Bei Unsicherheit sich nicht in die Defensive drängen lassen, sondern versprechen, die Frage abzuklären und später zu beantworten. Bewusst die Fragestellung vor allen Teilnehmern wiederholen oder sogar visualisieren und so zeigen, dass die Frage ernst genommen wird. Zum zweiten Fall: Vielfach werden Fragen aus dem Publikum gestellt, die eher das Ziel haben, sich als Fragende zu positionieren "auch ich weiss viel über dieses Thema"; hier lohnt es sich, kurz die Rollen zu tauschen, z. B. mit: "ich vermute, Sie wissen einiges darüber, was glauben Sie, ist die Antwort...", lassen Sie die Fragenden „ihr Gesicht wahren“; und streiten Sie nie mit Zuhörern.
- Integrieren Sie die Zuhörer mit Fragen während der Präsentation (geht bis max. 20 Zuhörer, ansonsten ist eine Diskussion am Ende zu führen).
- Lesen Sie nicht von den Folien ab. Eine Folie ist nur eine visuelle Unterstützung der Aussage; versuchen Sie einzelne Schlüsselwörter der Folie und Ihres Textes in Übereinstimmung zu bringen, lassen Sie die Folie genügend lange stehen (Richtwert 2 min).
- Gehen Sie mit animierten Folien zaghaft um, nur soviel animieren wie für die Didaktik dringend notwendig ist.
- Lassen Sie eine neue Folie zuerst 2–5 Sekunden auf die Zuhörer wirken, bevor Sie mit dem Sprechen beginnen.
- Nehmen Sie ergänzendes Material (vertiefende Information z. B. in Form von Folien) mit, um auf Fragen eingehen zu können.
- Eine Präsentation nie auf die leichte Schulter nehmen.
- Falls Sie mit einem Beamer arbeiten, halten Sie zur Sicherheit Folien bereit.
- Zeigen Sie mit einem Stift (Folien) oder Laser-Pointer auf die wichtigsten Punkte der Folie, keine hastigen Bewegungen, handtieren Sie nicht zuviel mit der Computermaus.

- Reden ist Silber, zeigen ist Gold: Anschauungsmaterial hilft illustrieren und verstehen.
- Falls Zuhörende z. B. durch Anrufe gestört werden, unterbrechen auch Sie den Vortrag und nutzen Sie die Zeit für kurze Verständnisfragen und fahren Sie erst wieder fort, wenn alle aufmerksam sind.
- Versuchen Sie Ihre Vortragszeit so zu wählen, dass sie nicht direkt nach dem Mittagessen angesetzt ist, viele Personen haben zu diesem Zeitpunkt Konzentrationsprobleme.
- Halten Sie sich an abgemachte Vortragszeiten.
- Fassen Sie die wichtigsten Argumente (3 bis max. 5) am Schluss zusammen.
- Auf Notizkarten in der Hand können Sie sich die wichtigsten Vortrags-Punkte notieren (nicht ablesen!).

Die [Grundsätze für jede Präsentation](#) und einige weitere Hinweise für [Präsentationen mit Hellraumprojektoren und Beamern](#) finden Sie zusammengefasst auf einer Checkliste. Ebenso finden Sie beiliegend eine Checkliste welche zur [Vorbereitung einer Präsentation](#) hilfreich sein kann, sowie eine Checkliste mit den wichtigsten Punkte zur [Beurteilung einer Präsentation](#) gegliedert zusammengefasst.

3 Bericht

Ein Bericht, in unserem Falle ein Bericht eines Entwicklungsprojektes, muss informieren, dokumentieren und illustrieren, aber auch archivieren. Neben diesen Funktionen haben Berichte vielfach auch eine rechtliche Bedeutung, wenn z.B. im Schadensfall auf frühere Dokumente zurückgegriffen werden muss.

Es geht um eine objektive, nachvollziehbare und verständliche Beschreibung und Analyse der Arbeit, der Ergebnisse, der Empfehlungen etc.



Bild (B020dokZ) Beispiel für einen Bericht

Es empfiehlt sich, den Bericht fortlaufend und parallel zur Arbeit zu schreiben. Eine Gliederung sollte schon in den ersten Wochen entstehen (Kapitel, Unterkapitel, Stichworte zum Inhalt). Fortlaufend bedeutet nicht, dass der Bericht schon ausformuliert sein muss. Das grobe Erfassen der wesentlichen Punkte, Gedanken hilft jedoch sehr, später nichts Wesentliches zu vergessen. Der Bericht darf nicht zu knapp (und damit vielleicht unverständlich), aber auch nicht zu langatmig (und damit schlecht zu lesen, ermüdend) sein.

3.1 Gliederung des Berichtes

Die Gliederung des Berichtes umfasst im Regelfall:

- Deckblatt,
- **Inhaltsverzeichnis**,
- Liste der verwendeten Abkürzungen/**Symbole** (optional),
- Liste der **Abbildungen** (optional),

- Liste der Diagramme und Tabellen (optional),
- Zusammenfassung/Abstract/Schlagworte (deutsch/englisch),
- Einleitung,
- Hauptteil,
- Literaturverzeichnis,
- ggf. Anhang.

Im Folgenden sind die einzelnen Gliederungspunkte detailliert und als Vorschlag, erläutert.

- Deckblatt:
 - Titel der Arbeit,
 - eventuell ein Foto oder eine Skizze,
 - Arbeitsgruppe mit Namen und Verantwortlichkeiten,
 - Firma, Datum.
- Inhaltsverzeichnis:

Das Inhaltsverzeichnis soll die Gliederung der Arbeit wiedergeben und enthält alle Kapitel und deren Unterkapitel. Die Kapitel werden fortlaufend nummeriert und umfassen höchstens vier Stufen (z. B. 2.1.3.4), besser aber nur drei Stufen (z. B. 2.1.3). Auf der rechten Seite müssen neben den Namen der Kapitel die Seitenzahlen aufgeführt sein.
- Liste der Abkürzungen/Symbole:

Werden relativ viele und vor allem nicht allgemein gebräuchliche Abkürzungen und Symbole im Bericht verwendet, so sollten diese auf einer separaten Seite am Anfang des Berichtes aufgelistet werden. Die Abkürzungen/Symbole werden zu Gruppen zusammengefasst und innerhalb dieser Gruppen alphabetisch geordnet:

 - allg. Abkürzungen, wie:
 1. für Begriffe wie z. B. PDM für Produktdatenmanagement,
 2. für Werkstoffe wie z. B. PP, PEI, St 37, X5CrNi 18 10
 3. für Verfahren wie z. B. RTM für Resin Transfer Molding oder OO für Objektorientiertes Programmieren.
 - Formelzeichen:

Achtung: nie eine Abkürzung oder ein Symbol für mehrere verschiedene Begriffe verwenden!
- Liste der Abbildungen/Diagramme/Tabellen:

Sind viele Abbildungen in einem Bericht vorhanden, so können diese auch am Anfang des Berichtes mit Seitenzahlen aufgelistet werden.
- Zusammenfassung/Abstract/Schlagworte:

Mit der Zusammenfassung werden die Lesenden in wenigen Sätzen über die wesentlichen Aspekte der Arbeit informiert:

- Problemstellung/Umfeld,
- Zielsetzung,
- Lösungsweg,
- wichtigste Ergebnisse,
- Nutzen und Anwendungen der Ergebnisse.

Die Zusammenfassung sollte rund eine halbe bis ganze Seite umfassen (auch „**executive summary**“ genannt). Die zusätzliche englische Zusammenfassung, auch Abstract genannt, ist für internationale Veröffentlichungen bzw., falls angestrebt, für Internet-Such-Maschinen sehr wichtig. Beide Teile enthalten die wichtigsten Stichwörter des Themengebietes. (Die Stichwörter können in der Zusammenfassung in Textform integriert sein oder in einer eigenen Liste am Anfang der Zusammenfassung aufgelistet werden.)

Der Zusammenfassung und dem Abstract jeweils vorangestellt sind frei wählbare Schlagwörter, die den Inhalt der Arbeit möglichst treffend kennzeichnen. Sie dienen vor allem dazu, in Bibliotheken ein alphabetisches Schlagwortverzeichnis aufzubauen.

- Einleitung
In der Einleitung müssen die Problemstellung, die Ziele und das Umfeld der Arbeit erläutert werden:
 - Problemstellung: Den Lesenden in kurzer und prägnanter Form einen Einstieg in die Problematik der Arbeit ermöglichen.
 - Ziele: im Vordergrund steht: 'Was soll konkret erarbeitet und erreicht werden?'
 - Umfeld: kurz erläutern, in welchen übergeordneten Projekten die Arbeit entstanden ist.

Die Einleitung umfasst meist nur wenige Seiten. Üblicherweise beginnt mit der Einleitung die Nummerierung der Seiten mit arabischen Ziffern, d. h. die erste Seite der Einleitung trägt die Nummer '1'. (Die vorhergehenden Seiten werden manchmal mit römischen Ziffern (I, II, III, IV, V, ..., oder i, ii, iii, iv, v, ...) nummeriert.)

- Hauptteil
Der Hauptteil ist der umfangreichste. Er sollte nach folgendem Schema gegliedert werden und so auch die Chronologie der Arbeit widerspiegeln.
Ausgangssituation:

- Wovon wird ausgegangen (Wissensstand, bereits vorhandene Resultate, Aufbereitung der Grundlagen etc.)?
- Was ist der Stand der Technik/Forschung (→ Literaturrecherche)?
- Vorgehen/Lösungsweg/Konzept/Arbeitspakete/
Terminplanung/Meilensteine
- Welche Mittel wurden zur Lösung des Problems eingesetzt (Theorien, Maschinen, Werkstoffe etc.)?
- Welche Verfahren wurden angewendet (Prüfverfahren, welches Bewertungsschema etc.)?
- Logischer, nachvollziehbarer Aufbau, so dass sich die Lesenden mit dem Gelesenen identifizieren können und dieselben Schlüsse ziehen würden.

Ergebnisse/Ausblicke

- Was sind die Kernaussagen? (Nur eigene Ergebnisse einbringen, Resultate aus Drittquellen wurden ja bereits bei der Ausgangssituation erläutert)
- Was sind die konkreten Ergebnisse? Wurden die Ziele erreicht? (Ergebnisse in einer schnell erfassbaren Form z. B. mit Hilfe von Diagrammen, Tabellen o. ä. zusammenfassen)
- Welchen Nutzen haben die Ergebnisse?
- Welche Unsicherheiten und Fehler enthalten die Resultate?
- Welche Fragen sind noch offen und ungeklärt?
- Welche weiterführenden oder ergänzenden Arbeiten sollten durchgeführt werden?

Literaturangaben

Wenn fremdes geistiges Eigentum zitiert oder anderweitig in die Arbeit geflossen ist, müssen aus rechtlichen Gründen und aus Gründen der Nachvollziehbarkeit diese Stellen durch eine Quellenangabe kenntlich gemacht werden. Gleichzeitig erhalten die Lesenden die Möglichkeit sich in die entsprechende Literatur zu vertiefen, indem sie sich das Dokument ggf. beschaffen.

Alle im Text vorkommenden Quellen werden durch Ziffern/ Buchstaben in eckigen Klammern [] gekennzeichnet und entweder durchgehend nummeriert z.B. [14] oder bevorzugt mit einem 'sprechenden' Schlüssel aus Herausgeber (drei Buchstaben) und Erscheinungsjahr (zwei Ziffern) z. B. [Fle-93]. Werden im letzteren Fall von einem Herausgeber mehrere Veröffentlichungen aus demselben Jahr zitiert, so werden die Quellen mit a, b etc. unterschieden, z. B. [Fle-93a] und [Fle-93b]. Bei Bildern und Grafiken steht die Quellenangabe direkt in der Bildunter-

schrift oder im Bild selbst. Auch innerhalb des Textes kann ein Zitierhinweis eingesetzt sein: [Pahl-81].

Am Ende des Berichtes sind alle Quellenangaben genau und vollständig aufgeführt, wobei jede Quellenangabe in zwei Spalten gegliedert ist: Quellennummer und Verfasser inkl. allen übrigen Informationen. Man unterscheidet verschiedene Publikationsformen:

Bücher (mit Titel, Auflage, Verlag, Erscheinungsjahr/-ort)	
[Fle-95]	Flemming, M., Ziegmann, G., Roth, S.: Faserverbundbauweisen, Fasern und Matrices Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 1995
Artikel in Zeitschriften (mit Titel des Artikels, der Zeitschrift, Jahrgang, Nummer des Heftes, Seitenzahlen)	
[Fle-95]	Ehrlenspiel, K., Dylla, N.: Untersuchung des individuellen Vorgehens beim Konstruieren. Konstruktion 43 (1991), Heft 2, S. 43ff, Springer-Verlag
Vorträge oder Papers (mit Titel des Vortrages und der Veranstaltung, Ort, Datum und Seitenzahlen im Tagungsumdruck/Proceeding)	
[Tow-93]	Marchand, A.: Materials for High Speed Marine Vessels. Paper in: Broadening horizons with advanced materials and processes: Proceedings of the 14th Int. European Chapter Conference of SAMPE, Birmingham, England, Oct. 19-21, 1993, Editor: Towers, P. SAMPE 1993, Seite 329ff
Protokolle, Teilberichte, Mündliche Mitteilungen	
[Bre-96]	Breiting, A Protokoll „xy“, IKB, ETH Zürich, Mai 1996
Internet-Verweise	
[link 15]	http://www.adresse.xy (Datum)

Tabelle (T001dokZ) Zitieren verschiedener Publikationsformen

- Anhang
Ein Anhang ist nur dann notwendig, wenn z. B. durch viele Bilder, Tabellen (z. B. Versuchsergebnisse) oder Programmlistings die Lesbarkeit des Hauptteils des Berichtes eingeschränkt wird. Der Vorteil eines Anhanges ist die Entlastung des Hauptteils, der Nachteil hingegen, dass die Lesenden hin und her blättern müssen.
Merke: Die Verteilung sollte ausgewogen sein. In den Anhang gehören Informationen, die für das grundsätzliche Verständnis der Arbeit unwesentlich sind, aber Detailinformationen beinhalten.

Im Anhang finden sich insbesondere:

- Umfangreiche Tabellen, grosse ganzseitige Diagramme und Bilder,
- Versuchsbeschreibungen,
- Kopierte Auszüge aus anderen Quellen (z. B. Patente) und
- Längere mathematische Herleitungen.

3.2 Gliederung des Hauptteiles für Produkt-Entwicklungs-Projekte

Im konkreten Fall von Produkt-Entwicklungen kann der Hauptteil in folgende Teilthemen gegliedert sein.

- Einleitung
 - Problemstellung/Ausgangslage
 - Zusammenfassung der Arbeit
 - Danksagung an Beteiligte von aussen
 - Verweis auf Homepage
- Organisation
 - Teamvorstellung
 - Organisationsform, Organigramm
 - Ablauforganisation
 - Terminplanung, Milestones
 - Budget
 - Kommunikation (intern, extern), Konzept, technische Realisation
- Ist-Analyse
 - Marktanalyse (Marktgrösse, Marktverteilung, Marktstellung, ...)
 - Literaturstudien
 - Internet- Research
 - Beschreibung bestehender Produkte, Infobeschaffung, wesentliche Links
 - Analyse der eigenen Produkte, Schwächen-Analyse
 - Interviews/Umfragen/Gespräche
 - Benutzeranalyse
 - Patentsituation
 - Gesetzessituation
 - Trendüberlegungen, Auswertung, Interpretation
 - Positionierung
- Konzeptprozess
 - bereinigte Anforderungsliste
 - Funktionsgliederung

- Lösungssuche, Morphologischer Kasten, Skizzen
- Gesamtlösungen, Skizzen, Machbarkeitsstudien
- Bewertung: Bewertungskriterien, Bewertungsverfahren, Ergebnisse
- Diskussion der Empfehlung, Chancen, Risiken
- Entwurfsprozess
 - Gliederung in Module, räumliche Aufteilung, Organisation
 - Anforderung an das einzelne Modul
 - Beschreibung der Schnittstellen zwischen den Modulen
 - Erarbeitung Modullösungen, Alternativen, Bewertung, Auswahl, Machbarkeitsstudien
 - Beschreibung der Modullösung
 - Materialwahl
 - Engineering, Lastannahmen, kritische Stellen, Berechnung
- Produktion
 - Fertigung, Beschreibung, Problemstellungen für Prototyp
 - Produktionskonzept für Serie
 - Kostenanalyse für Serienproduktion
 - Testphase, Testaufbau, Durchführung, Resultate, Konsequenzen
 - Marketing, Marketingplanung, Massnahmen
- Ausblick
 - Kritik der eigenen Lösung, Verbesserungspotential
 - Vergleich von Soll und Ist in Bezug auf Kosten und Termine der Entwicklung
 - Ausblick auf weitere Innovationspotentiale

Häufig stellt sich die Frage, ob ein Resultat im Text am Anfang vorgestellt werden soll und anschliessend der Werdegang zu diesem Resultat beschrieben wird, oder ob man umgekehrt vorgeht, indem man zuerst die Vorgehensweise schrittweise beschreibt, welche dann logischerweise zum Endresultat führt. Beide Wege sind prinzipiell möglich, wesentlich ist, dass im ersten Fall dies im Text klar hervorgehoben wird, sodass die Lesenden die Struktur durchschauen.

3.3 Layout und Gestaltung

Über Attraktivität eines Layouts lässt sich streiten, denn jeder Lesende hat unterschiedliche Vorstellungen davon. Wesentlich ist, dass sich die Verfasser auf ein einheitliches, sauber strukturiertes Erscheinungsbild einigen und dieses Schema durch den ganzen Bericht aufrecht erhalten.

Die nachfolgenden Angaben über das mögliche Layout des Berichtes sind als Richtlinien zu verstehen:

Dokumentränder

- links: 2,5 cm (Rand zum Lochen)
- rechts: 2,0 cm (Rand für Anmerkungen)
- oben: 3,5 cm (ohne Kopfzeile)
- unten: 2,5 cm (ohne Fußzeile)

Schriftarten

In der **Typographie** (Lehre von der Schriftgestaltung) werden zwei Arten von Schriften unterschieden, die serifenlosen und die **serifenbetonten** Schriften. **Serifenlose** Schriftschnitte besitzen keine 'Füßchen' unter den Buchstaben (gut zu erkennen am Buchstaben n). Beispiele für häufig verwendete Schriftarten sind:

- Times (New Roman); serifenbetont
- Helvetica; serifenlos
- Arial; serifenlos

Um einen möglichst reibungslosen Austausch von Textdateien zwischen den verschiedenen Hardware-Plattformen zu ermöglichen (z. B. Macintosh ↔ Windows-PC, unterschiedliche Druckertreiber), wird empfohlen, möglichst keine „Exoten“ als Schriftarten zu verwenden, sondern solche, die auf vielen Plattformen als Standardschriften verfügbar sind, z. B. Helvetica, Arial, Times.

Man unterscheidet allgemein zwischen **Schriftarten** (Helvetica, Arial etc.) und **Schriftschnitten** (fett, unterstrichen, kursiv etc.). Grundsätzlich sollten in einem Dokument möglichst wenig verschiedene Schriftarten und -schnitte auftauchen, damit das Gesamtbild des Berichtes ruhiger und übersichtlicher ist.

Viele Leute verwenden **Blocksatz** für die Ausrichtung des Textes. Ob man Blocksatz oder den sog. **Flattersatz** (linksbündige Ausrichtung) einsetzt, ist meistens eine Geschmacksfrage. In manchen Fällen hat aber der Flattersatz in punkto Lesbarkeit einige Vorteile gegenüber dem Blocksatz.

3.4 Schriften

Standardschrift/Fliesstext

- Die Standardschrift bezieht sich auf sogenannten Fliesstext, d. h. der Text, der in der Regel über mehrere Zeilen geht.
- Empfohlen wird eine Schrift (z. B. Arial oder Times) in der Schriftgröße 11 oder 12 pt, Ausrichtung linksbündig.
- Der Zeilenabstand wird meist auf „einfach“ gestellt.
- Zwischen den Absätzen ist ein Abstand von mindestens 2mm vorzusehen.
- Fliesstext kann eventuell gegenüber den Überschriften um einige Millimeter eingerückt sein.
- Hervorhebungen am besten in Kursivschrift oder Fett, Unterstreichung ist weniger empfehlenswert. Nicht mehrere unterschiedliche Hervorhebungen verwenden.

Überschriften im Dokument (zwischen Kopf- und Fußzeile)

- Meist serifenlose Schrift (z. B. Helvetica oder Arial).
- Die Schriftgröße sollte rund 14–16 pt betragen.
- Es sollten möglichst nicht mehr als drei Kapitelhierarchiestufen verwendet werden (also Untergliederung bis z. B. 1 Hauptkapitel, 1.1 Unterkapitel, 1.1.1 Unterunterkapitel).
- Die Kapitelnummerierung wird nicht mit einem Punkt abgeschlossen (also z. B. 1 Hauptteil statt 1. Hauptteil, ebenso bei Unterkapiteln).

Kopfzeile

- Schriftart wie z. B. Standardschrift, meist aber leicht kleiner, also rund 9–10 pt.
- In der Kopfzeile steht z. B. Titel der Arbeit und die aktuelle Kapitelbezeichnung.

Fusszeile

- Schriftart wie Kopfzeile.
- In der Fusszeile stehen z. B. Name des Verfassers, Datum, Seitennummerierung.

Bild- und Tabellenunterschriften

- Unter allen Fotos, Diagrammen, Tabellen und Grafiken gehören beschreibende Unterschriften.
- Bildunterschrift mit logischer Nummerierung (z. B. Kapitel und laufende Nummer) in Standardschrift oder kleiner, gerade oder kursiv, unter dem Bild linksbündig.

Beispiel

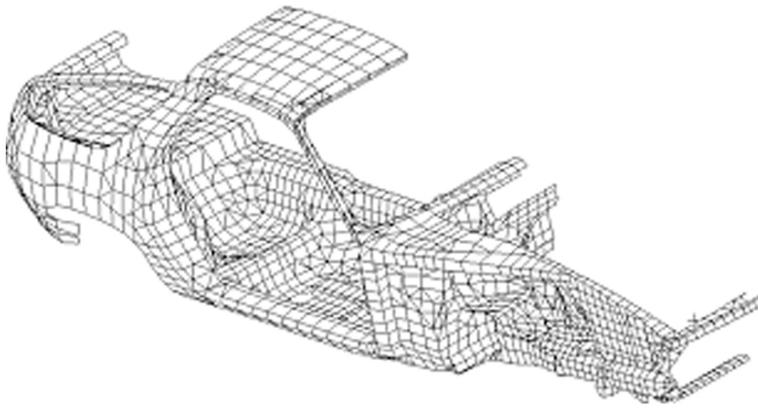


Bild (B021dokZ) Finite Elemente Modell einer KFZ-Struktur (Quelle: W.J. Elspass, ETH Zürich)

3.5 Stil und Tipps

Ein Bericht sollte in erster Linie informativ und nachvollziehbar sein. Der Text sollte also verständlich und gut zu lesen sein. Die Sprache und die Darstellung der Arbeit sind das Salz in der Suppe, d. h. die richtige Menge an stilistischen Handgriffen und Tricks macht die Sache spannend.

Grammatik und sprachlicher Stil

- Ein technischer Bericht wird in einer unpersönlichen Form und im Präsens geschrieben. Wird auf andere Personen Bezug genommen, so werden diese namentlich genannt
- Kurze, einfache Sätze verwenden. Vermeiden von unnötigen Ausschmückungen, Füllwörtern oder doppelten Aussagen in einem Satz.
- Vermeiden des Konjunktiv.s
- Eine zu technische Sprache vermeiden. Viele Naturwissenschaftler neigen zum Nominalstil, sie beschreiben alles mit Substantiven und verwenden schwache, wenig aussagekräftige Verben (sein, haben). Dabei gibt es auch im Deutschen eine Vielzahl treffender Verben.

Also nicht:

„Dieses Vorgehen beruht auf intuitiven, d. h. durch unmittelbare Anschauung erkennbaren, und diskursiven, d. h. mit logi-

scher Notwendigkeit von einer Vorstellung zur nächsten fortschreitenden, Denkprozessen eines jeden schöpferisch tätigen Menschen.“

Dieser Satz ist zu lang, zu verschachtelt und irgendwann verliert man das Verb. Ein Verbesserungsvorschlag wäre:

„Jeder schöpferische Mensch geht dabei entweder intuitiv vor, d. h. er verlässt sich auf seine unmittelbare Anschauung, oder er beschreitet den diskursiven Weg, der ihn durch logische Notwendigkeit von einem Punkt zum nächsten bringt.“

Die Sätze sind gleich lang, der zweite orientiert sich an Verben und ist einfacher zu lesen.

- Einheitliche Fachausdrücke verwenden (erstmalig definieren)!
- Fachausdrücke und Fremdwörter erläutern. Abkürzungen einmal erläutern und im Folgenden in der Kurzform verwenden!
- Vorwärtsreferenzen, d. h. Markierungen, in denen auf Textstellen bezogen wird, die erst später im Bericht auftauchen, möglichst vermeiden!

3.6 Logischer Aufbau

Das Wichtigste für den Leser ist, dass er den ‚roten Faden‘ nie verliert. Dazu dienen:

- vorstrukturierte Informationen (kurze Einleitungen bei Kapiteln, Problemstellung etc.),
- logische Darstellung der Gedanken (keine Gedankensprünge, sinngemäße Abschnitte),
- Verwenden von sprachlichen Mitteln, die anschaulich und anregend sind, also Vergleiche aus anderen Fachgebieten oder Beispiele aus dem täglichen Leben etc.,
- den Bericht übersichtlich und optisch ansprechend gestalten. Die Seiten nicht überladen und den Text in logische, kleinere Absätze packen. Wichtige Ergebnisse, auf die im Text verwiesen wird, in Tabellen, Grafiken oder Diagrammen zusammen fassen. Sehr gut zu lesen sind auch Auflistungen mit einem vorangestellten Aufzählungszeichen ‚-‘, ‚→‘ oder ‚●‘.
- Stellen Sie sich beim Schreiben die Leser und Leserinnen des Berichtes vor, ein einfacher und zugleich sehr wirkungsvoller Trick. Stellen Sie sich Leser vor, welche Sie kennen und die z. B. das Fachwissen eines Ingenieurs mitbringen, aber über das Spezialthema nur wenig Wissen besitzen.
- Lassen Sie Ihren Bericht vor der Abgabe von einer Drittperson noch einmal durchlesen.

- Lassen Sie ein Rechtschreib-Prüfprogramm (spelling checker) über den Text laufen. Es gibt nichts Peinlicheres, als viele Rechtschreibe- und Tippfehler. Irgendwann lauern die Leser nur noch auf den nächsten Fehler, anstatt sich auf den Inhalt zu konzentrieren.

3.7 Zeichnungen, die Sprache der Ingenieure und Ingenieurinnen

Als Ingenieure beschäftigen wir uns in der Entwicklung mit physischen Objekten. Innerhalb eines Berichtes müssen wir unsere Gedanken in eine schriftliche Form überführen, ein Unterfangen, welches häufig scheitert. Obwohl wir als Schreibende meinen, den Inhalt gut formuliert zu haben, werden die Lesenden aber „im Dunkeln“ gelassen. Vergessen wir nie, dass wir unsere Objekte viel einfacher in Bilder erklären können und eine Skizze mehr zeigt als viele Worte. Integrieren wir solche Skizzen oder CAD-Bilder oder auch allgemeine Bilder in unsere Texte und kennzeichnen wichtige Details, wie z.B. durch Pfeile und Textbausteine.

Wie unterschiedlich ein Text oder ein Bild sein kann, illustriert folgendes Beispiel.

Text

„In der Lösung setzen wir ein längliches zylindrisches Bauteil ein, welches an den beiden Enden eine kegelförmige, zum Zylinder konzentrisch angeordnete Begrenzung aufweist.“

Bild



Bild (B009dokZ) Zylinderstift

Text-Bild-Kombinationen

Kombinationen mit Bild/Zeichnung und Text erzielen eine hohe Verständlichkeit und damit auch Akzeptanz des Berichtes.

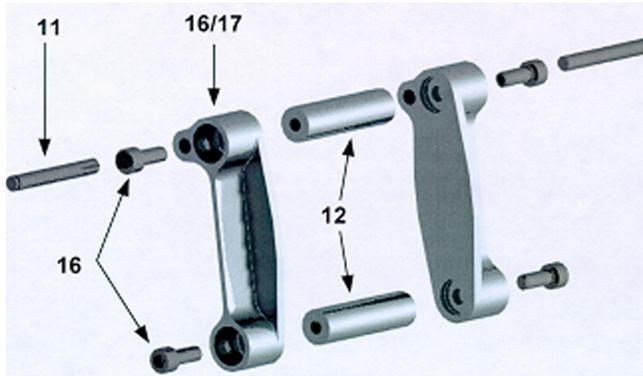


Bild (B010dokZ) Beispiel einer CAD-Explosions-Zeichnung mit Indexierung für textliche Erklärung (aus Abschlussbericht des Innovations-Projekt 98 / 99)

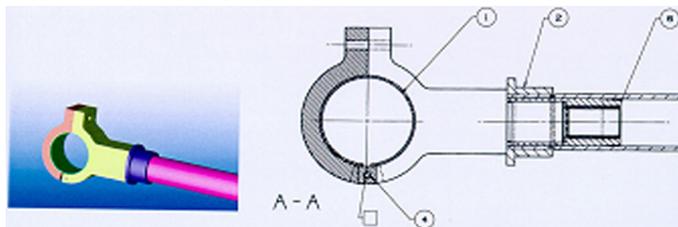


Bild (B022dokZ) Beispiel einer kombinierten CAD-Zeichnung und Schnittzeichnung mit Indexierung für textliche Erklärung (aus Abschlussbericht des Innovations-Projekt 98 / 99)

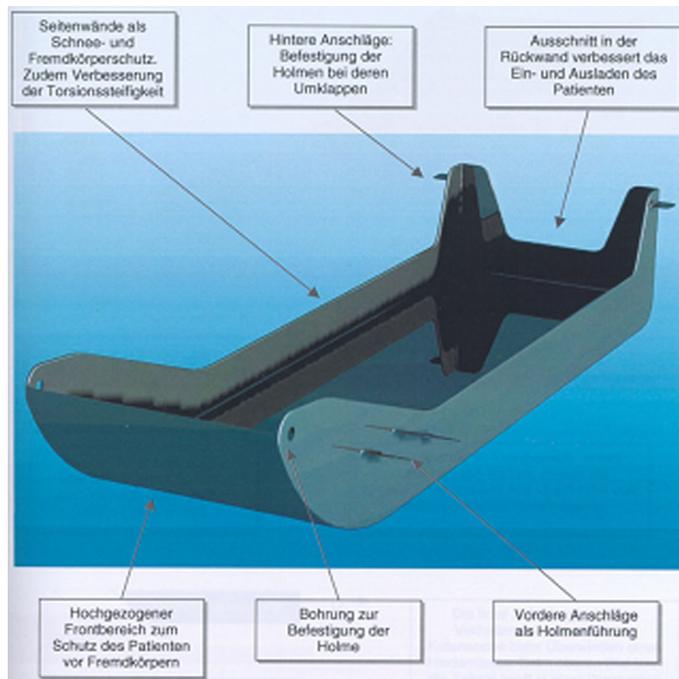


Bild (B011dokZ) Beispiel einer CAD-Zeichnung mit integrierten Erklärungstexten (aus Abschlussbericht des Innovations-Projekt 98/99)

Vielfach wird die Frage gestellt, inwiefern 3D-Zeichnungen oder 2D-Schnitte für technische Erklärungen verwendet werden sollen. Die Frage ist umgekehrt zu stellen: „Was erklärt die Funktion, die Gestalt und die Anwendung besser?“

Neben den Bildern helfen uns auch Diagramme und Grafiken komplexe Zusammenhänge übersichtlicher darzustellen.

Im Folgenden finden Sie einen Überblick solcher graphischer Präsentationen.

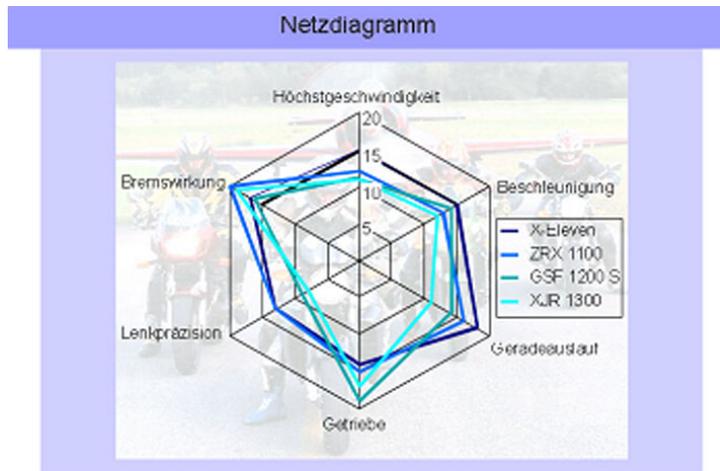


Bild (B012dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von Eigenschaften (Pol-Darstellung)

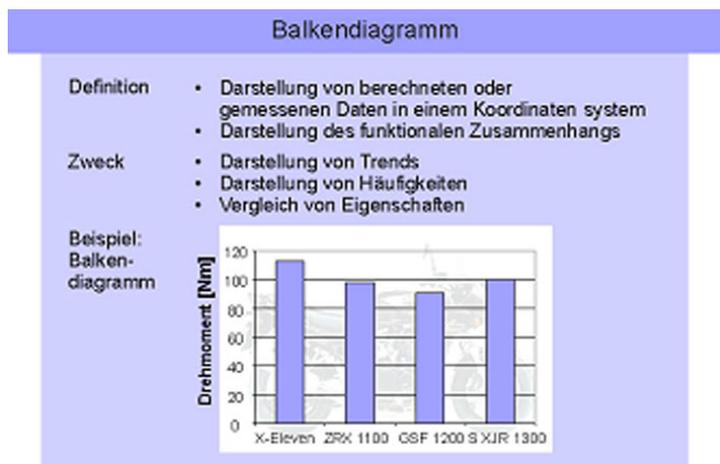


Bild (B013dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von Daten (Balkendiagramme)

Baumdiagramm

- Definition**
- Graphische Darstellung einer Hierarchie
- Zweck**
- Darstellung komplexer hierarchischer Strukturen
 - Strukturieren und Ordnen von Elementen
 - Aufzeigen von Ähnlichkeiten zwischen Elementen

Beispiel:
Baustuktur

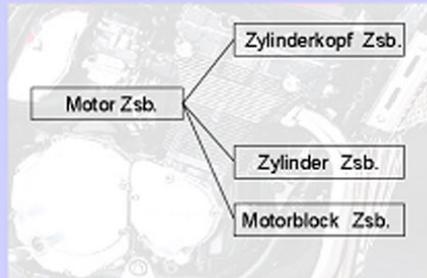


Bild (B014dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von Strukturen

Matrixdiagramm

- Definition**
- Tabellarische Zuordnungsform für die Darstellung von Relationen, Vernetzungen und kausalen Zusammenhängen
- Zweck**
- Strukturieren von Elementen
 - Aufzeigen von Zusammenhängen (auch gewichtet)
 - Verfolgung mehrstufiger Zusammenhänge

Beispiel:
Einflussmatrix

Einflussmatrix
Fragestellung: Wie beeinflusst Merkmal A (Zeile) Merkmal B (Spalte)

Bewertungsmaßstab:
 -2 = stark negativer Einfluss
 -1 = schwacher negativer Einfluss
 0 = kein Einfluss
 1 = schwach positiver Einfluss
 2 = stark positiver Einfluss

	1. Gewicht	2. Mischleistung	3. Drehmoment	4. Handlichkeit	5. Platzbedarf	6. Ökonomie
1. Gewicht	0	-2	-2	-2	0	0
2. Mischleistung	0	0	2	0	0	0
3. Drehmoment	0	0	0	0	0	0
4. Handlichkeit	0	0	0	0	0	0
5. Platzbedarf	0	0	0	0	0	2
6. Ökonomie	0	0	0	0	0	0

Bild (B015dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von mehreren Sichten in einer Matrix

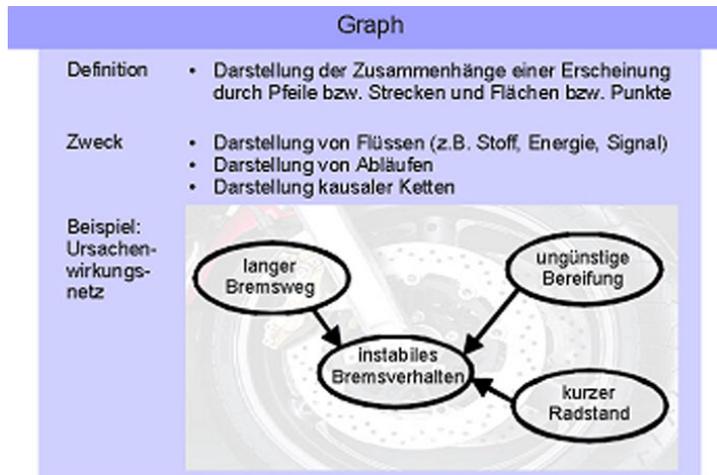


Bild (B016dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von Netzwerken

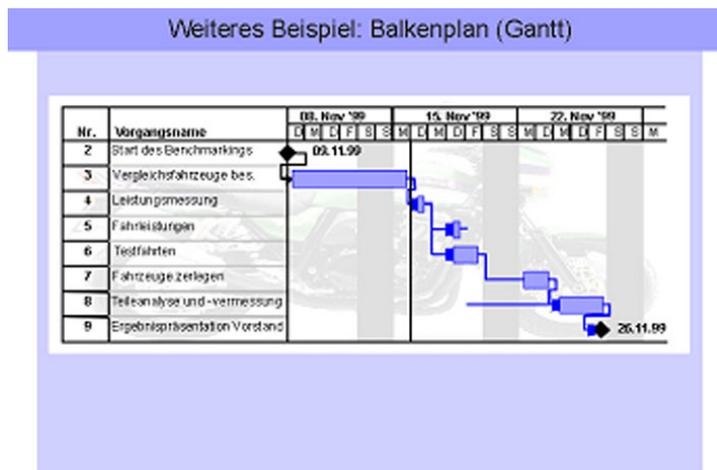


Bild (B018dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von zeitlichen Abhängigkeiten

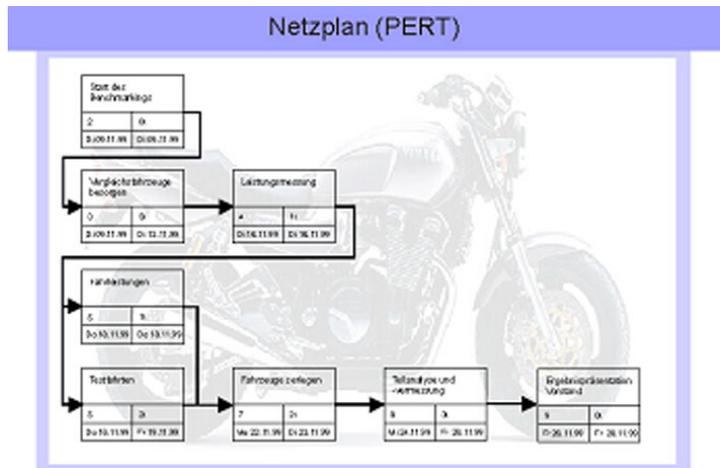


Bild (B019dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von Tätigkeiten und deren Abhängigkeiten

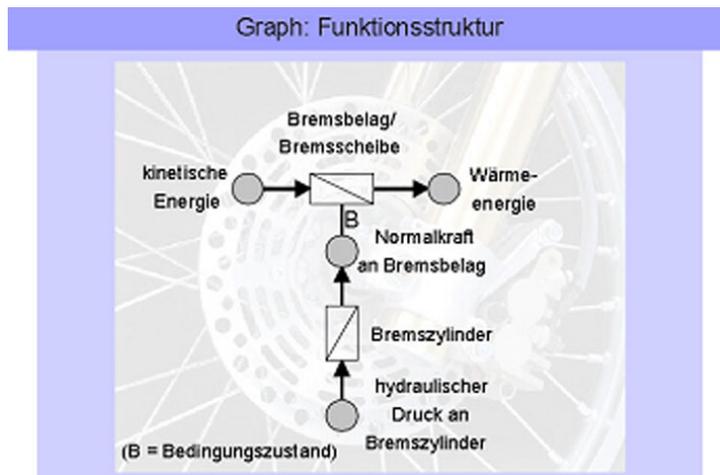


Bild (B023dokZ) Beispiel graphischer Darstellungen von Funktionen

Diagramme, Tabellen und Grafiken müssen prägnant, logisch und schnell erfassbar sein. Dazu einige Tipps:

- Bei Diagrammen nie die Achsen- und Kurvenbeschriftung vergessen!
- Bei Tabellen nie die Spalten- und Zeilenbeschriftung vergessen!
- Lieber weniger Informationen als zuviel (Ausgliederungen in den Anhang)!
- Diagramme und Tabellen so gestalten, dass sie schnell und richtig zu lesen sind!
- Strichstärken, Farben, Graustufen und Muster so wählen, dass die Diagramme oder Grafiken auch S/W gut kopierbar sind (ggf. selbst ausprobieren)!

4 Zusammenfassung

Eine Dokumentation oder Präsentation beinhaltet die Darstellung und Kommunikation eines Ergebnisses oder Wissenstandes in Form eines Berichtes oder eines Vortrages.

Vielfach entscheidet die Art und Weise der Kommunikation oder die inhaltliche Präsentation über die Zukunft des Projektes oder der Person. Eine professionelle Vorbereitung, Strukturierung und Gestaltung, aber auch eine ansprechende Präsentation ist deshalb bedeutend. Auch Berichte werden nach allgemein anerkannten Strukturen und Gestaltungsvorschriften erstellt und es lohnt sich diese zu berücksichtigen. Viele Hinweise helfen dabei nichts Wichtiges zu vergessen und eine gute Arbeit ins richtige Licht zu rücken.

Verständnisfrage 1

Wo sehen Sie die grössten Unterschiede zwischen einer Folienpräsentation und einer Präsentation auf vorbereiteten Plakaten?

Verständnisfrage 2

Es wurde erwähnt, dass ein Wechsel der Medien die Spannung erhöht. Sehen Sie hier auch Grenzen des zu häufigen Wechsels?

Verständnisfrage 3

Es gibt Gelegenheiten, bei welchen zwei oder mehrere Redner einen Vortrag bestreiten. Auf welche Punkte würden Sie in diesem Fall bei der Vorbereitung und Durchführung achten?

Verständnisfrage 4

Sie haben viele Empfehlungen und Tipps bzgl. der Vorbereitung und Durchführung erhalten. Machen Sie eine Auflistung zur Erinnerung. Welche Punkte werden Sie in Zukunft vor allem beachten?

Verständnisfrage 5

Listen die Teilkapitel eines Berichts auf, und machen Sie sich zu jedem Kapitel Gedanken über Inhalt und Wissenswertes.

Antwort 1

Folienpräsentationen sind gut gestaltbar, können didaktisch gegliedert werden und sind grossformatig möglich. Poster sind individueller und halten das Gesagte nicht nur kurzfristig fest.

Antwort 2

Zu häufiger Wechsel wirkt ermüdend, gekünstelt und nervös bis lächerlich.

Antwort 3

Die Sprechdauer der einzelnen Redner sollte nicht zu kurz sein. Eine „logische“ Verteilung ist untereinander zu organisieren. Die Redner dürfen sich nicht gegenseitig verdecken. Diejenigen, die nicht sprechen, treten etwas zu Seite, verhalten sich ruhig und tätigen keine Aktivitäten, die ablenken. Die Redner überreichen sich das Wort durch eine kleine Einführung des kommenden.

Antwort 4

Siehe Skript, siehe [Checkliste!](#)

Antwort 5

Siehe Skript!

Relevante Cases

- [Vortrag und Diskussion](#)

Publikationsverzeichnis – Literatur

- [1] Altenecker, Andreas (1994): Fachvorträge vorbereiten und durchführen. Manuskript. Visualisierung. Rhetorik; 9. Auflage, Siemens AG, Erlangen
- [2] Bollwage, Max (2001): Typografie kompakt. Vom richtigen Umgang mit Schrift am Computer; Springer, Berlin
- [3] Booher, Dianna und Hill, Tom H. (1989): Writing for Technical Professionals; John Wiley & Sons, New York
- [4] Briese-Neumann, Gisa (1993): Professionell Schreiben. Sicherheit und Spracheffizient im Beruf; Gabler, Wiesbaden
- [5] Crisand, Ekkehard (2000): Psychologie der Gesprächsführung, Band 11; 7. Auflage, Sauer-Verlag, Heidelberg

- [6] De Micheli, F. (1980): Von der Idee zum Manuskript. Systematischer Leitfaden für das Verfassen und Redigieren von Sachprosa: Rapporte, Berichte, Reportagen, Fachaufsätze; Hudson, Goldach
- [7] DIN 1421: Gliederung und Benummerung in Texten. Abschnitte, Absätze, Aufzählungen
- [8] DIN 1422 Teil 3: Veröffentlichungen aus Wissenschaft, Technik, Wirtschaft und Verwaltung. Typografische Gestaltung
- [9] DIN 5008: Schreib- und Gestaltungsregeln für die Textverarbeitung (Abschnitte 4-13)
- [10] Ebel, H. F.; Bliefert, C. und Kellersohn, A. (2000): Erfolgreich Kommunizieren. Ein Leitfaden für Ingenieure; Wiley-VCH, Weinheim
- [11] Hering, L. und H. (2003): Technische Berichte. Gliedern. Gestalten. Vortragen; 4. Auflage, Vieweg, Wiesbaden
- [12] Hoffmann, W.; Hölscher, B. G. und Thiele, U. (2002): Handbuch für technische Autoren und Redakteure. Produktionformation und Dokumentation im Multimedia-Zeitalter; VDE-Verlag/ Publics, Erlangen
- [13] Jay, Antony (1997): Die perfekte Präsentation, Falken Verlag, Niederhausen
- [14] Kulich, Claus (1991): Erfolgreich präsentieren: Vorschläge, Ideen, Konzeptionen; 2. Auflage, Expert Verlag
- [15] Nitschke, Helmut (2004): Erfolgreiche Vorträge und Seminare, Expert Verlag
- [16] Schneider, Wolf (1999): Deutsch für Profis. Wege zum guten Stil; Goldmann, Hamburg
- [17] Steiger, Rudolf (2004): Lehrbuch der Vortragstechnik; 9. Auflage, Huber Verlag, Frauenfeld (Prof. Steiger hält an der ETH – Abteilung für Militärwissenschaften – die Vorlesung Vortragstechnik)
- [18] Seifert, Josef W. (2003): Visualisieren. Präsentieren. Moderieren; 20. Auflage, GABAL, Offenbach
- [19] Weber, Max (1970): Time To Improve Our Oral Presentations, Technical Communication, vol 17; pp. 6-11, übersetzt und gekürzt durch Hubert Aebischer
- [20] VDI 4500 Blätter 1-3 (2 und 3 im Entwurfsstadium): Technische Dokumentation. Blatt 1: Benutzerinformation, Blatt 2: Interne Technische Produktdokumentation, Blatt 3: Empfehlungen für die Erstellung und Verteilung elektronischer Ersatzteilinformationen

- [21] Willberg, Hans P. und Forssmann, Friedrich (2000): Erste Hilfe Typografie. Ratgeber für den Umgang mit Schrift; Schmidt, Mainz
- [22] Woelfle, Robert M. (1992): A New Guide for Better Technical Presentations; IEEE Press

Publikationsverzeichnis – Weblinks

- www.alu.ch
- www.suzuki-moto.ch
- www.yamaha-motor.ch
- www.kawasaki.ch
- www.hondamoto.ch

Publikationsverzeichnis – weitere relevante Dokumente

- [Qualitative Steigerung Ihrer Präsentation](#)
- [Checkliste Vorbereitung einer Präsentation](#)
- [Checkliste Beurteilung einer Präsentation](#)
- [Grundsätze für jede Präsentation](#)
- [Richtige Präsentation am Hellraumprojektor und mit Power-Point](#)

Markt-Leistungs-Prozess & Grob-Konzept-Prozess

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation

Stellen Sie sich als Entwicklungsleiter/-in eines Unternehmens vor, das Fahrräder herstellt.

Das Unternehmen basiert auf einer Produkt-Palette, die sich im Sättigungs- und Verfallstadium befindet. Sie haben die Aufgabe, neue Produkte zu entwickeln. Sie befinden sich im Hexenkessel von Informationen, Meinungen, Erwartungen, eigenen Ideen und solchen aus Ihrem Umfeld (Aktionäre, Kunden, Geschäftsleiter, Marketing, Kundendienst):

- Informationen über Konkurrenten (Produkte, geschätzter Umsatz)
- Produktidee eines Mitarbeiters für eine Fahrrad-Diebstahlsicherung
- Zeitungsberichte über Boom von Elektrofahrrädern in Japan
- Umsatzziele der nächsten 5 Jahre
- Statistik der Serviceabteilung
- Zeitungsnachrichten über neue Antriebssysteme mit Brennstoffzellen
- Mitteilungen über ein Nachbar-Unternehmen, das mit Pizza-Öfen für Privathaushalte grosse Erfolge verzeichnet.

Versetzen Sie sich gedanklich in diese Situation und versuchen Sie, eine erste Auslegeordnung der Themen vorzunehmen und ein mögliches Vorgehen zu entwerfen!

Antwort/Diskussion:

- Situation auf der Lebenskurve (siehe Bild 018):
- Informationen, Meinungen, Erwartungen:
 - heutiger Umsatz
 - Kundensegment
 - Rendite
 - Auslastung
 - Lagerbestand
 - Leitbild, **Strategie** der Firma
 - Kundenerwartungen, Trends
 - Konkurrenz-Information
 - ...
- Vorgehen:

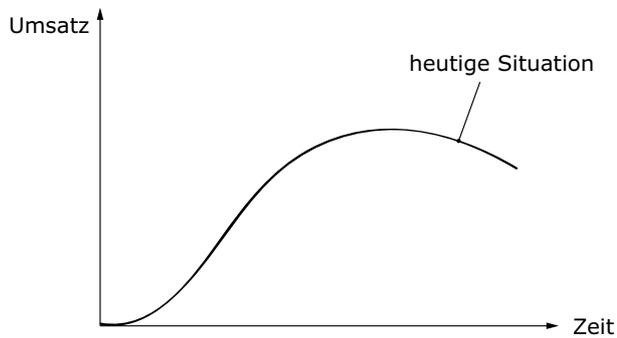


Bild (B018mlpZ) Lebenskurve

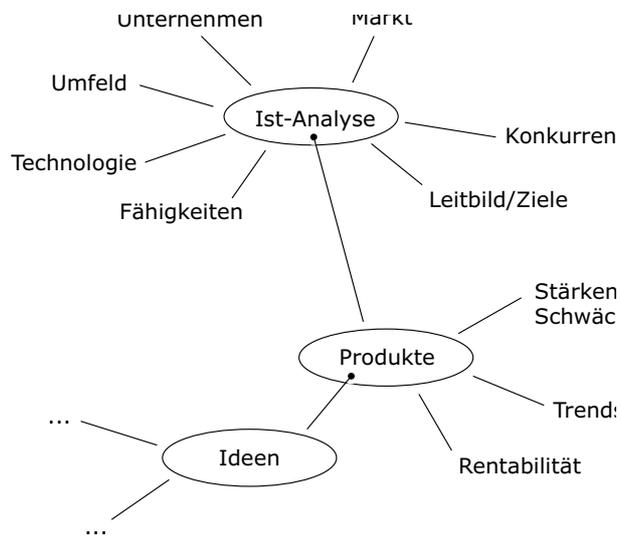
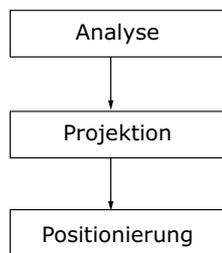


Bild (B019mlpZ) Struktogramm



Entwicklungsprojekt

Bild (B017mlpZ) Flussdiagramm zum Vorgehen im Markt-Leistungs-Prozess

Lernziele

Die Studierenden:

- ordnen den Markt-Leistungs-Prozess korrekt in den Innovationsprozess ein,
- erklären und ordnen die wichtigsten Teilprozesse und deren Bedeutung,
- beschreiben Begrifflichkeiten wie: Leitbild, Unternehmensstrategie, -ziele, Kernkompetenzen, Produkt-Marktanalyse, Stärken-Schwächen-Analyse, Portfoliodarstellung, Positionierung, Benutzungsanalyse, Strategiewege und vieles mehr,
- sind in der Lage Beispiele zu nennen und zu erklären,
- können Strategien unterscheiden und kennen deren Chancen und Risiken,
- kennen die Erfolgsfaktoren im Überblick,
- können den Inhalt des Ergebnisdokumentes aufzählen und erläutern.

Einleitung

Innovationen haben in der Gesellschaft allgemein und in Unternehmen im Speziellen einen sehr hohen Stellenwert. Nur mit neuen oder verbesserten Spitzenprodukten werden wir langfristig Chancen haben, im Wettbewerb des globalen Marktes zu bestehen.

Wir können in diesem Zusammenhang von einem eigentlichen wirtschaftlichen Kreislauf sprechen, der unterbrechungsfrei jede Stufe abdecken muss.

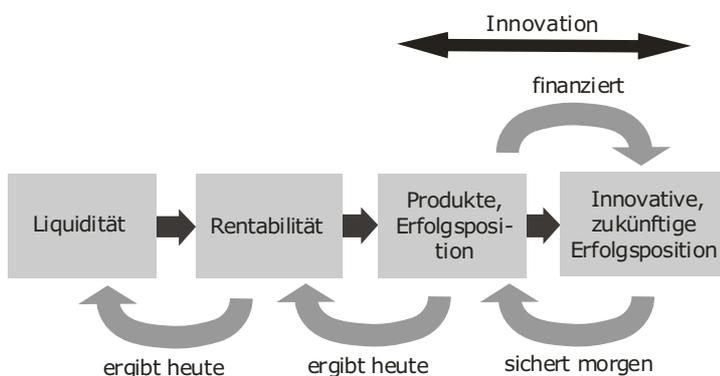


Bild (B101mlpZ) Liquidität und Rentabilität

Liquidität ist die Grundvoraussetzung für das operative Geschäft, für Löhne und Materialeinkauf, für Gespräche mit Banken und so weiter. Liquidität ist aber nur gesichert, wenn eine **Rentabilität** über die gesamte Tätigkeit des Unternehmens gesichert ist. Diese Rentabilität wird generiert durch Produkte und Leistungen, die wir heute am Markt erfolgreich verkaufen. Diese Rentabilitätsquelle besitzt jedoch einen zeitlich begrenzten Lebenszyklus, so dass es notwendig ist, an zukünftigen Produkten zu arbeiten, Innovationen zu generieren, die den künftigen Erfolg des Kreislaufs sichern.

Produkt-Innovation ist ein Prozess, der über mehrere Teilprozesse führt. Einen wichtigen Teilprozess stellt der Markt-Leistungs-Prozess dar.

Grobkonzept- und Markt-Leistungs-Prozess

Wie aber erkennen wir nun, ob eine Innovation erfolgreich wird oder nicht? Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für Innovationen ist die Verbindung der eigenen technischen Kompetenzen mit einer ausgeprägten Orientierung am Markt. In anderen Worten: wir müssen den Markt und die Bedürfnisse unserer Kunden genau verstehen, bevor wir mit einer Produkt-Idee in die Entwicklung gehen. In einem Vorprojekt sollen Faktoren wie Markt, Kunde, Konkurrenz, Technologien aber auch eigene Stärken und Schwächen im Umfeld einer Produkt-Idee so beleuchtet werden, dass wir eine fundierte Entscheidungsgrundlage erhalten, ob eine Idee genug Potential hat um ein Entwicklungsprojekt zu starten. Wer die Hausaufgaben während eines Vorprojektes sauber und zuverlässig löst, hat wesentlich höhere Chancen um mit einer Innovation erfolgreich auf dem Markt zu werden.

Oft ist eine Idee nur wagen formuliert und nicht immer konkret genug, um damit beispielsweise eine Markt-Studie durchführen zu können. Dies ist besonders dann der Fall, wenn wir uns in einen Markt oder ein Umfeld wagen, das wir noch nicht im Detail kennen. Daher werden wir die Idee im Vorprojekt etwas konkreter ausarbeiten und in ein Grobkonzept überführen. Während des Vorprojektes gewinnen wir immer fundiertere Kenntnis über Markt und Umfeld und können so unser Grobkonzept verfeinern. Dies erlaubt uns wiederum, den Markt spezifischer auf unserer Problemstellung hin auszuleuchten. Die Verfeinerung und Weiterentwicklung des Grobkonzeptes nennen wir Grobkonzept-Prozess, das Beleuchten von Markt und Umfeld den Markt-Leistungs-Prozess. Die beiden Prozesse verlaufen zeitlich parallel und stehen in ständigem Wechselspiel.

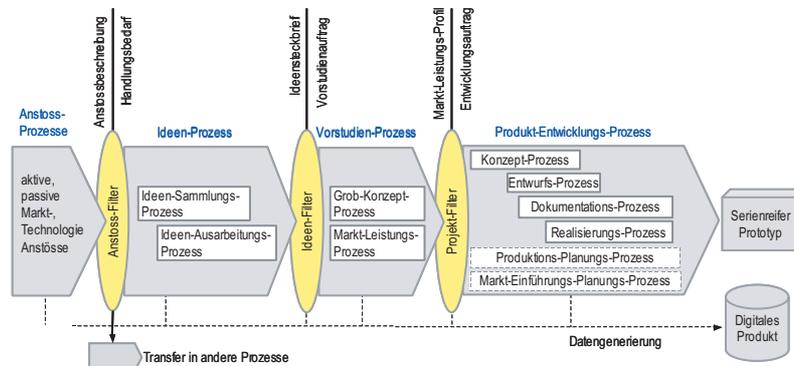


Bild (B033konZ) Innovations-Prozess

Im Markt-Leistungs-Prozess werden drei Teilprozesse durchlaufen:

- Die **Analyse** der Situation des Unternehmens in Bezug auf die bestehenden Produkte, den Markt, die Konkurrenz, die Technologie, die Gesetze usw.
- Die **Projektion** der Zukunft in Bezug auf dieselben Kriterien.
- Die **Positionierung**, die sauber verankert durch Analyse und Projektion das zukünftige Produkt festlegt.

In der Analyse-Phase konzentriert man sich auf die Suche nach Stärken und Schwächen im heutigen Umfeld des Unternehmens. Während der Projektion rückt die Frage nach künftigen Chancen und Gefahren in den Vordergrund. Das Erörtern dieser Fragen ist auch als **SWOT-Analyse** bekannt. Dabei bedeutet:

S	strength (Stärken)	aus der Analyse
W	weakness (Schwächen)	
O	opportunity(Chance)	aus der Projektion
T	threat (Gefahr)	

Tabelle (T001mlpZ) Schlüssel SWOT-Methode

Ausgehend von dieser Analyse der Gegenwart und Vergangenheit und einer Prognose, welche die Zukunft aus verschiedenen Sichten beleuchtet, soll die gewonnene Erkenntnis schlüssig in die Strategie und Leistungsfähigkeit des Unternehmens eingebettet werden. Wir nennen dies die **Produkt-Positionierung**. In Abbildung [Teil D] ist dieser Ablauf dargestellt, in Realität handelt es sich dabei jedoch nicht um

einen sequentiellen Ablauf sondern um einen ausgeprägt iterativen Prozess.



Bild (B001mlpZ) Übersicht über Markt-Leistungs-Dokument und -Tätigkeiten

Markt-Leistungs-Profil

Es wurde bereits erwähnt, dass wir im Verlaufe des Vorprojektes neues über den Markt, unsere Kunden und das gesamte Umfeld lernen. Damit sich dieser Lerneffekt nicht verflüchtigt und wir im Verlaufe der Zeit unseren Markt immer besser kennen lernen, ist es wichtig die gewonnene Information gut zu dokumentieren.

Das Ergebnis-Dokument des Markt-Leistungs-Prozesses ist das **Markt-Leistungs-Profil**, das eine inhaltliche Gliederung analog zu Bild B001mlpZ aufweisen kann. Eine ausführliche Beschreibung der MLP-Dokumentation ist in Kapitel [6] zu finden.

2 Leitbild, Vision, Unternehmensstrategie, Ziele, Kernkompetenz

Unserer Thematik der Produkt-Entwicklung übergeordnet stehen das Leitbild und die langfristige Unternehmensplanung. Wir können differenzieren in Leitbild, Vision, Unternehmensstrategie und -ziele. Das sogenannte Leitbild zeigt Sinn und Zweck des Unternehmens und bestimmt den Verhaltenskodex nach innen und aussen. Es enthält meistens die folgenden Themen:

- Zweck, Aufgabe des Unternehmens
- Verantwortung gegenüber der Gesellschaft, Mitarbeiter und Aktionäre
- Marktstellung
- Finanzierungsgrundsätze
- Kunden-Lieferantenbeziehung und deren Pflege
- interne Personalpolitik und -kultur Verhalten gegenüber den Konkurrenten.

Die Vision stellt in qualitativer Form den Leuchtturm in weiter Zukunft dar. Einige wenige Beispiele könnten sein:

- Weltweit führend sein auf dem Gebiete hoch präziser Roboter.
- Aufbau hoher Markteintrittsbarrieren für die Konkurrenz.
- Neuentwicklungen sollen durch Selbstfinanzierungen erfolgen.
- Rentabilität von ...% an.
- Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen sollen ein motivierendes, auf langfristige Anstellung ausgerichtetes Umfeld erhalten.

Die Unternehmensstrategie gibt dieser qualitativen Formulierung der Zukunft quantitativen Charakter, jedoch nach wie vor mit langfristigen Horizont.

Firmenziele sind mittel- bis kurzfristiger Art und setzen die Strategie in operativ zu erreichende und messbare Werte um. Die Begriffe Leitbild/Strategie/Ziel fließen vielfach ineinander über und eine klare Trennung ist schwierig.

Ein Verständnis der Begriffe gibt das Bild B300mlpZ. Ausgehend von der heutigen Situation des Unternehmens werden Strategien erarbeitet, welche den Weg zur langfristigen Vision ermöglichen, bzw. sicherstellen. In Richtung dieser Strategie werden messbare Ziele vereinbart. Als Leitplanke unseres Handelns dient das Leitbild des Unternehmens.

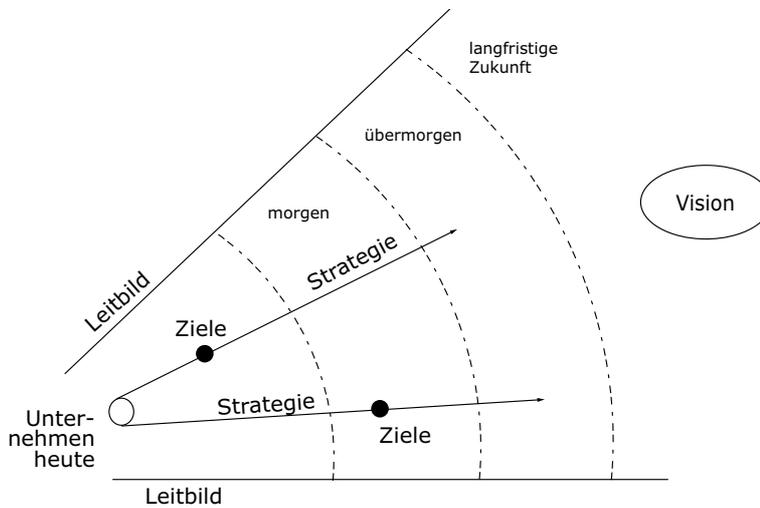


Bild (B300mlpZ) Definition der Begriffe Leitbild, Strategie, Ziele

Das MLP wird nicht im leeren Raum erarbeitet, sondern berücksichtigt das bestehende **Leitbild** und basiert auf der definierten Unternehmensstrategie und den existenten Kernkompetenzen des Unternehmens. Umgekehrt sind M.-L.-P,rozess Unternehmensstrategie und Kernkompetenzen auch rückwärts gekoppelt, denn die **Produkt-Strategie** ihrerseits beeinflusst wiederum die Unternehmensstrategie und fordert neue Kernkompetenzen.

Jedes Unternehmen besitzt eine Vielzahl von Einzelfähigkeiten (Potential), die in der Summe dazu befähigen, die verlangte Leistung des Unternehmens zu erbringen. Siehe Dokument: [Beispielhaftes Leitbild eines Schweizer Unternehmens](#).

In dem heute rege gebrauchten Wort „Kernkompetenzen“ sind Bündelungen solcher Einzelfähigkeiten enthalten, mit denen das Unternehmen sich von anderen Unternehmen differenziert und die eigene Leistungsfähigkeit langfristig sicherstellt.

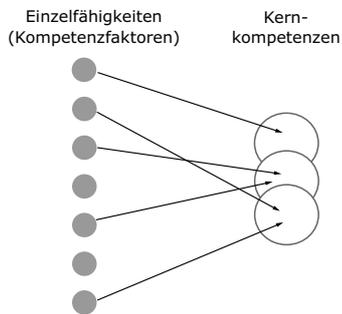


Bild (B002mlpZ) Kompetenzfaktoren des Unternehmens

Das Erkennen der Kernkompetenzen soll auch dazu dienen, sich der Unternehmensstärken bewusst zu werden und diese zu konzentrieren. So werden die Produkt-Entwicklungen in jene Richtungen gelenkt, welche gezielt die bestehenden Stärken weiter ausbauen und festigen.

Es ist unverantwortlich, Produktziele zu formulieren, die wegen der Leistungsfähigkeit des Unternehmens klar ausserhalb jeder Realisierungskompetenz stehen. Bestehende Lücken in der Leistungsfähigkeit müssen erkannt und durch flankierende Massnahmen geschlossen werden.

Für die Bestimmung der Kernkompetenzen müssen intensive Diskussionen im Team durchgeführt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Bündelungen von Einzelfähigkeiten weder zu fein noch zu grob werden und folgenden Kriterien gerecht werden:

Kernkompetenzen haben folgende **Eigenschaften**: oder bringen zum Ausdruck,

- wodurch sich das eigene Unternehmen von der Konkurrenz abhebt,
- welche konkreten Leistungen am Markt erbracht werden,
- wo das offene Potential für zukünftige Weiterentwicklungen steckt und
- was nicht einfach zu imitieren ist.
- Ausserdem sind Kernkompetenzen das wertvolle Resultat eines kollektiven, langfristigen Lernprozesses im Unternehmen.

Beispiel einer Kernkompetenz könnte sein: Die Fähigkeiten haben, in einem Unternehmen hochpräzise und hochdynamische Roboter zu entwickeln und zu bauen, um kundenspezifische Montageaufgaben in der Mikrotechnik zu erfüllen. Keine Kernkompetenz hingegen ist die Einzelfähigkeit, solche Roboter lediglich montieren zu können.

Es soll an dieser Stelle nicht tiefer in die Firmenstrategie und die Kernkompetenz-Thematik eingegangen werden, denn diese bildet nur einen Rahmen zur Produkt-Entwicklung. Die Wichtigkeit soll jedoch betont werden, denn die kurzfristigen und langfristigen Unternehmensziele und die Produkt-Entwicklungsstrategie müssen in Harmonie stehen, um ein Erfolgspotential aufzuweisen.

3 Analyse-Prozess

Nur eine gute Analyse gibt Gewähr für eine aussagekräftige Marktbeurteilung und eine korrekte Basis für Innovationsentscheide. Die Analyse umfasst Teilaspekte wie:

- Produkt-Markt
- Konkurrenz
- Patente
- Technologien
- Gesetze und Richtlinien.

Die [Checkliste „Analyse“](#) zeigt einige wichtige Aspekte.

3.1 Produkt-Markt-Strukturierung, -Darstellung

Ein Unternehmen besteht aus vielen verschiedenen „Produkten“. Für eine fundierte Analyse ist es wichtig, zu strukturieren und das zu beleuchtende Produkt klar abzugrenzen.

Eine Strukturierung kann grob aus drei unterschiedlichen Sichten erfolgen, aus:

- der Markt-Sicht
- der organisatorischen Sicht
- der Struktur-Sicht.

3.1.1 Markt-Sicht

Produkte bedienen Märkte. Wir können diese gliedern nach:

- der geographischen **Segmentierung** (USA, Europa, Schweiz etc.)
- den Marktsegmenten (Pharmazie, Banken, Werkzeug-/Maschinen-Industrie, ...)
- den **Absatzkanälen** (Grossverteiler, Detailhandel, Direkt-Versand, ...)
- der **Kundensegmentierung** (junge Käufer, Live-Style-Kunden, konservative Kunden, ...).

3.1.2 Organisations-Sicht

Unternehmen gliedern ihre Produkte intern nach organisatorischen Gesichtspunkten.

- **Produkt-Sortiment**: Gesamtheit aller Leistungen der Unternehmung.

- Produkt-Bereich; **Produkt-Sparte**: Organisatorisch zusammengefasste Leistung – eines Unternehmens aus einer marktorientierten oder wertschöpfungsorientierten, sinnvollen Sicht.
- **Produkt-Plattform**, -Familie, -Gruppe: Zusammenfassung von Produkten, welche auf ähnlichen Wirkprinzipien basieren, vielfach auf standardisierten **Modulen** aufbauen, von Personen (-Gruppen) verantwortet werden.

3.1.3 Struktur- Sicht

Die Produkte können auch nach ihrer inneren Struktur (Architektur) gegliedert werden. Daher ergibt sich Sinnvollerweise eine starke Ähnlichkeit zur organisatorischen Sicht:

- Produktsortiment: Gesamtheit aller Leistungen einer Unternehmung.
- Produkt-Plattform, -Familie, -Gruppe: Zusammenfassung von Produkten, welche auf ähnlichen Wirkeprinzipien basieren, vielfache auf standardisierten, variantenbehafteten Modulen aufbauen.
- Modul, **Baugruppe**: Teilbereich eines Produktes, meist variantenbehaftet, welche kombiniert zu Gesamtprodukten werden.

Viele weitere Begriffe existieren, welche in drei Strukturen eingeordnet werden können, teilweise mit den Begriffen überschneiden: Produktart, Produkttyp, **Produktvariante**. Auch werden die Begriffe in den Unternehmen unterschiedlich verwendet. Eine klare Struktur und Definition ist in jedem Fall notwendig.

Für die Produkt-Marktanalyse ist es bedeutend, dass das zu untersuchende Objekt klar abgegrenzt wird. Dies hauptsächlich aus der Sicht des Marktes, aber auch aus der Sicht der Struktur und teilweise der Organisation. Diese definierte **Systemgrenze** nennen wir im folgenden **Produkt-Marktsegment**.

Das Produkt-Markt-Segment wird nach verschiedensten Aspekten und Eigenschaften analysiert und in einem Dokument beschrieben.

3.1.4 Portfoliodarstellung

Neben der verbalen Beschreibung eignen sich für die Analysen vielfach Matrix-Darstellungen, auch Portfoliodarstellung genannt. Dabei werden in einer Matrix zwei Sichten in Beziehung zueinander gebracht (**Portfoliomethode**). Diese Darstellungen sollen restriktiv sein, immer mit dem Ziel, Aussagen oder Folgerungen zu erklären und zu unterstreichen.

Vielfach müssen Eigenschaften dargestellt werden.

Merke: Als Eigenschaft eines Produktes bezeichnet man ein **Merkm**al (z.B. die Farbe des Produktes) verknüpft mit seinem **Wert** (z.B. rot). Es gilt: $Eigenschaft = Merkmal \cdot Wert$.

Vielfach wird anstelle des Ausdrucks „Wert“ das Synonym „Ausprägung“ verwendet.

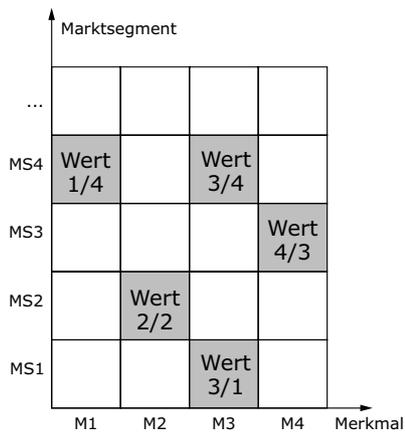


Bild (B302mlpZ) Marktsegment-Positionierung in Bezug auf Eigenschaften

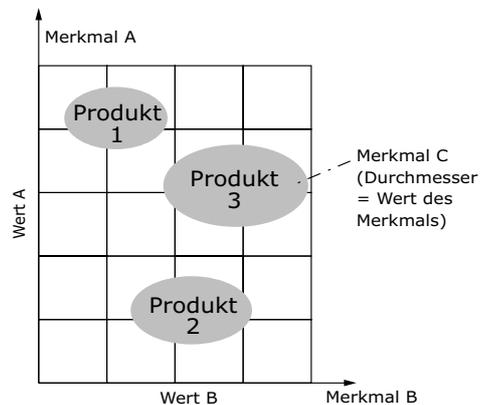


Bild (B303mlpZ) Produkt-Positionierung in Bezug auf zwei Merkmale; Beispiel: Merkmal A = Farbe, Merkmal B = Grösse, Merkmal C = Umsatz, Wert C = Umsatzgrösse

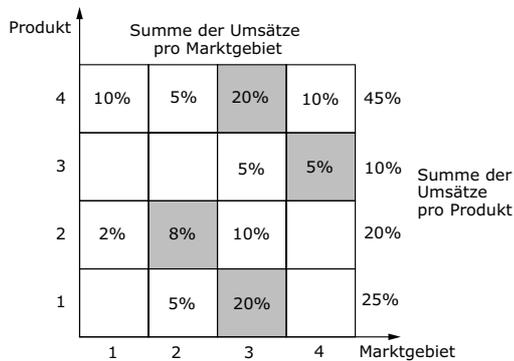


Bild (B003mlpZ) Darstellung der Produkt-Markt-Verteilung mit prozentualen Umsatzzahlen

Boston-Matrix

Zur Darstellung der eigenen Position in einem Marktgebiet sowie zur Visualisierung der Attraktivität dieses Gebiets wird häufig die aussagekräftige Produkt-Portfolio-Darstellung nach der Boston Consulting Group (BCG) verwendet, auch **Boston-Matrix** genannt. Das Marketing muss erkennen, welche Märkte noch wachsen und welche schrumpfen und wie der eigene Marktanteil darin positioniert ist.

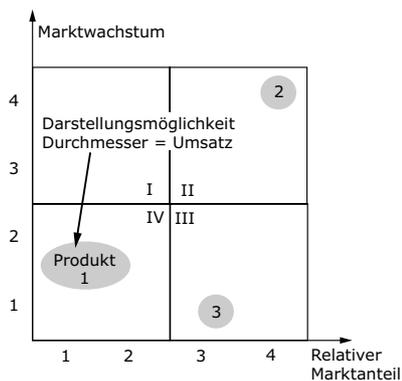


Bild (B004mlpZ) Produkt-Portfolio-Darstellung (Boston-Matrix) in Marktwachstum und relativem Marktanteil (relativer Marktanteil = eigener Umsatz zu Umsatz des Marktführers)

Die bekanntesten Bezeichnungen der einzelnen Felder und deren Bedeutung und Beurteilung in Bezug auf Produkt-Innovation sind:

1. „questionmarks“

Der Marktanteil ist zur Zeit klein, aber Wachstum steht in Aussicht. Die Frage stellt sich, inwiefern das Unternehmen einen „star“ generieren soll:

- Liegen schon genügend „stars“ vor, die weiter gefördert werden müssen, um ihren Status zu halten?
- Reichen die Ressourcen und Fähigkeiten des eigenen Unternehmens aus, noch weitere „stars“ zu erzeugen?

Die strategischen Entscheide in diesem Bereich können nur heissen:

- Ausstieg: nicht in dieses Marktsegment eintreten zugunsten der Weiterentwicklung vorhandener „stars“

oder

- Investition: gewagter „Wurf“, um einen neuen „star“ zu erzeugen.

Dieser zweite Weg ist für den Entwickler relevant. Er bedeutet, dass der geplante Entwicklungssprung so erfolgreich sein muss, dass bestehende Produkte der Konkurrenz überflügelt werden.

2. „stars“

Es bestehen weiterhin gute Aussichten auf Wachstum und gleichzeitig hat das Produkt-Markt-Segment mit der aktuellen Stellung schon eine dominante, vielleicht sogar marktführende Stellung eingenommen.

Dieser Bereich ist für den Entwickler und den Produkt-Strategen wohl die anspruchsvollste Tätigkeit. Der kleinste Fehlentscheid wird von den Kunden „bestraft“ und von der Konkurrenz ausgenutzt. Die Funktion, die Kosten und die Markteinführungstermine der neuen Entwicklung müssen perfekt übereinstimmen.

3. „cash cow“

Das Unternehmen ist ein am Markt dominanter „major-player“. Aber der Markt wird sich nicht weiter entwickeln, sondern eher stagnieren.

Die Entscheide in diesem Bereich sind häufig auf Halten gestellt; mit Argusaugen wird die Konkurrenz beobachtet; Neuentwicklungen im grossen Stil lohnen sich meist nicht mehr. Es wird vielmehr Wert auf kontinuierliche Weiterentwicklung gelegt, wie z.B. Verbesserungen der bestehenden Produkte, Sortimentsbereinigung, Optimierung der Produktion bzw. Designüberarbeitung oder neues Zubehör etc.

4. „bad dogs“

Das erwartete Wachstum ist klein, auch die heutige Stellung ist unbedeutend. Dies kann gleichbedeutend sein mit gesättigtem Markt und grosser Konkurrenz.

Hier liegt vielfach der Entscheid nahe, nicht weiter in diesen Bereich zu investieren. Der Lebenszyklus neigt dem Ende zu. Vielfach konzentriert sich das Unternehmen hier auf Nischenmärkte (kleinere Unternehmen) oder steigt vollständig aus (grössere Unternehmen).

Für den Entwickler sowie für das Vorgehen und die Organisation während der Entwicklung hat diese Portfolio-Betrachtung eine eigene wesentliche Bedeutung. So ist der Organisationsform, dem Projektmanagement und der Auswahl der Methodik für jeden Portfolio-Bereich eine andere Bedeutung beizumessen.

<p>↑ Marktwachstum</p>	
<p>Höchste Anforderungen an:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Projektorganisation · Entwicklungsmethodik <p>Entwicklungsziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> · "first time right" · koordiniertes time-to-market · Patent-, Konkurrenzanalyse · Generierung von Abhebungsmerkmalen, Kundennutzen · "Quantensprung" 	<p>Höchste Anforderungen an:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Projektorganisation · Entwicklungsmethodik <p>Entwicklungsziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> · jeder Entwicklungsschritt perfekt · vorsichtige Markteinführung · Risikomanagement · Generierung von neuen, zusätzlichen Abhebungsmerkmalen
<p>Reduzierte Anforderungen an:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Projektorganisation · Entwicklungsmethodik <p>Entwicklungsziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> · "so gut wie notwendig" · minimaler Zeit- und Kostenaufwand 	<p>Mittlere Anforderungen an:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Projektorganisation · Entwicklungsmethodik <p>Entwicklungsziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> · kostenminimierte Produkte · Ausmerzen von Schwächen · Reduktion der Produktpalette · Normierung, Module · Teilreduktion
<p>→ Marktanteil</p>	

Bild (B005mlpZ) Bedeutung der Matrixfelder für den Entwickler

3.2 Stärken-/Schwächenanalyse

Im Analyse-Prozess bildet die Stärken-/Schwächenanalyse eine wichtige Basis und soll im Folgenden detailliert vorgestellt werden.

Auf dem Resultat dieses Prozesses aufbauend, werden in der Positionierung vielfach Entscheide über Verbesserungen bestehender Produkte, Modifikationen, Sortimentserweiterungen etc. gefällt.

Bei der Erarbeitung der Stärken/Schwächen eines Produkt-Markt-Segments haben sich die folgenden Methoden bewährt.

- Stärken-Schwächenanalyse
- Benchmarking

3.2.1 Objektivität und Kundenbefragung

Viele Eigenschaften können nur qualitativ beurteilt werden. Somit ist die Beurteilung auch stark von der beurteilenden Person abhängig. Von der Gewohnheit, die eigene Beurteilung als die objektivste anzusehen, muss sich der Betrachter bewusst trennen. Die wichtigste Messlatte bilden die Kunden, einzelne ausgewählte oder eine grössere Gruppe.

Merke: Die Stärken-/Schwächenanalyse soll möglichst auf der Beurteilung der Kunden basieren.

Das Bessere ist der Feind des Guten.

Eine Ausnahme hat diese Regel: Erfahrungen zeigen, dass Kunden sehr gut in der Lage sind, existente Produkte zu vergleichen und zu beurteilen. Schwierigkeiten bestehen, wenn die Kunden über Eigenschaften befragt werden, welche noch nicht bestehen bzw. noch in der fernen Zukunft liegen. Meist werden solche Eigenschaften eher abgelehnt.

Beispiel: Die **Kundenbefragung** über Kameras mit Autofokus zeigte vor der Einführung sehr schlechte Akzeptanz. Diese verdrängten später jedoch Spiegelreflexkameras fast vollständig.

Merke: Kundenumfragen sind für die Beurteilung existenter Produkte und Eigenschaften gut geeignet.

Wenn dem Marketing oder der Entwicklung Eigenschaften vorschweben, die bestehende Paradigmen stark verändern, müssen andere Methoden angewendet werden.

3.2.2 Normierung der Merkmale

Mit vergleichender Wertung muss vorsichtig umgegangen werden; es muss sichergestellt sein, dass Gleiches mit Gleichem verglichen wird (häufig hört man: Vergleiche nicht Äpfel mit Birnen).

Zum Beispiel macht ein wertender Preisvergleich zweier Produkte nur dann Sinn, wenn auch die Leistungseigenschaften identisch sind.

Für jede Eigenschaft muss zuerst ein gemeinsamer Nenner gefunden bzw. gemeinsam definiert werden (z. B. Kosten pro produziertes Teil).

3.2.3 Vergleichsobjekt, Benchmarking

Der Vergleich kann in Bezug auf verschiedene Vergleichsobjekte erfolgen, als Vergleich mit:

- Vorgängerprodukten
- Konkurrenzprodukten
- einem realen oder fiktiven, bestmöglichen Produkt; dies wird als „best practice“ bezeichnet.

Im Zusammenhang mit Vergleichen und Werten wird häufig die Methode „Benchmarking“ genannt. Abgeleitet vom Kinderspiel, auf einer Bank (bench) zu stehen und möglichst weit zu springen (marketing), werden Leistungen von Objekten miteinander verglichen.

3.2.4 Darstellung

Neben verbalen Beschreibungen der Stärken-/Schwächen lassen sich auch übersichtliche Grafiken.

	Produkt		Produkt		Konkurrenz	
	1		2		3	
		Wert		Wert		Wert
Gruppierung 1						
Eigenschaft 1 / Nenner 1	++	120	-	75		90
Eigenschaft 2 / Nenner 2	-	0.9	=	1.2		1.2
...						
Gruppierung 2						
Eigenschaft 1 / Nenner 1						
Eigenschaft 2 / Nenner 2						
...						
Gruppierung 3						
...						

Tabelle (T003mplz) Stärken-/Schwächenanalysen – Vergleich zu Konkurrenzprodukten

Die Skalierung der Wertungen des eigenen Produktes im Vergleich:

Symbol	Wertung
++	viel besser
+	besser
=	gleich
-	schlechter
—	viel schlechter

Tabelle (T004mplz) Symbole und Wertung

Die Wertung eines Produktes, qualitativ und ohne Wertangabe zum vergleichenden Produkt, kann auch mittels einer Fieberskala dargestellt werden.

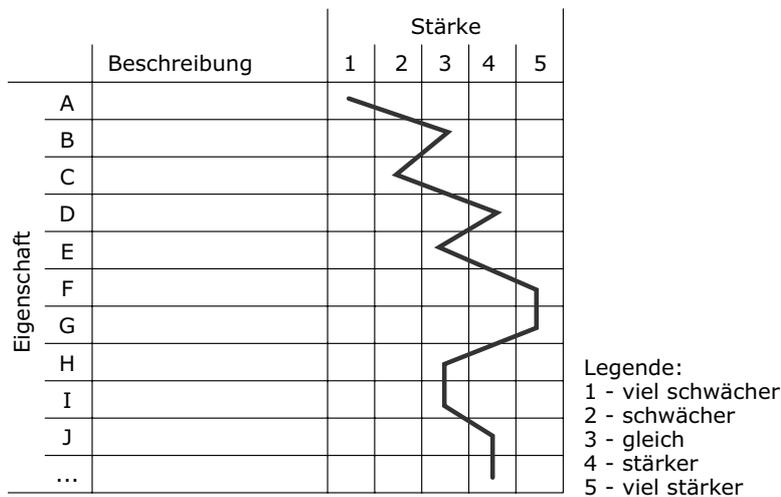


Bild (B006mlpZ) Fieberkurve der Produkt-Stärke im Vergleich

3.3 Konkurrenz

Innerhalb des Analyse-Prozesses ist auch ein Kapitel der Konkurrenz und ihren Produkten gewidmet.

Identisch der Analyse von eigenen Produkten werden die Konkurrenzprodukte innerhalb desselben Segmentes untersucht. Dazu kann die gleiche Vorgehensweise und sinnvollerweise auch dieselbe Darstellung wie für die eigenen Produkte angewendet werden.

3.4 Patentrecherche

Innerhalb der Produkt-Markt-Analyse ist auch ein Überblick über die Patentsituation sinnvoll:

- Welche eigenen Patente stehen zur Verfügung?
- Wie werden die Stärken dieser Patente eingeschätzt?
- Wie positioniert sich die Konkurrenz in Bezug auf die Patente?
- Wann erlöschen Patente?
- Sind interessante Patente aufgetaucht und sind diese zu erwerben oder zu lizenzieren?

Das Thema Patent ist sehr umfassend mit Erörterungen von Fragen, wie z. B. „Was ist ein Patent?“, „Welche Ideen sind patentwürdig?“, „Wie wird ein Patent angemeldet?“, „Wie werden Patentverletzungen erkannt?“. Zur Vertiefung wird auf weiterführende Literatur verwiesen. Heute sind auch Online-Patentrecherchen möglich. Einen

interessanten Einstieg findet man beim Eidgenössischen Institut für Geistiges Eigentum (www.espacenet.net)

3.5 Technologie-Analyse

Der Kern von Produkten besteht meist aus einer oder mehreren Technologien:

- Laser-Schweisroboter besitzen die Laser-Technologie
- Automobile bauen u.a. auf der Technologie von Verbrennungsmotoren auf
- Fernseher haben als Technologie-Basis die Bildröhrentechnik.

Ein Marktsegment bzw. ein Kundenbedürfnis wird vielfach durch unterschiedliche Technologien abgedeckt (beispielsweise können zwei Bleche verbunden werden durch Widerstandsschweissen, Laserschweissen, Kleben, Nieten, ...).

Innerhalb der MLP-Analyse soll der Stand der Technologie im eigenen Produkt beschrieben werden. Zusätzlich sollen auch die eingesetzten Technologien der Konkurrenz vergleichend analysiert werden. Weitere substituierende Technologien oder Alternativen sollen aus Sicht deren Potentials und der Gefährdung der eigenen Position beschrieben werden. Auch wenn zur Zeit die Konkurrenzierung durch alternative Technologien nicht vorliegt und sich die Technologien in der Anwendung noch klar differenzieren, kann sich dies infolge eines Fortschrittes schnell ändern und es lohnt sich, dies frühzeitig zu diskutieren.

Die Lebenskurve einer Technologie lässt sich gut durch eine S-Kurve der Leistungsfähigkeit über die Zeit beschreiben, auch **Technologie-S-Kurve** genannt.

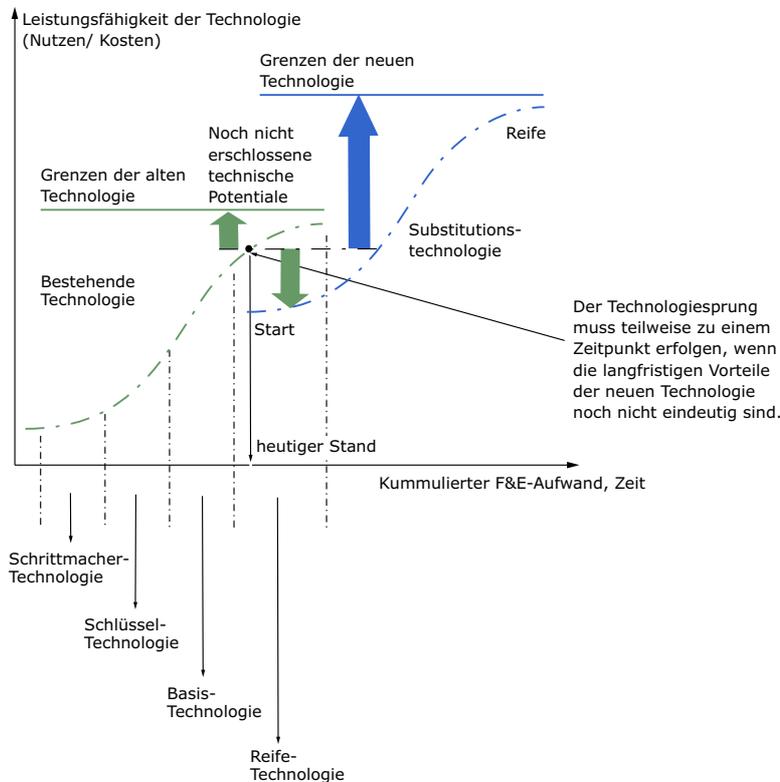


Bild (B301mlpZ) S-Kurve der Technologie

Bezeichnungen und deren Definitionen:

- **Schrittmacher-Technologie:**
Wissenschaftliche Arbeiten zeigen erste Möglichkeiten; die eigentlichen Anwendungen sind jedoch noch nicht bekannt, bzw. werden erst erahnt. Auch das mögliche Potential ist noch umstritten.
- **Schlüsseltechnologie:**
Erste industrielle Applikationen kommen auf den Markt. Das Potential ist erkannt aber noch nicht in der vollen Breite erschlossen.
- **Basistechnologie:**
Die Technologie ist auf grosser Breite eingesetzt und das Wissen Allgemeingut und bildet die Basis vieler Produkte; Verbesserungen sind nach wie vor möglich.
- **Reife Technologie:**
Die Technologie ist breit eingesetzt und die Verbesserungspotentiale weitgehend ausgereizt.

Man erkennt, dass zum Zeitpunkt der Reife die bestehende Technologie vielfach eine noch höhere Leistungsfähigkeit aufweist als eine substituierende Technologie. Das Potential der alternativen oder sogar substituierenden Technologie ist aber häufig hoch. Der optimal festgelegte Zeitpunkt eines Wechsels für die eigenen Produkte (weder zu früh noch zu spät) ist ein wichtiger Erfolgsfaktor!

Beschreibung alternativer Technologien

- Beschreibung
- heutige Einsatzfälle, Märkte, Kunden
- Stärken, Schwächen, Grenzen, Potential

3.6 Dokumentation Analyse-Prozess

Die gesamte Analyse der wesentlichen Elemente kann recht umfangreich sein. Es lohnt sich dies als kontinuierlichen Prozess durchzuführen und die Beschreibung / Dokumentation zu standardisieren.

Die [Checkliste „Analyse“](#) verhilft zu einer sinnvollen Strukturierung. Die Vorliegende Form erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und muss problemspezifisch angepasst werden.

4 Zukunftsprojektion

Das Unternehmen bzw. das Produkt ist permanenten Einflüssen unterworfen, wie z.B. im Bild B007mlpZ ersichtlich.



Bild (B007mlpZ) Einflüsse auf Unternehmen und Produkte

Wenn wir nun direkt auf die durchgeführte Analyse die Strategien und Massnahmen für die Entwicklung eines neuen Produktes aufbauen, verpassen wir die zeitliche Lücke zwischen jetzt und dem Zeitpunkt, wenn das Produkt auf den Markt gelangt. Wir haben ein „moving target“ vor uns. Dieses Bewegen des Zieles muss prognostiziert werden.

Zur Abschätzung möglicher Zukunftsbilder existieren vertiefte Methoden:

- Szenariotechnik
- Delphi-Methode
- Kunden-Umfrage
- Conjoint-Analyse

Die Analyse hat schon gezeigt, dass sich Produkt-Innovationen auf die bestehenden Strategien und Ziele abstützen. Aber auch diese Strategien und Ziele können selber einem Wandel unterworfen sein und sich in den bevorstehenden Jahren, z. B. durch Kauf bzw. Verkauf des Unternehmens oder Veränderung der Konjunktur, grundlegend ändern. Der prognostizierbare Wandel soll im Bezug auf Produkte und Märkte bestmöglich schon frühzeitig diskutiert und beurteilt werden.

Das richtige Erkennen von Trends:

- die Abschätzung der Kunden- und Marktbedürfnisse von morgen
- neue Technologien, Verfahren, die neue Märkte öffnen oder aber eigene Märkte bedrängen

- zukünftige Änderungen von Vorschriften oder Gesetzen, stellt eine der Basissäulen für eine erfolgreiche Strategie der Produkt-Innovation dar.

Diese drei, für die Produkt-Strategie massgeblichen Trends sind in einem starken, dynamischen Wechselspiel. Eine Gesetzesänderung bewirkt oder beschleunigt beispielsweise sehr schnell einen **Technologiewandel** und, darauf aufbauend, einen Wandel der Kundenbedürfnisse. Ein Wandel im **Kundenverhalten** (z.B. Wertvorstellungen) kann wiederum eine Gesetzesänderung bewirken.

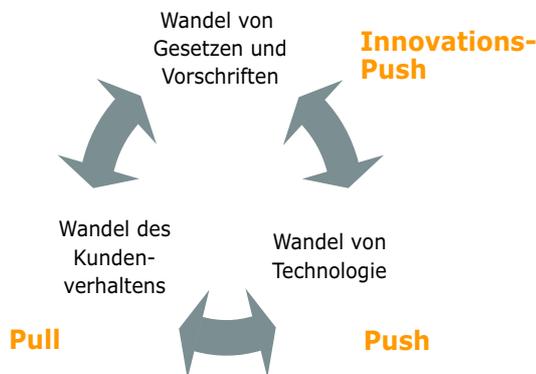


Bild (B522mlpZ) Gegenseitige Beeinflussung von Technologien, Gesetzen, Kundenverhalten

4.1 Kundenverhalten, Trends, Marktbedürfnis von morgen

Kaufbedürfnisse und **Kaufkriterien** ändern sich ständig, infolge Trends, allgemeinen Wertvorstellungen, Rezession etc. Dies betrifft im besonderen Masse die Konsumgüter. Von diesen Trends sind aber nicht nur die konkreten Produkte, sondern ganze Industriefelder betroffen. Das geänderte Konsumverhalten bei Konsumgütern wirkt sich z.B auf die notwendigen Produktionsmaschinen (Investitionsgüter) aus. Weitere Beispiele:

- Die **Erfindung** der Compact-Disc hat einerseits Schallplattenhersteller fast völlig verdrängt, hat aber auch ein grosses Industriefeld erzeugt, wie z.B. neue Werkzeugtechnologien im Spritzgiess-Sektor, neue Applikationen innerhalb der Verspiegelungstechnik usw. Das frühzeitige Erkennen solcher neuen Produkte und das Umsetzen in Produktionslösungen eröffnet Chancen in grossen Dimensionen.

- Die neuen Einweg- und Mehrweg-Pet-Getränkeflaschen ergaben neue Aufgaben innerhalb der Waschstrasse, der Abfüllmaschine, der Inspektion dieser Flaschen, aber auch in der Entsorgung derselben. Der Markt hat sich enorm gewandelt, neue Bedürfnisse sind entstanden, alte bestehende Techniken wurden abgelöst.
- Weitere Beispiele sind: Air-Bag, Snowboard, Energiesparlampen, Inline-Skates, Mini-Tretroller (Trottinett).

An dieser Stelle sei nochmals auf die Wichtigkeit einer gezielten Kundensegmentierung hingewiesen. Wer den Trend seiner anvisierten Kunden nicht abzuschätzen weiss, verliert innerhalb kürzester Zeit den Markt. Konkreter formuliert bedeutet dies, dass wir unser Kundensegment profund kennen müssen; lieber weniger Segmente und diese beherrschen als alle bedienen zu wollen, ohne deren Verhalten zu kennen.

Es gibt leider viele negative Beispiele von Firmen, die zu stark auf das Produkt konzentriert waren und den Markttrend überhaupt nicht oder zu spät erkannt haben.

Die Bedürfnisse der Kunden von morgen sind durch Kundenumfragen zu suchen. Diese sind jedoch nur sinnvoll, um Stärken und Schwächen bestehender Produkte zu definieren (Produkt-Verbesserung) und nicht, um in die weitere Zukunft zu schauen. Sinnvoller und wesentlich effektvoller ist es, Workshops mit internen und z.T. externen Personen durchzuführen, die mit viel Kreativität und Originalität in die Zukunft blicken und mögliche Szenarien aufbauen können.

Wir wollen hier aber nicht nur Mega-Trends vor Augen führen, sondern auch solche betonen, die auf das eigene Produkt-Markt-Segment einen bescheidenen aber wichtigen Einfluss haben.

Für das frühzeitige Erkennen von Trends wird ein permanentes **Monitoring** betrieben. Es gilt dabei:

- Verkaufsinformationen zu sammeln
- Kundendienstinformationen einzuholen
- Kundengespräche, Expertengespräche und Befragungen durchzuführen
- Konkurrenz und Trendsetter zu beobachten
- Zeitschriften, Fachverbände, Ausbildungsangebote zu verfolgen
- Messen zu besuchen
- sowie das persönlich Umfeld zu beobachten.

Das Monitoring soll als definierter Prozess im Unternehmen etabliert sein.

Eine Fokussierung auf enge Markt- und Kundensegmente sowie eine enge Kundenbeziehung verhelfen zu einer hohen Informationsqualität.

4.2 Technologiewandel

Die Beobachtung des möglichen Wandels, bzw. dessen Prognose muss auch in Richtung Technologie zielen. Permanent müssen wir uns die Frage stellen, inwiefern neue Technologien neue Herstellverfahren, neue Werkstoffe, bessere Logistikkonzepte oder auch Patente etc. schon existieren oder in Entwicklung sind, die dieselben Aufgaben wie die eigenen Produkte erfüllen. Wann diese allenfalls marktreif sein werden, und ob diese die eigenen Produkte, Maschinen verdrängen oder substituieren können (Substitutionsgefahr).

Beispiele aus der Vergangenheit und der möglichen Zukunft:

- Rechenschieber → Taschenrechner → Handy → ? (Implantat?)
- Schreibmaschine → PC → Netzwerkrechner → ? (wearable Computer?)
- Benzinauto → Elektroauto → ? (Brennstoffzelle?)
- Telex → Fax → E-Mail → ?

Die Kenntnis von neuen Technologien öffnet jedoch auch den Horizont in völlig neue Applikationen. Welche neuen Aufgaben können mit einer neuen Technologie angegangen werden. Nicht die Angst vor der Attacke gegen die eigenen Produkte steht hier im Vordergrund, sondern die Vision für Neues.

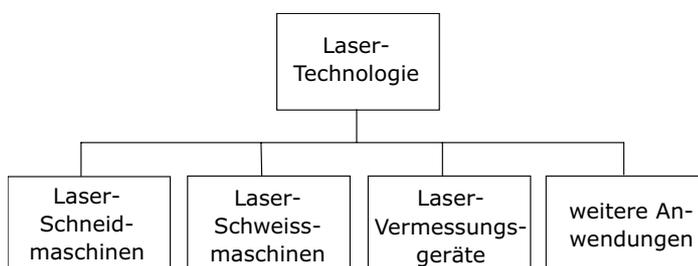


Bild (B008mlpZ) Anwendungsfelder neuer Technologien

Das Beobachten dieses Wandels, welche Technologien „im Kommen“ sind, wie diese erkannt und eingeschätzt werden können (zeitliche Distanz zur möglichen Umsetzung in marktfähige Produkte) kann strukturiert werden:

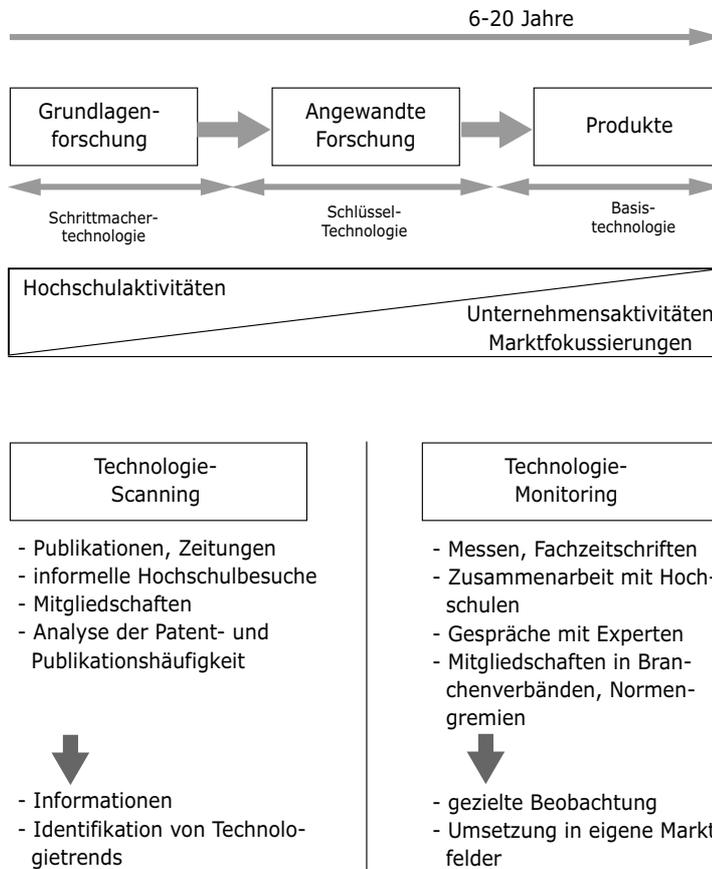
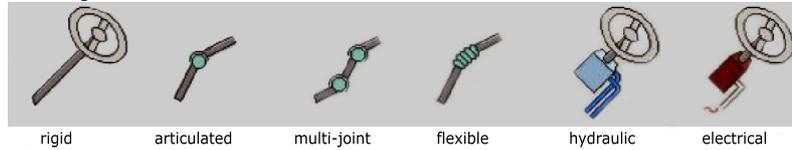


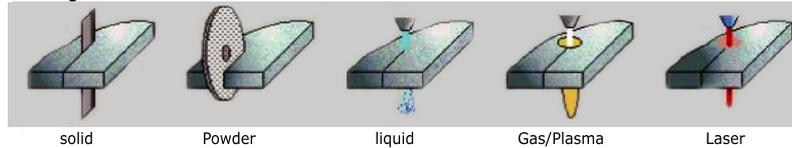
Bild (B009mlpZ) Von der Grundlagenforschung zum Produkt; gezielte Beobachtung des Technologiewandels, Technologie-Assessment

Die Grafik B009mlpZ zeigt, wie eine Beobachtung erfolgen kann. Im linken Bereich, wo Technologien noch in der Grundlagenforschung (Schrittmacher-Technologie) stecken, reicht ein Scanning der Aktivitäten, noch ungerichtet in Bezug auf konkrete Anwendungen. Nach rechts nimmt die Marktfokussierung (Schlüsseltechnologie) zu und die Beobachtung der Veränderungen muss direkter erfolgen. Für das eigene und das benachbarte Marktsegment werden gezielte Technologieveränderungen erfasst, gegliedert und innerhalb des Unternehmens kommuniziert. Die Technologiekette benötigt rund 10–30 Jahre teilweise noch länger, von der Erkenntnis einer Grundlage bis zur konkreten Produkt-Innovation.

Steering wheel shaft:



Cutting tool:



Mobile telephone:

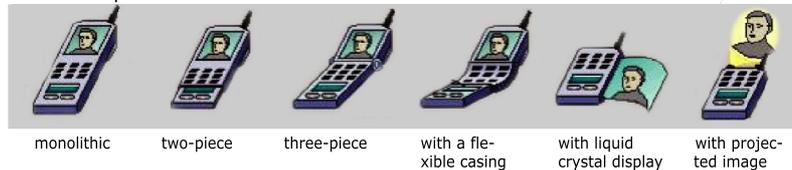


Bild (B500mlpZ) Beispiele für Technologie-Trends (aus: Invention Machine)

Beispiele erweiterter Schrittmacher- und Schlüsseltechnologien werden von Zukunftsforschungsinstituten regelmässig veröffentlicht.

Als Beispiel soll hier die [Battle-Studie](#) 1996, ein Dokument einer Zukunftsprognose, dienen.

Methoden für die Technologie-Projektion sind:

- [Technologie-Roadmap](#)
- [Patentrecherche](#)

4.3 Veränderung von Gesetzen und Vorschriften

Viele Gesetzesänderungen (z.B. Umweltgesetze, Materialverbote, Arbeitsgesetze, Steuergesetze, Handelsgesetze, Ländervorschriften) werden, häufig lediglich zur Kenntnis genommen. Dabei wird vergessen, dass solche Änderungen auch Verhaltensänderungen bewirken, die vielfach neue Produkte/Maschinen nach sich ziehen. Diese wiederum bedeuten Chancen und Gefahren für die bestehende Industrie bzw. die Produkte. Beispiele:

- Abgasvorschriften → Katalysator
- Individuelle Heizkostenabrechnung → neue Verbrauchszähler
- Wegfall des Telefon-Monopols → totale Informationstechnologie, neue Netze.

Ganze Industriezweige hatten infolge von Gesetzesänderungen völlig neue Bedürfnisse zu decken. Erkennen können wir Trends durch:

- Mitgliedschaft in (Normen-) Verbänden
- Fachgremien
- Zeitungen, Zeitschriften
- permanente, aufmerksame Abschätzung von Informationen in Bezug auf das eigene Marktsegment.

4.4 Einschätzung der Konkurrenzstrategie

„Und schon wieder ist uns die Konkurrenz einen Schritt voraus!“. Dies zu hören, wenn gerade die neue Produkte-Generation mit Fanfaren am Markt präsentiert wird, ist eine ernüchternde Tatsache. Hätte man voraussehen können, welche Schwächen die Konkurrenz im neuen Produkt ausmerzt und welche Strategie die Konkurrenz einschlägt?

Dazu dient als primäre Quelle der Markt selber. Dort hört man Neues, Gerüchte werden verbreitet, wie z.B. „Firma X arbeitet an einer Maschine mit dem neuen Merkmal Y ...“. Es lohnt sich sehr, diese Puzzle-Teile zu sammeln und für die Beurteilung der Konkurrenzstrategie zu nutzen. Patente der Konkurrenz können ebenfalls als Richtungsweiser für deren Strategie genutzt werden, wobei hier auch Vorsicht angebracht ist, denn vielleicht wurde „nur“ eine Lösung patentiert, die eine Parallellösung darstellt und von der Konkurrenz nicht weiter verfolgt wird (Abschottungsstrategie). Auch der gesunde Verstand kann in der Beurteilung helfen, denn die Konkurrenz wird ähnlich vorgehen, wie hier dargestellt; sie wird die eigenen Schwächen analysieren und versuchen, aus dieser Erkenntnis mögliche neue Anforderungen an das neue Produkt zu formulieren.

In der Konkurrenzprognose ist auch die Gefährdung durch Anbieter aus Billiglohnländern zu berücksichtigen. Gefahren in diesem Bereich werden vielfach unterschätzt. Neue Mitbewerber aus Ländern mit tieferen Kosten bieten in einem ersten Schritt oft Produkte mit tieferen Leistungsmerkmalen, eingeschränktem Sortiment und tieferer Qualität an. Die neuen Anbieter rücken jedoch schnell in das „Leistungs-, und Qualitätsgebiet“ vor und sind schon bald sehr ernst zu nehmen. Deshalb muss auch dieser untere Marktbereich mit eigenen Produkten gezielt abgeschottet werden.

4.5 Dokumentation, Projektion

Wichtig in der Projektion ist, dass die Zeiträume der Projektion festgelegt sind. Sinnvollerweise ist dies die Dauer bis zur Markteinführung des neuen Produktes.

Die Ergebnisse aus diesem Teilbereich werden, ähnlich strukturiert wie der Analyse-Prozess, dokumentiert.

Für den betrachteten Zeitraum beinhalten diese beispielsweise:

- Marktvolumen
- Marktanteil
- Preisentwicklung
- Kapazitätsbelastung
- Konkurrenzahlen.

Auch hier können wir dieselbe Darstellung anwenden oder u.U. sogar die Werte innerhalb derselben Grafik darstellen wie bei der Analyse.

5 Produktpositionierung

Vielfach bestehen schon Ideen für neue Produkte bzw. Leistungen, was beispielsweise bei reinen Erfindungen der Fall ist. Die gesamte Analyse und Projektion verfolgt dann das Ziel, die Idee mit dem Unternehmen und dem Umfeld abzugleichen und die Chancen und Gefahren abzuschätzen. Die Produkt-Positionierung besteht in diesem Falle mindestens schon grob und der Prozess muss entsprechend angepasst werden. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf den allgemeinen Fall.

Die vorangegangenen Kapitel der Ist-Analyse und der **Zukunftsprojektion** dienen einerseits der Produkt-Strategie als Entscheidungsgrundlage für die richtige „Marschrichtung“ (fordert doch z. B. eine Stärken-/Schwächenanalyse geradezu verbesserte Produkte heraus); andererseits hilft eine eingehende Studie des Ist-Zustandes und der Zukunftsprojektion, eine gemeinsame Meinung im Team zu erarbeiten (Alignment der Beteiligten), welches die Strategie nachhaltig trägt.

5.1 Strategie-Ausrichtung im Überblick

Die gesammelten Informationen aus der Ist-Analyse sowie die Zukunftsprojektion werden herangezogen und daraus die Produkt-Strategie (Produkt-Positionierung) definiert. Unterschiedlichste Wege stehen für die Ausrichtung offen, Bewertungskriterien für den Erfolg müssen beigezogen werden, Methoden unterstützen den Prozess.

Wir haben hauptsächlich zwei Richtungen zur Verfügung, wir können uns strategisch in neue Märkte oder in neue Produkte ausweiten. Eine Darstellung der verschiedenen Strategien kann mittels einer Matrix gemacht werden.

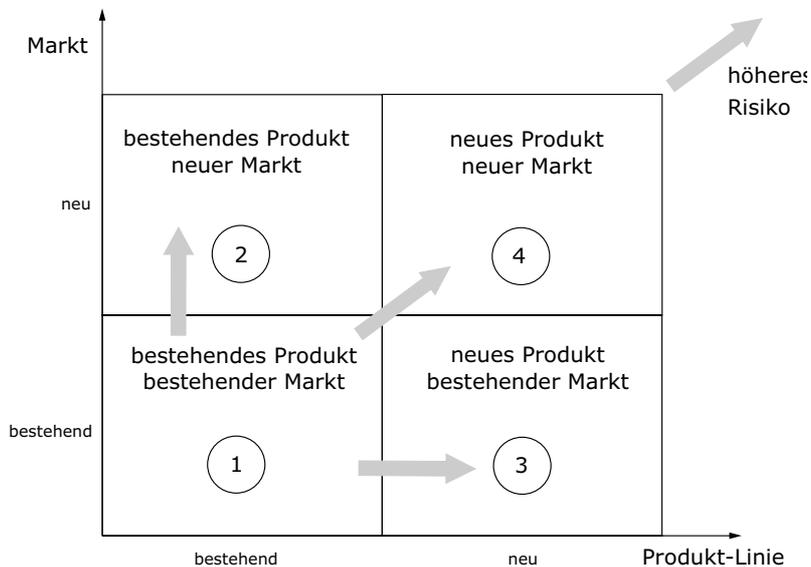


Bild (B501mlpZ) Unterschiedliche Positionierungs-Optionen

Bevor wir uns mit neuen Produkten bzw. neuen Märkten beschäftigen, die zeitliche und finanzielle Mittel benötigen, sollten wir das Potential bestehender Produkte und Märkte ausschöpfen (Weg 1). Das bedeutet, dass wir auf der Basis der Stärken-Schwächen-Analyse das Verbesserungspotential in technischer, marketingmässiger und verkaufsfördernder sowie prozessorientierter Sicht eruieren. Wir können hier von Optimieren bzw. Konsolidieren oder von Produktpflege sprechen. Erst wenn diese Möglichkeit ausgeschöpft ist, oder parallel dazu, werden innovativere Schritte in Richtung 2, 3 oder 4 eingeleitet.

Die Strategie kann in Richtung Markterweiterung (neue geografische Gebiete, neue Kundensegmente ...) zeigen (Weg 2), was eine Aufgabenstellung für das Marketing (Marketing-Innovation) ist. Es werden dazu kleinere technische Modifikationen am Produkt verlangt, wie z.B. Spannungsänderungen, Designänderungen und Änderung der Sicherheitskonzepte für den anvisierten US-Markt.

Weg 3 geht bei bestehenden Märkten in Richtung neue Produkte, Weg 4 geht sogar in Richtung neue Produkte für neue Märkte. Auf die zwei letztgenannten Wege wollen wir bei der Produkt-Entwicklung unser Augenmerk richten.

Teilweise ändern sich auch die Anforderungen an ein Produkt drastisch, wenn wir das Kundensegment (die Marktausrichtung) ändern. Aus einem Weg 2 wird implizit ein Weg 4. Dies kann eindrücklich am Produkt Segelboote gezeigt werden.

Kundensegmente für Segelboote	Charterfirmen	Freizeit-Kunden
Kaufkriterien, Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Preis, • Langlebigkeit, • Einfachheit. 	<ul style="list-style-type: none"> • Image, • Komfort, • Neuigkeitsgrad, • Performance.

Tabelle (T006mlpz) Produkt Anforderungsänderung

Vor allem im Weg 4 liegt auch ein grosses Gefahrenpotential; bei bestehenden Märkten lässt sich der Erfolg einer neuen Produktgeneration durchaus noch abschätzen (man baut auf bestehende Strukturen, sogar bestehende Kunden auf), hingegen steigen bei neuen Produkten bzw. neuen Märkten die Anforderungen an die neue Entwicklung und an die Vertriebsorganisationen überproportional, was professionelles Innovationsmanagement dringend erforderlich macht.

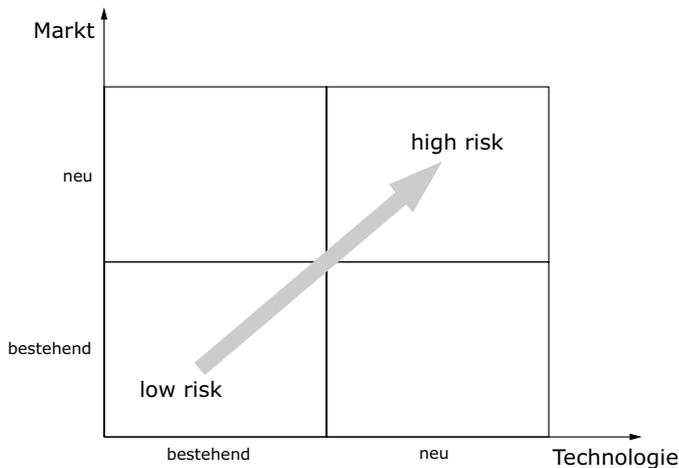


Bild (B502mlpz) Gefahrenpotential innerhalb der unterschiedlichen Positionsfelder

Es geht nicht darum, vor dem „high-risk“-Gebiet zu warnen, denn nichts ist attraktiver, als dort in diesem „Neufeld“ zu arbeiten, wenn die Risiken abgeschätzt und alle notwendigen Massnahmen zur Minimierung derselben eingeleitet sind und professionell gearbeitet werden kann.

Nicht immer lassen sich diese vier Felder auch klar trennen. Auf der Basis der vorangegangenen Prozesse eine Strategie für die zukünftige

Produkt-Entwicklung festzulegen ist sehr anspruchsvoll. Die besten Resultate dafür werden in Workshops mit einer ausgewählten Arbeitsgruppe erzielt. Fachkompetenz, Marktwissen, Offenheit, Kreativität, Denken in klaren Strukturen, Realitätssinn usw. sind notwendige Charakteristika. Gemeinsam werden mehrere **Strategie-Szenarien** erarbeitet.

Produkt-Positionierung: Weg 3 geht bei bestehenden Märkten in Richtung neuer Produkte, der Weg 4 geht sogar in Richtung neuer Produkte für neue Märkte. Auf die zwei letztgenannten Wege wollen wir bei der Produkt-Entwicklung unser Augenmerk richten.

5.2 Bestehende Produkte in bestehende Märkten

Bevor wir uns mit vollständig neuen Produkten oder neuen Märkten beschäftigen, müssen die Möglichkeiten der bestehenden Produkte und Märkte prioritär behandelt werden. Dies hat mehrere Vorteile:

- Die bestehenden Produkte garantieren uns nach wie vor den bestehenden Umsatz, und dies sollte auch während der Produkt-Entwicklung garantiert sein.
- Schwächen der bestehenden Produkte werden durch die Konkurrenz ausgenutzt und damit Marktanteile aufgebaut, die uns dann bei der Lancierung der neuen Produkt fehlen.
- Das Risiko bei der Weiterentwicklung bestehender Produkte / Märkte ist viel geringer und gut beherrschbar; die Akzeptanz beim Kunden ist gegeben; die benötigten Investitionen sind vergleichsweise gering und überblickbar.

Die Basisstrategie soll also prioritär die Verbesserung und Weiterentwicklung der bestehenden Produkte in den bestehenden Märkten sein. Meist existiert auch genügend interessantes Potential.

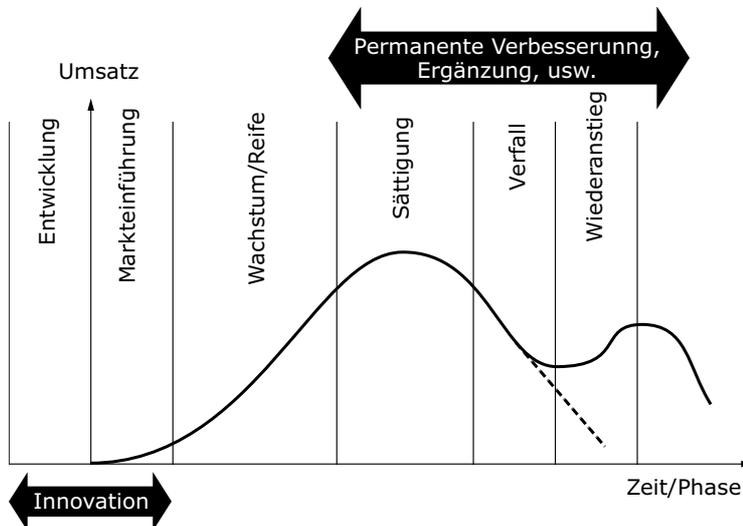


Bild (B010mlpZ) Permanente Verbesserung bestehender Produkte

Methodisch konzentrieren wir uns auf die Ist-Analyse und dort vor allem auf

- Schliessen von **Ausprägungslücken** von Leistungs-Merkmalen
- Abschotten im **Low-Endbereich**
- neue Potentiale erschliessen (z.B. High-End)
- bestehende Schwächen beheben
- Erhöhung des Kundennutzens, z.B. durch Leistungen und Dienste parallel zum eigentlichen Produkt.

Dazu eignen sich Kundenumfragen und Marktstudien. Verbesserungspotenziale werden natürlich nicht nur im Produkt selber gesucht, sondern auch in den Herstellprozessen, in den Materialien, im Marketing etc.

Der Weg 1 wird als kurz- bis mittelfristige Strategie mit schnell erzielbaren Resultaten verstanden, die kombiniert mit den längerfristigen Strategien 2, 3 und 4 angewendet wird.

Ausprägungslücken

Innerhalb der Analyse wird beispielsweise erkannt, dass in einem oder mehreren Leistungsmerkmalen Lücken im **Portfolio** vorhanden sind. Die bestehenden Produkte sind für zwei Bereiche optimal, decken aber einen weiteren wichtigen Bereich nicht ab. Daraus kann der Schluss gezogen werden, sich in genau diesem Bereich zu positionieren.

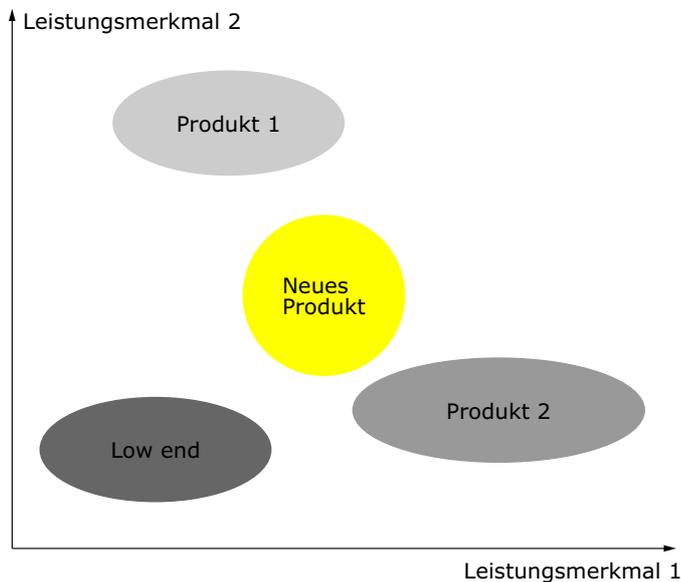


Bild (B521mlpZ) Leistungslücken existenter Produkte

Low-Endbereich

Das Schliessen von Ausprägungslücken ist auch deshalb erforderlich, weil sie der Konkurrenz den Eintritt erleichtern. Immer wieder tappen Unternehmen in die Falle, den Hochleistungsbereich abzudecken und dabei den Niedrigleistungsbereich zu vernachlässigen, wo die Konkurrenz, vor allem aus Produktionsländern mit tiefen Lohnkosten, einbricht und sich von dort ausweitet.

5.2.1 Potentiale erschliessen

Einen guten Überblick erhält man durch eine Analyse der Entwicklungsdynamik und einer Potentialabschätzung einzelner Baugruppen oder Technologien. Einerseits erfolgt eine Gliederung nach Systembaugruppen und andererseits werden die vergangenen und gegenwärtigen Entwicklungsaktivitäten beurteilt. Eine solche Analyse zeigt, welche Bereiche vernachlässigt wurden und welche Potential besitzen.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die vergangenen und gegenwärtigen Entwicklungsaktivitäten und das erkannte Potential für die Zukunft; sie ist gegliedert nach Baugruppen.

	Baugruppe 1	Baugruppe 2	...	Steuerung	...
Entwicklungsaktivitäten in der Vergangenheit	hoch	keine	...	...	...
Entwicklungsaktivitäten der Gegenwart	keine	keine	...	...	...
Entwicklungspotential für die Zukunft kurz-, mittel-, langfristig	kein	kein	...	...	...
	mittel	hoch	...	...	...
	mittel	hoch	...	...	...

Tabelle (T007mlpZ) Entwicklungsaktivität

5.2.2 Eliminieren von Schwächen

Eine wichtige Strategie ist, die Stärken auszubauen und die Schwächen zu vermindern bzw. zu eliminieren.

Die Merkmale, die verändert werden, können objektiver Natur sein (Leistung, Preis etc.) oder subjektiver (Design, Bedienung etc.).

Eine Darstellungsbasis ist die **Fieberkurve** der Stärken-/Schwächen, indem die IST- und die SOLL-Kurve eingezeichnet wird.

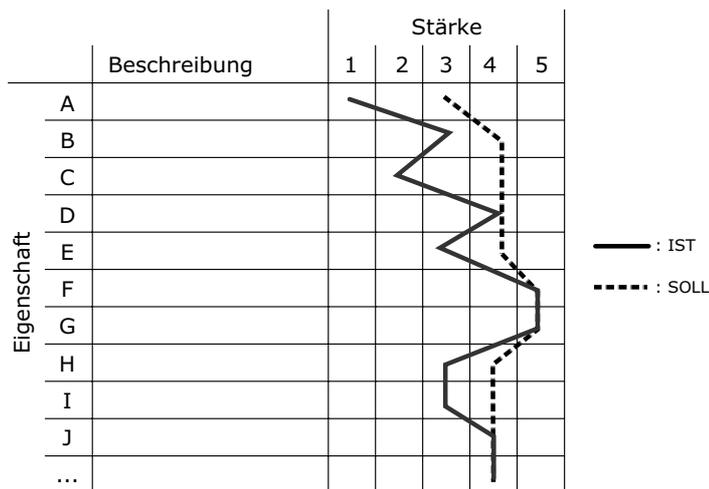


Bild (B011mlpZ) Stärken-Positionierung des neuen Produktes in Bezug auf existentes Produkt

5.2.3 Kundennutzen/Attraktivitätssteigerung

Bei der Bewertung der verschiedenen alternativen Positionierungen versetzen wir uns meistens in die Denkweise des Kunden und fragen nach dessen Attraktivität und Nutzen:

- Wird diese Attraktivitätssteigerung/Verbesserung vom Kunden erkannt?
- Wird sie akzeptiert?
- Wird sie genutzt?
- Welche zusätzlichen Dienste könnte der Kunde im Umfeld des Produktes nutzen (siehe auch Systemgrenze und Benutzungsanalyse)?

Selbstverständlich geben solche Überblicke keine eindeutigen Antworten für die gesuchte Strategie. Sie sind jedoch eine systematische Hilfe und Anregung für die Entscheidungsfindung.

5.3 Produkt-Positionierung neue Produkte in bestehende Märkte

Der Übergang von Weg 1 zu Weg 3 ist fließend, die Trennlinie schwierig zu definieren. In diesem Segment können hauptsächlich vier strategische Richtungen unterschieden werden:

- Sortimentserweiterungen
- neue Produkt-Plattform
- **Diversifikation.**

5.3.1 Sortimentserweiterung

Erfolgreiche Firmen zeichnen sich häufig dadurch aus, dass ihr Marktsegment mit einem möglichst vollständigen Sortiment bedient wird (siehe z.B. [Gardena](#) oder [Festo](#)). Basis für die Festlegung von neuen Produkten, welche das bestehende Sortiment ergänzen, ist vielfach eine eingehende Benutzungsanalyse in erweiterten Systemgrenzen. Dabei kann es sich auch um Dienste im Umfeld des Produktes handeln.

5.3.2 Neue Produkt-Plattform

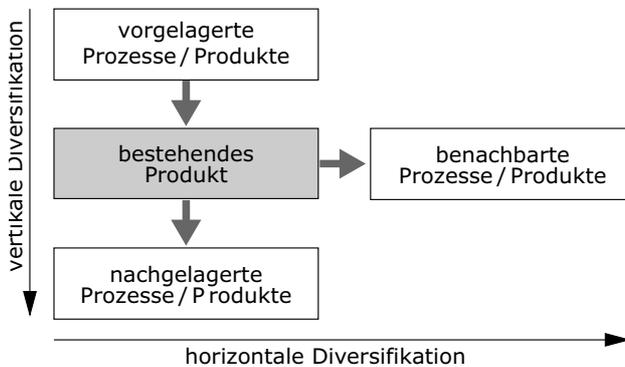
Von einer neuen Produkt-Plattform sprechen wir, wenn wesentliche Prinzipien neu sind oder wenn neue Technologien eingesetzt werden bzw. verschiedenen Module einer bestehenden Plattform massgeblich überarbeitet werden. Die Differenzierung zur Vorgänger-Plattform

(Funktion, Eigenschaft, Kundensegment, ...) wird als Kriterium genommen für die Unterscheidung von Weg 1 und 3.

Die Anforderungen an das Projektmanagement, an die strukturierte und methodische Durchführung der Innovation sind sehr hoch.

Diversifikation

Das Umfeld der eigenen Produkte wird für diese Position analysiert. Welche Maschinen, Geräte, Module, Dienste und Hilfsmittel werden vor, nach (vertikale Diversifikation) oder benachbart (horizontale Diversifikation) zu eigenen Produkten benötigt.



Beispiel:

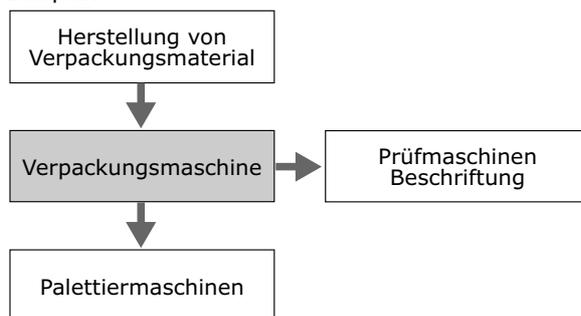


Bild (B012mlpZ) Analyse bestehender Produktionskonzepte, Suche nach vor- und nachgelagerten Produktionsbaugruppen

Aus diesen Überlegungen heraus resultiert die mögliche Folgerung, den nächsten oder vorgelagerten Prozess selber zu entwickeln bzw. zu vertreiben oder die **Produktfamilie** mit ergänzenden Produkten zu verbreitern. Dabei kann der grosse Marketingvorteil, dass auf demselben

Kundenkreis aufgebaut wird, genutzt werden. Vielfach erfolgt diese Strategie auch durch Zukauf von Firmen.

Solche Diversifikation können auch durch die Kombination von Kernkompetenzen identifiziert werden.

Eine Produktlinie benutzt meistens nur eine ausgewählte Anzahl der im Unternehmen existierenden Kernkompetenzen. Andere Produktlinien wiederum bauen auf einer anderen Bündelung auf.

Um auf neue Produktideen zu stossen, können die Kernkompetenzen bzw. deren Merkmale methodisch strukturiert und Ideen durch Kombinatorik generiert werden.

Dieses Vorgehen baut immer (sowohl technisch als auch marktorientiert) auf vorhandenen Firmenstärken auf und verhindert vorerst Variationen in eine völlig fremde Umgebung.

Beispiel: Eine Firma, die in Schweißen, Automation, Qualitätskontrolle sowie Bildverarbeitung ihre Stärken erkennt und in verschiedenen Produktlinien einsetzt, findet neue Innovationsfelder mit der folgenden Kombinatorik:

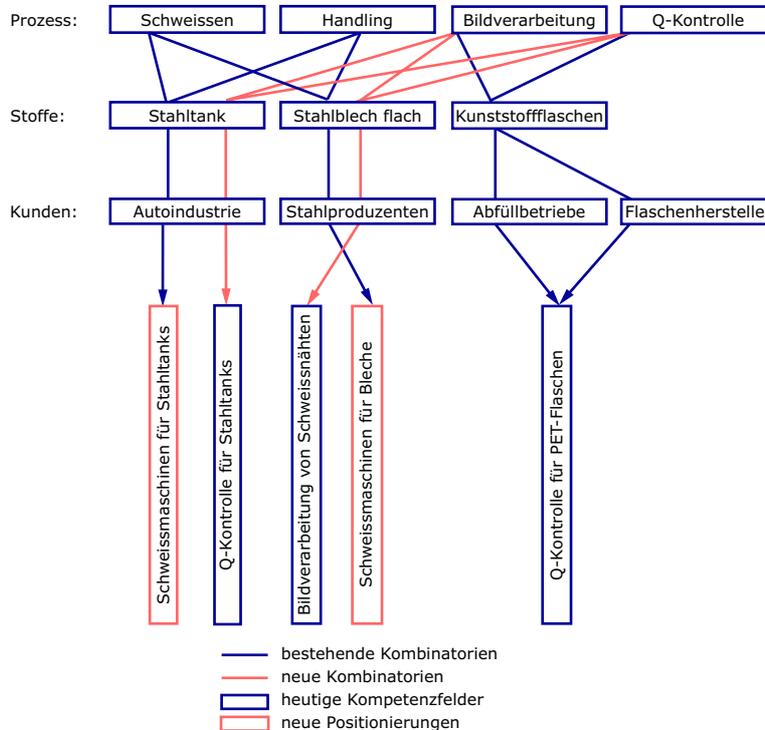


Bild (B013mlpZ) Denkkette mittels Kompetenzkombinatorik

5.4 Produkt-Positionierung: bestehende Produkte in neuen Märkten

Diese Strategie ist vielfach eine reine Marketingaufgabe, indem neue Vertriebe in neuen Ländern aufgebaut werden oder aber neue Kundensegmente in bestehenden geographischen Märkten angegangen werden.

Systematisch kann die Variation der Kundensegmente strukturiert werden in:

- geografische Lage, politische Gebiete, Kulturkreise
- Alter, Geschlecht, Ausbildung
- Einkommensklasse, Lifestylegruppen, gesellschaftliche Klassen.

Zur Positionierung der Produkte in neuen Märkten/Segmenten werden reine Marketinginstrumente, wie Werbung, Sponsoring etc. eingesetzt. Es sind aber teilweise auch mehr oder weniger starke Produktveränderungen, Merkmal- bzw. Ausprägungsänderungen notwendig, so dass die neue Positionierung auch eine Produktvariation notwendig macht. Eine mögliche Methode, die in diesem Zusammenhang eingesetzt werden kann, ist die systematische Variation.

5.5 Produkt-Positionierung: neue Produkte in neuen Märkten

Dies ist mit Sicherheit die interessanteste und anspruchvollste Strategie, aber auch die risikoreichste.

Für Jungunternehmen ist es natürlich der einzige Weg und durch die Geschäftsidee selber vorgegeben. Für etablierte Unternehmen ist es ein schwieriges Unterfangen, sowohl neue Produkte als auch neue Märkte zu finden bzw. aufzubauen und deshalb gehen sie oft den einfacheren Weg der Akquisition.

5.6 Variation in Suchfeldern

Eine geeignete Methodik, um Innovationsmöglichkeiten systematisch zu identifizieren, besteht im Aufbau von strukturierten Suchfeldern. Diese Methodik eignet sich für die Wege 2, 3 und 4.

Die bestehenden Produkte werden nach wesentlichen Merkmalen gegliedert.

- Funktion: schweissen, verpacken, prüfen
- Wirkprinzip: hydraulisch, mechanisch, elektronisch
- Gestalt: Anzahl, Form, Design

- Stoffe: verarbeitende Stoffe, Medien
- Marktfelder: Kundensegmente, Länder.

Die Systematik besteht darin, die bestehenden und nahe liegenden Suchfelder aufzulisten und mit Hilfe freier Kombinatorik und Variationen nach neuen Kombinationen zu suchen.

Meistens hält man bei diesen Betrachtungen ein oder mehrere Merkmale fest (z.B. die Produktart, den Prozess, die Wirkung oder die Kundengruppe) und variiert die weiteren.

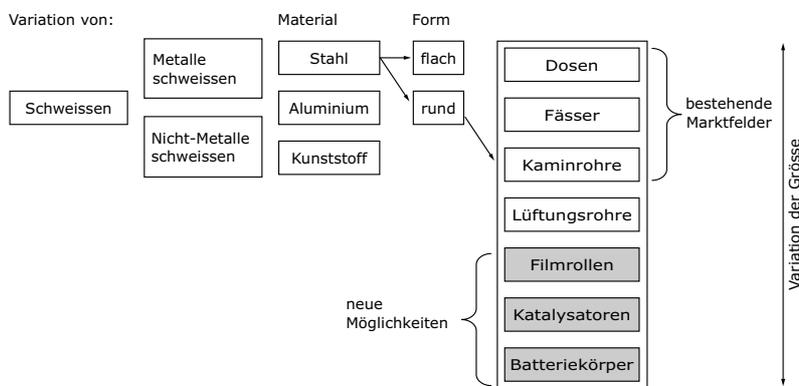


Bild (B014mlpZ) Variationen zur Suche nach neuen Produkten

Diese Stufengliederung hilft, aus der bestehenden Welt systematisch auszubrechen, ohne diese zu stark zu verlassen. Schritt für Schritt wird eine Erweiterung erkennbar.

5.7 Visionäre Positionierung

Die Strategieszzenarien werden vorzugsweise mit der gezeigten Systematik und Methodik im Team erarbeitet. Innovationen basieren aber auch auf der Kreativität und dem Erfindergeist einzelner Personen.

Ausgehend von der visionären Überlegung, dass sich Märkte, Kundenverhalten bzw. Gesetze in der Zukunft verändern, folgern kreative Personen, dass neue Bedürfnisse und somit auch neue Produkte entstehen werden. Der Folgeschritt liegt darin, diese Vision nicht nur als Gedankengerüst zu belassen, sondern mit Mut und unternehmerischer Entscheidungsfähigkeit diese neuen Produkte zu generieren.

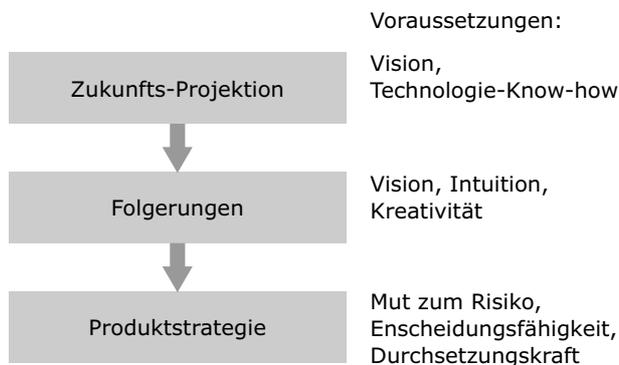


Bild (B015mlpZ) Visionäre unternehmerische Denkkette

In dieser Darstellung erscheint die Theorie einfach und nachvollziehbar. Es steckt jedoch viel Denkarbeit und Intuition in der Aufgabe, die Gedankenkette vollständig durchzuführen und Schlüsse aus der Zukunftsabschätzung zu ziehen. Viel Mut gehört dazu, auf diese Schlüsse zu bauen und mit viel Einsatz ein Produkt zu entwickeln. Mut auch deshalb, weil meist auch der Markt noch unbekannt ist und somit erst aufgebaut werden muss. Bei allen anderen Strategien kann man auf bestehende Strukturen, Wissen und Akzeptanz bauen, bei dieser Strategie jedoch gibt es viel Ungewissheit, blosse Annahmen etc. In diesem Umfeld ist zum Beispiel eine Kundenumfrage ungünstig.

5.8 Bewertungskriterien für eine erfolgreichere Positionierung

Vielfach stehen nach erfolgten, intensiven Strategieüberlegungen verschiedenste Wege zur Auswahl bzw. zur Entscheidung offen. Aufgrund beschränkter Mittel und Ressourcen und der notwendigen Kräftekonzentration können nicht alle Strategien gleichzeitig angegangen werden. Eine Wahl muss vorgenommen werden.

Die verschiedenen Strategievarianten müssen bewertet werden. Eine wesentliche Beurteilungsgrösse ist die Nutzen-/Aufwand-Bewertung (die auch für viele andere Aufgaben eingesetzt werden kann).

In unserem Kontext ist in erster Dimension das Nutzenpotential der Strategie zu untersuchen und in zweiter Dimension der Aufwand zu bewerten, der für die Umsetzung dieser Strategie nötig ist. Die beiden Werte werden in einer Matrix eingezeichnet.

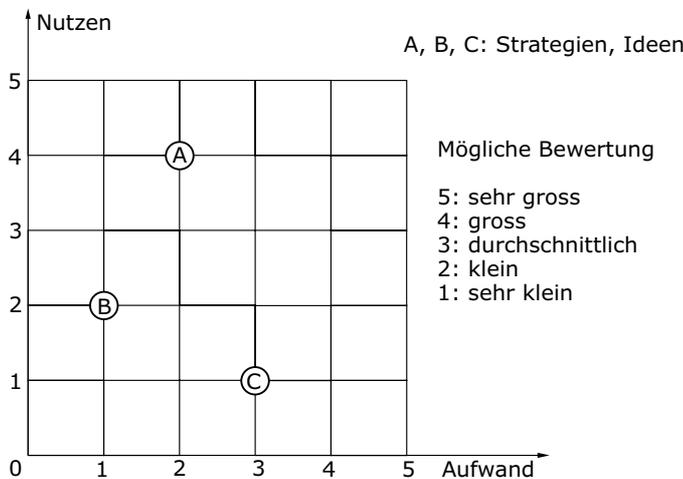


Bild (B600mlpZ) Aufwand und Nutzen

Der Nutzen der Strategie kann bewertet werden, indem zwei Sichten kombiniert werden: Nutzen aus Sicht der Kunden und Nutzen für das Unternehmen. Feiner gegliedert können die folgenden einzelnen Kriterien beurteilt werden.

Aus Sicht der Kunden:

- höherer Nutzen für die Kunden (technisch, ökonomisch, psychologisch), sich von Bestehendem abheben, besondere Vorteile, höhere Qualität, höhere Lebensdauer
- dem Kundenproblem entsprechend
- mit Image-Wert
- gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- umfassendes Sortiment im Angebot.

Dieses letztgenannte Kriterium wird vielfach unterschätzt und es wird nicht erkannt, dass erst ein umfassendes, abgerundetes Sortiment den Durchbruch am Markt erlaubt. Viele Unternehmen beweisen dies erfolgreich, wie z.B. [Gardena](#) mit seinem Gartenbewässerungssystem und [Festo](#) mit einem vollständigen Pneumatik-System. Vollständig bedeutet im übrigen auch, dass Kundendienst (Reparaturnetz) und Schulung mitberücksichtigt werden, denn ein Produkt kann erst dann als vollständig betrachtet werden, wenn auch alle Dienstleistungen eingeschlossen sind.

- Vertrauen in das Unternehmen, vorhandene Erfahrung und Kompetenz.

Aus Sicht des Unternehmens:

- passend zu Leitbild, Strategien und Zielen (Rentabilitätsziele werden erreicht)

- auf Kernkompetenzen basierend oder aufbauend
- Kundenbindung wird gefestigt
- Synergien mit weiteren eigenen Marktsegmenten, Marktanteile schon existent
- Potential zur Sortimentserweiterung
- mit Potential für neue Marktsegmente
- in klaren Wachstumsmärkten oder konzentrierten Nischenmärkten
- wenig substituitionsgefährdet
- Eintrittsbarrieren sind erstellbar (z.B. Patente)
- Austrittsbarrieren sind überwindbar (z.B. Kapitalbindung)
- Beschaffung von Rohmaterialien bzw. -teilen ist gesichert
- schwer zu imitieren
- Kostensenkungspotential.

Zur Entscheidung einer Produktstrategie müssen die Bewertungskriterien aus dieser oder ergänzenden Listen ausgewählt werden.

Mittels Bewertungsmethoden, z.B. der Methode **Paarvergleich** oder der **Nutzwertanalyse** (Konzept-Prozess) kann der Gesamtnutzen der verschiedenen Wege abgeschätzt werden. Interessant sind natürlich die Strategien mit hohem Nutzen und kleinem Aufwand (low hanging fruits!).

Zum Thema Kundenzufriedenheit bzw. zum Thema Kundenbegeisterung existiert eine eindrückliche Grafik (**Kano-Methode**), welche drei unterschiedliche Leistungseigenschaften differenziert:

1. Eigenschaften, welche vom Kunden stillschweigend erwartet werden (Grundeigenschaften) und nicht begeistern.
2. Explizit vom Kunden gewünschte bzw. geforderte Eigenschaften in Bezug auf Leistung und Qualität; die Begeisterung des Kunden ist linear mit der Erfüllung.
3. Zusätzliche, von Kunden unerwartete Leistungs- und Qualitätseigenschaften, welche zu grosser Begeisterung führen.

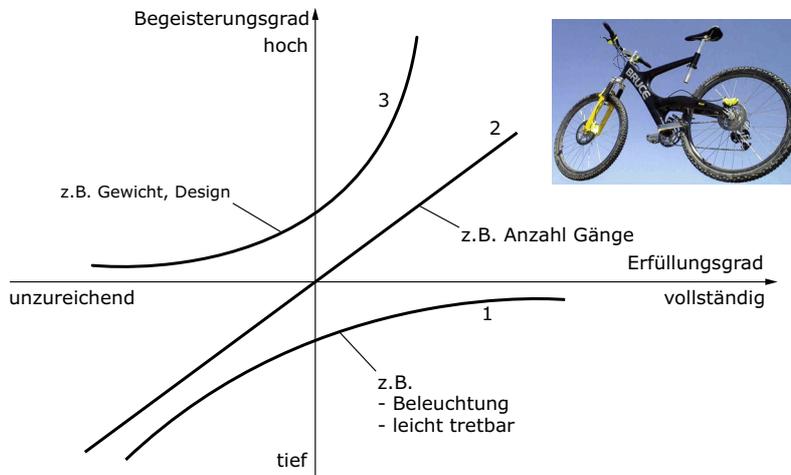


Bild (B601mlpZ) Erfüllungs- und Begeisterungsgrad

Heute unerwartete Eigenschaften sind morgen schon erwartete und übermorgen selbstverständliche Eigenschaften.

Zur Abschätzung des Kundennutzens eignet sich die Methode der Conjoint-Analyse.

5.9 Erweiterung der Systemgrenze

Mit der Feststellung der Position hängt die Festlegung der Systemgrenze der Innovation zusammen. Gespräche über Leistungen und Marktgebiete des neuen Produktes können natürlich beliebig in alle Richtungen ausgeweitet werden. Gemeinsam im Team muss eine sinnvolle Systemgrenze gezogen werden. Die Definition der Systemgrenze ist in zweierlei Hinsicht eine bedeutungsvolle Tätigkeit:

- Setzen wir die Grenze zu weit, so verlieren wir unseren Überblick und Fokus.
- Ziehen wir die Grenze zu eng, verpassen wir Chancen für interessante Lösungsansätze, die den Nutzen für die Kunden erhöhen könnten.

Erfolgreiche Strategien werden vielfach ausserhalb der vermeintlich bestehenden Systemgrenzen aufgedeckt.

Ein sehr illustratives Beispiel ist die Denksportaufgabe zur nachstehenden Grafik: Alle 9 Punkte sind mit maximal 4 Geraden, und ohne dass der Stift abgesetzt wird, miteinander zu verbinden.

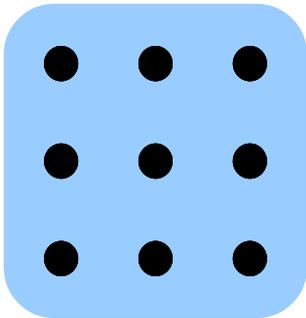


Bild (B603mlpZ) Denksportaufgabe

Erst der Blick über die willkürlich angenommene Systemgrenze hinaus ermöglicht eine Lösung:

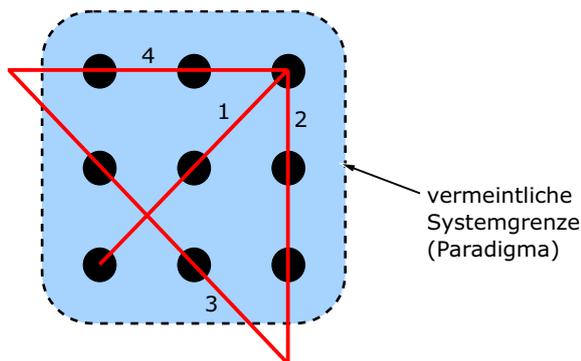


Bild (B602mlpZ) Lösung der Denksportaufgabe

Zwei Systemgrenzenbeschreibungen können unterschieden werden:

- Innere Systemgrenze:
entspricht der bestehenden Betrachtungssicht
- Erweiterte Systemgrenze:
listet benachbarte Objekte, Systeme auf

Beispiel aus dem industriellen Umfeld: Die innere Systemgrenze für Personenaufzüge besteht grob darin, dass Personen durch Anwählen eines Ziel-Stockwerkes eine Kabine bereitgestellt wird, welche sie dorthin befördert. Eine Systemerweiterung besteht darin, dass der Empfang und die Zutrittskontrolle eines Bürogebäudes in das System integriert werden:

Eine Person wählt auf dem Empfangsmonitor eines Bürogebäudes eine Zielperson im Gebäude. Diese schickt dem Besucher eine Kabine

in das Empfangsstockwerk und befördert die Person automatisch in das Stockwerk des Empfangenden. Auf dem Weg dorthin können personenspezifische Informationen in die Kabine übermittelt werden (Begrüssung, Traktanden, Besprechungsraum, ...).

5.10 Die Benutzungsanalyse

Das Kapitel Benutzungsanalyse könnte an verschiedenen Stellen des Markt-Leistungs-Prozesses stehen; in der Markt-Leistungsanalyse, hier in der Positionierung oder aber im Konzeptprozess. Im Laufe der Produkt-Entwicklung ist dieses Thema wiederholt von grosser Bedeutung.

In der Benutzungsanalyse versetzen wir uns in die Situation der Benutzergruppe eines Produkts und gehen gedanklich den gesamten Ablauf im Umfeld des Produkts (Erweiterung der Systemgrenze) wie auch direkt am Produkt durch. Dabei kann die Gesamtnutzung einerseits in einzelne Benutzerprozesse und diese wiederum in Benutzungstätigkeiten (Funktionen) gegliedert werden. Dafür gibt es die folgenden Methoden:

- Benutzungsanalyse
- Shadowing.

Betrachten wir das folgende Beispiel zum besseren Verständnis: Ein Unternehmen, das Rettungsschlitten für Skigebiete herstellt, nimmt eine Benutzungsanalyse vor, in der als Gesamtnutzung das „Retten von Verletzten“ identifiziert wird. Bewusst wurde nicht geschrieben: „Transport des Patienten von A nach B“, denn die Gesamtnutzung wird vorerst viel weiter gefasst (Erweiterung der Systemgrenze).

Gliederung in Benutzerprozesse:

1. Lagern des Rettungsgeräts.
2. Benachrichtigung der Rettungsmannschaft.
3. Rettungsmannschaft sowie Gerät zum Ort der Verletzten bringen.
4. Patient bzw. Patientin transportieren zu Ort B (Tal, Helikopter).
5. Gerät zu Lagerplatz zurück bringen.
6. Patient/in ins Spital bzw. zum Arzt transportieren.
7. Patient/in untersuchen, behandeln.

Diese Ausweitung der Systemgrenze ermöglicht es dem Entwicklungsteam, das eigentliche Produkt/die Leistung in einem weiteren Kontext gedanklich strukturiert zu sehen – was sich vor allem im Konzeptprozess als hilfreich erweisen wird.

Kommen wir auf das Beispiel zurück. Das Entwicklungsteam überlegt sich, wieso der Schlitten oder Teile davon (z.B. die Bahre) den Patienten nicht weiter, nämlich bis zum Ende der Behandlung begleitet.

Dadurch bekommt das Produkt eine erweiterte Nutzung. Die Prozesse werden neu gruppiert oder in Teilprozesse aufgeteilt. Diese Prozessgliederung wird bis zu einer sinnvollen Granularität erarbeitet, wie beispielsweise „Prozess 4: Patient/in transportieren“:

- 4.1 Gerät bereitstellen, fixieren
- 4.2 Patient/in anheben und auf Auflage legen
- 4.3 Patient/in zudecken und festmachen
- 4.4 Gerät fahrbereit machen
- 4.5 Transportieren, bremsen, lenken, stoppen.

Mit dieser strukturierten Übersicht können Diskussionen initiiert werden, z.B. inwiefern Prozesse vertauscht werden können, inwiefern eine Funktion weggelassen oder völlig neu definiert werden soll (z.B. 4.2: Patient/-in nicht anheben, sondern Gerät unter Patient/-in „schieben“).

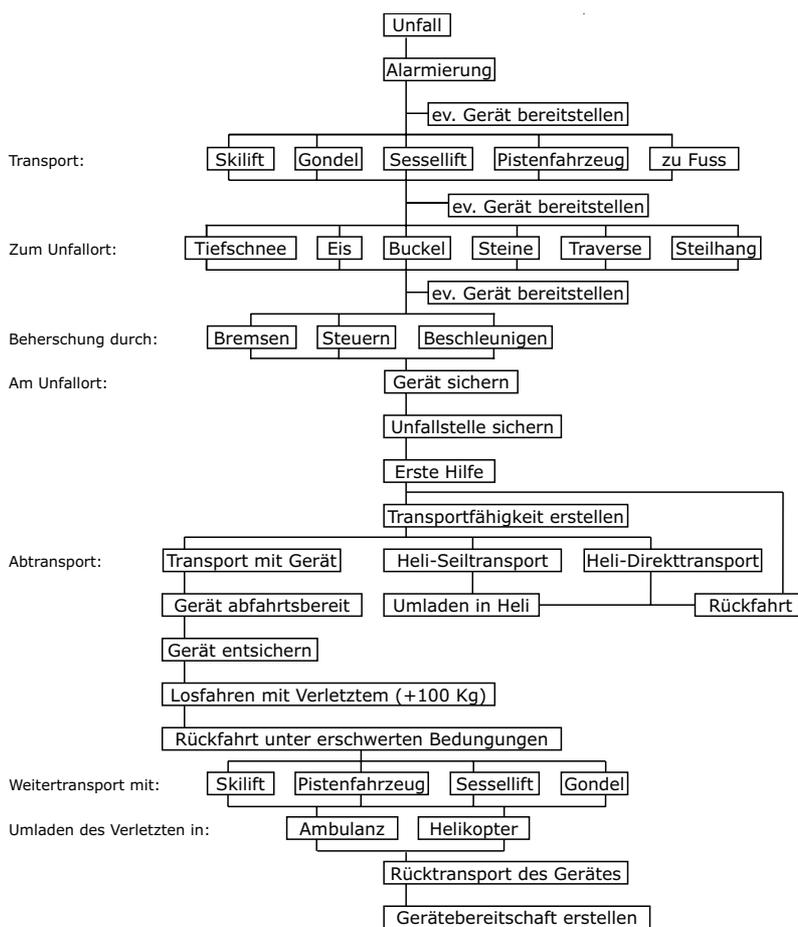


Bild (016mlpZ) Vereinfachte Struktur einer Benutzungsanalyse für „Rettung von Verletzten“

5.11 Dokumentation Produktpositionierung

Nebst allen weiteren Massnahmen, welche auch aus der Strategie erfolgen, wie Veränderung der Organisation, Ausbildung für Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, verkaufsfördernde Massnahmen usw. definieren wir in der Produkt-Positionierung das zukünftige Produkt in allen notwendigen Aspekten und Sichten.

Eine mögliche Gliederung dieser Positionierung kann sein:

Markt/Kunde	Für welche Marktgebiete ist das Produkt geplant; welches Kundensegment ist geplant, welche Stückzahlen sind anvisiert?
Produkt	Welche Eigenschaften muss das Produkt aufweisen (Funktion, Leistung, Qualität, Sicherheit)?
Termine	Welche Meilensteine sind gesetzt?
Finanzen	Welche Marktpreise sind geplant, welche Herstellungskosten gegeben?
Unternehmen	Welche Anforderungen stellt diese Positionierung an das Unternehmen?

Tabelle (T008mplZ) Gliederung der Produkt-Positionierung

Die [Checkliste „Produkt-Positionierung“](#) zu den einzelnen Themenbereichen hilft zur Vollständigkeit.

Neben qualitativen Eigenschaften werden auch quantitative Werte vorgegeben (z.B. die Herstellungskosten müssen unter CHF 2 000.– liegen). Man spricht hier erstmals von Anforderungen an das zukünftige Produkt.

Wesentliche Punkte für die Produktpositionierung sind noch:

- Die Formulierung soll lösungsneutral sein, d.h. keine Lösung vorwegnehmen und nicht von vorgefassten Meinungen ausgehen. Dieser Punkt bereitet oft Schwierigkeiten, muss jedoch beachtet werden, um für möglichst viele Lösungen offen zu sein.
- Die Ziele müssen klar, eindeutig, verbindlich und möglichst messbar sein. Ziele wie „muss kostengünstig sein“ oder „muss einfach bedienbar sein“ sind zu allgemein und zu selbstverständlich und sollten deshalb unterlassen werden.
- Ziele dürfen durchaus anspruchsvoll sein, jedoch immer innerhalb des Erreichbaren.
- Auch vermeintliche, selbstverständliche Punkte sind zu vermerken (vielleicht sind diese dem Entwicklungsteam nicht klar).

6 Dokumentation des Markt-Leistungs-Prozesses

Der umfangreiche Markt-Leistungsprozess ist an dieser Stelle abgeschlossen. Im Folgenden soll nochmals ein Überblick aus Sicht der erarbeiteten Dokumente gegeben und vor allem die Schnittstelle zum nächsten Prozess gezeigt werden.

Das gesamte Ergebnis-Dokument des Markt-Leistungsprozesses wird Markt-Leistungs-Profil genannt. Es umfasst die Ergebnisse der Analyse und der Projektion sowie die Ergebnisse der Produkt-Positionierung.

Markt-Leistungs-Profil

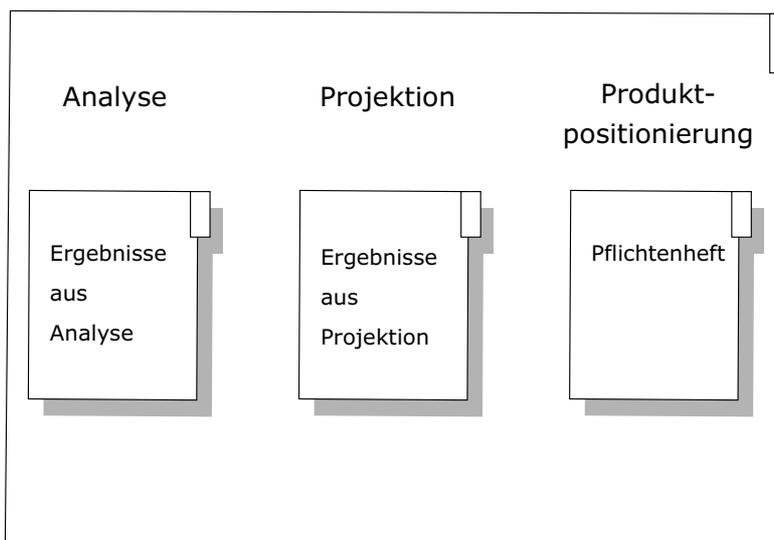


Bild (B604mlpZ) Markt-Leistungs-Profil, Produkt-Positionierung und Pflichtenheft

Das Teildokument der Produkt-Positionierung mit allen qualitativen und quantitativen „Erwartungen“ an Produkt und Entwicklungsprojekt wird auch **Pflichtenheft** genannt.

Das gesamte Dokument „Markt-Leistungs-Profil“ als auch das integrierte „Pflichtenheft“ sind Ergebnisdokumente, welche auch den „Vertrag“ bilden zwischen dem Team im MLP bzw. dem Team, das nun die Entwicklung des Produktes übernimmt (meist Übergabe Marketing an die Technik).

Dieses Pflichtenheft macht nun eine Transaktion zwischen dem Markt-Leistungs-Prozess und dem Konzept-Prozess. Auf der Markt-

Leistungs-Seite wird es Pflichtenheft genannt und als Ergebnisdokument statisch, auf der Folgeseite wird das Dokument „Anforderungsliste“ (auch Anforderungskatalog oder -dokument) genannt und bildet die Vorgabe an das Entwicklungsteam.

Während der folgenden Prozesse bildet die Anforderungsliste ein dynamisches Arbeitsdokument und wird stetig verfeinert und präzisiert, aufgeteilt in Teildokumente, wenn an verschiedenen Modulen gearbeitet wird. Immer bleibt das ursprüngliche Ziel des Pflichtenheftes bestehen. Eine Modifikation der Ziele des Pflichtenheftes bedarf eines gemeinsamen Entscheides aller Beteiligten.

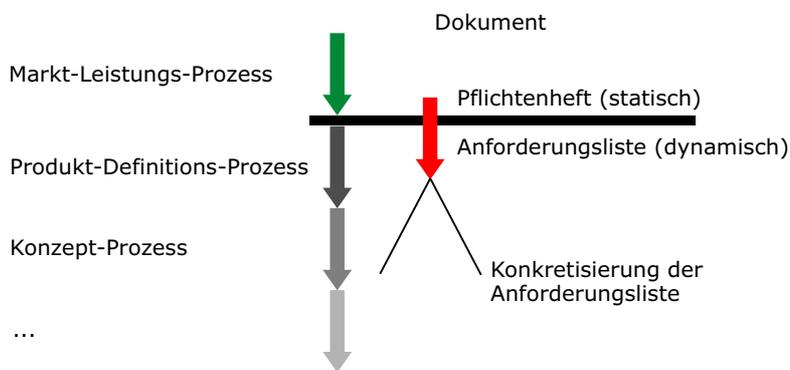


Bild (B605mlpZ) Prozessablauf in der Produkt-Entwicklung

Wenn es für die Produkt-Entwicklung ein formales Auftraggeber-Auftraggeber-Verhältnis gibt, kann zusätzlich zwischen Lastenheft und Pflichtenheft unterschieden werden.



Bild (B020mlpZ) Lastenheft, Pflichtenheft, Anforderungs Liste

7 Zusammenfassung

Innovationen entstehen nicht zufällig, sondern sind die Antwort eines anspruchsvollen, systematischen Prozesses. Vor allem dem frühen Prozess, dem Markt-Leistungs-Prozess kommt dabei eine hohe Bedeutung zu. Darin wird das zukünftige Produkt in seinen Systemgrenzen festgelegt.

Eingebettet in das Umfeld des Unternehmens (Gesellschaft, Marktumfeld sowie Leitbild, Strategie und Kernkompetenzen des Unternehmens) werden die drei Teilprozesse:

- Analyse der Produkte, Märkte, Konkurrenz, Technologie, Gesetze, Patente
- Projektion der zukünftigen Entwicklung dieser Aspekte
- Positionierung der Funktionalität, der Marktsegmente, des Leistungsbereichs, der gesamten Systemgrenze

durchlaufen und das zukünftige Produkt in seinen Grenzen festgelegt. Verschiedene Methoden unterstützen dabei in Qualität und Effizienz.

Die Ergebnisse des Prozesses werden im Markt-Leistungs-Profil dokumentiert. Das Teildokument daraus, in dem das Produkt selber und die Rahmenbedingungen des Projektes festgehalten sind, wird Pflichtenheft genannt. Dieses bildet die Basis für das Entwicklungsteam im nachfolgenden Konzeptprozess.

Verständnisfrage 1

Beschreiben Sie die drei Teilprozesse des Markt-Leistungs-Prozesses. Was sind die groben Inhalte der Teilprozesse?

Verständnisfrage 2

Was ist der Unterschied zwischen einer Vision, einer Strategie und einem Ziele?

Verständnisfrage 3

Wie definieren Sie „Kernkompetenzen“?

Verständnisfrage 4

Was ist eine Basistechnologie?

Verständnisfrage 5

Wie können Sie einen kommenden Technologiewandel frühzeitig erkennen?

Verständnisfrage 6

Wir haben gesehen, dass vor allem drei sich im Wechselspiel befindliche Faktoren die Zukunft der Produkte bestimmen: Wandel des Kundenverhaltens, der Technologien und der Gesetze. Versuchen Sie, einige neue Produkte aufzulisten und überlegen Sie sich, welcher der drei Faktoren die Beeinflussung initiierte.

Verständnisfrage 7

Ungefähr um 1950 wurden Konservendosen noch mittels eines Lötverfahrens hergestellt, und die bestehenden Produzenten von Dosen als auch die Lötmaschinenhersteller waren etabliert. Durch Gesetzesänderungen wurde die Verwendung von Schwermetallen im Umfeld von Lebensmitteln verboten. Zeigen Sie in einer einfachen Abhängigkeitsgrafik, wie sich diese Gesetzesänderung auf die Hersteller von Dosenlötmaschinen ausgewirkt hat.

Verständnisfrage 8

Erkennen Sie aus dem folgenden Zeitungstext Prognosen für verschiedene Marktgebiete?

Rasche Massnahmen zum Schutz der Ozonschicht: „Bern, 29. November 1995 (ap): Bis zum Jahr 2002 soll in der Schweiz ein umfassendes Verbot für Ozonkiller durchgesetzt werden. Der Bundesrat hat am Mittwoch die Voraussetzung für die Ratifikation des Montrealer Protokolls zum Schutz der Ozonschicht geschaffen. Bereits 1991 hatte der Bundesrat die schrittweise Beseitigung von Stoffen beschlossen, die massgeblich an der Zerstörung der Ozonschicht beteiligt sind. Zu diesen Stoffen gehören vor allem Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Halogene und die teilweise halogenierten FCKW, die sogenannten HFCKW. Diese HFCKW, die als Ausweichstoffe zu den seit 1991 verbotenen FCKW entstanden, sind gemäss der vom Bundesrat am Mittwoch revidierten Stoffverordnung ab 1. Januar 1996 in Haushaltskühlgeräten, Autoklimaanlagen und Lösungsmitteln nicht mehr zulässig. Ab dem Jahr 2002 dürfen die HFCKW dann auch in Hartschäumen, die vor allem als Isoliermaterial verwendet werden, nicht mehr vorkommen, und ab dem Jahr 2002 sind die HFCKW schliesslich auch noch in der Kältetechnik der Industrie untersagt. Mit diesen Etappen strebt der Bundesrat ein umfassendes Verbot für Ozonkiller bis ins Jahr 2002 an. Die EU hat das gleiche Ziel für das Jahr 2015, das revidierte Montrealer Protokoll bis ins Jahr 2030 anvisiert.

Als erstes Land der Welt schränkt die Schweiz zudem die Verwendung von künstlichen Treibhausgasen ein. Infolge des FCKW-Verbotes wurden Ersatzstoffe entwickelt, die zu neuen Umweltproblemen führen, so etwa flourierte Alkane. Diese bauen die Ozonschicht zwar nicht ab, wirken aber als starke Treibhausgase. Solche künstlichen Treibhausgase dürfen ab dem nächsten Jahr in Löschmitteln nicht mehr enthalten sein. Ausgenommen ist der Einsatz ozongefährdender Löschmittel in Atomkraftwerken, in Flugzeugen und in Spezialfahrzeugen der Armee.

Eine weitere Änderung der Stoffverordnung betrifft die Bleikapseln auf Weinflaschen, die ab Juli 1996 verboten sein werden. Diese Kapseln tragen mit rund 150 Tonnen oder mehr als zehn Prozent zur Bleibelastung der Siedlungsabfälle bei. Mit dem Verbot der Bleikapseln steht die Schweiz im Einklang mit der EU und auch der internationalen Vereinigung der Weinproduzenten. Von Bedeutung ist weiterhin das Verbot, Abfälle von halogenisierten Lösungsmitteln wie Chloroform, Methylenchlorid oder Perchlorethylen untereinander und mit anderen Abfällen zu vermischen.“

Verständnisfrage 9

Bis jetzt wurden vor allem neue Produkte aus der Retrospektive der Trends vorgestellt und diskutiert. Versuchen Sie nun eine aktuelle, eigene Prognose. Welche Trends erkennen, erwarten Sie für welche Märkte in den kommenden 10 Jahren?

Verständnisfrage 10

Ein Unternehmen aus der Waffen- und Munitionsbranche will sich neu orientieren und Wachstumsmärkte lokalisieren. Einer der anerkannten Wachstumsmärkte ist die Medizinaltechnik mit Operationsgeräten und Werkzeugen.

Nennen Sie positive als auch negative Erfolgsfaktoren für die Strategie.

Verständnisfrage 11

Was ist der Unterschied zwischen dem Pflichtenheft und der Anforderungsliste? Versuchen Sie die Unterschiede in eigene Worte zu fassen.

Verständnisfrage 12

Sie sind Mitarbeiter/-in in einem Unternehmen, das sich seit 4 Jahrzehnten mit der Projektierung und Herstellung von kundenspezifischen Anlagen für die Schweissung von Fahrradrahmen einen Namen

geschaffen hat. Seit den letzten Jahren bieten vermehrt fernöstliche Firmen kostengünstigere Anlagen an und Ihr Umsatz ist im Sinken. Neue Märkte und Produkte sollen das Unternehmen stabilisieren und stärken.

Sie werden mit der Idee konfrontiert, selber ins Fahrrad-Herstellgeschäft einzusteigen. Was spricht dafür, was dagegen?

Verständnisfrage 13

Als Produktmanager einer Unternehmung, welche Anlagen für Fahrradrahmen herstellt, verschaffen Sie sich einen Überblick über den Stand Ihres Produktsortiments. Unzählige Informationen wie z.B.

- Umsatzzahlen der einzelnen Vertriebsgesellschaften
- Service-Meldungen für die verschiedenen Produkte
- Marktprognosen der einzelnen Vertriebsfirmen
- Kunden-Umfrage über Kundenzufriedenheit
- Meldungen, dass Ihre Konkurrenz mit einem neuen Verfahren an die nächste Messe kommt,

gehen Ihnen durch den Kopf und es ist notwendig, diese zu ordnen.

Machen Sie sich eine solche Struktur mit Haupt- und Unterthemen.

Antwort 1

- Produkt-Markt-Analyse: Ist-Analyse der heutigen Situation in Bezug Produkt, Markt, Technologie, Gesetze etc.
- Zukunftsprojektion: Beleuchtung der zukünftigen Veränderungen mit Auswirkung auf das betrachtete Segment (Markttrend, Technologie, Gesetze).
- Produkt-Positionierung: Positionierung der Innovationsausrichtung in Bezug auf Markt und Produkt, konkrete Beschreibung der geplanten Innovation.

Antwort 2

- Vision: qualitative, langfristige, erstrebenswerte Position.
- Strategie: qualitative, definitive, mittel- bzw. langfristige Stossrichtung um Vision anzunähern.
- Ziel: qualitative, definitive, messbare Zustände, die auf dem strategischen Weg zu einem Zeitpunkt zu erreichen sind.

Antwort 3

Bündelung und Nutzung von einzelnen Fähigkeiten, welche die Unternehmung differenziert, eine konkrete Leistung am Markt bewirkt,

schwierig imitierbar ist und aus einem kollektiven und langem Lernprozess entstanden ist.

Antwort 4

Eine Technologie, die schon in vielen Applikationen eingesetzt wird und das bestehende als auch das zukünftige Potential gut abschätzbar ist.

Antwort 5

Publikationen, Hochschulkontakte, Mitglied in Fachverbänden.

Antwort 6

Produkte	Einflussfaktor(en)
Schallplatte → Compact Disk (CD)	Technologie (CD, Laser)
Glasflasche → PET-Flasche	Gesetz, Technologie
Airbag	Kundenverhalten, Technologie (schnelle Gasfüllung)
Elektronik	Technologie
Halogenlampen	Technologie
Sparlampen	Technologie, Gesetz
Solarzellen	Technologie, Trends (Umwelt), Gesetze (Fördermittel)
Fitnessgeräte	Trends
Abgas-Katalysator	Gesetz
Wärmeverbrauchs-Messeinrichtungen	Gesetz
Spray-Dosen	Gesetz
Konservendosen (Schwermetall-Büchenschweissen)	Gesetz
Wasserstrahlschneiden	Technologie
Laser-Maschinen (Blechverarbeitung, Oberflächen)	Technologie, Trends
Mikrowellen-Ofen	Sekundär-Auswirkung von Kühlgeräten: ohne Gefriergeräte-Markt wäre der Mikrowellen-Ofen ein Flop

Tabelle (T009mlpZ) Produkte und ihre Einflussfaktoren

Antwort 7

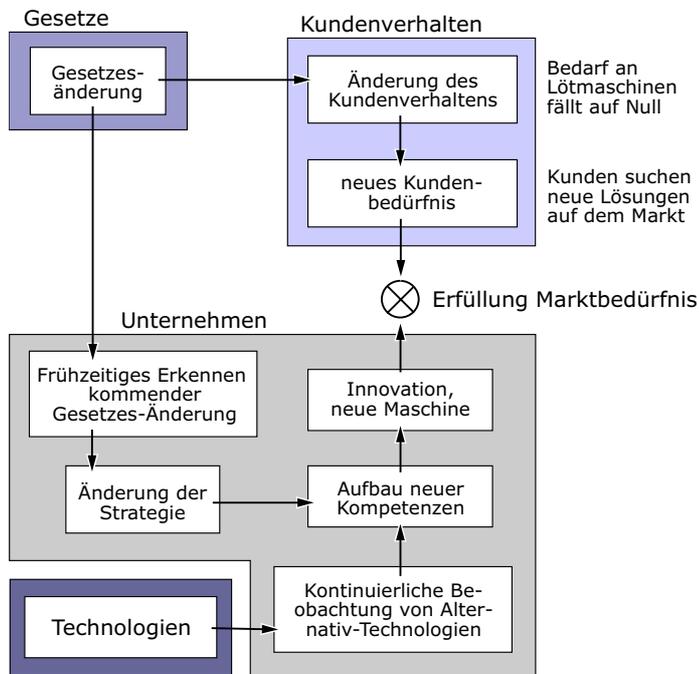


Bild (B901mlpZ) Abhängigkeitsgrafik

Geschichte: Die etablierten Lötmaschinenhersteller haben die Entwicklung verpasst. Ein Schweizer Unternehmen (Soudronic AG), welches nicht im Markt von Dosenlötmaschinen tätig war, hat die Gesetzesänderung erkannt und die eigene Technologiekompetenz (Schweissen) auf dieses Marktsegment ausgerichtet. Es hat damit sehr erfolgreich das neue Marktbedürfnis befriedigt, noch bevor die etablierten Maschinenhersteller reagiert haben. Der Markt wurde vollständig gewandelt.

Antwort 8

Der staatliche Eingriff (Gesetzgebung) kann folgende Auswirkungen haben:

1. Eine induzierte Substitution führt dazu, dass die umweltschädlichen Stoffe (Ozonkiller/Bleikapseln) durch Alternativen ersetzt werden.

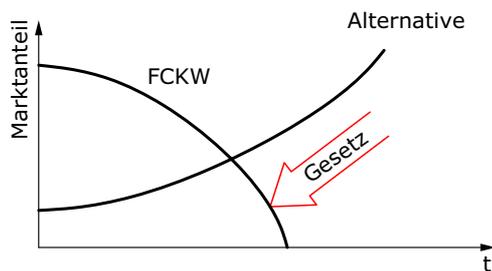


Bild (B021mlpZ) Marktanteile

2. Bei den direkt betroffenen Märkten führt diese Massnahme zu einem Technologiewechsel und damit verbundenen grossen Investitionen. Betroffene Märkte sind z.B.
 - Kühltechnik
 - Brandschutz/Bautechnik
 - Lösungsmittel-Industrie
 - Getränke-Handel (Wein)
 - ...
3. Zuliefernde der oben genannten Märkte können von diesen Investitionen profitieren (z.B. ein Hersteller von Abfüllanlagen für Wein).
4. Mit der Gesetzesänderung wird auch die Entsorgung der vorhandenen Restbestände ein Thema sein (Entsorgungsmarkt).
5. Gelingt es der Schweiz eine Vorreiterrolle einzunehmen, können unter (2) betroffene Unternehmen Know-how, Produkte und Dienstleistungen exportieren und so neue Märkte in der EU oder weltweit erschliessen.
6. Gefahr: Staatliche Regulierungen können auch zu einer Monopolisierung auf dem Markt führen, was sowohl für den Wettbewerb als auch für die Konsumenten in der Regel negative Folgen hat.

Antwort 9

Trends:

- Rauchverbote, Akzeptanzprobleme für Raucher
- Multimedia
- Gesundheit versichern – nicht Krankheit
- Home-Care
- Arbeit zu Hause (jeder ist sein eigener Unternehmer)
- gesund leben
- Miete von Fahrrädern
- Virtuelle Hochschule
- Trendprodukte für ältere Generationen

Technologien:

- Kommunikations-Technologie, Glasfaser-Kabel, Breitband-Internet
- Buch-Notebook
- Agenda, Persönlicher Digitaler Assistent
- Produktionsmethoden für Verbundwerkstoffe
- Nano-Technik
- Fernmelde-Satelliten
- Holographie
- virtuelle Welten
- Individual-Verkehr für kurze Strecken
- Einkaufswert direkt am Einkaufswagen ablesen
- Digitalfoto/-video
- Funkübertragung bei EDV-Geräten
- Maschinenelemente – Mechatronik

Gesetze:

- Null-Schadstoffausstoss
- Seitenschutz im Auto
- CE-Konformität (Sicherheitsaspekte)
- Abfallgesetze, Sackgebühr
- CO²-Steuer
- Brief-/Postmarkt
- Liberalisierung des Strommarktes

Antwort 10

Gehen Sie die einzelnen Punkte der Bewertungsliste „[Bewertungskriterien für eine erfolgreichere Positionierung](#)“ aus der Sicht der Unternehmung durch und überlegen Sie sich inwiefern die Faktoren positiv oder negativ zu bewerten sind.

Antwort 11

Das Pflichtenheft ist Bestandteil des Markt-Leistungsprofils und dokumentiert die Erwartungen an das zukünftige Produkt und an das Entwicklungsprojekt. Letzterem dient es als Eingangsdokument mit vertraglichem Charakter. Der Inhalt wird umgeformt in konkrete Anforderungen und während dem Projekt kontinuierlich konkretisiert.

Antwort 12

- heutige Fähigkeiten der Unternehmung:
 - Anlagebau, Sondermaschinen, Einzelfertigung
 - Umsetzung von speziellen Kundenbedürfnissen in Lösungen
 - Schweisstechnologie
 - Handling, Automationstechnik
 - Steuerungsbau
- heutiger Markt, Kundensegment:
 - Hersteller von Fahrrädern
 - Hersteller von Fahrradrahmen
 - weltweit

Argumente für die Strategie:

- das Produkt-, Marktsegment ist bekannt
- man kennt den Markt indirekt

Argumente gegen die Strategie:

- Kundenbedürfnisse sind nur indirekt bekannt
- man tritt in Konkurrenz mit den heutigen Kunden
- andere Kompetenzen sind notwendig
 - Serienhersteller
 - Marketingspezialist

Alternative Strategie:

- Anlagen selber herstellen und Rahmen direkt anbieten
- Anlagen für andere Schweissteile
- ...

Antwort 13

Siehe Checkliste „Analyse“; hier ein reduzierter Auszug:

Markt:

- Markt gesamthaft/ Anteile (welche Lieferanten, welche Rahmentypen)
- Kundensegmentierung (z.B. direkte Fahrradhersteller, Rahmenhersteller)
- Gliederung der eigenen Umsätze
- Kundenbedürfnisse, Reklamationen
- Absatzwege (direkt, Vertreter)
- Wachstumsverläufe
- Rentabilität (welche Anlagen, Kunden ...)
- Preise, Gliederung, Rabatte
- ...

Technologie:

- heutige Technologien (Schweissen, Kleben, Stecken, Faserverbund ...)
- ...

Produkt:

- Stärken, Schwächen der Produkte
- Vollständigkeit des Angebotes (z.B. Geräte für Q-Kontrolle ...)
- ...

Patent:

- fremde Patente
- eigene Patente
- ...

Konkurrenz:

- wer
- Stärken
- Anteile
- Patente
- ...

Unternehmung:

- Anlagen
- Kompetenzen
- Lagerbestände
- Rentabilität
- ...

Relevante Cases

- [Bewässerung von Gärten](#)
- [Phone-Tec](#)
- [Systemgrenze Schrauben](#)

Publikationsverzeichnis – Literatur

- [1] Boutellier, Roman und Völker, Rainer (2001): Erfolg durch innovative Produkte; Hanser Verlag, München
- [2] Eversheim, Walter und Schuh, Günther (1999): Produktion und Management, Band 2. Produktmanagement; Springer Verlag, Berlin
- [3] Gausemeier, Jürgen, Ebbesmeyer, Peter und Kallmeyer, Ferdinand (2001): Produktinnovation. Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen; Hanser Verlag, München
- [4] Hauschildt, Jürgen (2004): Innovationsmanagement; Verlag Vahlen, München
- [5] Hill, Wilhelm und Rieser, Ignaz (1993): Marketing – Management; 2. Auflage, Verlag Paul Haupt, Bern
- [6] Kramer, F. (1986): Arbeitsschritte zur strategischen Marketing- und Produkplanung; VDI Verlag, Düsseldorf
- [7] Kramer, F. (1987): Produktionnovation. Der Weg zur Gewinnung und Sicherung von Marktanteilen; Schweizerische Volksbank, 2. Auflage, Bern
- [8] Kuss, Alfred und Tomczak, Torsten (2004): Marketingplanung; Gabler Verlag, Wiesbaden
- [9] Porter, Michael E. (2002): Wettbewerbsstrategie. Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten; Campus Verlag, Frankfurt
- [10] Porter, Michael E. (2002): Wettbewerbsvorteile. Spitzenleistungen erreichen und behaupten, Campus Verlag, Frankfurt
- [11] Rapp, Thomas (1999): Produktstrukturierung; Gabler Verlag, Wiesbaden
- [12] Rupp, Martin (1988): Produk/Markt-Strategien: Handbuch zur marktsicheren Produkt- und Sortimentsplanung im Klein- und Mittelunternehmen der Investitionsgüterindustrie; 3. Auflage, Verlag Industrielle Organisation, Zürich
- [13] Schmitt, Markus (1999): Flexibilität in der strategischen Innovationsplanung: Ansätze zu einer Integration auf Prozess- und Portfolioebene; Verlag dissertation.de, Berlin

- [14] Seibert, Siegfried (1998): Technisches Management. Innovationsmanagement, Projektmanagement, Qualitätsmanagement; B. G. Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig
- [15] Seiler, Armin (2004): Marketing. BWL in der Praxis IV; Orell Füssli, Zürich
- [16] Vahs, Dietmar und Burmester, Ralf (2005): Innovationsmanagement; Schäfer Poeschel Verlag, Stuttgart
- [17] Weidler, Andreas (1997): Entwicklung integrierter Innovationsstrategien; Lang, Frankfurt am Main

Publikationsverzeichnis – Weblinks

- www.festo.de
- www.gardena.com
- www.espacenet.net

Publikationsverzeichnis – weitere relevante Dokumente

- [Leitbild eines Schweizer Unternehmens](#)
- [Checkliste „Analyse“](#)
- [Checkliste „Produkt-Positionierung“](#)
- [Battelle-Studie 1996](#)

Grundlagen Kostenmanagement

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation (MyBike)

Das Unternehmen „MyBike“ stellt die folgenden Produkte her:

- Kinderfahrräder
- Mountain-Bikes und
- Anhänger.



Bild (B003kosZ) Kinderfahrrad



Bild (B004kosZ) Mountainbike



Bild (B901kosZ) Anhänger

Das Unternehmen ist kontinuierlich gewachsen (heute 150 Mitarbeiter) und hat bis heute alle Umsätze sowie alle **Kosten** ohne Zuordnung zu den verschiedenen Produkten auf ein Konto gebucht. Die Firma betreibt Entwicklung, Einkauf, Lager, Produktion und Verkauf. Der Verkauf erfolgt an Zwischenhändler.

Sie möchten nun Transparenz schaffen, um zu wissen, in welchem Segment Geld verdient und in welchem verloren wird. Zusätzlich sind Sie noch mit der Aufgabe betraut, ein neues Produkt, eine Nabenschaltung, zu entwickeln und Sie möchten die Kostenstruktur dieses neuen Produktes kennen. Mit der heutigen Buchhaltung ist dies offensichtlich nicht möglich.

- Wie können Sie erkennen, ob Sie bei den bestehenden Produkten Geld verdienen oder verlieren?
- Wie bestimmen Sie den Verkaufswert der zukünftigen Schaltung?
- Warum sind Verkaufspreise meist um Faktoren höher als die Kosten?
- Wieso können Verkaufspreise mit der Zeit gesenkt werden?

Lernziele

Die Studierenden

- kennen den Einfluss der Entwicklungstätigkeit auf die Kostenentstehung eines Produktes.
- können die wichtigsten Begriffe wie **Kostenart**, **Kostenstelle**, **Kostenträger**, **Herstellkosten**, **Selbstkosten** erklären und einordnen.
- beschreiben die Mechanismen der Kostenverteilung auf Kostenstelle und Kostenträger.
- interpretieren den Aufbau eines **Kalkulationsschemas**.
- können den Spezialfall der Produkt-Entwicklung und die **Entwicklungsquote** beschreiben.
- berechnen einfache Kalkulationen selbständig.

Einleitung

Das oberste Ziel einer Produkt-Entwicklung besteht darin, ein Produkt zu erzeugen, das

- funktionell,
- qualitativ und auch
- wirtschaftlich

überzeugt.

Die **Wirtschaftlichkeit** begleitet das Entwicklungsteam permanent. Alle fantastischen technischen Ideen, höchsten Qualitätsmerkmale sind ohne Bedeutung, wenn die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist.

Zwei Hauptsichten werden unterschieden

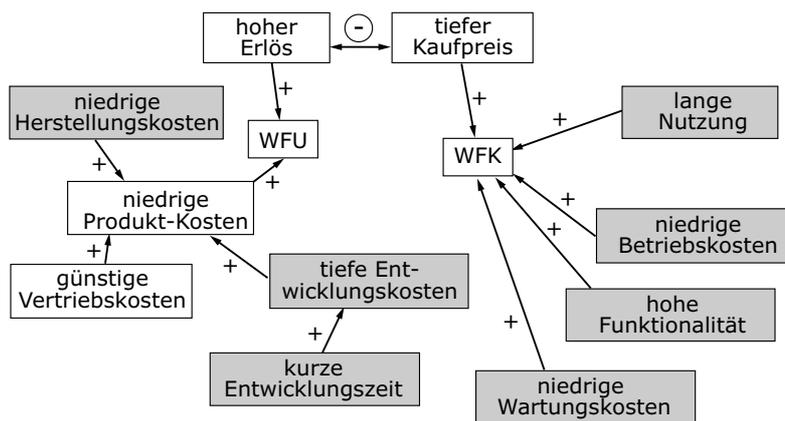
- Wirtschaftlichkeit aus Sicht der Kunden und
- Wirtschaftlichkeit aus Sicht des Unternehmens.



Bild (B001kosZ) Einflussbereiche der Wirtschaftlichkeit

Die einzelnen Elemente, welche diese beiden Wirtschaftlichkeitssichten beeinflussen, sind stark vernetzt, sowohl mit positiver als auch negativer Wirkung.

Das folgende Netzwerk illustriert dies.



WFU: Wirtschaftlichkeit für Unternehmen
WFK: Wirtschaftlichkeit für Kunden

Bild (B002kosZ) Beeinflussungsnetzwerk; +: positive Beeinflussung; -: Gegenläufigkeit, Widerspruch

Das Entwicklungsteam kann auf die meisten dieser Elemente direkten Einfluss nehmen. Diese Elemente sind gelb eingefärbt.

Das kommt auch im folgenden Bild deutlich zum Ausdruck. Wir sehen die qualitative Kostenfestlegung der verschiedenen Unternehmensbereiche.

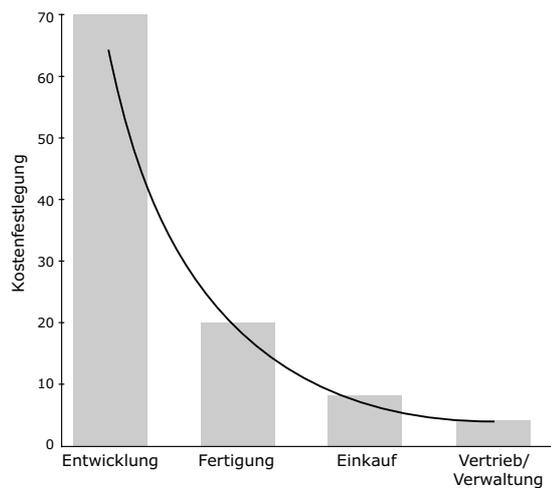


Bild (B006kosZ) Kostenfestlegung eines Produktes gegliedert nach Unternehmensbereichen (DIN 2235)

Merke: Die Entwicklung legt 70–80% aller Kosten eines Produktes über dessen Lebenszyklus fest.

Um den Anforderungen der Wirtschaftlichkeit ebenso gerecht zu werden wie der Funktionalität und Qualität, müssen die Entwickler wissen, wie die Kosten eines Produktes entstehen, wie sie strukturiert sind und vor allem wie sie in der Entwicklung beeinflusst werden können.

Diese Sektion behandelt die ersten Grundlagen des Kostenmanagements.

2 Kostenstrukturen und Begriffe

Für die Entwickler sollen die Kosten bzw. die Kostenstruktur transparent sein. Nur dann ist es möglich, auch aktiv Kosten zu minimieren. Wie sind Produktkosten gegliedert?

Betrachten wir dies an einem sehr einfachen Beispiel: Ein kleines Unternehmen stellt nur einen Produkttyp her und verkauft diesen in einem einzigen Kundensegment. Um zu berechnen, wie hoch die Kosten eines einzelnen Produktes sind, können die Aufwendungen des Unternehmens (alle Rechnungen, Löhne, Zinsen etc.) addiert und durch die Anzahl der verkauften Produkte dividiert werden.

$$\text{Kosten pro Produkt} = \frac{\text{Summe aller Aufwendungen}}{\text{Anzahl hergestellter Produkte}} \quad (1)$$

Diese einfache Berechnung versagt aber schnell, wenn wir fragen: Wie hoch ist der Anteil der **Materialkosten** oder der Montage dieser Produkte?

Vollständig hilflos sind wir, wenn mehrere Produktfamilien im Unternehmen vorliegen und unterschiedliche Prozesse in der Herstellung notwendig sind (z. B. hat ein Produkt einen sehr komplexen Montageprozess, ein anderes wird fertig eingekauft und weiterverkauft etc.).

Das Ziel besteht darin zu zeigen, wie die Umsätze und Kosten des Gesamtunternehmens auf das Marktsegment bzw. auf das einzelne Produkt aufgeschlüsselt werden:

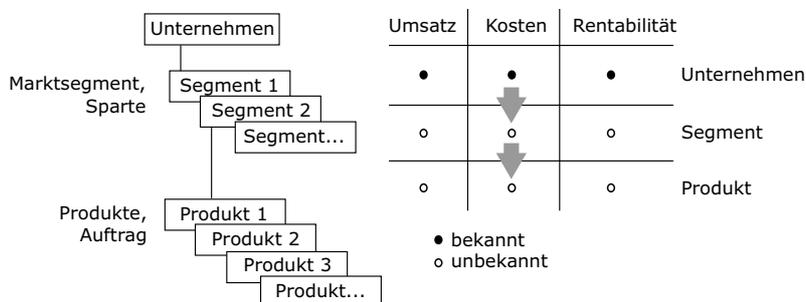


Bild (B900kosZ) Kostenverteilung vom Unternehmen zum Marktsegment zum Produkt

Die Grafik deutet an, dass auf der Ebene des Unternehmens der **Umsatz** bekannt ist (Summe aller verkauften Produkte und Dienstleistungen) und auch die Kosten vorliegen (Summe aller verbrauchten Güter und Dienstleistungen). Damit ist die **Rentabilität** berechenbar. Auf der Ebene Marktsegment oder Sparte und erst recht auf der Ebene jedes einzelnen Produktes oder Auftrages ist dies jedoch nicht bekannt, solange kein Verteilschlüssel definiert ist.

Randbemerkung: Gibt es in einem Unternehmen erhebliche Schwankungen der Lagerbestände (Rohstoffe oder fertige Produkte) oder erhebliche Verzögerungen zwischen Rechnungstellung und Zahlung der Kunden, ist es wichtig zwischen **Ausgaben** und Kosten bzw. **Einnahmen** und **Erträgen** zu unterscheiden. Diese Unterscheidung vernachlässigen wir in unseren Betrachtungen.

2.1 Kostenträger

Die Umsätze auf die verschiedenen Segmente bzw. Produkte zu verteilen, ist einfach. Man fasst dazu gewisse Produkte oder Dienstleistungen zu einer Gruppe zusammen, den sogenannten Kostenträgern (manchmal auch Umsatzträgern) und weist diesen die einzelnen Umsätze zu.

Definition: Kostenträger sind sinnvolle Gruppierungen von Produkten oder Leistungen eines Unternehmens.

In der feinsten Auflösung ist der Kostenträger ein einzelnes Produkt oder Projekt.

Die Umsätze werden in der Buchhaltung dem entsprechenden Kostenträger zugeordnet, indem auf der Rechnung die Klassierung mit einer Nummer vermerkt ist.

Die Umsätze des Unternehmens können buchhalterisch somit einfach in die einzelnen Segmente bzw. Produkte gegliedert werden, nicht jedoch die Kosten und die Rentabilität, denn viele der Kosten für den Betrieb fallen als Gesamtheit an (z. B. Licht, Heizung, Zinsen etc.). Nun müssen im Folgenden diese anfallenden Kosten "gerecht" auf das Produkt verteilt werden. Eine der gängigen Methoden soll hier näher betrachtet werden.

Der Mechanismus, wie die Kosten auf die Kostenträger aufgeteilt werden, wird in der folgenden Grafik veranschaulicht.

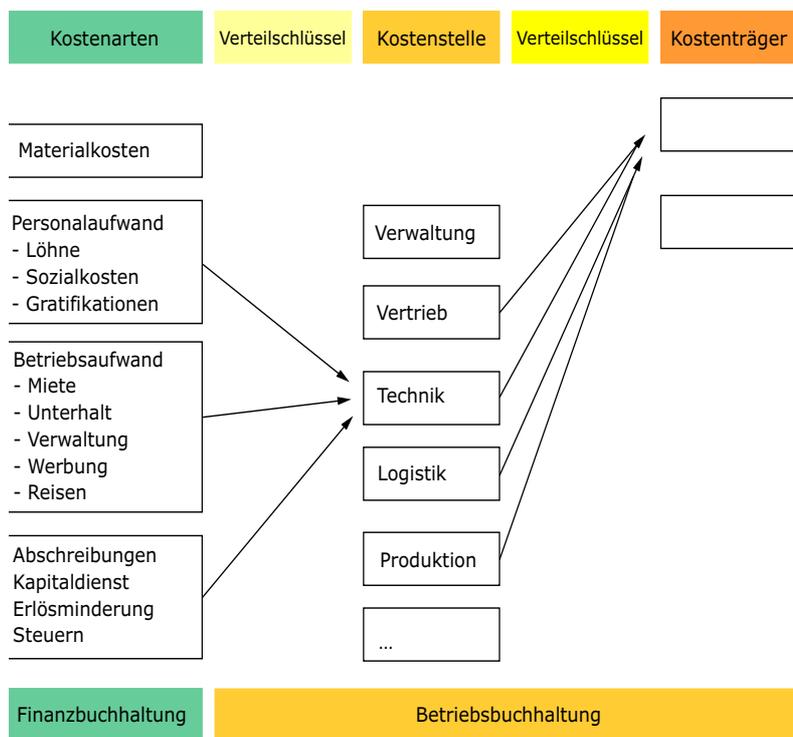


Bild (B005kosZ) Verteilmechanismen der Konten über Kostenstellen auf die Produkte

Alle Kosten eines Unternehmens werden in einem ersten Schritt in Kostenarten gegliedert.

2.2 Kostenarten

Mit Kostenarten werden Kosten mit gleichen Merkmalen benannt wie z.B.:

- Materialkosten:
 - Fertigungsmaterial (Halbzeuge, Kaufteile)
 - Hilfsstoffe (Reinigungsmittel, Verpackungsmaterial)
 - **Betriebsmittel** (Schmierstoffe, Energie)
- Personalkosten:
 - Gehälter
 - Lohnzulagen
 - Sozialkosten
 - Gratifikationen
- **Kapitalkosten**:
 - **Abschreibung** von Maschinen, Gebäuden
 - Zinsen für gebundenes Kapital
- Kosten für Fremdleistungen (Strom, Gas, Transporte, Lizenzen)
- weitere Kosten des Unternehmens (Steuern, Abgaben)

Definition: Kostenarten sind sinnvolle Gruppierungen von anfallenden Kosten eines Unternehmens.

Das Klassieren, Erfassen und die Aufteilung nach verschiedenen Kostenarten und Kostenartengruppen wird nach firmenspezifischen Erfordernissen vorgenommen.

2.3 Einzelkosten

Einige Kostenarten (die sog. Einzelkosten oder direkt Kosten) wie z.B. Einzel-Materialkosten lassen sich den Kostenträgern (Produkt- bzw. Leistungsträgern) direkt verursachungsgerecht zuordnen. So können die Kosten für die verwendeten Bauteile (Materialkosten) direkt auf die Kostenträger gebucht werden.

Jedes einzelne Bauteil ist klar über die Stückliste des Produktes identifizierbar und dem Produkt zuzuordnen. Bauteile werden wohl in grossen Mengen eingekauft und an Lager gelegt, für jedes einzelne Teil ist der Preis jedoch bekannt. Vor der Montage werden die benötigten Teile ausgefasst (vom Lager genommen) und deren Kosten auf den entsprechenden Kostenträger umgebucht.

2.4 Kostenstelle

Für alle anderen Kostenarten (den sog. Gemeinkosten) wird über den Umweg der Kostenstellenrechnung und Zuschlagsätze (Verteilschlüssel) versucht, eine möglichst verursachungsgerechte Verteilung auf die Kostenträger zu erreichen.

Eine Kostenstelle ist ein nach bestimmten Kriterien abgegrenzter betrieblicher Bereich der Kostenentstehung, wie:

- Verwaltung (Geschäftsführung, Rechnungswesen)
- Vertrieb (Verkauf, Marketing, Werbeabteilung)
- Technik (Konstruktion, Entwicklung)
- Logistik (Einkauf, Lager, Transportwesen)
- Produktion (Fertigung, Montage, Kontrolle)

Definition: Kostenstellen sind sinnvolle betriebliche Bereiche (Abteilungen, Gruppen), die eingrenzbar Kosten verursachen.

Auch hier kann die Gliederung in Gruppen und Untergruppen erfolgen, so fein, wie für die Kostentransparenz notwendig.

Die unterschiedlichen Sichtweisen auf die Kosten wird auch in zwei unterschiedlichen Buchhaltungen geführt. Die Kostenarten-Sicht ist die Sicht der **Finanzbuchhaltung**, die Gliederung nach Kostenstellen und Kostenträgern ist die Sicht der **Betriebsbuchhaltung**.

3 Vollkostenrechnung

In der Industrie existieren unterschiedliche Methoden, wie die Kosten möglichst gerecht und so transparent wie notwendig von der Finanzbuchhaltung auf die Kostenträger verteilt werden. Weitere Arten sind:

- Vollkostenrechnung
- Prozesskostenrechnung
- Deckungsbeitragsrechnung
- etc.

Die Methoden sind sich ähnlich, und für ein Grundverständnis ist es ausreichend, sich erst einmal mit einer Methode vertraut zu machen. Dies soll anhand der Vollkostenrechnung geschehen.

3.1 Verteilung von Kostenarten auf Kostenstellen

Die Kostenarten gliedern die Kosten nach Merkmalen, die Kostenstellen nach Verursachern. Nur die nicht unmittelbaren Kostenträgern zuordenbaren Kosten, die Gemeinkosten (siehe Bild B005kosZ) müssen auf die Kostenstellen verteilt werden. Die Umverteilung wird so vorgenommen, wie dies am Beispiel der Kostenstelle „Fertigung“ gezeigt wird.

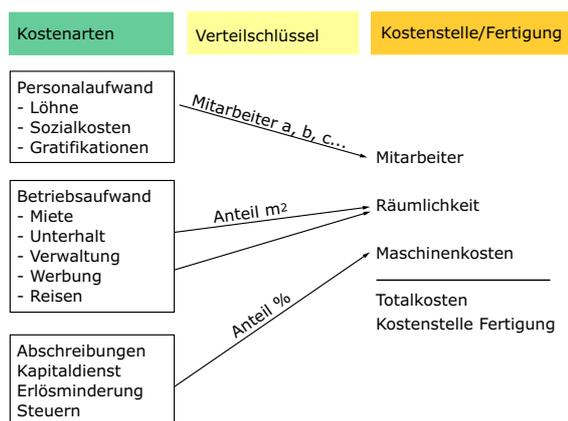


Bild (B020kosZ) Verteilschlüssel von Kostenarten

Ein möglichst „gerechter“ Verteilschlüssel wird von der Finanzbuchhaltung für die Kostenstellen definiert. Die Personalkosten bilden keine Probleme, denn wo die einzelnen Personen arbeiten, ist

bekannt. Die Personalkosten jeder einzelnen Person (in unserem Beispiel der Fertigungsmitarbeiter a, b, c ...) werden in die Kostenstelle gebucht, in der sie arbeitet. Die Miete der Räumlichkeiten, die Heizkosten, das Licht etc. werden auf die beanspruchten Quadratmeter (Anteil m²) der entsprechenden Kostenstelle anteilmässig umgelegt. Die Kapitalkosten (Abschreibungen + Bankzinsen) werden denjenigen Kostenstellen (Anteil %) verbucht, die diese investierten Betriebsmittel benötigen (z. B. CAD für die Technik, Fräsmaschine für die Fertigung). Alle anfallenden Kosten auf den **Konten** der Finanzbuchhaltung gehen somit, verteilt nach festgelegten Verteilschlüsseln, auf die entsprechende Kostenstelle über.

Alle Kosten der Kostenstelle zusammen ergeben die Totalkosten, die diese Kostenstelle verursacht. Diese Umverteilung wird für alle Kostenstellen durchgeführt. Wir müssen uns aber bewusst sein, dass mit dieser Umverteilung die Kosten nach Verursachergруппen erst neu geordnet (zwischengeparkt), jedoch noch nicht auf die Kostenträger übertragen sind.

3.2 Verteilung von Kostenstelle auf Kostenträger



Bild (B021kosZ) Verteilung von Kostenstelle auf Kostenträger – Schema

Wir unterscheiden zwei verschiedene Typen von Kostenstellen:

- Kostenstellen, die direkt auf die Kostenträger umgewälzt werden, wie z. B. über die Verwendung (Material) oder über die Anzahl Stunden (Montage). Typische **direkte Kostenstellen** sind:
 - Material
 - Technik, Konstruktion
 - Montage
 - Prüfstand.
 - ...
- Kostenstellen, die nicht exakt erfassbar für Kostenträger arbeiten (**indirekte Kostenstellen**), wie z.B.
 - Verwaltung (Leitung, Personalwesen)
 - Einkauf
 - Verkauf, Marketing

- Labor
- ...

Die Gliederung ist unternehmensspezifisch!

3.2.1 Direkte Kostenstellen

Direkte Kostenstellen, die dem Kostenträger eine direkt zuzuordnende, messbare Leistung erbringen, werden über die Kosten einer Leistungseinheit (meist CHF/h) übertragen.

In diesem Fall berechnet man zuerst die gesamte Anzahl der produktiven Stunden dieser Kostenstelle: Wie viele Stunden pro Jahr kann diese Abteilung zuordenbare Leistung erbringen?

Mit den gesamten Kosten dieser Kostenstelle und der berechneten Anzahl der Stunden erhalten wir den **Stundensatz** dieser Kostenstelle (KSx):

Stundensatz (KSx) = Total Kosten der Kostenstelle / Total der Leistungsstunden.

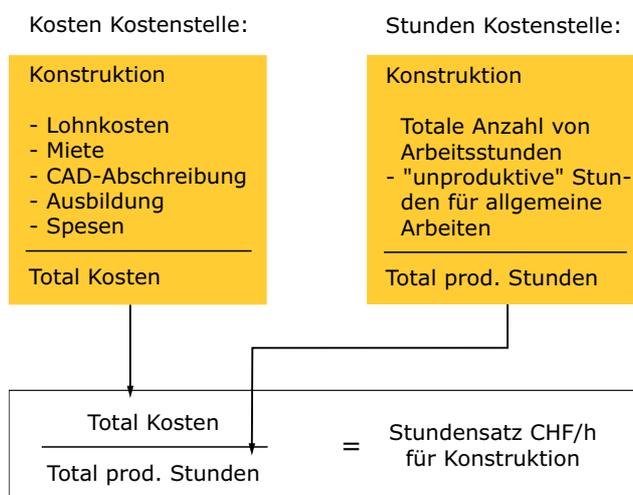


Bild (B022kosZ) Berechnung des Stundensatzes für direkte Kostenstellen

Diese Rechnung wird für jede dieser Kostenstellen x durchgeführt.

Der Kostenanteil, der dem Kostenträger übertragen wird, ist:

Produktkosten (KSx) = Anzahl Arbeitsstunden für Produkt · Stundensatz (KSx).

3.2.2 Indirekte Kostenstellen und Herstellkosten

Der gezeigte Weg ist möglich, falls die Stundenleistung erfassbar und zuweisbar ist. Wenn nicht, verteilen wir die Kosten proportional auf die Träger. So werden beispielsweise die Kosten der Kostenstelle Logistik (zu dieser Kostenstelle gehören vielfach die Einkaufsabteilung und die Lagerbewirtschaftung) der gesamten Einkaufssumme für das Material hinzugefügt, wodurch jedes Bauteil einen prozentualen Aufschlag erhält. Wenn Sie nun ein Bauteil aus dem Lager beziehen, wird diesem Kostenträger buchhalterisch der Einkaufspreis plus die besagte Beaufschlagung (**Materialgemeinkosten**) übertragen. Damit haben wir die eigentlichen Materialkosten und alle zugehörigen Kosten wie Einkaufs-, Lager- bzw. Logistikkosten auf das eigentliche Teil umgelegt.

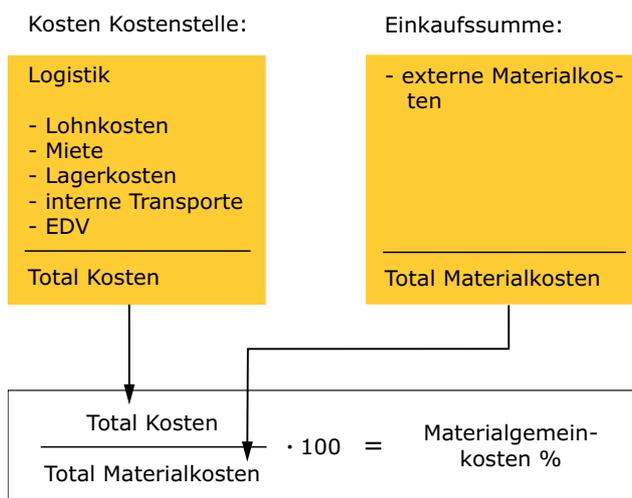


Bild (B007kosZ) Berechnung der Materialgemeinkosten

Um die Verteilung der weiteren indirekten Kosten darzulegen, muss ein neuer wichtiger Begriff eingeführt werden, die Herstellkosten.

Definition: Die Herstellkosten bestehen aus der Summe aller direkten Kosten plus der Materialgemeinkosten:

Materialkosten
 + Materialgemeinkosten
 + direkte Kosten Technik
 + direkte Kosten Fertigung
 + direkte Kosten Montage
 + ...

 = Herstellkosten
 Bild(B023kosZ) Herstellkosten

Die weiteren indirekten Kostenstellen wie beispielsweise Verkauf, Verwaltung und Forschung werden nicht proportional auf die Material-Einkaufssumme, sondern auf die Herstellkosten bezogen.

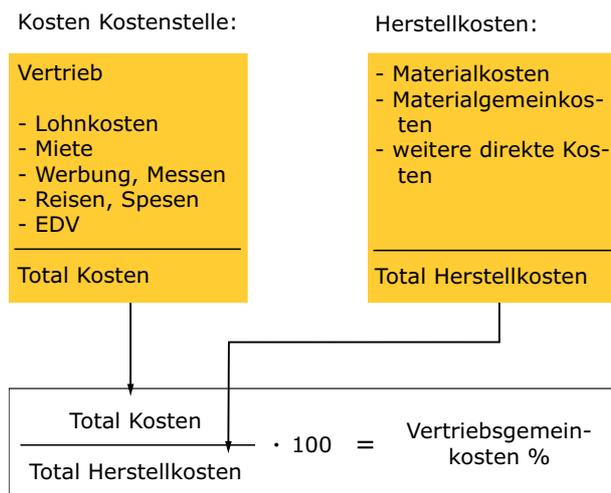


Bild (B008kosZ) Berechnung der Vertriebsgemeinkosten

So entstehen die gezeigten **Vertriebsgemeinkosten**, aber auch die **Verwaltungsgemeinkosten** etc. Manchmal fasst man alle einzelnen Gemeinkostenblöcke zusammen und bezeichnet sie in der Summe als Gemeinkosten.

3.2.3 Die Selbstkosten

Die Summe der Herstellkosten plus die einzelnen indirekten Gemeinkosten definieren die Selbstkosten:

Herstellkosten
 + Vertriebsgemeinkosten
 + Verwaltungsgemeinkosten
 + Forschungsgemeinkosten

 = Selbstkosten

Bild(B024kosZ) Selbstkosten

Definition: Die Selbstkosten eines Kostenträgers lassen sich definieren als alle direkten und indirekten Kosten eines Kostenträgers, jedoch ohne Gewinn.

Zusammenfassend werden also die Kosten der Kostenstellen auf die Kostenträger umgelegt durch:

- direkte Umbuchung, beispielsweise von Material
- Absorption von Leistung in Form von Stunden bei direkt erfassbaren Leistungserbringern (z. B. die Leistung der Montage)
- Absorption von Leistung bei nicht direkt erfassbaren Leistungserbringern in Form von prozentualer Beaufschlagung (z. B. für die Leistung der Verwaltung), auch bezeichnet als Gemeinkosten.

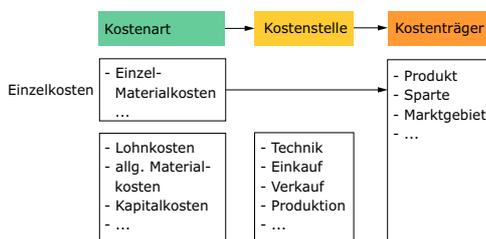


Bild (B009kosZ) Verteilmechanismus im Überblick

Die Begriffe Herstellkosten und z. T. die Selbstkosten sind meist die Bezugsgrößen in der Entwicklung. Vor allem die Herstellkosten werden durch das Entwicklungsteam dominant beeinflusst.

4 Budgetierung der Kostenstellen

Wir kennen zwar den Verteilschlüssel, aber nicht die quantitativen Werte, um z.B. den Stundensatz zu berechnen. Es bleiben Fragen offen:

- Wie hoch werden die Personalkosten sein?
- Wie viele Stunden wird die Konstruktion leisten?
- etc.

Die Lösung des Problems liegt in der **Budgetierung** der Werte. Einmal jährlich, meistens im Herbst, werden die Werte der einzelnen Kostenstellen budgetiert. Der Bereichsleiter „Konstruktion“ überlegt sich dabei, welche Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen im Folgejahr zu seinem Bereich (Kostenstelle) gehören, welche Investitionen zu tätigen sind, wie viele Stunden geleistet werden können usw. Der Finanzleiter ergänzt die Daten mit weiteren Werten wie u.a. Abschreibungen und Zinsen aller geschätzten Zahlen, basierend auf den Werten der vergangenen Jahre und der zu erwartenden Veränderungen. Mit diesem vollständigen Satz an budgetierten Werten werden nun die Stundensätze, die Gemeinkostenwerte etc. für das kommende Jahr berechnet.

Diese Werte werden „eingefroren“ und gelten mindestens für das kommende Jahr, meist sogar über eine längere Periode (um **Leistungskennzahlen** vergleichen zu können). Während des Jahres werden nun die wirklichen Leistungen in Stunden mit deren Stundensatz multipliziert und dem Kostenträger in der Betriebsbuchhaltung übertragen. Damit erhält man meist eine Abweichung von den real verursachten Kosten der Finanzbuchhaltung. Die Betriebsbuchhaltung ist entkoppelt von der Finanzbuchhaltung. Je besser wir budgetiert haben, desto besser stimmen die Zahlen überein.

Wir sprechen von Überdeckung, wenn die Kostenträger mehr Kosten übertragen bekommen, als wirklich vorhanden sind (tritt auf, wenn weniger Kosten verursacht oder mehr Stunden geleistet werden). Dies ist ein positiver Effekt.

Wenn wir hingegen mehr Kosten verursachen bzw. weniger direkte Stunden leisten können als budgetiert, entsteht eine Unterdeckung und somit ein Verlust in der Finanzbuchhaltung.

Ende des Jahres kann die Betriebsbuchhaltung erklärbare Abweichungen vom wirklichen Firmenresultat aufweisen.

4.1 Kalkulationsschema

Das Konzept der Kostenträgerrechnung kann sehr gut auch für die **Vorkalkulation** oder **Nachkalkulationen** von Kostenträgern oder Produkten bzw. Projekten eingesetzt werden.

Vorkalkulation

Für Planungs- und Offertenzwecke wird eine **Kostenrechnung** über ein Projekt durchgeführt, in dem das Material bzw. die Stunden der einzelnen Kostenstellen geschätzt und in einem Kostenrechnungsmodell verarbeitet werden.

Nachkalkulation

Für ein abgeschlossenes Projekt werden alle Materialkosten bzw. geleisteten Stunden im Kalkulationsmodell zusammengefasst und da die Selbstkosten plus Gewinn und weiteren Kostenanteilen berechnet. Dieser Wert kann dann mit dem erzielten Verkaufspreis verglichen werden, und es lässt sich überprüfen, inwiefern das Projekt positiv oder negativ abgeschlossen hat.

Zum vertieften Verständnis der Kostenstruktur eines Kostenträgers bzw. eines einzelnen Produktes oder Projektes, z. B. einer Werkzeugmaschine, wird hier mit einem aus der Praxis entnommenen Kalkulationsschema nochmals auf die einzelnen Kostenbestandteile eingegangen.

Je nach Unternehmen können sich die gezeigten Strukturen unterscheiden; es können weitere Zeilen dazukommen oder Kostenblöcke anders gruppiert sein. Sobald jedoch eine Struktur verstanden wurde, wird es leicht sein, Abweichungen davon zu interpretieren.

Kalkulations-Schema (vereinfacht)			Datum: xx.xx.xxxx		
Maschine: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx			Kunde: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		
Z.				%	
1	Mat. mech	Mkm			Wert
2	Mat. elekt.	Mke			Wert
3	Mat. GK	10% v. (1+2)		10%	Wert
4	Material	Z. 1-3			Summe
		Stundensatz	[CHF/h]	[h]	
5	Montage	Montage	A1	n1	Wert
6	Verdrahten	Verdrahten	A2	n2	Wert
7	Prüfen	Prüfen	A3	n3	Wert
8	Total Fertigung	Z. 5-7			Summe
		Stundensatz	[CHF/h]	[h]	
9	Konstruktion mech.	Konstr.mech.	A4	n4	Wert
10	Konstruktion elektr.	Konstr.elekt.	A5	n5	Wert
11	Projektleitung	PL	A5	n5	Wert
12	Total Technik	Z. 9-11			Summe
13	Herstellkosten	Z. 4+8+12			Summe
				%	
14	Entwicklungsquote	x% v. Z. 13			Wert
15	Allg. Vertriebskosten	12% v. Z. 13			Wert
16	Allg. Verw.kosten	11% v. Z. 13			Wert
17	Prod.unterhalt, Forschung	x% v. Z. 13			Wert
18	Selbstkosten	Z. 13+(14-17)			Summe
19	Marge	20% v. Z. 18			Wert
20	Netto-VP EXW	Z. 18+19			Summe
21	Dokumentation				Wert
22	Verpackung				Wert
23	Fracht/Zoll				Wert
24	Montage IBN ext.				Wert
25	Kundenschulung				Wert
26	Provision	10% v. Z. 20			Wert
27	Finanzierungskosten	5% v. Z. 20			Wert
28	Total Erlösminderung	Z. 21-27			Summe
29	Brutto VP	Z. 20+28			Summe
30	Nachlass	10% v. Z. 29			Wert
31	Angebotspreis	Z. 29+30			Wert
32	Bestellpreis				Wert

Bild (B025kosZ) Kalkulationsblatt

Erläuterungen zu den einzelnen Zeilen

1	Beschaffungskosten für mechanische Teile bzw. Fertigungskosten für Teile aus eigener Produktion
2	dito für elektrische Teile
3	Materialgemeinkosten (MGK); prozentuales Abwälzen der Kosten aus den nicht produktiven Bereichen (indirekte Kostenstelle) Einkaufsabteilung, Lagerverwaltung, Arbeitsvorbereitung. Werte zwischen 10–18% des Einkaufswertes sind übliche Aufschläge.
4	Summe der Positionen 1–3
5–7	Aufwendungen in Stunden für das Montieren, Verdrahten und die Inbetriebnahme (Prüfen) der Maschine im Werk des Lieferanten bis zur Abnahmebereitschaft der Maschine, Anlage. Montage und Inbetriebnahme im Werk des Kunden sind meist gesonderte Kostenblöcke (siehe Zeile 24). Die Berechnung erfolgt in Anzahl Stunden n multipliziert mit dem Stundenansatz A für jede Kostenstelle.
8	Summe der Positionen 5–7
9–10	Aufwendungen in Stunden für die technischen Aufwendungen am Produkt. Die Berechnung erfolgt in Anzahl Stunden n multipliziert mit dem Stundenansatz A für jede Kostenstelle. Bei Einzelprodukten (einmalige Kundenlösungen) wird hier meist die ganze Entwicklung umgewälzt.
11	Die Ausführungen von grösseren Maschinenaufträgen bzw. Maschinen mit kundenspezifischen Aufwendungen, insbesondere Anlagen, werden vielfach von einem Projektleiter geleitet. Dessen Aufwendungen sind hier einzukalkulieren.
12	Summe der technischen Positionen
13	Die Summe der Positionen (4), (8) und (12) wird als Herstellkosten (HK) bezeichnet.
14	Die Entwicklungskosten einer neuen Maschine (Serienprodukt) betragen zum damaligen Zeitpunkt den Betrag X. Schon während der Planung der Entwicklung wurde festgelegt, dass diese Kosten auf n Maschinen umgewälzt werden sollen. Dieser Amortisationswert geht hier in die Kalkulation ein. Die Zeile 14 entfällt in jenen Fällen, wo es sich um eine einmalige Produkterstellung handelt und die technische Aufwendungen in Zeile 9, 10 vollumfänglich enthalten und abgegolten sind (siehe nächstes Kapitel).
15	Es handelt sich hier um die internen Vertriebskosten, d.h. die Kosten des Marketings und des Verkaufs. Diese Kostenstelle wird prozentual auf die HK bezogen. Übliche Werte für die beiden Blöcke liegen bei je rund 8–10% der HK.
16	Analog werden hier die Verwaltungskosten abgewälzt. Auch hier liegen die Beaufschlagungen bei 8–10% der HK.

Tabelle (T005kosZ) Erläuterungen zum Kalkulationsblatt

17	Vielfach wird auch die Abteilung Forschung, in der Grundlagen erarbeitet und Versuche durchgeführt werden, einzeln abgerechnet. Nicht zu verwechseln sind diese Kosten mit jenen der Technik (9–11), die direkt dem Produkt zugeordnet werden und jenen der Entwicklungsquoten (14). Die Kosten für die Forschung sind nicht direkt zuzuordnen, sondern werden in % der HK auf das Produkt umgewälzt. Auch in diesem Block können die laufenden Aufwendungen für Produktpflege und -unterhalt abgewälzt werden.
18	Die Summe der obigen Blöcke, HK + VVGK (Vertriebs- und Verwaltungskosten) + K (F+E) wird als Selbstkosten bezeichnet.
19	Addiert dazu wird nun die Marge (kalkulierter Gewinn des betreffenden Produktes) des Unternehmens.
20	Es resultiert der Preis, zu welchem das Produkt kostendeckend und mit Gewinn das Werk verlassen kann.
21	Die Dokumentation umfasst meistens die bei Maschinen umfangreiche Betriebsanleitung.
22	Für den Transport vom Werk zum Kunden muss die Maschine „transportgerecht“ verpackt werden (Luftfracht-/ Seefrachtverpackung).
23	Transport- und Zollkosten zwischen Werk und Kunde inkl. Be- und Entladen.
24	Das Aufstellen und Wiederinbetriebnehmen der Maschine beim Kunden. Teilweise werden Maschinen auch noch an einem Dritt-Ort zwischen- aufgestellt, wie z. B. beim Integrieren in eine Anlage. Damit würde sich diese Zeile noch weiter aufteilen.
25	Die Kunden müssen geschult und vielfach während einer ersten Produktionsperiode begleitet werden.
26	In diesem Block sind die externen Vertriebskosten zusammengefasst. Meist existieren Vertretungen in den unterschiedlichen Märkten, die den Verkauf vor Ort übernehmen. Man spricht hier auch von Provisionen, Händlermargen.
27	Während der Realisationszeit eines Auftrages fallen grosse Kosten an, zuerst für die Löhne in der Technik, dann für das Beschaffen des Materials und später für die Löhne in der Montage, im Prüfstand etc. Das Ziel sollte eigentlich sein, die Zahlungsfristen der Kunden mit der Kostenentwicklung zu kongruieren, damit der Lieferant nicht „die Bank“ spielen muss. Eine Zahlungskondition, die diese Bedingung mehr oder weniger erfüllt, ist: 1/3 bei Bestellung ; 1/3 bei Anlieferung ; 1/3 nach Inbetriebnahme und Abnahme durch den Kunden. Diese oder ähnliche Aufgliederungen werden vielfach praktiziert. Häufig weichen jedoch die Einkaufsbedingungen der Kunden stark von dieser Lösung ab (z. B. 100 % bei Lieferung). Die finanzielle Unterdeckung muss nun berechnet und als Finanzierungskosten ins Schema eingesetzt werden.
28	Die Summe der Zeilen 21–27 werden als Erlösminderungen bezeichnet.
29	Summe des Nettoverkaufspreises und der Erlösminderungen (20 + 28)
30	einkalkulierte Spanne für Nachlässe bei Verkaufsverhandlungen
31	Es resultiert der eigentliche Angebotspreis.

Tabelle (T005kosZ) Erläuterungen zum Kalkulationsblatt

Angaben über übliche Beaufschlagungen wie sie zu Zeile 3, 12 und 13 gemacht wurden, müssen mit Vorsicht behandelt werden, denn diese sind von Unternehmen zu Unternehmen, von Branche zu Branche unterschiedlich. Noch differenzierter sind Margen und Aufwendungen für den externen Vertrieb. Da unterscheiden sich Unternehmen, Märkte und Produkte markant. Gewisse Produkte beinhalten mehrere Vertriebsstufen bis hin zum Endkunden.

Eine Darstellung der Kostenverteilung zeigt das folgende Bild, das aus dem Investitionsgüterbereich (Werkzeugmaschinen) stammt.

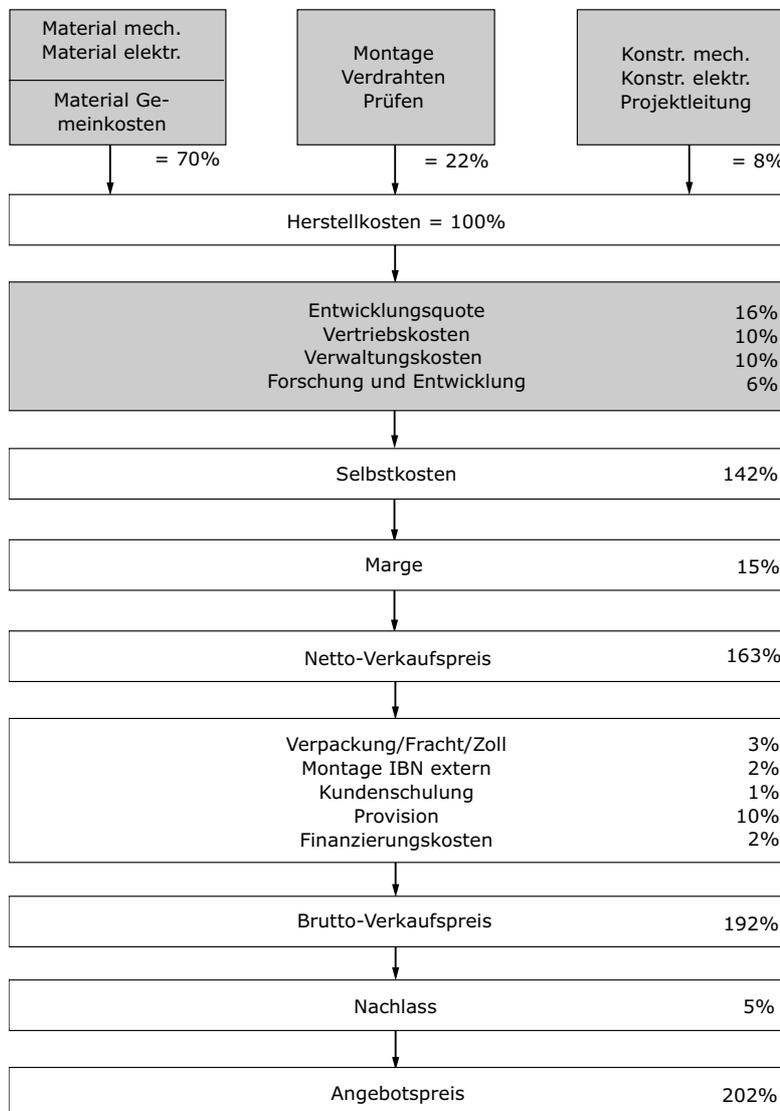


Bild (B099kosZ) Beispiel eines Kalkulationsschemas für Werkzeugmaschinen

In der Darstellung der Kostenblöcke ist gut erkennbar, wie sich die Basiskosten nach unten durchschlagen oder, anders ausgedrückt, wie z. B. ein beim Material eingesparter Franken sich mit knapp drei Franken auf den Verkaufspreis auswirkt.

5 Kosten bei Entwicklungsprojekten, Entwicklungsquote

Bei Entwicklungsprojekten wird mit denselben Mechanismen kalkuliert. Material für den Prototyp muss beschafft werden. Es fallen viele Stundenleistungen in der Entwicklung an; multipliziert mit den Stundenansatz ergibt dies die direkten Kosten des Entwicklungsteams. Die Kostenstelle Montage leistet Stunden für die Montage des Prototyps usw.

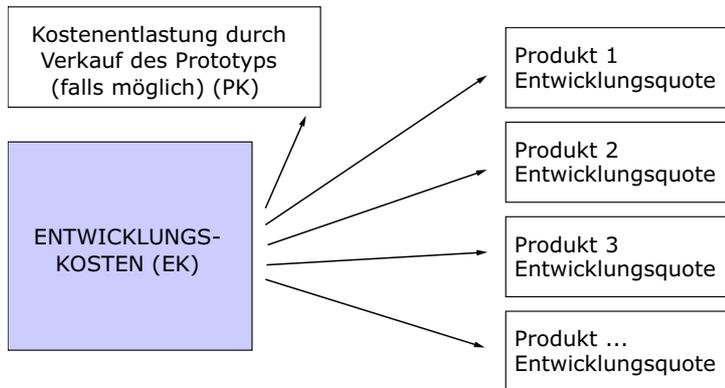
Die Unterschiede zur gezeigten Vollkostenrechnung für Entwicklungsprojekte sind:

- Zu den eigentlichen Materialkosten des Produktes (meist des Prototyps) addieren sich noch die Kosten für Muster und Versuchsstände. Gelegentlich müssen Teile sogar mehrfach hergestellt und liquidiert werden, bis ein Erfolg vorliegt.
- Externe Beratungs- und Konstruktionskosten fallen an.
- Teilweise verzichtet das unternehmensinterne Kalkulationsmodell auf Gemeinkosten für Entwicklungsprojekte.

Das Entwicklungsprojekt wird gemäss dem Kalkulationsmodell vorkalkuliert und die Gesamtentwicklungskosten werden bestimmt. Im Gegensatz zu einem Kostenträger steht diesen Kosten jedoch kein Erlös gegenüber.

Die Summe aller Kosten auf der Ebene der Herstellkosten ist als Vorinvestition zu sehen, bei der erst zu einem späteren Zeitpunkt, nämlich dann, wenn die erfolgreichen Produkte in den Verkauf gelangen, ein Gewinn erzielt wird.

Im Markt-Leistungs-Profil wird budgetiert, wie viele dieser Produkte in Zukunft verkauft bzw. auf wie viele Produkte diese gesamten Kosten verteilt werden sollen. Für das Marketing selber, aber auch für das Entwicklungsteam ist es wichtig, die maximalen Kosten und die budgetierte Zahl der Verkäufe, verteilt über die Jahre, zu kennen. Dies definiert die Entwicklungsquote. Durch jeden Verkauf der Produkte fließt über diese Quote ein Teil des investierten Kapitals zurück. Teilweise kann der Prototyp verkauft werden (z.B. bei grösseren Maschinen), dies entlastet den Kostenträger zusätzlich.



$$\frac{\text{EK} - \text{PK}}{\text{Anzahl Produkte}} = \text{Entwicklungs-Quote}$$

Bild (B010kosZ) Beispiel eines Kalkulationsschemas für Werkzeugmaschinen

Falls mehr Produkte als für die festgelegte Zeit budgetiert verkauft werden, sind die **Entwicklungskosten** früher amortisiert, und wir können früher als geplant

- höhere Gewinne realisieren (die Quote wird zu Gewinn),
- neue Produktentwicklungen vorfinanzieren,
- die Preise senken, indem auf die Quote verzichtet wird (siehe z.B. Computer-Chips).

Umgekehrt gilt aber auch, dass bei zu tiefen Verkaufszahlen die Entwicklungskosten länger „hängen bleiben“ und die Konkurrenz vielleicht früher die Preise senken kann.

Wir sehen diesen Mechanismus sehr gut auf der Lebenskurve.

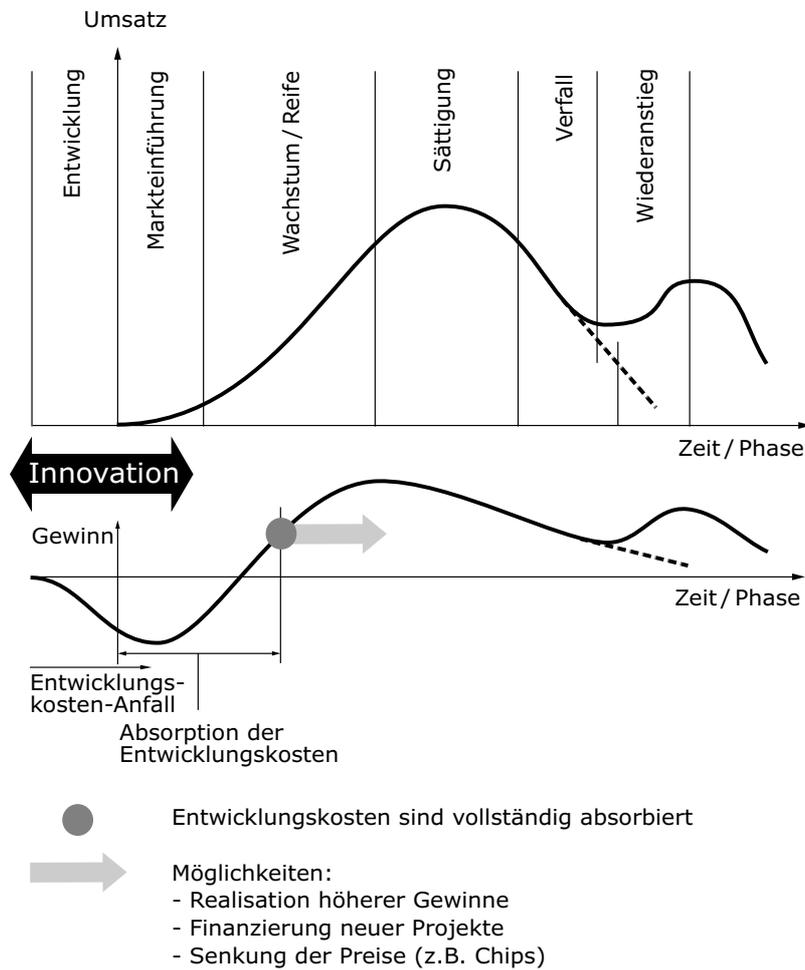


Bild (B011kosZ) Lebenskurve eines Produktes

6 Methoden des Kostenmanagements

Für das Kostenmanagement innerhalb eines Entwicklungsprojektes existieren verschiedenste Methoden, wie

- **Target Costing:** Ermittlung von Marktpreisen mit den Zielkosten pro Baugruppe,
- **ABC-Analyse:** Analyse der Kostenstruktur eines Produktes

Es existieren auch viele Richtlinien (Gerechtheiten, design to x), wie Teile zu gestalten sind, damit sie die Anforderungen im Hinblick auf Funktion und Qualität erfüllen. Viele der Gestaltungsrichtlinien haben direkt oder indirekt auch das Ziel, Kosten der Fertigung zu reduzieren.

7 Zusammenfassung

Produkte müssen eine Wirtschaftlichkeit sowohl für die Kunden als auch für die Unternehmung aufweisen. Die Einflüsselemente der Wirtschaftlichkeit werden durch die Entwicklung dominant beeinflusst. Kostentransparenz in Struktur und Inhalt ist für die Entwicklungsteams sehr wichtig. Kosten im Unternehmen werden durch definierte Verteilschlüssel auf Kostenstellen übertragen und von dort auf die Kostenträger umgelegt. Dabei sind die Herstellkosten als Summe der Materialkosten und der Materialgemeinkosten sowie aller direkten Kosten eine für das Entwicklungsteam relevante Bezugsgrösse.

Entwicklungsprojekte werden ebenfalls auf Herstellungs- oder Selbstkostenbasis kalkuliert und erfasst. Die Gesamtkosten werden als Entwicklungsquote auf die verkauften Produkte abgewälzt.

Verständnisfrage 1

Wie viel Prozent der Produktionskosten werden durch das Entwicklungsteam direkt oder indirekt beeinflusst?

Verständnisfrage 2

Erklären Sie in eigenen Worten den Begriff der Kostenstelle. Welche Kosten trägt die Kostenstelle und geben Sie Beispiele solcher Kostenanteile.

Verständnisfrage 3

In der Motivation haben wir ein Unternehmen vorgestellt, das Kinderfahrräder, Mountainbikes und Anhänger sowie neu auch Schaltungen herstellt. Das Unternehmen bietet Zwischenhändlern ausserdem einen Service für die Produkte.

Welches sind sinnvolle Kostenträger? Erstellen Sie Listen und benennen Sie diese.

Verständnisfrage 4

Sie betreiben eine mechanische Werkstatt und nehmen Aufträge für die Teilefertigung an. In einer groben Kostenstellenstruktur wurden alle Fertigungsbereiche in einer Kostenstelle zusammengefasst und es wurde ein Stundensatz von Fr. 60.– ermittelt. Eine feinere Strukturierung führte zu den drei Kostenstellen: Dreherei, Bohrerei und Fräserei mit Stundensätzen von 50.–/40.–/90.–.

Was sind die Vor- und Nachteile der gröberen und der feineren Struktur?

Verständnisfrage 5

Sie sind für die technische Bearbeitung von Kundenaufträgen (Varianten- und Anpassungskonstruktion) verantwortlich und erhalten die konkreten Aufgaben direkt vom Verkauf. Diese Konstruktionsaufgaben beschäftigen während des Jahres rund 1/3 Ihrer Mitarbeiter mehr oder weniger auf konstantem Niveau. Im Frühjahr informiert Sie der Verkaufsleiter, dass ein externes Ingenieurbüro freie Kapazität hat und zu einem rund 30% tieferem Kostensatz arbeitet. Er beabsichtigt, einen grösseren Anteil der Konstruktionsaufträge diesem Büro zu übertragen, um Kosten zu sparen.

Wie argumentieren Sie?

Verständnisfrage 6

Wie setzen sich die Kosten einer Produkt-Entwicklung zusammen?
Was ist die Entwicklungsquote?

Antwort 1

Es existieren Untersuchungen, die den Anteil auf 70–80% beziffern.

Ein konkretes Beispiel zeigt die enorme Wirkung jeder Entwicklungshandlung:

- Ein Konstrukteur legt eine Oberflächengüte N6 fest, obschon nur N8 notwendig wäre.
- Seine Handlung ist in Sekunden vollbracht, indem im CAD das Element gewechselt wird.
- Die Auswirkung ist ein zusätzlicher Fertigungsprozess, wahrscheinlich Schleifen. Ein grosser Kostenanteil ist festgelegt.

Antwort 2

Die Kostenstelle ist eine organisatorische Einheit in einem Unternehmen. Die Kostenstelle trägt alle Kosten, die sie verursacht, bestmöglich:

- Personalkosten der Mitarbeitenden in der Kostenstelle
- Platzkosten
- Kapitalkosten
- Weiterbildung
- Spesen
- ...

Antwort 3

z.B.	oder	oder
Kostenträger:	Kostenträger:	Kostenträger:
Kinderfahrräder	Fahrräder	Fahrzeuge
Mountainbike	Anhänger	Schaltungen
Anhänger	Schaltungen	Service/Ersatzteildienst
Schaltungen	Service/Ersatzteildienst	
Service/Ersatzteildienst		

Tabelle (T006kosZ) Beispiele Kostenträger

Antwort 4

Vorteil der groben Struktur:

- einfach zu handhaben → wenig Erfassungsaufwand in der Fertigung notwendig.

Nachteil der groben Struktur:

- die Bohrerei wird zu teuer angeboten und ist nicht konkurrenzfähig → Aufträge nehmen ab. Die Fräserei ist im Gegensatz dazu sehr attraktiv. Die Umsätze erhöhen sich in der Fräserei. Diese Verschiebung wird aber in der Summe nicht kostendeckend sein (Quersubventionierung) und ein Verlust wird daraus resultieren.

Antwort 5

Ihre Kostenstelle hat die Kosten und die zu leistenden Stunden budgetiert und Sie sind darauf angewiesen, dass die Stunden auch geleistet werden können. Dem Unternehmen würden doppelte Kosten entstehen: diejenigen Ihrer Kostenstelle (da Sie wegen vieler Fixkosten Ihre Kosten gar nicht so schnell abbauen können) plus diejenigen Kosten für das externe Büro. Langfristig müssen Sie natürlich mit Ihrem Kollegen ins Gespräch kommen und diskutieren, was Ihre Leistungen sind im Vergleich mit externen Büros. Intern müssen Sie die eigenen Kostenstrukturen permanent überprüfen und minimieren.

Antwort 6

- Die Entwicklungskosten gliedern sich in
 - Kosten für die Stundenleistungen des internen Teams

- Kosten für externe Entwicklungsteams, Experten und Patente
- Materialkosten für Prototyp
- Versuchsmaterial, Machbarkeitsstudien, Muster
- Prüfeinrichtungen
- Liquidationsmaterial
- Montagekosten
- Prüfkosten, Tests
- Amtliche Abnahmen
- ...
- Die Entwicklungsquote ist der Kostenanteil an den Gesamtkosten, der von jedem verkauften Produkt getragen wird.

Relevante Cases

- [Getriebe Nachkalkulation](#)

Publikationsverzeichnis – Literatur

- [1] Haberstock, Lothar (2004): Kostenrechnung I. Einführung; 12. Auflage, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- [2] Haberstock, Lothar (2004): Kostenrechnung II. (Grenz-) Plankostenrechnung; 9. Auflage, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- [3] Schwab, Adolf J. (2003): Managementwissen für Ingenieure; dritte, neubearbeitete Auflage, Springer, Berlin
- [4] Seibert, Siegfried (1998): Technisches Management; Teubner, Stuttgart
- [5] Seiler, Armin (2001): Accounting. BWL in der Praxis 1; 2. Auflage, Orell Füssli, Zürich

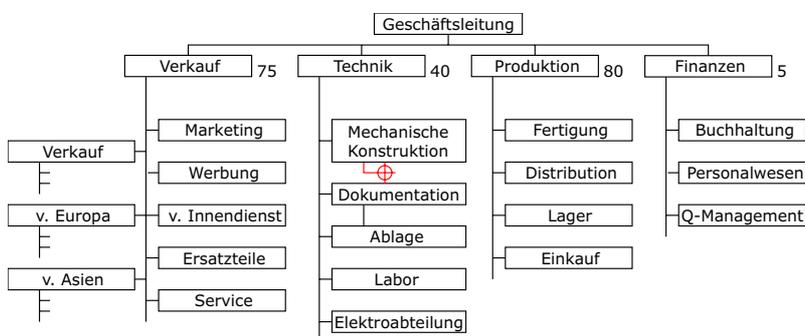
Organisation

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation

Das Unternehmen „Elektro Bat“ stellt Batterien für Elektrofahrzeuge her. Sie sind MitarbeiterIn und arbeiten in der Abteilung „Technik“, dort als **Projektleiter** in der mechanischen Konstruktion (siehe **Organigramm**).



Firmengröße: 200 Mitarbeiter xy :xy Anzahl Mitarbeiter/innen in Abteilung
 ⊕ Ihre Position: Projektleiter in der Abteilung mechanische Konstruktion

Bild (B005orgZ) Organisationsform eines Unternehmens

Eine neue Produktplattform für Roller soll entwickelt werden und Sie sollen dieses Projekt leiten.

- Überlegen Sie sich eine sinnvolle Organisationsform und Teamzusammensetzung für dieses Projekt.
- Überlegen sie sich die Personengruppen, welche in einem Kommunikationskonzept berücksichtigt werden sollen.

Diskussion der **Organisation**: Es handelt sich um eine anspruchsvolle Neuentwicklung. Deshalb wird es sinnvoll sein, ein eigenständiges, freigestelltes **Team** zu bilden. Das Team könnte folgende fünf Mitglieder umfassen:

- Projektleitung (Sie)
- Eine Person aus der mechanischen Konstruktion
- Eine Person aus der Elektroabteilung
- Eine Person aus dem Marketing für das Produktmanagement
- Eine Person aus dem Labor

Die Zusammensetzung des **Lenkungsausschuss** präsentiert sich wie folgt:

- Geschäftsleitung
- Verkaufsverantwortliche aus den Ländern
- Q-Verantwortliche
- Einkauf
- Produktionsleiter
- Serviceperson (unter Umständen erweitertes Team)

Zu folgenden Stellen wird die Kommunikation errichtet:

- zum Lenkungsausschuss
- zu den einzelnen Abteilungen
- zu den Ländervertrieben
- innerhalb des Teams

Lernziele

Die Studierenden:

- kennen die häufigsten Organisationsformen in Unternehmen und können diese unterscheiden,
- können die Vor- und Nachteile von Entwicklungsprojekten abschätzen,
- überblicken die Organisation eines Teams und können die einzelnen Funktionen erläutern,
- sind in der Lage die Elemente der Kommunikation in der Produkt-Entwicklung aufzuzählen und zu zuordnen,
- können die Unterschiede und einige Beispiele von **Widerständen** und Konflikten aufzählen.

Einleitung

Eine Produkt-Entwicklung erfolgt nie durch eine Person alleine. Immer ist es eine Gruppe von Personen, die unterschiedliches Wissen und Erfahrungen zu einem Ganzen vereinen.

Die Bedeutung dieser Entwicklungsgruppe, deren Organisationsform und die Zusammenarbeitsregeln mit den darin auftretenden **Konflikten** und Verhaltensmustern wird hier vorgestellt.

In der Praxis hat es sich mit aller Deutlichkeit gezeigt, dass dem „wie“ der Zusammenarbeit grösste Aufmerksamkeit zu widmen ist, besonders in Entwicklungsprojekten. Vielfach scheitern Arbeiten nicht an der Technik, nicht an Sachfragen, sondern an den menschlichen Aspekten, welche nicht oder unzureichend berücksichtigt wurden.

Mit dem Wandel unserer Unternehmensstrukturen von der hierarchischen Autorität zur **Prozessautorität** hat sich die Form der Zusam-

menarbeit stark zugunsten der Teamorganisation gewandelt bzw. befindet sich inmitten des Wandels.



Bild (B001dokZ) Arbeiten im Team

2 Organisationsformen in Unternehmen

Jedes Unternehmen besitzt eine **Aufbauorganisation**. Die Art und Weise wie diese strukturiert ist, hängt einerseits vom Produkt ab, das gefertigt und vertrieben wird. Dabei kann unterschieden werden, ob es sich um ein Standardprodukt oder um ein kundenspezifisches Produkt, ein technisches Investitionsgut oder um ein einfaches Konsumgut, usw. handelt. Andererseits hängt die Organisationsform auch stark von der Grösse des Unternehmens ab. Ein Grossunternehmen (vielfach ab 500 Mitarbeitenden so genannt) oder ein so genanntes **KMU** (kleine und mittlere Unternehmen) haben sinnvollerweise unterschiedliche Bedürfnisse an die Aufbauorganisation. Die Form kann natürlich von vielen weiteren Aspekten abhängen, von der geschichtlichen Entwicklung des Unternehmens, bis zu den Charakteren der Führungspersonen, usw.

Ganz grob kann unterschieden werden in:

- **Linienorganisation** (an Funktionen orientiert)
- **Spartenorganisation** (an Objekten orientiert)
- **Matrixorganisation**

Die Aufbauorganisation wird im Unternehmen im Organigramm abgebildet. Die meisten Unternehmen arbeiten nicht rein gemäss den ersten beiden oben genannten Aufbauorganisationen, sondern ergänzen diese durch abteilungsübergreifende Projekte (**Projektorganisation**).

Bei einer starken Ausprägung von abteilungsübergreifenden Projekten sprechen wir von einer Matrixorganisation. Die Beschreibung der Organisation umfasst nicht nur die (im Organigramm dargestellte) Aufbauorganisation, sondern auch die **Ablauforganisation**, die Form wie eine Tätigkeit im Unternehmen durchgeführt wird.

Die Aufbau- und die Ablauforganisation einer Unternehmung sind in der Regel im Qualitätsmanagement, zertifiziert nach ISO 900x, festgehalten.

Für die Produktentwicklung ist es wesentlich, die Aufbau- und Ablaufformen im Überblick und die Vor- und Nachteile zu kennen.

2.1 Linienorganisation

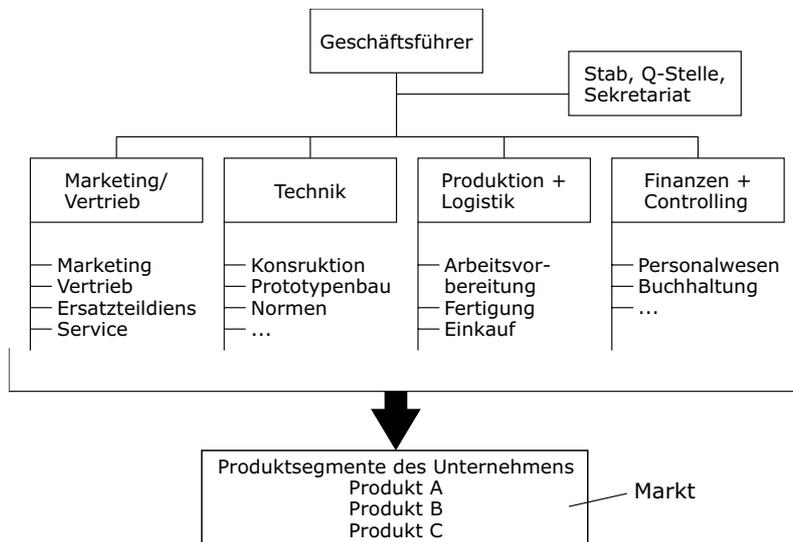


Bild (B002orgZ) Konventionelle Aufbau-Organisation

Diese Linienorganisation (auch funktionale Organisation genannt) kennt eine starke Auftrennung der einzelnen Disziplinen in Abteilungen. Die Produkte werden in der Abteilung „Technik“ entwickelt, in der „Produktion / Logistik“ hergestellt, durch das „Marketing / Vertrieb“ auf den Markt gebracht. Die Gruppierung und Namensgebung variiert natürlich von Betrieb zu Betrieb.

Die verschiedenen Produkte A, B, C, werden in der konventionellen Linienorganisation wenig unterschieden.

Diese Organisationsform ist immer dann sinnvoll, wenn es sich um klar festgelegte Abläufe in der Wertschöpfung handelt, wo die gegenseitige Abhängigkeit bzw. der Informationsfluss klein ist, bei klar definierten Aufgaben mit Verantwortungsteilung.

Nachteilig daran ist der sequentielle Informationsfluss (tayloristischer Ablauf) und die Gefahr von Informationsverlust bzw. Informationsverfälschung von Bereich zu Bereich, vielfach sogar zwischen den einzelnen Mitarbeiter bzw. Mitarbeiterinnen. Bei einer Produkt-Entwicklung ist der notwendige Informationsfluss sehr gross. Ein Produkt entsteht im wesentlichen durch die Akkumulation von Informationen verschiedenster Disziplinen.

Die Linienorganisation hat sich für Produkt-Entwicklung als absolut unzureichend erwiesen, weil der Ablauf (Ablauforganisation) durch

das sequentielle Vorgehen zu lange dauert und dabei viele wichtige Informationen verloren gehen. Der Ablauf zwischen den Linieneinheiten ist meist mittels Dokumenten organisiert. Eine Linieneinheit startet ihren Prozess, wenn das Eingangsdokument (z.B. Spezifikation des Kunden) vorliegt. Man spricht auch von dokumentbasierter Ablauforganisation.

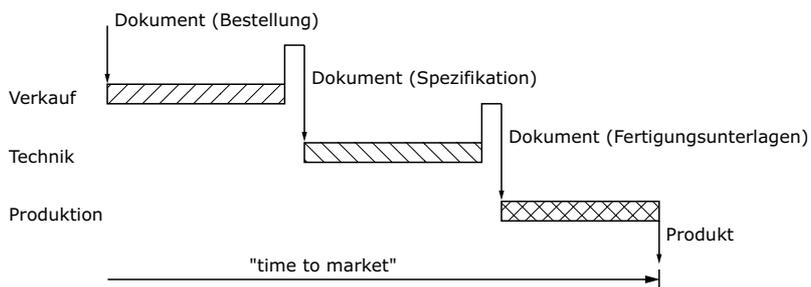


Bild (B007orgZ) Dokumentbasierter Informationsfluss bei der Produkt-Entwicklung

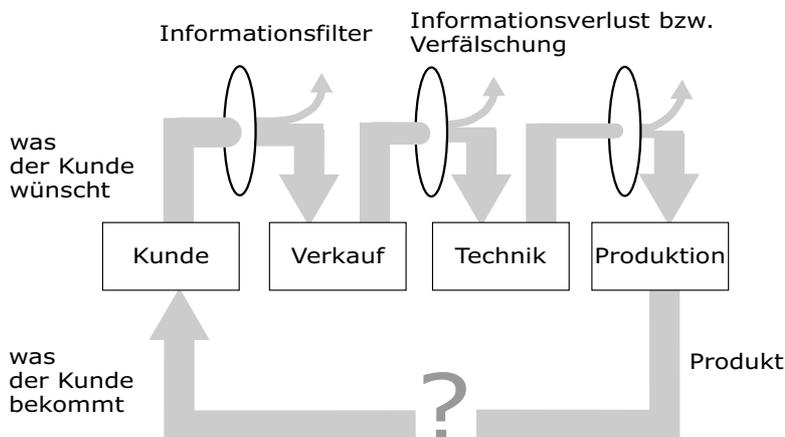


Bild (B003orgZ) Schwerfälliger und unsicherer Informationsfluss für Produkt-Entwicklung

Produkt-Weiterentwicklungen, -Modifikationen und -Verbesserungen, können aber in dieser Organisationsform sinnvoll abgewickelt werden.

2.2 Spartenorganisation

Jedes Produkt hat eine eigene Charakteristik, unterschiedliche Bedürfnisse an die Weiterentwicklung, unterschiedliche Logistik- und Herstellungsprobleme, unterschiedliche Marktmechanismen. Die Linienorganisation unterscheidet dies unzureichend.

Viele Unternehmen (hauptsächlich grössere) organisieren sich infolge dieser fehlenden Fokussierung um und bilden spartenorientierte Strukturen. Die Produktplattformen, bzw. **Marktleistungen** werden zu Gruppen zusammengefasst, welche ähnliche Charakteristiken haben. Meist stehen die Marktaspekte für die Gruppierung im Vordergrund (Marktsegmente). Jede Sparte funktioniert wie ein kleines Unternehmen, hat meist eigene Technik, einen eigenen Verkauf usw.

In dieser Organisationsform sind einzelne Bereiche anzutreffen, die noch zentral organisiert werden (siehe im Bild z. B. die Produktion und Administration).

Die Spartenorganisation hat vor allem den Vorzug, dass sie sich am Markt fokussiert und gezielt die Prozesse und Produkte im Unternehmen auf diese Märkte ausrichtet. Auch die kontinuierliche Verbesserung von Produkten ist in der Sparte sehr effektiv.

Probleme mit dieser Organisationsform treten vor allem auf, wenn es sich um Produkt-Neuentwicklungen handelt. Die Sparte hat nicht die kritische Grösse, um ein eigenes Entwicklungsteam bereitzustellen, das sich gezielt dieser anspruchsvollen Aufgabe widmen kann. Vielfach führen Spartenorganisationen eine zentrale Entwicklungsabteilung, zuständig für alle Sparten.

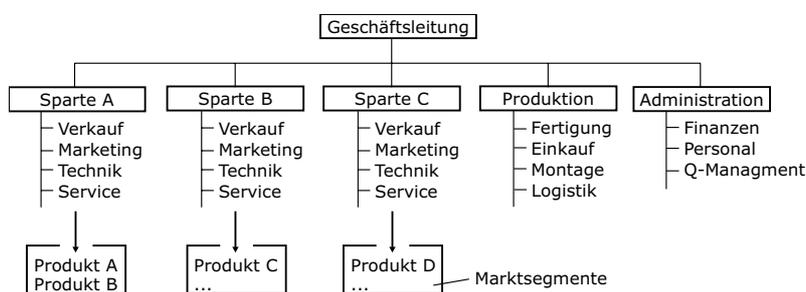


Bild (B801orgZ) Spartenorientierte Aufbauorganisation

2.3 Matrixorganisation

In Unternehmungen, in denen anspruchsvolle technische Produkte oder Anlagen verkauft, angepasst an unterschiedliche Kundenbedürf-

nisse, projiziert und gebaut werden, haben die Information und Koordination über die Bereiche hinweg grosse Wichtigkeit. Eine Matrixorganisation, auch unter dem Namen Projektorganisation bekannt, bei der die Linien- bzw. Spartenorganisation durch abteilungsübergreifende Projekte ergänzt wird, eignet sich für diesen Zweck. **Projektleiter** koordinieren, leiten und steuern nun die Projekte quer durch einen Linien- oder Spartenorganisierten Betrieb. Wir könnten die Projektleiter auch als Informations-Läufer in bestehenden Aufbauorganisationen bezeichnen.

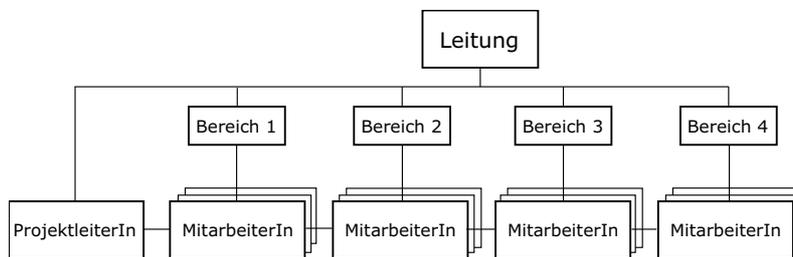


Bild (B805orgZ) Matrixorganisation (Projektorganisation)

Ausgestattet mit allen notwendigen Kompetenzen, dem Wissen und den Werkzeugen des **Projektmanagements** werden die Projekte durch die Projektleitung bereichsübergreifend der Vollendung entgegen koordiniert. Bezeichnend an dieser Organisation ist, dass die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in ihren Bereichen verbleiben und nur kurzfristig von der Projektleitung zugewiesene Projektaufgaben erfüllen und sich danach wieder anderen, bereichsinternen Aufgaben widmen können. Die Projektleitung ist häufig direkt der Geschäftsleitung oder einem anderen Bereich personell angegliedert. Die Vorteile dieser Organisationsform ist offensichtlich:

Projekte können quer über die Bereiche (oder auch Sparten) formuliert und zielorientiert bearbeitet werden. Auch werden die Informationen weniger gefiltert und sind somit qualitativ besser.

Nachteilig ist, dass die Projektmitarbeiter und Mitarbeiterinnen in Prioritätskonflikte geraten können und sich häufig die Frage stellen: „Ist die Aufgabe in einer Linie oder im Projekt wichtiger?“

Rollenkonflikte in Produkt-Entwicklungsprojekten sind in einer Matrixorganisation meist vorprogrammiert.

3 Organisation im Projekt: Teamorganisation

Die bildhafte Geschichte von den vier Personen namens Jeder, Einer, Irgendeiner und Niemand:

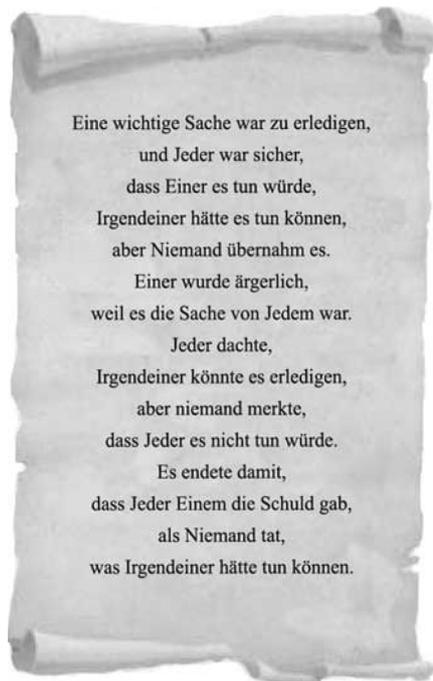


Bild (B101orgZ) Geschichte von Jeder, Einer, Irgendeiner und Niemand

Die Organisationsform der Projektabwicklung, die sich am besten für Produkt-Entwicklungsprojekte eignet, ist erwiesenermassen die **Teamorganisation**.

Definition: Das Team ist ein soziales Gebilde auf Zeit, in der Menschen zur Erreichung eines besonderen, einmaligen Ziels zusammenarbeiten.

Dabei sind zwei Kernaussagen wesentlich:

- Die Organisationsform ist auf Zeit; nach Ablauf dieser Zeit wird das Team wieder aufgelöst.
- Das Ziel ist einmalig. Die Organisationsform wird selten für wiederkehrende Aufgabenstellungen verwendet.

Ein Team ist auch während des Projektes kein starres Gebilde, sondern wird sich im Verlaufe eines Projektes den Phasen „sanft“ anpassen und verändern (neue Mitglieder stossen zum Team, andere Disziplinen

werden wichtiger, neue Teil-Gruppen werden gebildet etc.). Schwierig ist diese Organisationsform deshalb, weil das Denken und Handeln in unserer Arbeitswelt nicht genügend die dafür notwendige Basis zur Eigeninitiative und Eigenverantwortung bereitstellt. Wir sind an Obrigkeiten und Befehlsgeber gewöhnt. In uns steckt das Bedürfnis nach Strukturen, Orientierung und Sicherheit. Die neue Arbeitsform, auf Selbstinitiative und -verantwortung ausgerichtet, macht vielen Menschen Angst.

Für die Teamorganisation gilt:

- Das Team zeichnet sich durch Organisieren, Entscheiden und Ausführen auf derselben Arbeitsebene aus.
- Das Team leistet nicht nur ausführende Arbeit, sondern ist auch für seine innere Organisation verantwortlich.
- Jedes Teammitglied ergreift Initiative und übernimmt Verbindlichkeit und damit auch Führung.

Teamarbeit ist dort sinnvoll, wo komplexe, interdisziplinäre Abhängigkeiten bestehen, wenn komplexe Informationsverknüpfungen vorliegen, wenn Lösungswege und Entscheide nicht klar und eindeutig sind, sondern abgewogen werden müssen, wenn viele Aspekte unterschiedlicher Disziplinen einfließen, wenn Kreativität gefragt ist usw., also ideal bei Entwicklungsprojekten.

Für eine Produkt-Entwicklung hat sich die folgende Organisationsstruktur, bewährt:

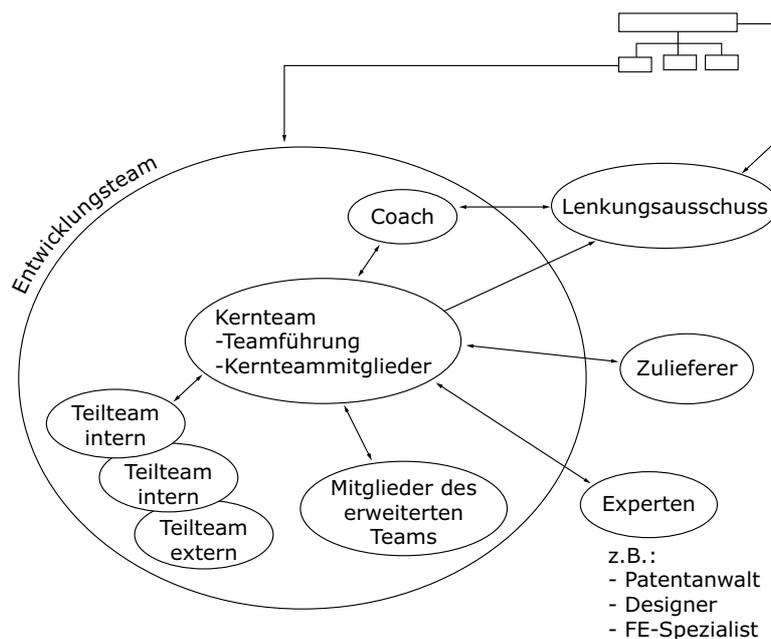


Bild (B006orgZ) Die Struktur des Entwicklungsteams

Die Aufgabenteilung und Anforderungen an die einzelnen Gruppen sind im Folgenden erläutert.

3.1 Teamführung

Das Team ist eine Organisationsform die nicht als ein chaotisches, anti-autoritäres Gerüst verstanden werden darf. Der Unterschied zu konventionellen Hierarchieformen liegt in der Art und Weise „wie geführt wird“ (**Teamführung**). Hier wird von teamorientiertem kooperativem Führungsstil gesprochen. Das bedeutet, dass der Teamleiter oder die Teamleiterin Prozessautorität auf Zeit hat.

Von der Teamleitung werden folgende Kompetenzen erwartet:

- hohes Fachwissen auf einem oder mehreren Teilgebieten des zu entwickelnden Produktes,
- Methodik, Didaktik,
- Organisation (Projektmanagement, ...),
- Unternehmerisches Denken (Entscheidungsfähigkeit, Blick für das Ganze, vernetztes Denken, Durchsetzungskraft) und
- soziale Kompetenz.

Zu den konkreten Aufgaben des Teamleiters bzw. der Teamleiterin gehören:

- Projekte strukturieren, leiten und überwachen
- organisatorische Aspekte wie zu Sitzungen einladen, Traktanden festlegen, Besprechungen und Moderationen vorbereiten, leiten usw.
- Stärken bzw. Schwächen der **Teammitglieder** erkennen, Chancen und Risiken erkennen und Synergien schaffen, Konflikte erkennen und lösen
- Informationen und Resultate des Teams sammeln, daraus neue Aufgaben strukturieren und diese an die Mitglieder verteilen
- Teamarbeit bedeutet nicht, gemeinsam an einer Tätigkeit zu arbeiten, sondern die Aufgabe geschickt zu verteilen und wieder zu einem Ganzen zusammenzufügen und somit die Effizienz zu steigern
- Termine überwachen
- als Motivator und Taktgeber der Gruppe fungieren
- auch selber ein Mitglied sein und aktiv mithelfen
- als Sprachrohr bzw. Kommunikator nach aussen auftreten und damit auch die Aufgabe der Akzeptanzförderung im Umfeld bewältigen, Resultate präsentieren.

Eine zwischen den Mitgliedern rotierend gestaltete Teamleitung kann angewendet werden, ist aber etwas aufwändiger.

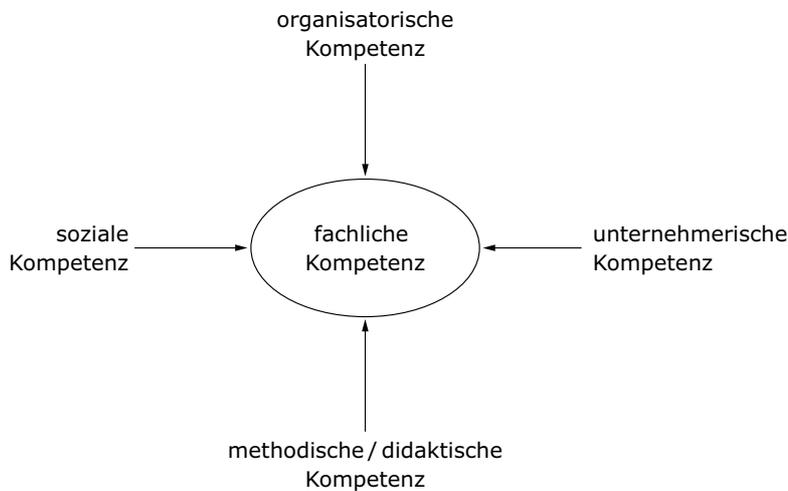


Bild (B008orgZ) Anforderungen an die Teamleitung

Diese Ausführungen zeigen, dass in Bezug auf die Wahl der Teamleitung keine Kompromisse eingegangen werden dürfen, sondern nur die besten Kandidaten bzw. Kandidatinnen in jeder Beziehung in Frage kommen.

Goldene Regeln für motivierendes Führungsverhalten

- Information optimieren.
- Zur Zielsetzung und -erreicherung anleiten.
- Periodisch Standortbestimmung / Bewertung durchführen, Zeitpunkt für Intervention erkennen.
- Verständnis für das Menschliche auf der Gegenseite zeigen, Spannungen abbauen.
- Den anderen Teammitgliedern Vertrauen, Hilfsbereitschaft und Sympathie entgegenbringen.
- Vorbildlich wirken bzw. vorausgehen.
- Zuverlässigkeit beweisen.
- Durch Sachlichkeit den Überzeugungsprozess positiv gestalten.
- Zur Leistung motivieren.
- Durch gute Fragen das Mitdenken herausfordern.
- Gut und geduldig zuhören.
- Erfolge bewusst machen, verdiente Anerkennung gewinnend aussprechen.
- Kritik in Gestalt förderlicher Anregung klar kommunizieren und Hilfe vermitteln.

- Durch Erfüllen eigener Versprechen die gute Beziehung bestätigen.
- Gut und interessant instruieren.
- Optimale Einführung in Aufgabe und Verantwortung.
- Anpassung der Aufgabenstellung an die Fähigkeiten.
- Gutes Teamklima fördern und den Arbeitsplatz optimieren.
- Mitsprache und Mitbestimmung ermöglichen, Dominanzen mindern.
- Förderung und Weiterbildung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.
- Gerecht und erfolgsbasiert entlohnen und befördern.

Denkanstoss: Führen im Team heisst, andere zum Erfolg kommen zu lassen!

3.2 Teammitglieder

Wenden wir uns zuerst der optimalen Grösse eines Teams zu. Es gilt zwei Widersprüche zu lösen: Die Forderung nach möglichst viel Informationen aus den verschiedenen Fachwissen tendiert zu grossen Teams; enge Zusammenarbeit und unkompliziertes „Management by Zuruf“ bedingen hingegen kleine Teams. Wo ist das Optimum?

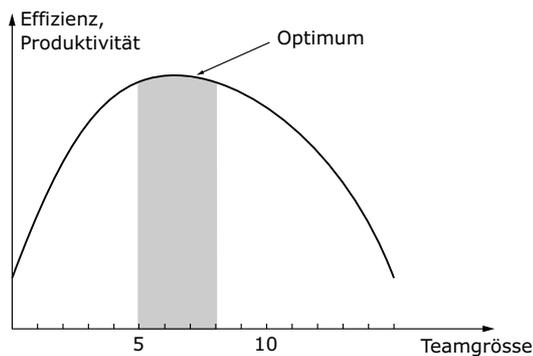


Bild (B009orgZ) Die Teamgröße bestimmt die Effizienz

Die besten Erfahrungswerte liegen bei Teamgrößen von 5–8 Personen. Nicht jedes Projekt ist jedoch mit so wenigen Personen in der dafür vorhandenen Zeit realisierbar. Bei Bedarf von grösseren Teams empfiehlt es sich, Teilteams zu organisieren, klar abtrennbare oder exakt beschriebene Aufgabenteile an diese Teilteams inner- oder ausserhalb des Unternehmens abzugeben. Die Koordination und Betreu-

ung übernimmt das **Kernteam**. Diese Aufspaltung des Gesamtprojektes bedingt eine Modulstruktur des Objektes mit klar definierten Schnittstellen und klaren Aufgabenbeschreibungen. Dies ist eine der wichtigsten Aufgaben des Teamleiters, bzw. des Kernteams.

Die Auswahl der Teammitglieder ist ein Punkt, dem grösste Beachtung zu schenken ist. Selbstverständlich sind vorerst Mitglieder zu wählen, welche zusammen die notwendige Fachkompetenz abdecken. Notwendige Fachkompetenzen sind z.B.

- mechanische Konstruktion,
- elektrische Konstruktion,
- Verfahrenswissen und
- Engineeringkompetenz.

Neben diesen rein fachlichen Anforderungen an die Teammitglieder sind auch die sozialen Aspekte zu berücksichtigen. Optimal für Teamarbeit sind die folgenden Eigenschaften:

- Initiative,
- positive Lebenseinstellung,
- positives Menschenbild (Kollegen sind Partner und nicht Gegner/Konkurrenten. Anerkennung der Leistungen der Kollegen und Kolleginnen),
- Selbstständigkeit,
- gesundes Selbstwertgefühl,
- Fähigkeit, Zusammenhänge zu erkennen und vernetzt zu denken,
- Fähigkeit, sich wechselweise auf einen Aspekt konzentrieren und den Überblick behalten zu können,
- Fähigkeit, kurzfristige Ziele zu erkennen,
- Realitätssinn,
- Fähigkeit, kreative Ideen einzubringen,
- Fähigkeit, sich von Paradigmen lösen zu können, Visionen zu entwickeln,
- Zeitgefühl haben,
- Sachverhalte analysieren, Dinge hinterfragen können,
- Fähigkeit, plan- und zielgerichtet zu arbeiten,
- Durchsetzungsvermögen,
- Entschlussfähigkeit, Optimismus,
- Zuverlässigkeit, Integrität,
- Motivationskraft, Kameradschaft, andere unterstützen können.

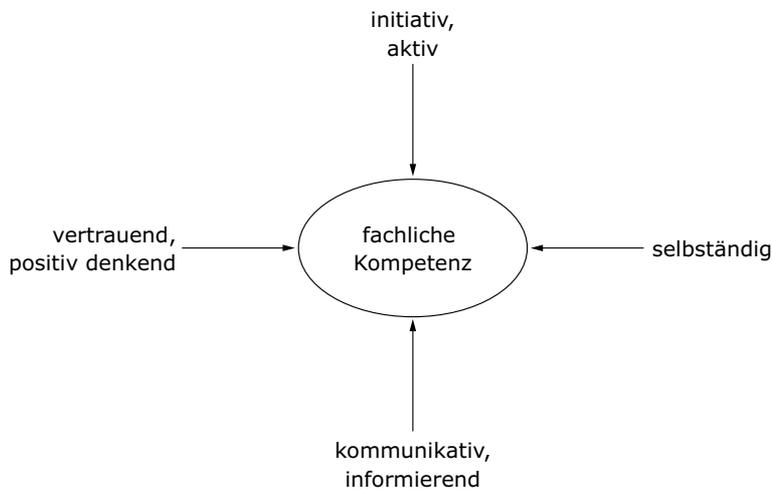


Bild (B010orgZ) Das sachlich-soziale Gleichgewicht des Teammitarbeiters

Eine Möglichkeit, Ausgewogenheit und maximale Leistungsfähigkeit im Team zu beurteilen, ist z. B. in den Theorien von Margerison & McCann gegeben, die auf der Grundlage von C.G. Jung beruhen. Danach sind Verhaltensmuster und Neigungen von Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen zu einem grossen Teil angeborene Charaktereigenschaften, die als Modell in einem Rad dargestellt werden.

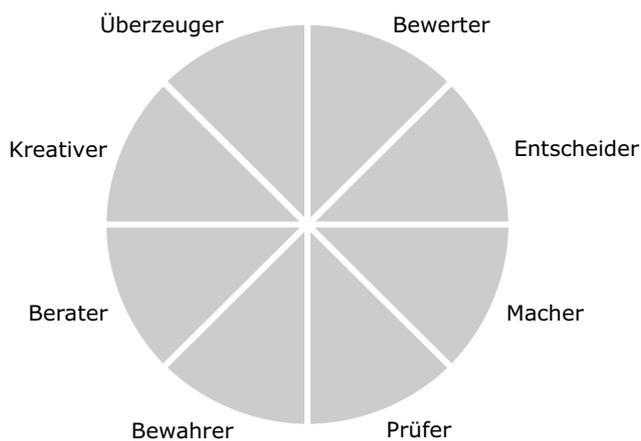


Bild (B011orgZ) Der Team-Charakterkreis nach Margerison und McCann (1990)

Der Berater:

- sammelt Informationen, stellt sie zusammen, erarbeitet Grundlagewissen, klärt Details ab,

- ist kein Organisator, kein Entscheider.

Der Kreative:

- bringt Neues ein, experimentiert,
- ordnet sich nur schwer ein,
- überwirft sich gerne mit anderen, aber sorgt für frischen Wind.

Der Überzeuger:

- behält den Überblick,
- arbeitet eher in groben Umrissen und weniger im Detail,
- kann motivieren, präsentieren, überzeugen,
- ist aufgeschlossen gegenüber Neuem.

Der Bewerter:

- prüft Informationen sorgfältig für die Umsetzung,
- schätzt Aufwendungen zur Erreichung des Ziels realistisch ein,
- ist gerne in Versuchs- und Prototyp-Phase und weniger in Serien-Aufgaben / Routine.

Der Entscheider:

- organisiert Projekte, Kapazitäten,
- setzt Ideen in die Tat um,
- Krisen, technische Probleme spornen ihn an, diese zu überwinden,
- bevorzugt Hierarchien und klare Strukturen,
- steht seinen Mitarbeitern eher unpersönlich gegenüber und schätzt deren Leistungen oft negativ ein.

Der Macher:

- führt seine Aufgaben zielsicher, mit Durchhaltevermögen und zuverlässig aus,
- ohne ihn bleiben viele Details liegen,
- Routine stört ihn nicht.

Der Prüfer:

- kann sich lange und intensiv mit einem Detail befassen,
- spürt Schwachstellen und Fehler auf,
- ist eher zurückhaltend und wenig kontaktfreudig.

Der Bewahrer:

- ist eher skeptisch gegenüber Neuem,
- stabilisiert Emotionen im Team,
- hilft, stützt Schwächere, wo nötig.

Ausgewogenheit im Team würde bedeutet, Mitglieder zu finden, die nebst der in erster Priorität notwendige fachlichen Kompetenz unterschiedlichen, im Kreis verteilten Charakteren angehören.

Das Zusammenwachsen zu einem effizienten und starken Team braucht viel Zeit. Jede Gruppe besteht zunächst aus Einzelpersonen mit unterschiedlichen Erfahrungen und Erwartungen. Durch gemein-

sames Vorwärtskommen durch Hochs und Tiefs, aber auch durch z. B. Erlebnisse auf privater Ebene wächst eine Gruppe zum Team und steigert sich dann in der Leistung kontinuierlich. Die notwendige Zeit für diesen Prozess wird vielfach unterschätzt. Einen Eindruck von den unterschiedlichen Reaktionen der verschiedenen Charakteren gibt das folgend beschriebene Experiment in einer Gruppe von Personen: Die Teilnehmer werden vom **Moderator** vorgängig gebeten, ihre unmittelbare Reaktion auf den Auftrag „Tragen Sie diesen Tisch nach draussen!“ auf eine Karte zu schreiben. Dieser kleine Auftrag kann eine Vielfalt von Reaktionen auslösen, wie z. B. „warum?“, „o.k., wer hilft?“, „passt er durch die Türe?“, „wieso ich?“, „wo draussen?“. Dieses Experiment zeigt, dass die einen den Auftrag hinterfragen, andere sofort in Planung übergehen und wieder andere den Auftrag sofort ausführen wollen.

3.3 Aufgabenteilung im Team

Auch die Teamarbeit basiert auf Arbeitsteilung, jedoch, verglichen mit Linienorganisation, auf viel kleineren Organisationseinheiten und in viel dynamischeren Zuordnungen.

Innerhalb von Entwicklungsprojekten hat es sich bewährt, die Arbeitszuteilung wiederum in zwei Dimensionen durchzuführen:

- vertikal – eher administrative und „langfristige“ Aufgaben,
- horizontal – auf Module bezogene Teilverantwortungen von Entwicklungen.

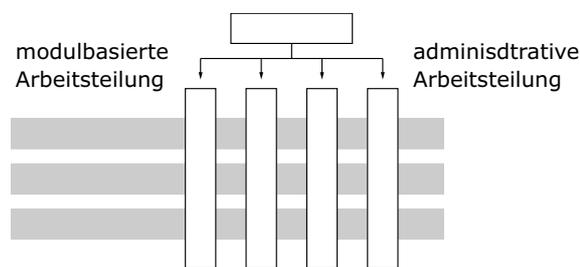


Bild (B004orgZ) Matrixorganisierte Arbeitsteilung innerhalb eines Entwicklungsteams

Administrative Arbeitsteilung

Neben eigentlicher Entwicklungsarbeit steht eine Vielzahl von eher organisatorischen Aufgaben an:

- Kommunikationsplattform/Berichtswesen unterhalten,

- Dokumente strukturieren,
- CAD-Erstellung,
- Standardisierung,
- Kosten überwachen,
- Produktion konzipieren,
- Lieferanten koordinieren und
- Teamleitung.

Die Arbeiten werden gelistet und gruppiert und den Teammitgliedern in ihre Verantwortung übergeben.

Modulbezogene Arbeitsteilung

Ein Produkt besteht meist aus verschiedenen, mehr oder weniger unabhängigen Baugruppen bzw. Modulen, welche in die Verantwortung von Teilgruppen/Teilteams übertragen werden können. Die Teilteams können dabei zum Kernteam gehören oder extern organisiert sein. Solche modulbasierte Teilteams werden definiert und erhalten ihre Verantwortung zugeteilt.

Die verschiedenen Verantwortlichkeiten, sowohl in vertikaler als auch horizontaler Ausrichtung, werden vielfach in Personalunion, d. h. einer einzelnen Person übertragen.

3.4 Erweitertes Team

Zusätzlich zu Kernteam und Lenkungsausschuss benennt man weitere Personen, welche zum erweiterten Team gehören. Diese Personen haben meist keine aktive, operative Rolle, sind jedoch stark vom Resultat des Projektes betroffen. Die Meinung und das Wissen dieser Personen kann für den Erfolg ausschlaggebend sein. Sie werden bedarfsweise zu wichtigen Meetings beigezogen. Es sind z. B. Personen aus der Montage, der Serviceabteilung, wichtige Kunden, Lieferanten, usw. Je nach Projektphase können Mitglieder des erweiterten Teams zum Kernteam stossen.

3.5 Teamzusammensetzung während dem Entwicklungsprozesse

Während einer Produkt-Entwicklung ändern sich Themenbereiche kontinuierlich, so ist beispielsweise im Markt-Leistungs-Prozess die Thematik des Marktes und der Kunden im Zentrum. Während der frühen Entwurfsphase sind es konstruktive Aspekte, in der späteren Entwurfsphase schiebt sich der Schwerpunkt in Richtung von

Produktionsthemen. Gegen Abschluss der Entwicklung hat das Marketing wieder eine grössere Bedeutung, usw.

Mit diesem Wechsel der Bedürfnisse wechselt auch der Schwerpunkt der Teamzusammensetzung dynamisch. Einzig permanent im Kernteam verbleiben Personen wie beispielsweise der Teamleiter, eine Person aus dem Marketing und evtl. aus der Produktion. In der folgenden Grafik ist diese Dynamik dargestellt:

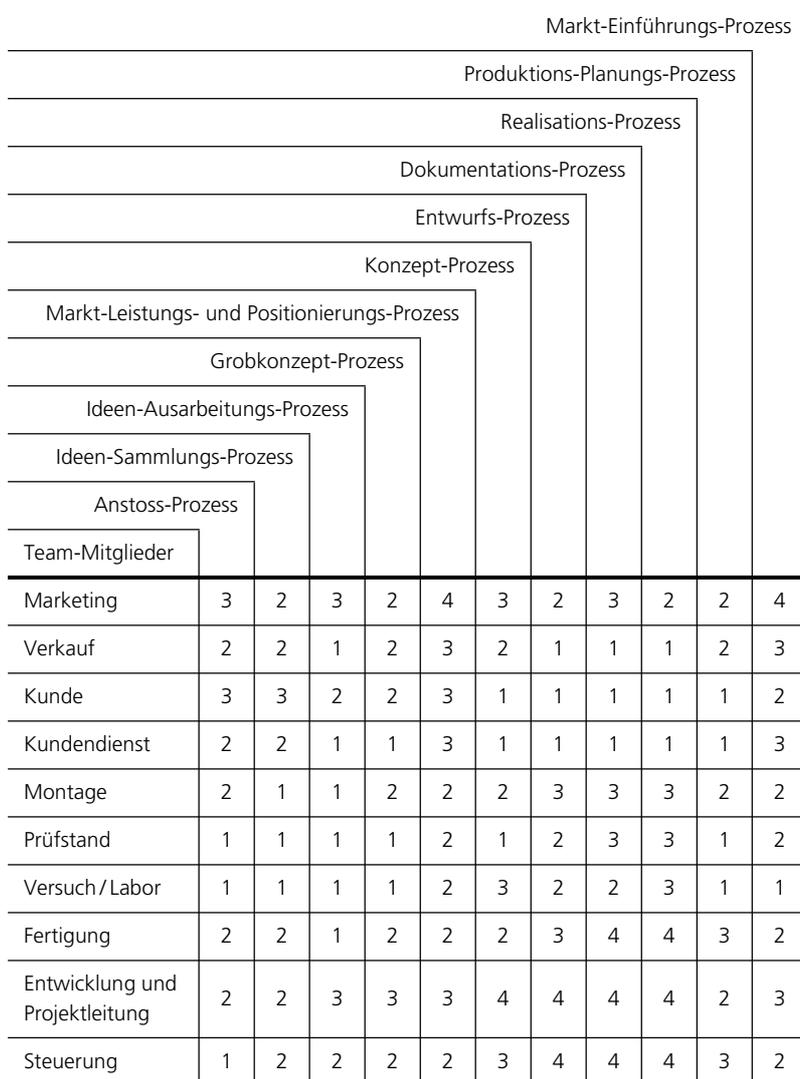


Bild (B0orgZ) Bedeutung von Team-Mitgliedern für die Teamzusammensetzung;
Legende: 1 = teilweise notwendig; 2 = wichtig; 3 = sehr wichtig; 4 = Schwergewicht

Verschiedene Gruppen und Informationsträger werden temporär in das Kernteam oder Teilteam integriert und nach Abschluss des Prozesses wieder ausgegliedert.

Hier einige Bemerkungen zu den Gruppen:

- **Aussendienst-** und Verkaufs-Mitarbeiter, ausländische Vertriebsorganisationen: Sind am nächsten bei den Kunden und sind so die Informationsträger von Kundenbedürfnissen/-unzufriedenheiten, aber auch von der Marktsituation. Dabei ist es wichtig, die regional unterschiedlichen Märkte mit ihren starken Bedürfnisunterschieden zu unterscheiden.

Die Integration der Verkaufsmitarbeiter ist häufig aus geographischen oder sprachlichen Gründen sehr aufwendig und sollte deshalb auf wenige, gezielte Treffen minimiert sein. Viele Fragen können auch mittels schriftlicher, telefonischer Umfrage (Videokonferenz) oder Checkliste abgeklärt werden.

- **Kundendienst:** In der Phase der Stärken-Schwächen-Analyse lohnt sich das Hinzuziehen des Kundendienstes. Diese Mitarbeiter sind eng mit den Schwächen und Unzulänglichkeiten der Maschine im Betrieb des Kunden und dadurch mit dem Bedürfnis des Kunden vertraut.
- **Montage-Prüfstand:** Hingegen ist das Montage-Prüfstand-Personal mit den innerbetrieblichen Problemen, der Montierbarkeit, der Einstell- und Prüfbarkeit etc. betraut.

Die inner- und ausserbetrieblichen Probleme können durchaus unterschiedlich sein und völlig verschiedene Bedeutungen haben:

- Das Montagepersonal kritisiert die schlechte Einstellbarkeit der Maschine. Dies betrifft den Kunden jedoch nicht, weil die Einstellung meist nur einmalig im Lieferbetrieb erfolgt. Daraus resultieren z. B. höhere Montagekosten.
- Der Kundendienst hingegen übermittelt die Kritik des Kunden über die schlechte Einstellbarkeit der Maschine. Er weist damit jedoch auf die Umrüstbarkeit von einem Fertigungsprodukt auf ein nachfolgendes hin. Eine Arbeit, die innerbetrieblich nicht anfällt und somit vom Montagepersonal nicht beurteilt wird.
- **Kunde:** Ein positiver Nutzen kann erzielt werden, wenn der Kunde oder eine Kundengruppe in die Entstehung der neuen Produkt-Generation einbezogen wird (**Key-Customer**). Dabei können die notwendigen Informationen direkt fließen und der Kunde (die Kundengruppe) identifiziert sich mit dem zukünftigen Produkt, weil er dessen Entstehungs- und Entscheidungs-

weg kennt. Auf diese Weise werden Widerstände gegen den zukünftigen Kauf einer neuen, noch unbekanntem Maschine zu einem grossen Teil abgebaut, und es gelangen viele Bedürfnisse in die Anforderungsliste.

- *Externe Beratung*: Externe Hilfe kann in den frühen Phasen des Innovationsprozesses nützlich sein:
 - Systematik der Markt-Leistungs-Analyse,
 - Zukunftsprojektionen und
 - Suche nach dem neuen Produkt durch Systematik, wie z.B. durch „Morphologie“.

Externe Berater haben den Vorteil, dass sie über eine vom Tagesgeschäft unbelastete und breite Sichtweise verfügen und Methodik-Kenntnisse durch ihre Beratungstätigkeit besitzen.

- *Entwickler*: Es wurde schon mehrfach erwähnt, dass die früheste Phase der Markt-Leistungs-Definition Kernaufgabe des Marketings ist. Das zukünftige Entwicklungsteam kann jedoch den Anforderungen des MLPs nur dann gerecht werden, wenn es auch über das notwendige Hintergrundwissen, die „Wenn und Aber“ verfügt. Dieses Know-how kann nur dann erzielt werden, wenn mindestens ein massgebendes Mitglied des Entwicklungsteams (vorzugsweise der/die spätere Entwicklungsleitende) von Anfang an dabei ist, teilweise zum Zuhören, teilweise für die aktive Mitgestaltung.

Diese Forderung nach der Beteiligung des Entwicklungsteams verstärkt sich gegen Ende der Ausarbeitung der Produktpositionierung, um zu gewährleisten, dass wohl hochgesteckte, aber dennoch realistische Ziele in das Pflichtenheft aufgenommen und teilweise schon richtungweisende Merkmale festgehalten werden.

Diese Anforderungsliste soll eine gesunde Mischung sein aus dem Disput zwischen Marketing und Technik.

3.6 Lenkungsausschuss

Auch ein Team arbeitet nicht im freien Raum. Ein Lenkungsausschuss lenkt und kontrolliert das Team über den gesamten Prozess, überprüft Ergebnisse und gibt die nächsten Phasen frei.

Der Lenkungsausschuss, bestehend meist aus Mitgliedern der **Geschäftsleitung**, wird periodisch vom Team über den Stand der Projekte informiert (Review-Meeting). Mindestens nach Abschluss jedes Entwicklungsprozesses, teilweise auch während eines Prozesses, sitzt das Team (oder zumindest der Teamleiter) mit dem Ausschuss zusam-

men. Das Team präsentiert dabei den aktuellen Stand, die möglichen Varianten, deren Bewertung und informiert über eigene, gefällte Entscheide; bzw. zeigt die zur Entscheidung vorbereiteten Fakten. Es zeigt auch den terminlichen und kostenmässigen Stand des Projektes. Der Ausschuss setzt sich dabei in der notwendigen Tiefe ins Bild und entscheidet über die weitere Marschrichtung, segnet Entscheide ab, setzt, falls notwendig, neue Ziele und Meilensteine oder stoppt Entwicklungsprojekte.

Solche Review-Meetings sind wichtige Meilensteine im Projekt und werden häufig moderiert. Es ist wichtig, dass ein guter Konsens erzielt wird und das Team gestärkt in die nächste Phase gehen kann.

3.7 Coach

Der Teamleiter hat oft eine Doppelfunktion: er muss führen, moderieren und gleichzeitig aktiv im Team mitgestalten. Ein nicht immer machbares Unterfangen, weil ihm z. B. noch die Erfahrung fehlt. Dann ist es sinnvoll, Hilfe von aussen zu holen. Ein **Coach** wird engagiert. Seine Aufgabe ist es, Systematik und Methodik in das Team einzubringen. Der Einsatz eines professionellen, erfahrenen Coach ist dann sinnvoll, wenn

- das Arbeiten im Team neu ist und sich alle Mitglieder noch unbeholfen darin bewegen,
- der Teamleiter seine Aufgabe noch am Lernen ist (terminlich, fachlich, menschlich usw.),
- der Teamgedanke vom Umfeld im Unternehmen nicht getragen sondern boykottiert wird oder
- ein Projekt – aus den verschiedensten Gründen – in eine Krise geraten ist.

Der Coach hilft dem Team in seiner Arbeitsweise genauso wie er auch dem Ausschuss zeigt, wie die Zusammenarbeit in Entwicklungsprojekten zu gestalten ist. Er wird jedoch nie Verantwortung abnehmen oder selber Entscheide fällen.

4 Erfolgsfaktoren der Teams

Nebst fähiger Teamleitung, bestmöglicher Wahl der Teammitglieder und guter Kooperation mit dem Ausschuss liegen noch weitere massgebende Erfolgsfaktoren für die Basis eines erfolgreichen Projektes vor:

- **Ziele:** Die Ziele des Teams müssen klar und eindeutig sein. Dieser Umstand wurde schon bei der Erstellung der Anforderungsliste betont. Die Ziele müssen, obwohl hoch gesteckt, noch realistisch sein. Die Ziele müssen von jedem Mitglied verstanden und getragen werden.
- **Planungs-Werkzeuge:** Vor allem der Teamleitung müssen die notwendigen Werkzeuge zur Verfügung stehen, um die gemeinsam verfügbare Zeit optimal planen zu können. Verschiedene Software-Pakete für Projektmanagement sind heute erhältlich.
- **CAX-Werkzeuge:** Innerhalb der späteren Phasen des Entwicklungsprojektes (Entwurfs- und Dokumentationsprozess) ist es wichtig, dass das Team auf eine moderne Infrastruktur von CAX-Werkzeugen aufbauen kann. Eine Neuentwicklung ist auch eine Chance, neue Werkzeuge in Betrieben einzuführen.
- **Entscheidungs-Kompetenz:** Dabei muss klar unterschieden werden zwischen verschiedenen Hierarchien von Entscheidungen:
 - *Linienentscheide:* Diese sind übergeordnet, z.B. von der Geschäftsleitung verfasst und müssen als Linienentscheide deklariert und eindeutig kommuniziert werden. Ihre Verbindlichkeit ist hoch und wird durch das Team akzeptiert, bzw. nur dann zur Diskussion gebracht, wenn berechtigte Zweifel darin bestehen, dass das Entscheidungsgremium unvollständige oder falsche Informationen hatte.
 - *Teamentscheide:* Dieser Entscheidung ist hingegen ein Resultat interner Diskussionen, Abwägungen aller vorhandenen Tatsachen und möglichst breiter Konsensfindung. Solche Entscheidungen sind dann in der Wirkung viel nachhaltiger und alle Beteiligte identifizieren sich damit.

Des Weiteren können noch folgende weitere Erfolgsfaktoren aufgeführt werden:

- Entwicklungs-Raum: Vorteile erzielt man durch die Zusammenlegung des Teams in einen gemeinsamen Entwicklungsort/-raum.
- Vision: Besser als eine Aufgabenstellung ist die Erzeugung einer Vision. Sagte doch schon Saint-Exupéry: „Wenn Du ein Schiff bauen willst, dann rufe nicht die Männer zusammen, um Holz und Material zu holen, sondern lehre sie die Sehnsucht nach dem weiten Meer.“
- Kommunikation/ Information: Der Kommunikation ist hohe Bedeutung beizumessen. Nicht immer arbeiten Teams am gleichen Ort. Vermehrt sind Entwicklungsteams dezentral oder aber die Treffen sind nur periodisch (z. B. 1x pro Woche) möglich, und zwischen diesen Treffen arbeiten alle Mitglieder individuell an der persönlichen Arbeit. Es lohnt sich, von Anbeginn ein Informationskonzept aufzustellen, z. B. e-mail, Internet-Pages, PDM. Resultierend auf solchen Mitteilungen können sich auch zwischen den Treffen Teilgruppen kurzfristig treffen, um die Arbeit vorwärts zu bringen. Innerhalb des Teams sollte auf alle Fälle die Prämisse gelten, dass jede neue Information weitergegeben werden muss.

Bei jeder Handlung, bei jeder Information muss sich jede Person die Frage stellen:

- Wen könnte dies noch interessieren?
- Wessen Arbeit wird davon beeinflusst?
- Welche Entscheidungsträger müssen diese Information haben?

Nach dieser grundsätzlichen Verhaltensweise gelebt, wird Informationsvermittlung zum normalen Alltag; pragmatisch wird die Information mündlich oder schriftlich mit einer Selbstverständlichkeit weitergereicht. Die häufige Frage nach einem „Hol- und Bringprinzip“ für Informationen ist überflüssig, denn wer eine Information besitzt, die für andere wichtig ist, leitet, „bringt“ sie selbstverständlich weiter. Wer eine Information sucht, „holt“ diese bei den entsprechenden Stellen/Personen selbständig ab.

- Akzeptanz/ Offenheit: Viele Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen neigen dazu, ihre eigene Arbeit als korrekt, durchdacht, im Interesse der Firma zu betrachten, aber die Arbeit des Kollegen, vor allem wenn er nicht in derselben Abteilung sitzt, als flüchtig, falsch, unwichtig, interessenverfälscht, stümperhaft etc.

einzuschätzen. Dies soll im Team bestmöglich verhindert werden. Die Teammitglieder verkehren offen und mit Vertrauen sowie Respekt miteinander. Die Arbeit der anderen wird ebenso hoch bewertet wie die eigene. Kritik wird offen und fair geäußert und besprochen.

- Verantwortungs-Bewusstsein: In einem gut funktionierenden Team müssen alle bereit sein und auch die Kompetenz erhalten, Verantwortung zu tragen und Entscheidungen zu fällen. Das interne Klima lässt auch einen Fehlentscheid zu und eine „Suche und Verurteilung der Schuldigen“ unterbleibt.

5 Kommunikationskonzept

Einen der Faktoren für erfolgreiche Entwicklungsprojekte stellt der Aufbau eines effektiven **Kommunikationskonzeptes** dar.

Mehrere Dimensionen der Kommunikation in und ausserhalb der Teams müssen dabei unterschieden werden:

- **Kommunikationselemente:**
 - Projektfortschritte, Zusammenfassungen,
 - Protokolle der Teamsitzungen,
 - Neuigkeiten aus Markt und Technik,
 - Ankündigungen
 - Personelles
 - ...

Während der gesamten Entwicklungstätigkeit müssen wir uns jederzeit bewusst sein, dass wir bei der Kommunikation verschiedene „Kunden/Empfänger“ haben. Jeder Einzelne muss mit einem klaren Konzept die richtige Information periodisch über einen festgelegten Kommunikationskanal erhalten.

- **Kommunikationsempfänger.**
 - Lenkungsausschuss,
 - TeammitarbeiterInnen
 - Unternehmensbereiche: Montage, Service, Marketing,
 - Verkauf, Vertretungen
 - ...
- **Kommunikationskanal:**
 - Teammeeting wöchentlich,
 - Review-Meeting
 - Newsletter,
 - E-Mail,
 - Portal,
 - ftp-, BSCW-Server
 - Kommunikations-, Kooperationssoftware
 - ...
- **Kommunikations-Periodizität:**
 - Meilenstein,
 - wöchentlich, monatlich, nach Phasenabschluss,
 - nach Bedarf,
 - ...

Tabellarisch kann das Kommunikations-Konzept übersichtlich dargestellt werden:

	K-Empfänger	K-Kanal	Periodizität
K-Element 1	Team	Newsletter	wöchentlich
K-Element 2
K-Element 3
K-Element 4
K-Element 5
K-Element 6

Tabelle (T002orgZ) Tabellarisches Kommunikations-Konzept

Unterschieden wird auch zwischen „Push-Kommunikation“, bei welcher die Informationen aktiv vom Sender an den Empfänger gelangt (z. B. Newsletter), und Pull-Kommunikation, bei welcher die K-Elemente aktiv durch den Empfänger abgeholt/beschafft werden müssen, z. B. das Internet.

5.1 Technologiebasierte Kommunikation

Die direkte Kommunikation, sei es in einer Sitzung oder „im Gang“ hat eine hohe Effizienz und eine grosse soziale Bedeutung. Weil die Teams teilweise global verteilt sind oder auch sonst unter chronischem Zeitmangel leiden, ist der direkte Kontakt teilweise nicht möglich.

Verschiedene Technologien existieren um die direkte Kommunikation zu unterstützen oder zu ergänzen.

- E-Mail/ftp/BSCW-Server
- Kommunikation und Kooperation:
umfassende Software zur gemeinsamen Ablage von Informationen und Diskussionen (Chat-Rooms, Videokonferenz).
- PDM:
Produkt-Data-Management zum Verwalten und Austauschen von Dokumenten.

Es wird empfohlen, zu Beginn eines Entwicklungsprojektes sowohl das organisatorische als auch das technische Kommunikationskonzept zu definieren und zu installieren. Dabei wird festgehalten, welche Informationen wann für wen und wie bereitgestellt wird.

6 Konflikte und Widerstände

Der gesamte Weg eines Entwicklungsprojektes ist gepflastert mit Widerständen, Konflikten und Krisen:

- Ein Mitarbeiter ist mit dem Lösungsweg seines Kollegen nicht einverstanden (Widerstand) und fordert das Eingreifen der Linienvorgesetzten (Konflikt).
- Ein Bereichsleiter verweigert die Mitarbeit seiner Mitarbeiter, weil innerhalb der Linie wichtigere Aufgaben warten (Rollenkonflikt).
- Die Vorgehensweise des Teams verträgt sich nicht mit den ethischen Wertvorstellungen eines einzelnen Teammitglieds (**persönlicher Konflikt**).
- Ein Linienmitarbeiter opponiert gegen einen Teamentscheid. Er wurde vorgängig weder gefragt noch involviert (Kommunikationskonflikt).

6.1 Widerstand als Quelle des Konflikts

Nicht der Konflikt ist die Krankheit, sondern die Art und Weise, wie mit ihm umgegangen wird. Wie wir weiter unten sehen werden, haben Konflikte sehr viele positive Seiten.

Die erste Phase tritt meist in Form eines Widerstandes auf. Aber ein Widerstand ist nicht immer eindeutig ersichtlich – beispielsweise dann nicht, wenn sich innerhalb einer Teamsitzung eine Person nicht mehr äussert, sondern sich zurück zieht. Dies stellt den gefährlichen Fall von stillem Widerstand dar, der „Gespür“ braucht, um aufgedeckt zu werden. Offene Widerstände sind dagegen greifbarer und damit gut identifizierbar, beispielsweise, wenn ein Mitarbeiter sich ausserhalb des Teams gegen ein Vorhaben äussert. Gefährlich sind Konstellationen, wo Widerstände nicht offen dargelegt werden, sondern in Diskussionen ausserhalb des Teams Meinungen geäussert werden mit dem Versuch, Koalitionen der eigenen Überzeugung zu bilden.

Widerstände müssen innerhalb des Arbeitsprozesses Vorrang haben. Methodisch heisst dies:

- Widerstände (auch verdeckte) im Team anhand von Verhaltensweisen oder Aussagen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erkennen.
- Eine sachliche Diskussionsrunde auslösen.

Widerstände verstärken sich, stauen sich auf und führen mit der Zeit zur totalen Ausgrenzung der Person oder zum Konflikt. Konflikte sind

somit in vielen Fällen nichts weiter als die Fortsetzung unverarbeiteter Widerstände.

6.2 Konflikte und deren Ausprägungen

Man kann unterscheiden zwischen:

- Sachkonflikt,
- Rollenkonflikt,
- Kommunikationskonflikt und
- persönlichem Konflikt.

Sachkonflikte

Entgegengesetzte Meinungen und Uneinigkeit sind auf die Sache bezogen (Sachkonflikt). Verschiedene Lösungsansätze sind vorhanden, jedoch unterschiedliche Meinungen darüber, welche umgesetzt werden sollen. Aus dieser vermeintlichen Sackgasse kann man nur gelangen, wenn

- die Argumente offen gelegt werden,
- beide Seiten versuchen, die Argumentation des anderen nachzuvollziehen,
- versucht wird, eine gemeinsame Entscheidungsbasis, z. B. eine Wertung der Merkmale und der Einflüsse auf das Projekt aufzubauen.

Eine einfach niedergeschriebene, aber in der Umsetzung schwierige Vorgehensweise ist, das Beste aus allen Lösungsansätzen und Sachlagen zu greifen und daraus das Optimale zu formen. Man muss sich bewusst sein, dass jede Lösung immer mit Vor- und Nachteilen behaftet ist, diese jedoch unterschiedlich gewertet werden.

Rollenkonflikt

Die meisten Personen haben innerhalb eines Unternehmens viele Rollen, vor allem sind Teammitglieder häufig noch in Linienfunktionen integriert.

„Wichtige, andere Aufgaben verhindern, dass das Projektziel erreicht werden kann.“

Die Argumentationen der Linienvorgesetzten sind logisch aufgebaut und nachvollziehbar. Ziele sind nicht miteinander vereinbar, ein Ziel wird leiden.

Hier handelt es sich um eine wesentlich schwierigere Problematik. Auswege aus diesem Dilemma sind vorzugsweise:

- die Teammitglieder, möglichst ausschliesslich mit den Projektaufgaben betrauen, ohne zusätzliche Linienfunktionen. Dies erspart im Endeffekt viel Konfliktstoff.
- Falls dies nicht machbar ist, muss mit klaren Prioritäten z. B. von der Geschäftsleitung die Leitlinie gesetzt werden. Bei der Festlegung der Prioritäten müssen jedoch auch immer gleichzeitig die Folgen daraus festgehalten und kommuniziert werden. Das Setzen von Prioritäten ohne Akzeptanz der resultierenden Auswirkungen muss verhindert werden. Rollenkonflikte, welche nicht frühzeitig klar und eindeutig gelöst werden, führen häufig zu grösseren Krisen, oft sogar zum Scheitern eines Projektes.

Kommunikationskonflikt

Ein Mitarbeiter signalisiert Widerstand, weil seine Gruppe in der Entscheidung nicht konsultiert wurde.

Verdeckt kann er durchaus gleicher Meinung sein, die „Verschnupfung“ rührt denn einzig daher, dass er und seine Gruppe bei der Entscheidungsfindung nicht mitgestalten konnten oder nicht frühzeitig informiert wurden.

Es gehört zu den wichtigsten Aufgaben des Teamleiters, sich bei jeder Handlung grundsätzlich zu überlegen, wer informiert werden muss, wer massgeblich zur Entscheidungsfindung beitragen wird und wie diese Meinung eingeholt werden kann:

- direkt durch einen Vorkontakt des Teamleiters oder
- über eine Einladung zu Teamsitzungen.

Auch bei gefällten Entscheidung stellt sich jederzeit wieder die Frage, wer den Entscheid und dessen Hintergründe kennen muss, damit er mitgetragen wird.

Persönlicher Konflikt

Es wäre zu einfach, wenn Konflikte mit diesen Massnahmen gelöst und beiseite geschafft wären. Zusätzlich treten menschliche Komponenten auf. Antipathien sind meist die Grundlage dieser Konflikte oder unterschiedliche Ansichten über ethische Werte. Die rein sachlichen, oben beschriebenen Konflikte werden nun personifiziert, subtile Angriffe, häufig verpackt in humoristischer Form, feine, fast unmerkliche Pfeile werden gegenseitig abgeschossen.

Eine Minimierung dieser Konfliktherde ist dann gegeben, wenn die Zusammensetzung des Teams nach den beschriebenen Grundlagen erfolgt. Darüber hinaus hilft es nur, Konflikte zu thematisieren, offen zu legen und zu diskutieren.

Ein Team ist dann auf gesunder und solider Basis, wenn problemlos über Widerstände und Konflikte diskutiert werden kann. Konflikte sind, positiv betrachtet, die auslösenden Momente für Veränderungen, Verbesserungen. Deshalb dürfen die Konflikte unter keinen Umständen unter den Teppich gekehrt oder verniedlicht werden, denn sie werden mit aller Sicherheit wieder von einem anderen Ende aus, grösser und stärker auftauchen und damit Projektkrisen hervorrufen.

Erwähnenswert ist noch, dass beim Konflikt, im Gegensatz zum Widerstand, vielfach die Versachlichung nicht mehr hilft. Ein Konflikt ist schon zu stark in die emotionale Welt vorgedrungen. Vielfach müssen zuerst die Beziehungen, die Spiel- und Verhaltensregeln diskutiert werden.

7 Spielregeln im Team

Die obigen Kapitel geben nur einen Kurzeinblick in die ganze, sehr psychologisch ausgerichtete Problematik der Zusammenarbeit. Ein gesunder Menschenverstand erachtet vieles davon als logisch und klar und trotzdem sind es gerade diese Selbstverständlichkeiten, die „die Krankheit“ in unserem industriellen Zusammenleben ausmachen.

Mit diesen Kapiteln soll den Studierenden ein neues Bewusstsein mitgegeben werden, so dass sie dieses „positive Denken“ in die Industrie tragen.

Hilfreich für Teammoderationen ist es, einige „Bonmots“ der Spielregeln zu kennen und zu benutzen. Sicher sind diese leicht populistisch, vielleicht zu einfach in der Aussage und Verwendbarkeit, jedoch sehr einprägsam. Regeln und Gebote geben auch das Gefühl von Zusammengehörigkeit.

Die 10 Gebote für ein Team

1. Ich bin o.k. – Du bist o.k. – Wir sind o.k.!
2. Ich arbeite gut – Du arbeitest gut – wir arbeiten gut!
3. Einer für alle – alle für einen!
4. Erst hinhören, dann reden!
5. Konstruktive Kritik üben und ertragen!
6. Hart in der Sache, fair zur Person!
7. Einstimmigkeit statt Bügeltechnik!
8. Offene Information pflegen!
9. Moderieren und visualisieren!
10. Kein Projekt ohne Dokumentation und Aktionsplan!

Regeln für unmissverständliche Kommunikation im Team

- Kein man, kein es, kein wir, sondern klare Zuständigkeit – Mitarbeiter oder Mitarbeiterin namentlich und direkt ansprechen.
- Kein müsste, kein sollte, kein könnte – Anweisungen nicht im Konjunktiv geben.
- Kein vielleicht, kein eventuell, kein eigentlich – Anweisungen müssen konkrete Wirkung erzielen.
- Jeder Mensch hat, von seinem Standpunkt ausgesehen, recht – Standpunkte klären und verstehen statt streiten.
- Konkrete Fragen stellen – unklare Fragen ergeben ungenaue Antworten.
- Nie mehrere Fragen auf einmal stellen – sie verwirren und kosten Zeit.

- Keine eigenen Fragen selber beantworten – der Standpunkt des anderen wird nicht bekannt.
- „Ja, aber“ – Antworten vermeiden – von Bedeutung ist meistens der Teil nach dem „aber“.
- Aussagen anderer ergänzen statt verneinen.
- Aktiv zuhören!
- Erst zuhören, dann nachdenken, dann antworten.
- Termine, Aktionspläne und Verantwortlichkeiten unmissverständlich vereinbaren.

8 Zusammenfassung

In Unternehmen existieren unterschiedliche Aufbauorganisationsstrukturen wie Linien-, Sparten- und Matrixorganisation. Die reine Linien- und Spartenorganisation eignet sich zwar z. T. für Produkt-Weiterentwicklung, nicht aber für eigentliche Produkt-Entwicklung. Hierzu wird die Linien- und Spartenorganisation durch abteilungsübergreifende Projekte zur Matrixorganisation ergänzt.

Die Durchführung von Projekten in Teamorganisation mit Kernteam, Teilteam, Coach und Lenkungsausschuss haben sich für die Produkt-Entwicklung bewährt. Die Anforderungen sowohl sachlicher, methodischer und sozialer Ausrichtung an die Leitung als auch an die Mitglieder der Teams sind gross. Ein definiertes Kommunikationskonzept im und ausserhalb der Teams ist eine der Erfolgsfaktoren von Entwicklungsprojekten. Widerstände und Konflikte treten in den Projekten auf, müssen erkannt und gelöst werden.

Verständnisfrage 1

Zählen Sie unterschiedliche Organisationsformen auf und ordnen Sie diesen entsprechende Bewertungen bezüglich ihrer Tauglichkeit für folgende Fälle zu:

- Produkt-Pflege-Projekt (kleinere technische Änderung),
- einmaliger anspruchsvoller Kundenauftrag,
- technische Entwicklung einer neuen Produktfamilie.

Verwenden Sie für die Bewertung: 0 = schlecht geeignet, 1 = geeignet, 2 = sehr gut geeignet.

Verständnisfrage 2

Nennen Sie die einzelnen organisatorischen Einheiten einer Teamorganisation und beschreiben Sie deren Funktion.

Verständnisfrage 3

Welche Aspekte müssen bei der Kommunikation beachtet werden?

Verständnisfrage 4

Der Produkt-Manager, Mitglied im erweiterten Team und aktiv an der Formulierung und Gestaltung der Neuentwicklung beteiligt, war 3 Wochen im Ausland bei Kunden. Bei seiner Rückkehr informiert er sich beim Kern-Team über den aktuellen Stand.

Er kommt anschliessend zu Ihnen, dem Projektleiter, und zeigt starke Unzufriedenheit über die in seiner Abwesenheit getroffenen

Entscheide. Er beschwert sich, dass Kompromisse, welche im Design eingegangen wurden, von den Kunden nicht akzeptiert würden.

Analysieren Sie die Situation und versuchen Sie einen Lösungsweg für jetzt und die Zukunft zu erarbeiten.

Antwort 1

	Produkt- pflege	Kunden- auftrag	Neu- entwicklung
Linien-Organisation	2	0-1	0
Sparten-Organisation	2	0-1	0
Projekt- / Matrixorganisation	1	2	1
Projekt- / Matrixorganisation im Projekt Team-Organisation	0	1	2

Tabelle (T003orgZ) Eignung von Organisationsformen

Antwort 2

- *Kernteam*: Zentrale, verantwortliche Einheit, welche mehrheitlich eine konstante Zusammensetzung aufweist und das ganze Projekt mit den Teilteams koordiniert und verantwortet. Der Projektleiter führt diese Einheit.
- *Teilteams*: Falls das Projekt nicht durch das Kernteam allein durchgeführt werden kann, wird die Aufgabe in Teilaufgaben gegliedert und vergeben.
- *erweitertes Team*: Für bestimmte Aufgaben oder Meetings wird das Kernteam um einzelne Personen erweitert.
- *Experten*: Für konkrete Aufgaben werden Spezialisten oder Teams beigezogen.
- *Coach*: Hilft dem Projektleiter bei methodischen Fragen, schult teamorientiertes Arbeiten, moderiert z. T. Sitzungen, unterstützt bei Krisen.
- Lenkungsausschuss: Führungsorgan, welches das Projekt freigibt, Verantwortlichkeiten und Randbedingungen festlegt und überträgt, das Projekt kontrolliert und lenkt.

Antwort 3

- *K-Element (was):*
Was soll kommuniziert werden.
- *K-Kanal (wie):*
Über welche Kanäle, Medien, soll die Kommunikation erfolgen. Dies können direkte Gespräche, Meetings, usw., sein oder aber technische Lösungen wie BSCW, Video-Konferenzen, usw.
- *K-Periodizität (wann):*
Wann und in welcher Regelmässigkeit erfolgt die Kommunikation.
- *K-Empfänger (wen):*
An wen oder an welche Gruppe ist die Kommunikation gerichtet.

Antwort 4

Offensichtlich handelt es sich um einen Sach- oder Kommunikationskonflikt. Als erstes muss erkannt werden inwiefern das eine oder andere zutrifft. Dies kann nur durch ein Gespräch zwischen Ihnen und Ihm stattfinden, in welchem Sie versuchen die Entscheidungsschritte aufzuzeigen und zu begründen. Die wesentlichen Abweichungen müssen auf sachlicher Ebene eruiert und Lösungen besprochen werden.

Für die Zukunft müssen Sie mit ihm ein Kommunikationsmodell definieren, in dem er auch bei Abwesenheit integriert bleibt.

Relevante Cases

- [Elektro Bat – Kommunikationskonzept](#)

Publikationsverzeichnis – Literatur

- [1] Kunz-Koch, Christina M. (2001): Geniale Projekte; Orell Füssli Verlag, Zürich
- [2] Neumann, Rainer und Bredemaier, Karsten (1996): Projektmanagement von A - Z; Campus Verlag, Frankfurt
- [3] Petz, Michael F. (2002): Führen, Fördern, Coachen. Wie man Mitarbeiter zum Erfolg führt; Überreuter Wirtschaft, Wien, Frankfurt

Moderation

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation – Bierdosen-Verpacker

Der Projektleiter für eine Maschinen-Neuentwicklung zum Verpacken von Bierdosen in Schachteln steckt mitten in der Konzeptphase und sucht Lösungsmöglichkeiten für die Problemstellung.

Mit Kollegen aus dem Marketing und der Konstruktion wurden schon viele gute Ideen generiert und man ist überzeugt, die beste Lösung gefunden zu haben; alle gestellten Anforderungen sind damit erfüllbar. Während der Präsentation der Lösung vor der Geschäftsleitung ergeben sich grosse Diskussionen und man kommt zum Schluss, dass noch weitere Varianten gesucht und beurteilt werden müssen. Was ist schief gelaufen? Hätte dies verhindert werden können?

Lernziele

Die Studierenden

- erkennen den Unterschied zwischen einer Präsentation, einer **Sitzung** und einer moderierten Besprechung bzw. einem **Workshop**.
- verstehen die **Moderation** als ganzheitliches Werkzeug zum Bearbeiten vernetzter Problemstellungen und können die Teilschritte ausführen:
 - Vorbereiten
 - Einsteigen
 - Sammeln
 - Strukturieren
 - Bewerten
 - Präsentieren
 - **Massnahmen** festlegen
 - Abschliessen, Protokollieren
- kennen die Werkzeuge der Moderation, können sie einordnen und erklären. Sie können abschätzen, wann der Einsatz einer bestimmten Methode sinnvoll ist.
- können einige wichtige Verhaltensregeln der Moderation aufzählen.
- sind in der Lage einfache Moderationen in der Gruppe durchzuführen.

Einleitung

Innerhalb komplexer, stark vernetzter Problemstellungen muss eine Vielzahl vorerst ungeordneter Themenbereiche und eine Vielzahl von Interessen berücksichtigt werden.

Schnell verliert man sich in einem Wirrwarr von vermeintlich identisch wichtigen Aspekten und läuft in Gefahr sich einseitig zu konzentrieren oder wesentliche Komplexe zu vergessen.

Die **Moderationstechnik** bietet Methoden und strukturierte Arbeitsweisen, um sich in solchen Situationen gezielt und sicher, vor allem aber unter Integration aller Beteiligten, dem Ziel zu nähern. Die Methodik eignet sich sowohl für Managementaufgaben wie Strategiearbeit, **Prozessoptimierungen** als auch, wie in unserem Fall, für anspruchsvolle Entwicklungsprozesse.

Die gesamte Methodik ist auf einzelnen kleineren Teilmethoden aufgebaut, welche problembezogen, entsprechend einem Baukastensystem, ein **Drehbuch** für geplante Sitzungen oder **Klausuren** bzw. Workshops bilden.



Bild (B001modZ) Besprechungsmoderation (Seifert)

2 Präsentation, Informationssitzung, Besprechung oder Moderation – eine Abgrenzung

Im industriellen Alltag ist es aus verschiedensten Gründen notwendig sich regelmässig zu treffen und miteinander zu kommunizieren. So unterschiedlich die Bedürfnisse und Ziele solcher Treffen sind, so stark differieren auch die angewandten Methoden. Abhängig von der Situation eignen sich verschiedene Methoden dafür:

- Präsentation, Vortrag, Informationsveranstaltung
- Informationssitzung, Koordinationssitzung
- Moderation

2.1 Präsentation, Vortrag, Informationsveranstaltung

Das Ziel einer Präsentation bzw. eines Vortrages besteht darin, das Wissen der Vortragenden auf die Teilnehmer zu übertragen. Die Interaktion zwischen den „Sendenden“ und den „Empfangenden“ ist jedoch eingeschränkt und einseitig, indem z.B. lediglich am Ende des Vortrages einige Minuten für Fragen oder Diskussionen geplant ist.

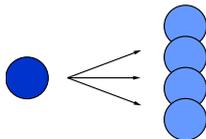


Bild (B002modZ) Informationsfluss beim Vortrag

2.2 Informationssitzung (Koordinationssitzung)

Wie es der Namen sagt, dient eine Informationssitzung zum gegenseitigen informieren. Abstrakt gesprochen geht es darum, die Elemente von Informationen verschiedener Teilnehmer zu sammeln und ein Gesamtbild zu erstellen.

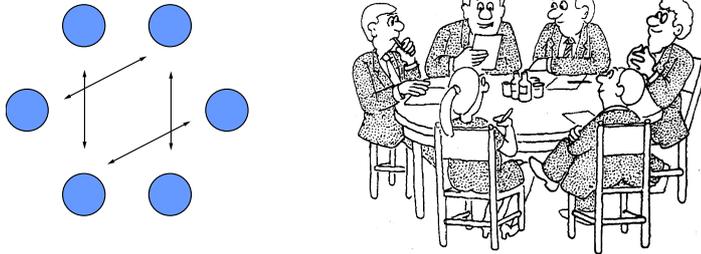


Bild (B003modZ) Informationsfluss in der Besprechung

Dabei geht es nicht darum (oder nur in kleinem Masse) neue Erkenntnisse oder Wissen zu generieren (siehe Moderation), sondern sich lediglich gegenseitig „ins Bild zu setzen“.

Angewendet wird die Informationssitzung z. B. zwischen dem Projektleiter eines Kundenauftrages und dem Bereichsleiter der Technik, der Fertigung, der Montage und erfolgt zu festgelegten Zeitpunkten z. B. "Montag-Morgen-Sitzung". Der Stand der einzelnen "Arbeitspakete" wird durch den Projektleiter abgefragt und koordiniert. Die einzelnen Stellen informieren über den Stand, die noch bestehenden Probleme und **Terminierungen**.

Solche Sitzungen werden dann ineffizient, wenn versucht wird, neben dem Informieren und Koordinieren auch grössere Probleme "am Tisch" zu lösen. Schnell artet dies zu einem unstrukturierten, ziellosen Gespräch aus und frustriert die Sitzungsteilnehmer. In solchen Fällen bewahrheitet sich der Spruch "eine Sitzung ist ein Anlass, wo viele hingehen und wenig herauskommt".

Problemfelder, die in solchen Situationen vorliegen, sind:

- lange, unstrukturierte Diskussionen, die vom Thema abweichen
- lange Monologe
- nicht ausreden lassen
- unklare Ziele
- Dominanz einzelner, mangelnde Integration anderer
- unterschiedlicher Wissensstand
- persönliche, nicht sachbezogene Angriffe
- schlechte Gesprächsleitung

Um diese Gefahren generell zu verhindern gilt:

Merke: keine Sitzung ohne vorher festgelegte Ziele und Traktanden.

2.3 Komplexe Problemstellungen erarbeiten

Bei vielen Problemstellungen muss z. B.:

- das Wissen unterschiedlicher Akteure, Disziplinen gleichermaßen integriert werden
- die Lösung die Ziele verschiedener Bedürfnisse erfüllen
- berücksichtigt werden, dass die Umsetzung mehrere Personen betrifft
- die Lösung von den **Betroffenen** nachhaltig getragen werden

Typische Problemfelder dieser Art sind:

- Prozessverbesserungen in Unternehmen
- Erarbeiten von Strategien
- Implementierung übergeordneter IT-Projekte
- Innovationsprojekte.

Solche vernetzte und komplexe Problemstellungen können mit unterschiedlichen Lösungsmethoden angegangen werden.

- Problemlösung durch Einzelperson:
Wir betrauen eine Person mit dem Problem, welche die Lösung selbständig erarbeitet und anschliessend präsentiert. Während der Bearbeitung konsultiert diese Person entsprechende Fachstellen, holt sich dort die notwendigen Informationen und verarbeitet diese zu einer eigenen Lösung.
Diese Arbeitsweise hat den Nachteil, dass die Lösung nicht gemeinsam erarbeitet wurde und die „Betroffenen“ nur konsultiert wurden. Damit wird die Lösung häufig nicht nachhaltig von allen getragen. Empfohlen ist diese Form der Problemlösung, wenn
 - der Lösungsweg vorgezeichnet ist,
 - die Arbeit in der Detaillierung liegt.
- Problemlösung durch moderierte Besprechung (Moderation):
Zur Bewältigung von grösseren Fragestellungen oder Problemkomplexen suchen wir eine Arbeitsmethodik, die es einer Gruppe von Personen ermöglicht, zielgerichtet unter Einbindung aller Beteiligten, zu kommunizieren und zu arbeiten bzw. Probleme zu lösen. Die Moderationstechnik bietet dazu eine Vielzahl von Methodenfragmenten, welche in einer moderierten Sitzung (kurz: Moderation) kombiniert aus einer „Werkzeugkiste“ angewendet werden.

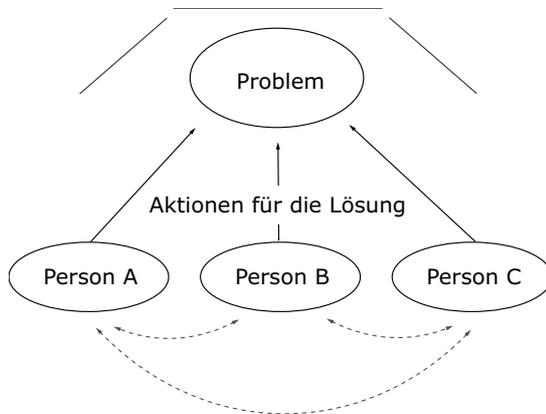


Bild (B004modZ) Grundprinzip der Moderation



Bild (B099modZ) Szene aus einer Moderation

3 Moderation

Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte der Moderationstechnik und die wichtigsten Teilmethoden vorgestellt.

Im Zentrum der Moderation steht die gemeinsame Arbeit und Diskussion innerhalb der Gruppe und die zentrale **Visualisierung**. Alle Beteiligten konzentrieren sich auf das eigentliche Problem und auf den aktuellen, visualisierten Stand des Arbeitsfortschritts.

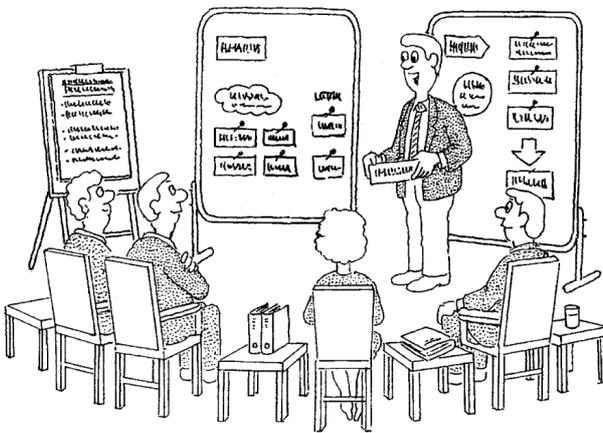


Bild (B005modZ) Typische Sitzordnung innerhalb einer Moderation ohne Arbeitstisch

Die Moderationssitzung erfolgt abwechselnd in einem Plenum oder aber verteilt auf mehrere Gruppen (Gruppenarbeit).



Bild (B098modZ) Grössere Anzahl von Teilnehmenden im Plenum



Bild (B097modZ) Arbeit in mehreren Gruppen

3.1 Vorbereitung

Die Regel schon vorweg: „Was wir bei der Vorbereitung einer Moderation vermeintlich an Zeit einsparen, wird uns in der Sitzung ein Mehrfaches an Zeit kosten.“

Mit der Vorbereitung ist in der Regel der **Moderator**, bzw. die Moderatorin betraut. Diese Person koordiniert und leitet die geplante Besprechung oder Klausur und kann sowohl eine interne als auch externe Person sein. Sie ist in der Lage eine Gruppe von Personen zu integrieren und zum Ziel zu begleiten. Auch verfügt sie über das notwendige methodische Wissen von Moderation.

Früher war der bzw. die Sitzungsleitende durch die Hierarchie bestimmt; die heutigen Faktoren für eine Sitzungsleitung liegen jedoch in der Sozialkompetenz und **Methodenkompetenz** der auszuwählenden Person, so dass sie die richtigen Methoden einsetzt, die zwischenmenschlichen Prozesse erkennt, welche in einem Meeting ablaufen können und entsprechend die Sitzung steuert. Die Moderationsleitung kann bei schon geübten Teilnehmenden innerhalb einer Besprechung auch von einem Mitglied zum anderen übergeben werden.

3.1.1 Problemstellung

Gemeinsam mit dem Auftraggeber (u.U. Vorgesetzte oder Geschäftsleitung) sind durch den Moderator die folgenden Punkte für den Start eines Projektes intensiv zu besprechen und festzuhalten:

Ziel	Was ist das Ziel der Problemstellung? <ul style="list-style-type: none"> • Hauptziel • Nebenziel(e)
Input	Welche Inputs, Vorarbeiten sind vorhanden? Welche Unterlagen sind zu sammeln?
Ouput	Welche Resultate werden erwartet? Was sind die Messgrössen des Erfolges? <ul style="list-style-type: none"> • Funktion • Qualität • Kosten • Zeit • ...
Ressourcen, Rahmenbedingungen	Welche Ressourcen sind bereitgestellt? <ul style="list-style-type: none"> • Personal (Kompetenz, wie viel %) • Finanzen • Zeit • Rahmenbedingunen
Rahmenbedingungen, Hürden	Besteht Unterstützung von allen Personen? <ul style="list-style-type: none"> • Verantwortlichen • Beteiligten • Betroffenen Welche Bedenken/Widerstände sind bekannt oder werden erwartet?

Tabelle (T001modZ) Punkte für den Start eines Projektes

Dieser erste Teil der Vorbereitung, die inhaltliche Vorbereitung, bildet die Basis der zukünftigen Besprechung. Schon in der Vorbereitung lohnt es sich häufig im Gespräch mit den „Auftraggebern“ die inhaltliche Definition strukturiert und systematisch zu erarbeiten.

Eine mögliche Teilmethode dazu ist die Kleeblatt-Methode: auf einem **Flipchart** oder Pinwand-Plakat wird grossformatig stilisiert die Form eines Kleeblatts gezeichnet, vorerst noch ohne Inhalt aber mit klar zugeordneten Feldern. Zum Beispiel ist das linke Kleeblatt reserviert für Input-Informationen.

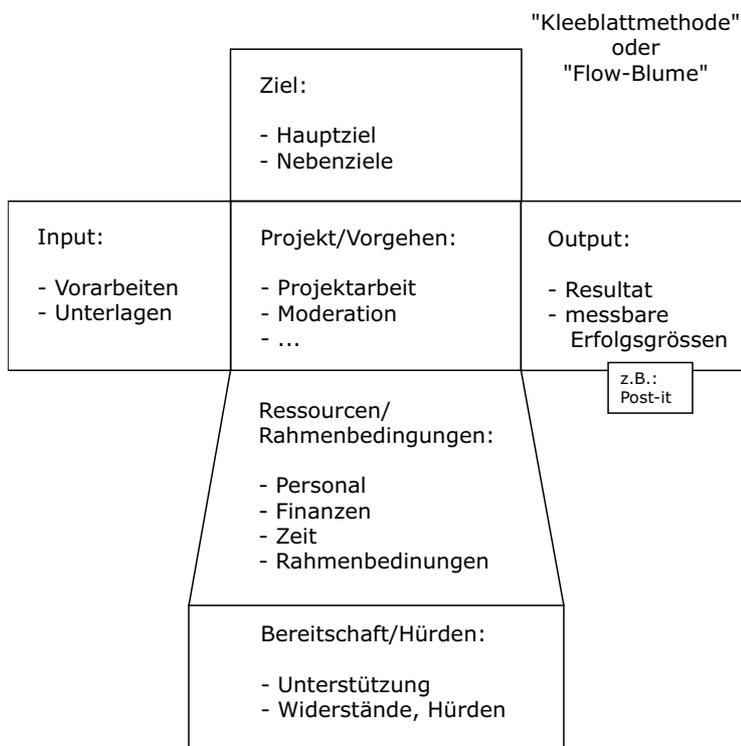


Bild (B006modZ) Auslegeordnung mit Flipchart

Im intensiven Gespräch werden die einzelnen Felder nun gemeinsam mit konkreten Inhalten gefüllt (siehe auch Bild B097modZ). Als weiteres Hilfsmittel können die Notizen auch indirekt auf z.B. [Post-it-Zettel](#) geschrieben werden und den entsprechenden Feldern zugeordnet und aufgeklebt werden. Ausgezeichnet erkennt man hier den Vorteil der Visualisierung. Immer ist das Gesagte präsent, ist verbindlich und hilft den Überblick zu wahren.

3.1.2 Organisation

In einem zweiten Schritt muss die organisatorische Vorbereitung mit folgenden Punkten erfolgen:

- Teilnehmerzahl:
Laden Sie an die Sitzung nur so viele Personen wie notwendig ein und wählen Sie die Teilnehmer sorgfältig aus,
 - die das nötige Fachwissen für die Problemlösung mitbringen,
 - die das Potential zu positiven Beiträgen haben und
 - die von der Lösung betroffen sind.Die Anzahl bewegt sich, je nach Problemstellung, zwischen 6 und 30 Personen.
- Ort:
Es lohnt sich, einen Ort auszuwählen, wo die Teilnehmenden vom täglichen Geschäft losgelöst sind und sich entspannt fühlen können. Bei der Auswahl der Räume wird Wert darauf gelegt, dass diese grosszügig bemessen sind und so den Teilnehmenden Bewegungsfreiheit ermöglichen.
- Einladung:
Die Einladung soll frühzeitig an die Teilnehmer und Teilnehmerinnen verschickt werden und muss folgende Informationen enthalten:
 - Datum, Zeit, Dauer
 - Ort
 - Teilnehmerliste, Moderationsleitung
 - Hauptziel des Meetings, Nebenziele
 - Geplanter Ablauf
 - Vorbereitungsarbeiten für die Teilnehmenden

Als administrative Vorbereitungsaufgabe muss an die Vorbereitung der Räumlichkeit, Bestuhlung, Auswahl und Bestellung von Mahlzeiten und Kaffeepausen, technische Einrichtungen mit Moderationsmaterial etc. gedacht werden. Wenn zu Beginn des Meetings die Stühle noch umplatziert werden müssen oder mehrere Personen versuchen, das Videogerät in Betrieb zu nehmen usw., so wirkt dies für alle Teilnehmer unprofessionell.

Heutige komplexe Problemstellungen erfordern meistens, dass sich die Teilnehmenden im Voraus mit den Fragen auseinandersetzen. Einzelne Teilnehmer erhalten sogar konkrete Aufgaben zur intensiven persönlichen Vorbereitung. Der Moderator stellt in der Einladung die zu leistenden Vorarbeiten schriftlich zusammen und schickt diese mit den notwendigen Informationen und Unterlagen frühzeitig an alle Teilnehmer.

3.2 Werkzeuge

Charakteristisch für die Moderationstechnik ist das verwendete Arbeitsmaterial. Die Visualisierung des gesamten Prozesses steht im Zentrum der Methode, d.h. Gesagtes, Beschlossenes, offene Punkte usw. werden dynamisch erfasst und systematisch für alle sichtbar gemacht, denn:

- Gesprochenes ist flüchtig. Visualisierung hält das Gesagte verfügbar;
- Visualisierung präzisiert die Information, vermeidet Missverständnisse und erhöht die Verbindlichkeit;
- Visualisierung fokussiert auf das Thema und vermeidet ungegerichtete Arbeitsweisen und ermöglicht einen dynamischen Aufbau des Lösungsweges;
- Visualisierung steigert den Überblick und die Identifikation.

Für die Visualisierung kann man sich jederzeit improvisierter Werkzeuge bedienen, um eine erfolgreiche Sitzung zu erzielen. Hilfreich sind aber eine Reihe von professionellen Werkzeugen.

Pinwände, Packpapier und Moderationskarten

Pinwände sind Korkplatten auf Ständern mit Massen von etwa 120x150 cm, die meist mit Filz überzogen sind. Für eine Moderation sollten rund 4 Wände (bzw. mehr) zur Verfügung stehen.

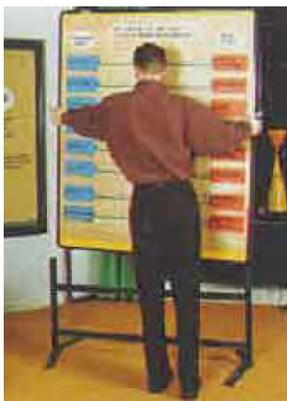


Bild (B096modZ) Pinwand

Die Pinwand wird mit **Packpapier** als Schreibgrundlage überzogen (Pinwand-Plakat). Oder es werden direkt auf ihr **Moderationskarten** aufgepinnt.: Hierzu existiert eine Vielzahl von Kartentypen in den verschiedensten Formen und Farben (weitere Informationen über den gezielten Einsatz finden sich in der Fachliteratur).

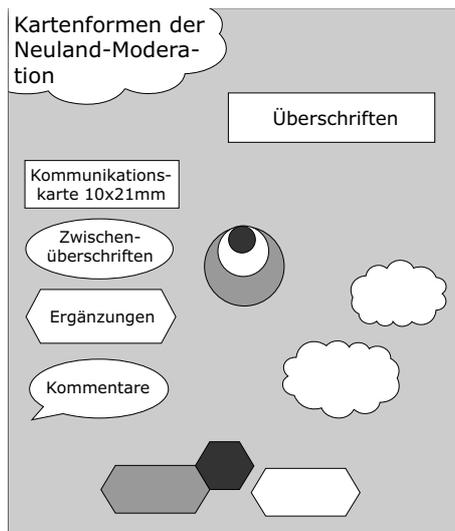


Bild (B007modZ) Pinwandmit Moderationskarten

Moderationskoffer

Ein handelsüblicher **Moderationskoffer** enthält alle Werkzeuge (Karten, Nadeln, Stifte) übersichtlich geordnet und jederzeit greifbar.



Bild (B008modZ) Moderationsmaterial in Moderationskoffer
(Quelle: <http://www.ultradex.de>; <http://www.neuland.ch/>)

Weitere Hilfsmittel

zu den weiteren konventionellen Hilfsmitteln zählen:

- Flipcharts
- Tafeln, Smartboards
- Hellraumprojektoren, Beamer.

3.3 Ablauf einer Moderation

Moderierte Besprechungen oder Klausuren sind im Gesamten, aber auch innerhalb der Teilprobleme, immer ähnlich strukturiert.

1. Einsteigen	Gute Ausgangslage schaffen, Teilnehmer psychisch in die Arbeits- und Denkkumgebung bringen und positiv stimmen. Regeln festlegen
2. Informieren:	Alle Teilnehmer auf einen notwendigen gemeinsamen Wissensstand bringen. Rahmenbedingungen und Ziele, soweit diese nicht in der Gruppe erarbeitet werden sollen, darlegen. Falls es sich um Problemstellungen handelt, welche weit in die Zukunft reichen, müssen die Teilnehmer geistig von der Gegenwart weg bewegt werden.
3. Sammeln	Gemeinsam Informationen, Ideen zur Problemstellung sammeln
4. Strukturieren	Die Ideen werden gemeinsam strukturiert und geordnet. Die Ordnung dient dazu, Teilthemen zur weiteren Ausarbeitung zu kristallisieren
5. Bewerten	Die Teilthemen (oder Einzelbeiträge) werden gemeinsam bewertet. Damit werden Prioritäten für die weitere Bearbeitung gesetzt.
6. Bearbeiten	Die favorisierten Teilthemen werden, meist in Gruppenarbeit, vertieft bearbeitet.
7. Präsentieren	Die Gruppenarbeiten werden präsentiert und weiter vertieft. Das Ziel liegt darin, aus den einzelnen Präsentationen die wesentlichen Punkte zu selektieren, die Ideen zu konsolidieren und daraus einen Massnahmenplan zu erarbeiten.
8. Massnahmen festlegen	Parallel zu den einzelnen Schritten bzw. gegen Ende des Workshops, werden die Massnahmen (Tätigkeitenliste, weiteres Vorgehen, to do's) festgelegt und grob geplant mit Termin und Verantwortlichkeit.
9. Reflexion, Abschluss, Protokoll	Analog dem Eintritt in die Moderation soll auch das Ende positiv gestaltet werden. Dazu können Stimmungsbilder aufgefangen werden. Abschliessend wird das Protokoll erstellt.

Tabelle (T002modZ) Ablauf einer Moderation

Genauso wichtig wie die organisatorische ist die methodische Vorbereitung. Eine intensive methodische Vorbereitung kann am Meeting den Anschein erwecken, dass die Problemstellung spielerisch und sozusagen automatisch in Richtung der Lösung übergeht. Um das zu erreichen, überlegt sich der/die Moderierende den Verlauf des Meetings sehr genau, wie z. B.:

- Gestaltung des Einstiegs
- Vorstellung der Teilnehmer und Teilnehmerinnen (falls notwendig)
- Abstimmung des Gesamtzieles, der Teilziele
- Bearbeitung der Einzelthemen und Setzen der Prioritäten
- Massnahmenplanung
- Gestaltung des Abschlusses (Drehbuch).

Empfehlenswert ist das konzeptionelle Vorbereiten der Pinwände. Ein erfahrener Moderator hat die Gliederung der Wände für die verschiedenen Phasen des Meetings im Kopf. Methodisch falsch wäre es, die Wände schon gestalterisch vorzubereiten, denn der Kern der Moderation liegt im gemeinsamen Erarbeiten der Visualisierung (erzielt eine viel höhere Akzeptanz). Damit ist eigentlich die schwierigste Aufgabe in der professionellen Moderation dargelegt: Einerseits soll die Methodik gut vorbereitet sein, andererseits soll die Gruppendynamik genutzt werden. Vielfach läuft die Gruppe in eine Richtung, welche methodisch nicht geplant ist. Hier gilt es, als Moderator jederzeit die Situation zu erkennen, während der Sitzung voraus zu denken, die vorbereitete Methodik kurzfristig zu aktualisieren und trotzdem zielsicher vorzugehen.

Zu jedem Teilschritt der Moderation existieren nützliche Teilmethoden, welche im folgenden Überblick vorgestellt werden.

3.3.1 Einsteigen

Physische Präsenz bedeutet nicht automatisch auch geistige Aufmerksamkeit. Ein Spiel am Anfang wärmt einerseits die Stimmung auf und fördert andererseits die Konzentration der Anwesenden. Aus dem reichhaltigen Angebot solcher Einstiegsmöglichkeiten sollen die folgenden vorgestellt werden:

- **Bild-Person-Identifikation**
Bereiten Sie Bildpostkarten mit verschiedensten Motiven vor, und zwar rund doppelt so viele wie die Anzahl der Teilnehmer. Nun muss jeder persönlich eine Karte auswählen, die am besten zu seinem Typ passt. In einer zweiten Runde stellen sich nun die einzelnen Personen vor und ergänzen locker die Vorstellung mit einer Erklärung, inwiefern die Karte für sie gut passt. Auch sollen sich die Teilnehmer äussern, was sie von diesem Meeting erwarten. Dieses Spiel startet von der emotionalen Ebene aus und eignet sich besonders, wenn die Personen sich nicht kennen.
- **Moderations-Lotto**
Auch dies ist eine Variante für Teilnehmer, die sich noch nicht kennen und die Anonymität gelockert werden soll. Die Basis bildet das Lottoblatt mit einer Anzahl von (beliebigen) Fragen. Ein Beispiel ist unten abgebildet.
Ablauf: Jeder Teilnehmer geht zu einer weiteren Person, stellt sich dort vor und stellt eine Frage aus dem Fragekatalog des Lottoblattes, auf die er eine entsprechende Antwort erhält. Nun stellt der Partner eine Gegenfrage. Anschliessend bewegen sich beide zu einer nächsten Person und führen bei ihr Frage und Gegenfrage durch. Die Fragen können allgemeine Themen betreffen oder schon z.B. Erwartungen an das Tagesresultat sein.
- **Fünfziger-Ziel**
Dies ist eine Einstiegsvariante für Personen, die sich schon kennen und das Ziel darin besteht das Team zu stärken.
Ablauf: Im Kreise herum wird versucht, die Zahl 50 zu erreichen, aber alle Zahlen mit einer 3 oder 4 beinhaltend oder durch 3 oder 4 teilbar bzw. die Quersumme 3 oder 4 haben, müssen ausgelassen werden: 1, 2, 5, 7, 10, 11, 17, ...

Erklärt Ihnen, was sie / er unter "Moderation" versteht	Erklärt Ihnen eine positive Erfahrung im Zusammenhang mit Moderation	Erklärt Ihnen eine negative Erfahrung im Zusammenhang mit Moderation		Beschreibt zwei wichtige Voraussetzungen für Moderation im Betrieb	Beschreibt, woran man innovative Leute erkennt (drei Merkmale)
	Beschreibt, wie sie / er Moderation im eigenen Bereich fördert	Erklärt, ob es für Innovation Querdenker, Spinner braucht und wie man sie einbettet	Beschreibt die grössten Innovations-Killer im Betrieb	Erklärt, was ihr / sein persönliches Lernziel für den heutigen Tag ist	Beschreibt das Betriebsklima in ihrem / seinem Betrieb (drei Merkmale)
Erzählt von den grössten Enttäuschungen, vom letzten Frust der letzten Zeit	Erzählt vom grössten Aufsteller, vom positiven Erlebnis der letzten Zeit		Erklärt, warum solche Tagungen wie heute nützlich sein können	Erklärt, ob Commitment für Innovation mehr auf Zufall oder auf Systematik beruhen	
Erläutert, ob sie / er sich als moderate Persönlichkeit sieht (und warum)	Nennt zwei Massnahmen, durch die Moderation im Betrieb gefördert werden kann	Beschreibt die zwei für Moderation am besten geeigneten Personen in ihrer / seiner Umgebung	Erklärt Ihnen, warum Moderation wichtig sein kann		Beschreibt, wie sie / er die besten Workshops, Sitzungen hat (und warum)

Bild (B009modZ) Lottoblatt mit Fragen

Diese Beispiele erscheinen verspielt, erzielen aber immer einen positiven Effekt. Ein direkter Start in die eigentliche Arbeit erweist sich meistens als sehr schwierig und mit Rückschlägen behaftet.

Zu Beginn eines Meetings werden die Regeln festgehalten. Diese können folgendermassen lauten:

- Redezeit begrenzen
- ausreden lassen
- keine persönlichen Angriffe
- nur vom Thema reden usw.

Es existieren Methoden, um gewisse Regeln oder deren Verletzung durch **Meta-Karten** zu unterstützen bzw. zu verhindern, wie z. B.:



Flip-out: Hinweis auf Entfernung aus der Gruppe; selber für Wiederintegration verantwortlich

T

Time-out: Wir arbeiten nicht optimal; wir müssen unsere Arbeitsweise überdenken und neu strukturieren

P

Pause: Eine Pause ist gefällig.



Meta-Bla: Wir sind am Plaudern und nicht am Arbeiten. Wir sollten uns wieder auf das Thema konzentrieren.



Motz-Karte: Im Folgenden darf ich sagen und tun, was mir beliebt. Ich erhalte von allen diesen Freiraum. Die Kollegen und Kolleginnen danken mir am Schluss.



Time-Limit: Die vereinbarte Zeit ist abgelaufen. In spätestens einer Minute abbrechen.

Bild (B010modZ) Sammlung von Meta-Karten

Diese Karten liegen griffbereit vor und jede Person kann sie nach Bedarf durch Aufzeigen aktivieren. Wenn z.B. ein Mitglied zu lange redet, kann ihn ein anderes mit der „Time-Limit-Karte“ darauf aufmerksam machen. Eine solche Kritikausübung brüskiert wesentlich weniger (weil sie vorher als Regel abgesprochen wurde), als eine ausgesprochene Kritik.

- Einpunkt-Abfrage
Eine Teilmethode, welche hier aber auch an anderen Abschnitten eingesetzt werden kann, ist die 1-Punkt-Abfrage. Jede anwesende Person klebt einen Bewertungspunkt in die vorbereitete Beurteilungsmatrix oder Beurteilungslinie.

Beispiele sind:

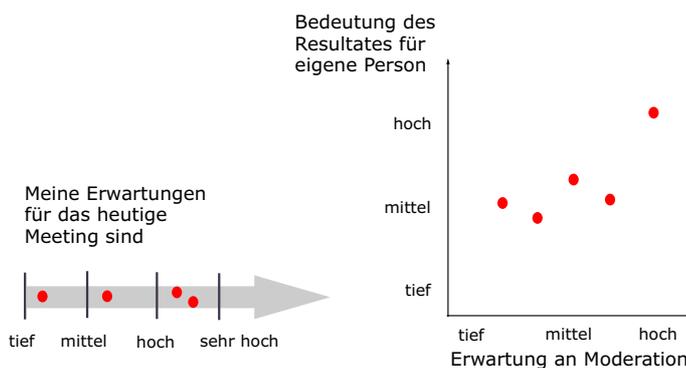


Bild (B011modZ) Einpunkt-Abfrage (ein- und zweidimensional)

Der Moderator erkennt während der Bewertung Stimmungsschwerpunkte (Gruppe, die in ähnlichem Feld liegt) oder „Ausreisser“ (Personen, die sich ausserhalb der Schwerpunkte positionieren) und lässt die Gründe durch diese Personen kurz kommentieren.

3.3.2 Informieren

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen kommen mit unterschiedlichem Wissensstand und Zielvorstellungen. In diesem Teilschritt wird eine gute Ausgangsbasis gebildet. Konkret werden z. B. kurze Vorträge Einzelner eingeschoben, um deren Wissen an alle zu vermitteln und so Lücken auszufüllen oder ein externer Referent wird eingeladen, der das Thema von einer anderen Seite beleuchtet und externe Ideen einbringt.

Mit der Einladung wurden das Ziel und die einzelnen Traktanden mitgeteilt. Trotzdem ist es wichtig, basierend auf dieser Grundlage, nochmals darauf einzugehen (Verbesserung der Akzeptanz):

- Lang- und mittelfristige Ziele gemeinsam festlegen
Welche Auswirkungen und Veränderungen sollen die Entscheidungen am Ende des Meetings bewirken? Was ist der übergeordnete Grund des Treffens?
z. B. „Wir wollen eine neue Produktfamilie definieren, welche unserem Unternehmen ein zweites Standbein ermöglicht und die Unternehmensziele erfüllt ...“
- Besprechungsziel erarbeiten
Welche Erwartungen haben wir an das Resultat des gesamten Meetings? Welche Ziele setzen wir uns zur konkreten Bearbeitung?
z. B.: „Wir wollen innerhalb des Meetings Möglichkeiten für neue Produktlinien sammeln und auflisten.“
- Phasen gliedern und die Ziele dieser Phasen definieren
Die vorbereiteten Traktanden nochmals in Frage stellen und eventuell besser gliedern: Die verschiedenen Phasen des Meetings definieren und die Teilziele der Phasen festlegen. Als Abschluss erhalten wir demnach einen von der ganzen Gruppe erarbeiteten Phasenplan.

Obschon sich der Moderator intensiv mit einem konkreten Phasenplan vorbereitet hat, kann es hier passieren, dass ad hoc umgestaltet werden muss. Viel Erfahrung ist notwendig, diese Flexibilität zu ermöglichen.

Das gesamte Meeting ist nun in einzelne Themenblöcke, Teilfragen gegliedert und diese Felder werden in einzelnen Zeitblöcken im Plenum oder durch Personengruppen bearbeitet. Die folgenden Teilprozesse werden somit zu mehreren Zeitpunkten hintereinander oder parallel eingesetzt.

3.3.3 Sammeln

Für jedes Teilthema müssen nun Lösungsideen, Aspekte, wichtige Punkte etc. gesammelt und gelistet werden. Dazu eignet sich die folgende Methode:

- Kartenabfrage:
Vielfach geht es darum, Inputs, Ideen, Problemfelder etc. zu sammeln. Bei der dafür geeigneten Kartenabfrage schreiben entweder die Teilnehmer stichwortartig Meldungen auf oder rufen diese dem Moderator zu, der sie aufschreibt. So entsteht eine Sammlung von losen, locker aufgehängten Karten. Dabei steht immer die Visualisierung der Arbeit als informative Plattform im Zentrum.



Bild (B095modZ) Beispiel von Ideensammlung

3.3.4 Strukturieren

In diesem Schritt werden die ungeordneten Karten nach sinnverwandten Themen zu gemeinsam festgelegten Gruppentiteln (Themengruppen) geordnet. Die Thementitel der Cluster werden innerhalb der Moderation durch die Teilnehmenden vorgeschlagen (hohe Akzeptanz).

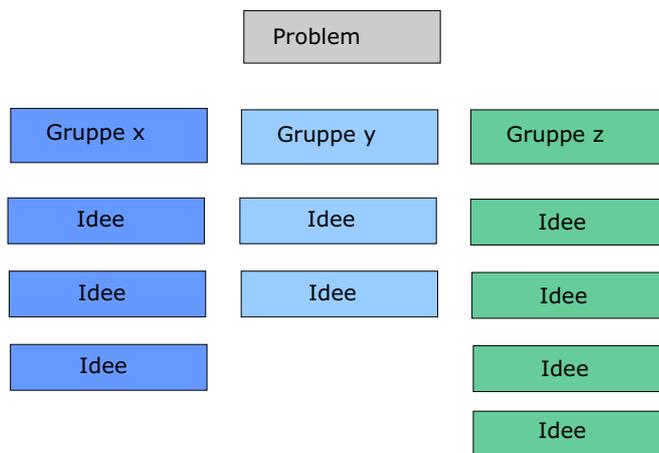


Bild (B013modZ) Visualisierung des Sammelprozesses und Strukturierung in Gruppen (Gruppe x, Gruppe y, ...)

Eine weitere nützliche Methode in diesem Umfeld ist das **Ursachen-Wirkungs-Diagramm**. Visuell gleicht diese Methode einem Fischgrat. Vorerst steht die horizontale Linie und am Kopf das Problem bzw. die Fragestellung. Als Hauptgräte des Fisches gehen nun Ursachen-Hauptgruppen weg:

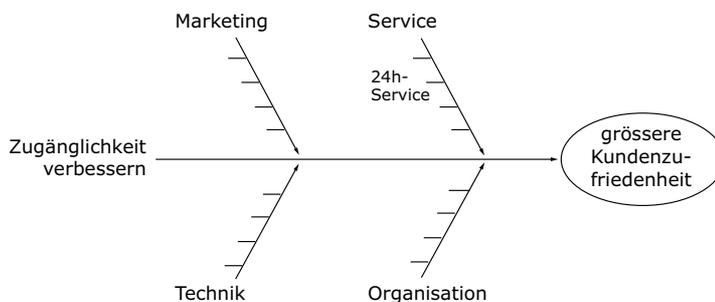


Bild (B014modZ) Ursachen-Wirkungs-Diagramm (Fishbone-Technik)

Dieselbe Aussagekraft besitzt auch das Netzbild:

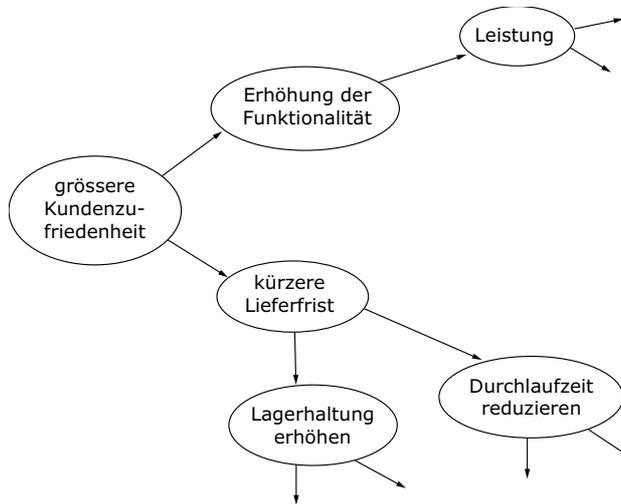


Bild (B015modZ) Netzbild von Ursachen und Wirkungen

Oder das **Mindmap**:

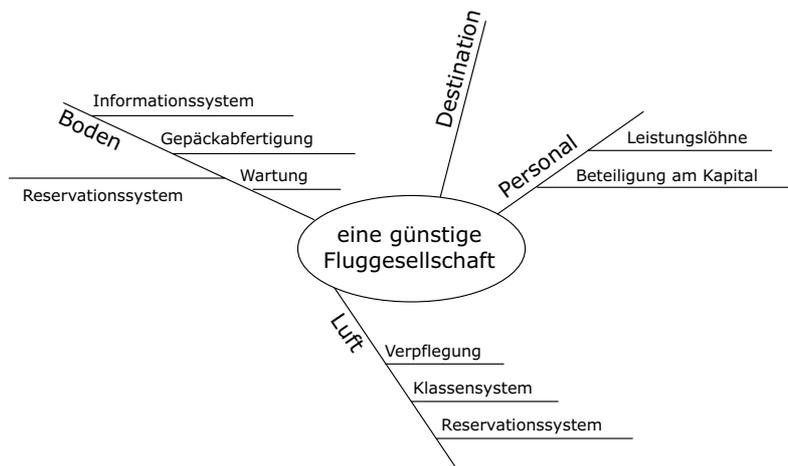


Bild (B094modZ) Darstellung als Mindmap

3.3.5 Bewerten

Vielfach sind nun viel mehr Ideen, wichtige als auch weniger wichtige gesammelt. Zu viele um alle zu vertiefen, Prioritäten müssen deshalb gesetzt werden.

Dazu eignet sich die **Mehrpunkte-Abfrage**: Jeder Teilnehmer und jede Teilnehmerin erhält halb so viele Punkte wie Bewertungsthemen vorliegen (grobe Empfehlung) und setzt die Punkte zu den Themen, welche ihr als besonders wichtig erscheinen, wobei maximal zwei Punkte pro Thema gesetzt werden dürfen.

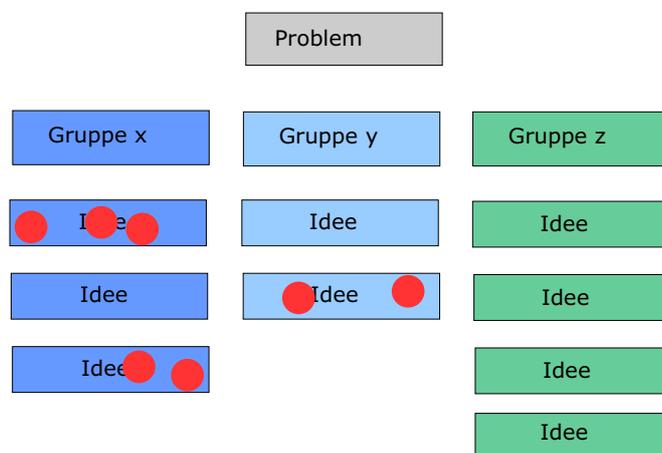


Bild (B016modZ) Mehrpunkte-Abfrage

Je nach Problemstellung kann die Bewertung natürlich auch auf der Themen-Gruppen-Ebene erfolgen.

Eine intensivere Bewertung der Themen kann mittels einer **Nutzen-Aufwand-Matrix** erfolgen.

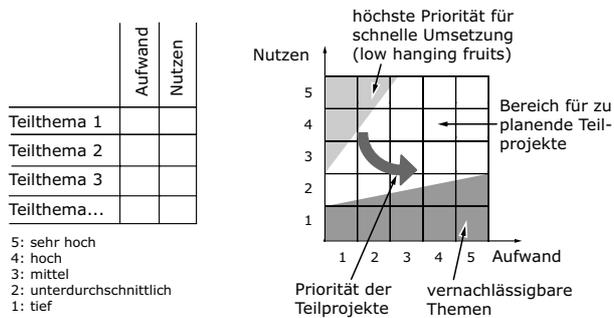


Bild (B017modZ) Mehrpunkte-Abfrage

Jedes einzelne Thema/Idee kann in die zwei Richtungen des notwendigen Aufwandes bzw. des erzielbaren Nutzens bewertet und in eine Matrix eingezeichnet werden. Die Lage der Themen in der Matrix hilft zur Beurteilung der Priorität.

3.3.6 Bearbeiten

Die auf die beschriebene Art favorisierten Themen können nun in Teilgruppen oder individuell weiter vertieft werden bzw. zu konkreten Lösungen geführt werden.

Um die Gruppenarbeiten zu harmonisieren ist ein Formblatt (Plakat) mit folgender beispielhaften Struktur geeignet.

Teilthema:

Worum geht es?

Mögliche Lösungsansätze:

Offene Fragestellungen:

Voraussetzungen:

Tabelle (T003modZ) Formblatt

Intensiv wird das Thema, wie immer visualisiert, gemeinsam bearbeitet.



Bild (B019modZ) Gemeinsame Bearbeitung in der Gruppe

Die Ergebnisse der Gruppenarbeit werden anschliessend vor dem Gremium präsentiert (durch reine Präsentation des Gruppensprechers oder durch Galeriemethode) und diskutiert. Vielfach werden dabei die Ideensammlungen konsolidiert.



Bild (B093modZ) Präsentation mittels Galerie



Bild (B020modZ) Gegenseitiges Erklären der Lösungsansätze

Bei grösseren Gruppen entsteht häufig ein Ungleichgewicht zwischen aktiven und passiven Teilnehmern und Teilnehmerinnen. Die Beteiligung von eher passiveren Personen kann durch eine gezielte Diskussionsmethode aktiviert werden, die Zwei-Kreis-Methode.

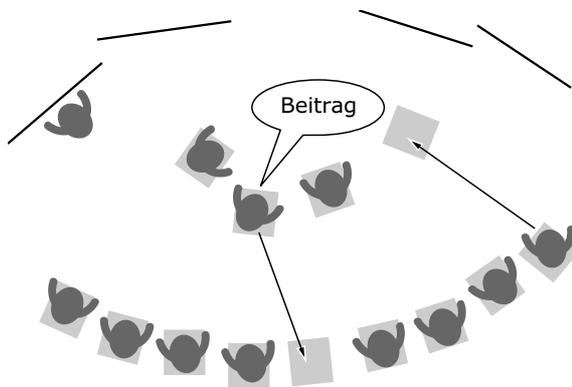


Bild (B021modZ) Zwei-Kreis-Diskussion

Dabei sind immer eine bestimmte Anzahl von Personen in einem inneren Diskussionskreis; die Teilnehmer im äusseren Kreis bilden die Zuhörer; ein Stuhl im aktivem Bereich steht frei und muss durch eine Person vom äusseren Kreis belegt werden. Sobald der Stuhl belegt ist, muss ein anderer Teilnehmer, der bereits einen Diskussionsbeitrag geleistet hat, den inneren Kreis verlassen und so wieder einen Stuhl frei machen.

3.3.7 Massnahmen festlegen

Nach dieser vertieften Bearbeitung und Präsentation der Themenbereiche können die verbleibenden Einzelvorschläge nochmals in eine Bewertung (z. B. durch Mehrpunkte-Abfrage) gelangen. Dabei kann entschieden werden, welche Themen weiter verfolgt werden (Massnahmen) und welche fallen gelassen werden. Wenn in diesen Phasen noch Punkte auftreten, die wichtig sind, aber nur am Rande zum vorliegenden Thema passen, so lohnt es sich eine zusätzliche Wand mit „unerledigt, Ideenbörse ...“ einzurichten (siehe Bild B022modZ).

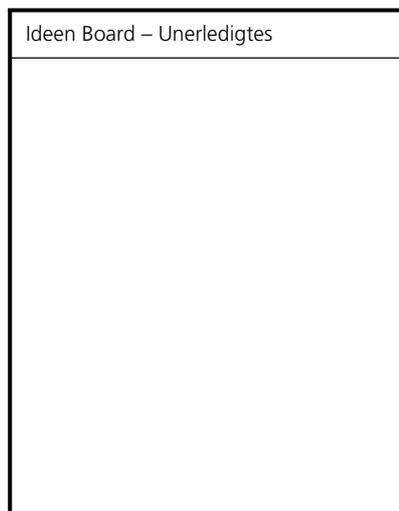


Bild (B022modZ) Ideen-Board

Wer eine Sitzung bzw. Moderation ohne Massnahmenplan beendet, hätte die Sitzung nicht einberufen müssen. Am Ende des Meetings oder am Ende einer Phase müssen alle Entscheide gesammelt und eine Massnahmenliste erstellt werden. Wichtig dabei ist, bei jeder einzelnen Massnahme

- das Ziel (die Messung der Zielerreichung),
- die Verantwortlichkeit (die Rückmeldung) und
- die Frist

anzugeben (vergleiche T005modZ).

Massnahmen, To-do's:

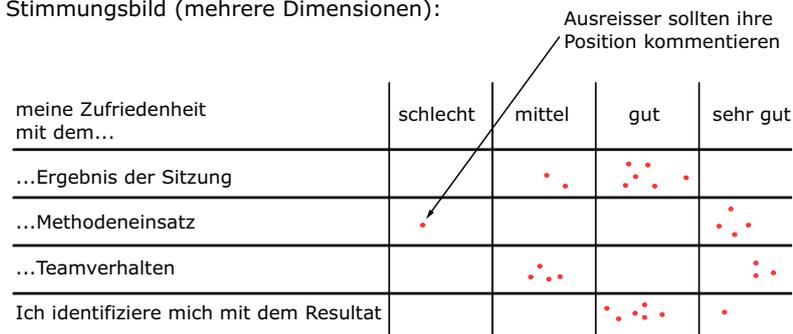
Was	Erwartetes Ergebnis	Wer?	Wann?

Tabelle (T005modZ) Massnahmenliste

3.3.8 Abschliessen, Protokollieren

Als Abschluss eines Meetings sollte eine **Reflexion** auf die gemeinsame Arbeit, das Resultat erfolgen. Dies kann beispielsweise eine Rückführung der persönlichen Zufriedenheit des Erreichten sein. Dazu kann wieder die Ein-Punkt-Abfrage eingesetzt werden:

1-Punkt-Abfrage
Stimmungsbild (mehrere Dimensionen):



Stimmungsbild (1 Dimension):

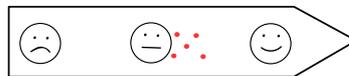


Bild (B024modZ) Ein-Punkt-Abfrage

Einige Tage nach dem Workshop erhalten die Teilnehmer ein **Simultanprotokoll** (direkte digitale Foto-Aufnahme der erarbeiteten Plakate). Dies hat den Vorteil, dass es sehr schnell realisierbar, jedoch den Nachteil, dass es meist nur von den Teilnehmern verstanden wird.

3.4 Arbeitsformen des moderierten Workshops

Eine gezielte Variation der Arbeitsformen fördert die geistige Präsenz aller Teilnehmer und Teilnehmerinnen.

Arbeitsformen:	Einsatz:
Arbeit im Gremium	Konsensfindung, Ausrichtung der Gruppe
Gruppenarbeit	Ausarbeitung von Teilthemen, unterschiedliche Blickwinkel generieren
Präsentation durch Gruppen	Vermittlung von Teilresultaten, Konsensbildung
Einzelarbeit	Konzentrationsarbeit, Ideengenerierung
Präsentation durch Einzelperson	Wissensvermittlung, Ausgleich des Wissens der Beteiligten

Tabelle (T006modZ) Arbeitsformen

Der Entscheid für die effizienteste Arbeitsform und vor allem den gezielten Wechsel der Form (alle 1–2 Stunden), wird vom Moderator vorbereitet.

3.5 Moderation mit IT-Unterstützung

Auch die Moderationstechnik wird zunehmend durch moderne IT-Werkzeuge beeinflusst. Ein Beispiel dafür ist:

Örtlich verteilte Teams können Ideen mittels des persönlichen Organizers oder Laptops eingeben. Diese werden auf einem Server gesammelt und durch den Moderator strukturiert und über das Netzwerk wieder allen anderen Teilnehmenden mit Beamern visualisiert.

Es ist abzusehen, dass solche Möglichkeiten auch bald in die Praxis gelangen.

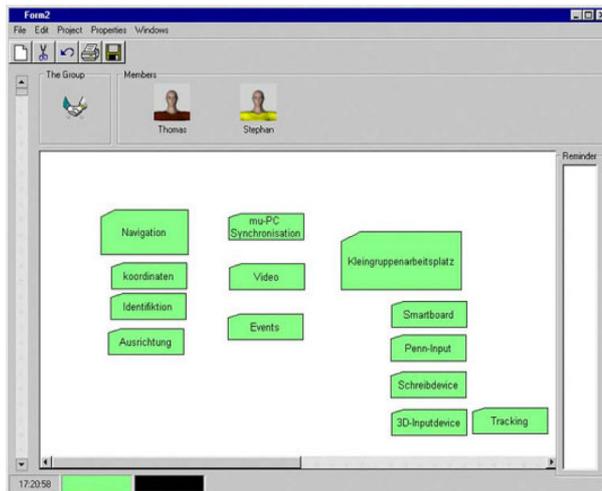


Bild (B092modZ) Oberfläche einer EDV-unterstützten Kartentechnik (ETH Zürich)



Bild (B091modZ) Digitale Pinwand

3.6 Funktion der Moderierenden

Der Moderator oder die Moderatorin vereint viele einzelne Funktionen in einer Person. Es sind dies:

- **Planer:** Im Vorfeld der Moderation wird der Workshop detailliert vorbereitet.
- **Taktgeber:** Die moderierende Person achtet auf die Einhaltung des Zeitplans, lässt aber auch gezielt Abweichungen zum vorgegebenen Fahrplan zu, wenn die Situation dies erfordert.
- **Methodiker:** Die moderierende Person überlegt sich die weiteren Moderationsschritte, wobei sie immer das Gesamtziel vor Augen hat. Obwohl gedanklich vorbereitet, erfordert dies eine „just-in-time“ Anpassung an die aktuelle Gegebenheit. Während die Gruppe in der Ausarbeitung und Diskussion eines Moderationsschrittes ist, bedenkt die moderierende Person schon die möglichen Resultate des aktuellen Schrittes und die danach notwendige Methodik zum nächsten Etappenziel.
- **Analytiker:** Die moderierende Person muss eine gute Antenne entwickeln, um eintretende Unstimmigkeiten, fehlende Identifikation und vieles Weitere während des Arbeitens zu erkennen, frühzeitig eine notwendige Diskussion einzuleiten und Problemfelder zu beleuchten.

3.7 Regeln und Hinweise für eine erfolgreiche Moderation

Einige Regeln und Hinweise helfen mit, eine für alle erfolgreiche Moderation zu erleben:

- Abwechslung: Zwischen Gruppen- und Einzelarbeit wechseln, mit Pausen unterbrechen, so kann das Leistungsniveau hoch gehalten werden.
- Unordnung in der Diskussion eine gewisse Zeit zulassen, sie ist ein Hexenkessel der Gedanken und für die Lösungssuche und spätere gezielte Lösungsfindung notwendig.
- Konsens abfragen: Schweigen kann Ablehnung bedeuten, Nicken kann passive Zustimmung bzw. Duldung bedeuten, aber beides ist kein klares „ja, ich bin einverstanden“. Immer wieder in Zwischenschritten aktive Konsensbildung durch Fragen im Team herbeiführen (falls dies verpasst wird, besteht das Risiko, dass die erarbeitete Lösung keine Tragfähigkeit besitzt oder in der Diskussion nochmals weit zurückgegangen werden muss).
- Unverbindlichkeit vermeiden, wie z.B. „man sollte“. Wenn immer möglich klare Stellungnahme herbei führen, wie z.B. „ich werde...“.
- Beobachten: Es lohnt sich, die zwischenmenschlichen Beziehungen innerhalb der Gruppe zu beobachten und von Zeit zu Zeit, ein Feedback zu geben, d. h. die Mitglieder auf gewisse Gewohnheiten hinzuweisen.
- Keine externen Störmöglichkeiten wie Piepser, Telefonapparate etc. zulassen. Eingehende Anrufe zentral ausserhalb des Sitzungsraumes abfangen. Diese können in speziellen Pausen weitergegeben und beantwortet werden.

Unter Umständen lohnt es sich, einige dieser Regeln sichtbar für alle aufzuhängen.

4 Zusammenfassung

Für komplexe Problemstellungen, welche nur durch kombiniertes Wissen mehrerer Personen erarbeitet werden können und deren Lösung nachhaltig von den Betroffenen getragen werden soll, eignet sich die Methode der Moderation.

Durch einen Moderator oder eine Moderatorin geführt, werden die Ziele gesteckt, das Problem strukturiert, Lösungen erarbeitet, bewertet und Massnahmen abgeleitet. Eine der wesentlichen Erfolgsfaktoren ist die gute Vorbereitung auf die moderierte Sitzung.

Die Moderationstechnik bietet verschiedene Methoden und strukturierte Arbeitsweisen. Die dargestellte Methodik eignet sich sowohl für Managementaufgaben wie Strategieerarbeitung, Prozessoptimierungen als auch Entwicklungsprozesse.

Wichtige Begriffe bzw. Prozesse:

- Informationssitzung, Besprechung oder Moderation
- Vorbereitung einer Moderation
- Organisation
- Werkzeuge
- Der Ablauf
- Der moderierte Workshop
- Der Moderator
- Regeln zur erfolgreichen Durchführung

Verständnisfrage 1

Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einer Informationssitzung und einer moderierten Besprechung.

Verständnisfrage 2

Wieso ist die Visualisierung ein wesentliches Element der Moderation?

Verständnisfrage 3

Auf welche Kriterien achten Sie bei der Auswahl der Teilnehmenden?

Verständnisfrage 4

Welche Vorbereitungsarbeiten sind dringend durchzuführen?

Verständnisfrage 5

Welche Einstiegsmethoden haben Sie kennen gelernt und welche würden Sie wann einsetzen?

Verständnisfrage 6

Mit welcher Methode sammeln Sie die Vielfalt der Ideen einer Problemstellung?

Verständnisfrage 7

Beim Strukturieren ergeben sich unterschiedliche Meinungen darüber, unter welchen Thementitel eine Idee zu ordnen ist. Was würden Sie als Moderator/in bei solchen Unstimmigkeiten vorschlagen?

Verständnisfrage 8

Beim Bewerten von Aufwand - Nutzen mittels einer Matrix gibt es drei Bereiche. Beschreiben Sie diese Felder und empfehlen Sie eine Vorgehensweise.

Verständnisfrage 9

Was sind die wichtigsten Prozessschritte gegen Ende einer moderierten Besprechung?

Verständnisfrage 10

In der Ein-Punkt-Abfrage am Ende des Workshops zeigen sich die meisten Teilnehmer und Teilnehmerinnen mit dem erreichten Resultat zufrieden. Eine Person setzt den Punkt jedoch in den „unzufriedenen Bereich“. Wie gehen Sie als Moderator vor?

Antwort 1

- Bei der Informationssitzung ist das gegenseitige Informieren im Vordergrund und nur kleinere Problemstellungen werden direkt angegangen.
- Die moderierte Besprechung ist hauptsächlich für das Bearbeiten komplexer, vernetzter Probleme geeignet.

Antwort 2

- Die Visualisierung richtet die Gedanken und Handlungsweise auf das Problem aus
- Sie hilft zu konzentrieren
- Visualisierung ist verbindlich

Antwort 3

- Interdisziplinäre Zusammensetzung
- kreative, aufgeschlossene Personen
- Vollständigkeit des Wissens
- Integration der Betroffenen

Antwort 4

- Definieren und Abklären von:
 - Ziel/Zweck
 - Messgrößen des Projekterfolges
 - Inputs/Unterlagen
 - Ressourcen
 - Rahmenbedingungen
- Organisation von:
 - Teilnehmereinladung
 - Ort
 - Werkzeuge
- Verteilte Vorbereitung der Struktur und Methodenauswahl der Moderation

Antwort 5

- Fünfinger-Ziel: für Teilnehmer, welche Sie schon kennen
- Ein-Punkt-Abfrage: um Stimmungsbilder aufzunehmen
- Bild – Person – Identitätskarte: um Personen auch auf der emotionalen Seite kennenzulernen
- Moderationslotto: um zwischen den Teilnehmern einen Erstkontakt zu schaffen

Antwort 6

Kartenabfragetechnik

Antwort 7

In solchen Fällen verdoppelt man die Karten und ordnet die Karten in beiden Gruppen ein.

Antwort 8

- Hoher Nutzen/kleiner Aufwand: sofort Massnahme definieren und umsetzen
- Tiefer Nutzen/hoher Aufwand: nicht lohnende Themen u.U. später wieder aufnehmen
- Hoher Nutzen/hoher Aufwand: Projekte mit Massnahmen und Verantwortung definieren

Antwort 9

- Massnahmen definieren
- Protokoll erstellen
- (Reflexion des Workshops)

Antwort 10

Die Person signalisiert eine klare Unzufriedenheit bzw. einen Widerstand. Lassen Sie die Person die Gründe kurz erläutern und notieren Sie die Bemerkungen auf dem Plakat. Gemeinsam legen Sie weitere konkrete Massnahme fest, um die Problematik zu lösen oder wieder aufzunehmen.

Relevante Cases

- [Globe-Air](#)
- [Rasenmäher](#)

Publikationsverzeichnis – Literatur

- [1] Klebert, Karin; Schrader, Einhard und Straub, Walter G. (2003): Kurzmoderation. Anwendung der Moderationsmethode in Betrieb, Schule und Hochschule, Kirche und Politik, Sozialbereich und Familie bei Besprechungen und Präsentationen; Windmühle-Verlag, Hamburg
- [2] Koch, Gerd (1992): Die erfolgreiche Moderation von Lern- und Arbeitsgruppen. Praktische Tipps für jeden, der mit Teams mehr erreichen will; 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, Landsberg
- [3] Redlich, Alexander (2004): Konflikt-Moderation. Handlungsstrategien für alle, die mit Gruppen arbeiten; Windmühle-Verlag, Hamburg
- [4] Schilling, Gert (2003): Moderation von Gruppen. Praxisleitfaden für die Moderation von Gruppen, die gemeinsam arbeiten, lernen, Ideen sammeln, Lösungen finden und entscheiden wollen; Schilling, Berlin

- [5] Schnelle-Cölln, Telse und Schnelle, Eberhard (2001): Visualisieren in der Moderation. Eine praktische Anleitung für Gruppenarbeit und Präsentation. Reihe Moderation in der Praxis, Band 5; Windmühle-Verlag, Hamburg
- [6] Seifert, Josef W. (1999): Besprechungs-Moderation. Mit neuen Techniken effektiv leiten, erfolgreich teilnehmen, Zeit sparen; 5. Auflage, Gabal Verlag GMBH, Offenbach
- [7] Wohlgemuth, André C. (Hrsg.) (1993): Moderation in Organisationen. Problemlösungsmethode für Führungsleute und Berater; Verlag Haupt, Bern, Stuttgart, Wien

Publikationsverzeichnis – Weblinks

- Ultradex: <http://www.ultradex.de/>
- Moderationsmaterial bei Neuland AG, Baar: <http://www.neuland.ch/>

Publikationsverzeichnis – weitere relevante Dokumente

- Orientierung Nr.108 der Credit Suisse AG: [Flow Teams – Selbstorganisation in Arbeitsgruppen](#)

Konzept-Prozess

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation

Eine **Produktpositionierung** sieht vor, ein individuelles Transportgerät für kurze Distanzen zu entwickeln. Das **Pflichtenheft** hält folgende **Eigenschaften** fest:

- Transportgerät für Belastung von max. 100 kg, eine Person
- Antrieb durch Muskelkraft
- Einsatz für kurze Distanzen auf asphaltiertem Boden
- Bremse vorhanden
- Zusammenlegbar, so dass durch eine Person ergonomisch transportierbar

Diese Positionierung entspricht offensichtlich dem modernen Scooter (retrospektiv).



Bild (B015konZ) Scooter

Drehen wir aber gedanklich die Zeit zurück:

- Die Lösung ist noch nicht bekannt.
- Sie sind mit der Positionierung konfrontiert und müssen das Produkt entwickeln.
- Ist dies die *optimale* Lösung? Gibt es bessere?

Betrachten wir einige alternative Lösungsvorschläge aus einer Bildergalerie (Studien der Hochschule für Gestaltung und Kunst, Zürich 2002).

Vorschlag 1

- Fahrer sitzt
- Scheibenbremsen
- aufblasbar
- 3 Rollen

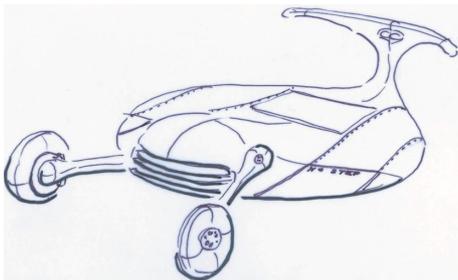


Bild (B016konz) Lösung 1

Vorschlag 2

- Fahrer sitzt
- Bremsen durch Fussstütze
- Textil in Al-Rahmen
- 2-fach klappbar

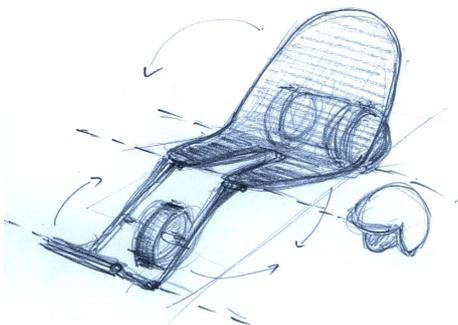


Bild (B017konZ) Lösung 2

Vorschlag 3

- Fahrer steht
- Bremsen über Schutzblech

- Antrieb über Pedal
- Einfach klappbar
- Al-Gestell

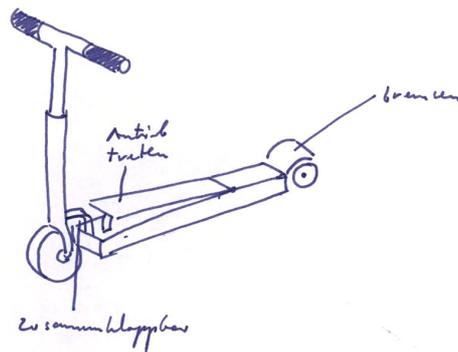


Bild (B018konZ) Lösung 3

Vorschlag 4

- Fahrer steht
- Backenbremsen
- Antrieb mit Fuss
- 2-fach klappbar
- Kunststoff



Bild (B019konZ) Lösung 4

Die Ideen sind beliebig erweiterbar.

- Wie gehen Sie vor, um die „optimale“ Lösung zu finden?

Ein methodisches Vorgehen ist notwendig, um das Lösungsfeld zu überblicken. Das Vorgehen im Überblick:

1. Gliederung in **Funktionen**:
 - Fahrzeug bewegen
 - Fahrzeug antreiben
 - Fahrzeug lenken
 - Fahrer tragen
 - Fahrzeug tragen
 - Fahrzeug abstellen
 - Strasse beleuchten
 - Fahrzeug abschliessen.
2. Zu jeder Funktion können einzelne Lösungen generiert werden (siehe B900konZ).
3. Gesamtlösungen generieren (siehe B901konZ).
4. Gesamtlösung konkretisieren (siehe B020konZ und B902konZ).
5. Auswählen und Bewerten.

Morphologischer Kasten

Fahrzeug bewegen	2 Rollen	3 Rollen	Grosse Rollen	Kleine Rollen	Gleiten	Hüpfen
Fahrzeug antreiben	Direkt mit Fuss	Wippen mit Lenker	Fusswippe	Gewichtsverlagerung	Aufziehen	Treten
Fahrzeug lenken	Steuerrad	Lenker	Knüppel	Gewichtsverlagerung		
Fahrzeug tragen	Unter Arm	Am Rücken	In Tasche	Klappen	Aufblasen	
Fahrzeug abstellen	Zusammenklappen und mitnehmen	In Tasche	In Velo- ständer	An Wand		
Fahrzeug beleuchten	Akkulampe zum Aufstecken	Mit Dynamo	Keine Beleuchtung	Katzenaugen		
Fahrzeug abschliessen	Mit mitgeliefertem Bügelschloss	Radblockierung	Nicht abschliessbar			

Bild (B900konZ) Morphologischer Kasten

Morphologischer Kasten

Fahrzeug bewegen	2 Rollen	3 Rollen	Grosse Rollen	Kleine Rollen	Gleiten	Hüpfen
Fahrzeug antreiben	Direkt mit Fuss	Wippen mit Lenker	Fusswippe	Gewichtsverlagerung	Aufziehen	Treten
Fahrzeug lenken	Steuerrad	Lenker	Knüppel	Gewichtsverlagerung		
Fahrzeug tragen	Unter Arm	Am Rücken	In Tasche	Klappen	Aufblasen	
Fahrzeug abstellen	Zusammenklappen und mitnehmen	In Tasche	In Velo- ständer	An Wand		
Fahrzeug beleuchten	Akkulampe zum Aufstecken	Mit Dynamo	Keine Beleuchtung	Katzenaugen		
Fahrzeug abschliessen	Mit mitgeliefertem Bügelschloss	Radblockierung	Nicht abschliessbar			

Bild (B901konZ) Morphologischer Kasten mit verbundenen Teillösungen

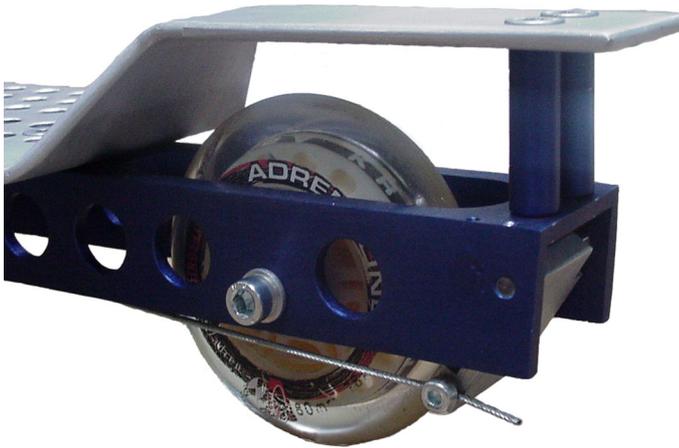


Bild (B020konZ) Kickboard



Bild (B902konZ) Anhänger

Lernziele

Die Studierenden

- ordnen den **Konzept-Prozess** richtig in den Entwicklungsprozess ein und erkennen die hohe Bedeutung,
- verstehen den Aufbau und Inhalt einer **Anforderungsliste**,
- kennen die Elemente der **Projektplanung**,
- haben die Fähigkeit ein Produkt in Funktionen zu beschreiben,
- können **intuitive** als auch **diskursive Lösungsfindungsmethoden** in verschiedenen Varianten erklären und an einfachen Beispielen anwenden,
- lernen **Teillösungen** darzustellen und zu **prinzipiellen Gesamtlösungen** zu kombinieren,
- müssen die Notwendigkeit der Konkretisierung der Lösungen und Methoden dazu kennen und
- kennen die Auswahlverfahren und Bewertungsmethoden und können diese an einfachen Beispielen anwenden.

Einleitung

Der Vorstudien-Prozess mit **Markt-Leistungs-Prozess** und Grob-Konzept-Prozess ist abgeschlossen, die Produktpositionierung aus Sicht des Marketings bzw. des Produktmanagements erfolgt; das Pflichtenheft liegt vor. Nun beginnt das eigentliche Entwicklungsprojekt, gegliedert in die einzelnen Teilprozesse. Der erste Teilprozess wird als Konzept-Prozess bezeichnet.

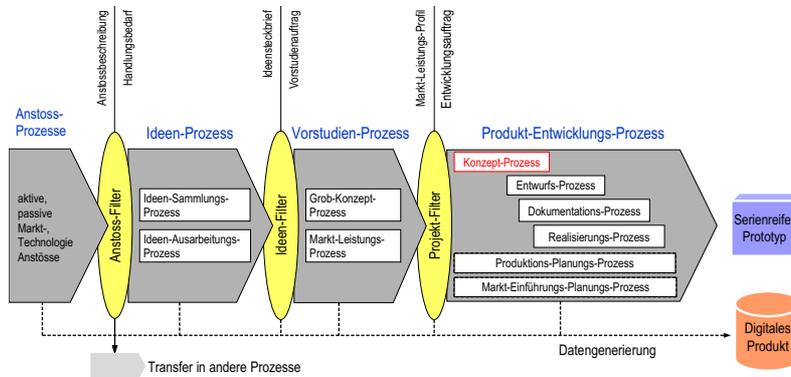


Bild (B034konZ) Der Konzept-Prozess im Innovations-Prozess

Im Konzept-Prozess werden, ausgehend vom Pflichtenheft und der Anforderungsliste, ein **Konzept** oder mehrere Konzeptvarianten ausgearbeitet.

Definition: Ausgangszustand für den Konzeptprozess ist die Produktpositionierung mit dem integrierten Pflichtenheft. Im Endzustand des Konzeptprozesses liegen eine oder mehrere prinzipielle Lösungen vor, welche die geforderten Funktionen des Produkts erfüllen und durch ihre Wirkprinzipien und -strukturen bereits geometrische und stoffliche Festlegungen enthalten. Ebenso werden Zeit- und Kosteninformationen für Projekt und Produkt konkretisiert.

Methodisch ist der Konzeptprozess in abwechselnd divergierende Schritte (Erweiterung des Lösungsraumes) und konvergierende Schritte (Reduktion des Lösungsraumes) darstellbar. Sowohl diskursives als auch **intuitives Vorgehen** werden gezielt eingesetzt.

Prozessorientiert ist der Konzeptprozess in die folgenden Teilprozesse gliederbar:

1. Projektdefinition
2. Funktionsgliederung
3. Lösungsfindung
4. Kombination der Gesamtlösung
5. Konkretisierung der Gesamtlösung
6. **Auswahl**, Bewertung.

Die Konzeptphase kann auch detailliertere Teilbetrachtungen im Sinne einer **Machbarkeitsanalyse** beinhalten. Ein konkretes **Funktionsmuster** beispielsweise ermöglicht die Analyse kritischer Wirkprinzipien und die Früherkennung von Problemen.

Eine Konzepterarbeitung wird im Rahmen einer Produktentstehung bevorzugt dann durchgeführt, wenn z. B. bei Neu- oder Anpas-

sungskonstruktionen Lösungen auf der Grundlage funktionaler oder physikalischer Überlegungen erarbeitet werden. Diese Aufgabenstellung ist nicht bei jeder Entwicklungsaufgabe gegeben, z. B. werden bei einer Variantenkonstruktion vor allem geometrische, werkstoff-, und fertigungstechnische Fragestellungen im Vordergrund stehen. Es muss im Einzelfall überprüft werden, ob eine Konzepterarbeitung notwendig ist und ob sie für das Gesamtprodukt oder nur für Teilbereiche durchgeführt werden soll.

Im Konzeptprozess wird die Produktlösung so weit ausgearbeitet, dass wesentliche technische Eigenschaften, **Herstellkosten**, **Ressourcen** zeitlicher und personeller Art sowie Risiken abgeschätzt werden können. Abschliessend wird entschieden, ob das Projekt weitergeführt wird und welche Variante im nachfolgenden aufwändigen **Entwurfsprozess** zu einem marktreifen Produkt ausgearbeitet werden soll.

Je nach Art des Produktes müssen grobe Überlegungen zum Produktkonzept schon im Rahmen der Vorstudie im Grob-Konzept-Prozess durchgeführt werden. Dabei beschränkt man sich auf die Festlegungen, die als Eckpunkte für den Markt-Leistungs-Prozess gebraucht werden. Im Extremfall können auch schon Machbarkeitsanalysen im Rahmen der Vorstudie stattfinden.

1.1 Bedeutung des Konzept-Prozesses

Mit dem Konzept werden Funktions- und Wirkprinzipien des Produktes und zum Teil bereits der grundsätzliche Aufbau bzw. die Anordnung von Komponenten festgelegt. Damit wird auch ein Grossteil der Herstellkosten des Produkts bestimmt. Der Konzeptprozess hat also eine enorme Bedeutung und Tragweite, obwohl er im Verhältnis zu den nachfolgenden Arbeiten weniger Aufwand erfordert. Die Arbeiten im Konzeptprozess sind daher sehr anspruchsvoll und erfordern eine vorausschauende und verantwortungsbewusste Bearbeitung.

Zu Beginn der Arbeiten ist das Produkt noch weitgehend bestimmbar. Daher bestehen hier die meisten Einflussmöglichkeiten auf Funktionalität, Qualität und Kosten des Produkts. Umgekehrt sind die dabei ablaufenden Prozesse im Verhältnis zu nachfolgenden Produkt- und (Herstell-) Prozessentwicklungsarbeiten bescheiden.

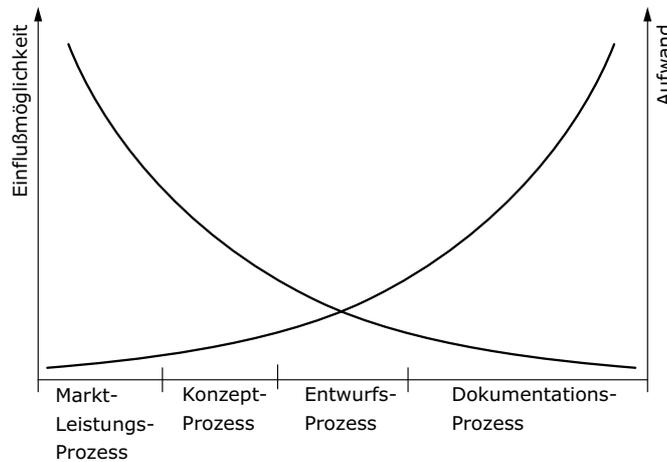


Bild (B800KonD) Aufwand und Einflussmöglichkeiten bei derProduktentwicklung

Produktentwicklung kann positiv beeinflusst werden, indem der Konzeptprozess intensiver durchgeführt wird. Durch nur wenig Mehraufwand kann das grösste Potenzial im gesamten Entwicklungsprozess erschlossen werden.

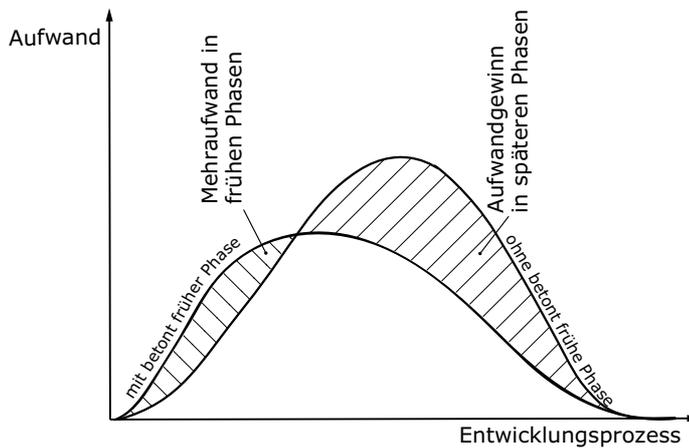


Bild (B801konD) Verlauf des Entwicklungsaufwands bei mit Projekten ohne und mit betonten frühen Phasen

Durch eine sehr sorgfältige Aufgabenklärung und Konzeptentwicklung können in erheblichem Umfang in den nachfolgenden Entwicklungsprozessen Aufwand, Entwicklungszeit und Kosten einge-

spart werden. Vermindert werden auch Änderungen, Nachentwicklungsaufwände und Probleme beim **Produktionsanlauf**.

1.2 Intuitive und diskursive Problemlösung

Beim **Problemlösen** (Konzipieren ist ein Problemlösungsprozess) gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen. Oft wird versucht, das Problem in einem Zug zu lösen, d.h. man wird so lange nachdenken bis eine Lösung offensichtlich ist. Dieses Vorgehen wird als intuitives Vorgehen bezeichnet.

Intuitives Problemlösen ist eine spezifisch menschliche Denkform und basiert auf dem Multiplem Denken [70]. Man nimmt an, dass dabei mehrere Denkprozesse simultan und weitgehend im Unterbewusstsein ablaufen. Die Prozesse können zu einem positiven Ergebnis führen, das als plötzlicher Einfall zutage tritt.

Definition: Intuitives Vorgehen basiert auf parallelem (multiplem), weitgehend unbewussten Denken und nutzt in hohem Masse Erfahrung und **Kreativität**.

Demgegenüber wird beim diskursiven Problemlösen versucht, das Vorgehen zu strukturieren.

Definition: Diskursives Vorgehen ist als schrittweises, weitgehend bewusstes Denken aufzufassen, das durch Vorgehenspläne strukturiert und durch Methoden unterstützt werden kann.

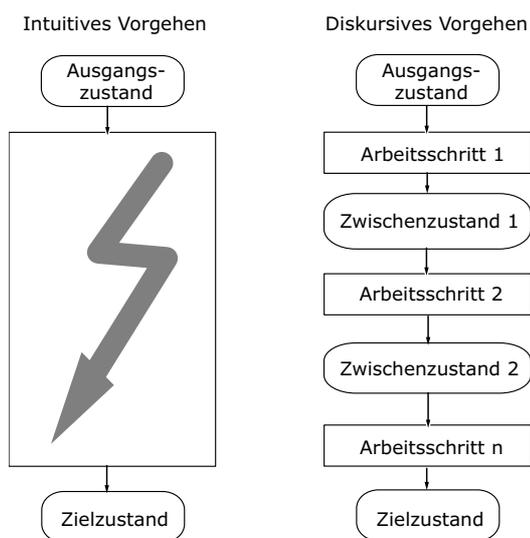


Bild (B802konZ) Intuitives und diskursives Vorgehen bei der Produktentwicklung

Beim diskursiven Vorgehen werden schrittweise Teilaspekte der Aufgabe bearbeitet. Das Endergebnis wird über Zwischenzustände erreicht. Dabei kann sich der Konstrukteur auf die Bearbeitung der jeweiligen Teilaspekte konzentrieren. Seine mentale Belastung wird verringert. Die Vor- und Nachteile des intuitiven bzw. diskursiven Vorgehens sind:

Intuitives Vorgehen	Diskursives Vorgehen
<ul style="list-style-type: none"> • Stimuliert den Lösungsprozess • Kann unterstützt werden durch Kreativitätstechniken • Ist bei guten Entwicklern und vertrauten Aufgaben schnell und effizient • Ergibt gute Ergebnisse bei erfahrenen Experten • Ist schlecht zu managen, da der kreative Einfall nicht erzwungen werden kann 	<ul style="list-style-type: none"> • Besteht aus abgeschlossenen Teilschritten • Ist in Arbeitsschritten und Zwischenzuständen beschreibbar • Geht logisch, folgerichtig vor • Ist kontrollierter und damit beherrschbarer • Ist aufwändiger • Sichert grösseres Lösungsfeld • Kann „Erfindergeist“ hemmen

Tabelle (T001konD) Intuitives und Diskursives Vorgehen im Vergleich

In der Praxis ist bei Konzeptentwicklungsprozessen sowohl das intuitive (vermutlich häufiger) als auch das diskursive Vorgehen verbreitet. Trotz der Vorteile des intuitiven Vorgehens ist dieses bei komplexen Produkten nicht unproblematisch.

Insgesamt ermöglicht das diskursive Vorgehen einen besseren Überblick über die ganze Breite des Lösungsfeldes. Damit wird gegenüber dem intuitiven Vorgehen die Chance erhöht, eine optimale Lösung zu finden.

Effizientes und effektives Konzipieren ist dann gegeben, wenn die Vorteile des intuitiven und diskursiven Vorgehens individuell und kontextabhängig beim Konzipieren genutzt werden. Vielfach ist es vorteilhaft, zuerst intuitiv erste Lösungen bzw. Teillösungen zu generieren und dann in einem diskursiven Vorgehen darauf systematisch aufzubauen, bzw. die intuitiv erarbeiteten Teillösungen in eine diskursiv erarbeitete Struktur zu transferieren.

1.3 Divergenz und Konvergenz beim Konzipieren

Beim methodischen Entwickeln wird grundsätzlich versucht, viele Varianten zu generieren. Durch Auswählen und **Bewerten** wird die Zahl wieder reduziert. In mehreren Schritten wird abwechselnd der Lösungsraum erweitert (**divergentes Vorgehen**) und eingeengt (**konvergentes Vorgehen**). Damit bleibt die Anzahl der Lösungen handhabbar.

Definition: Divergentes Vorgehen erhöht die Anzahl von Lösungen, erweitert also den Lösungsraum.

Definition: Konvergentes Vorgehen scheidet Lösungen aus oder stellt sie zurück, reduziert also den Lösungsraum.

Divergentes und konvergentes Vorgehen finden beim Konzipieren abwechselnd statt, um:

- den Lösungsraum gross genug zu halten, damit alle wichtigen Lösungen enthalten sind,
- klein genug zu halten, damit der Konzeptprozess beherrschbar bleibt und effizient bewältigt werden kann.

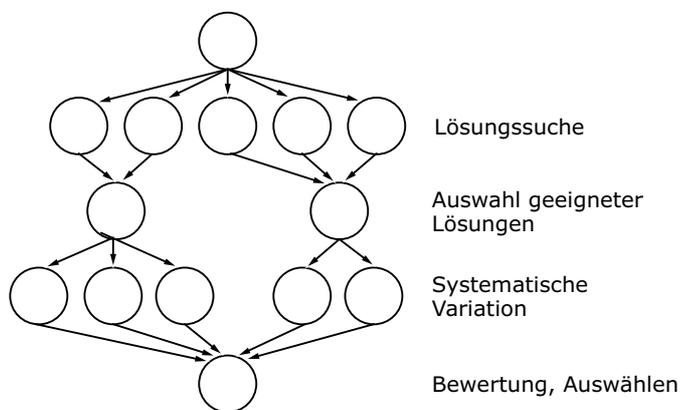


Bild (B803konD) Wechsel zwischen divergentem und konvergentem Vorgehen beim Konzipieren

Divergentes Vorgehen wird mittels Variieren und Kombinieren erreicht, konvergentes Vorgehen durch Strukturieren, Auswählen und Bewerten.

1.4 Teilprozesse, Produktmodelle

Der Konzeptprozess ist in der Regel komplex, d. h. eine Vielzahl von Einflussfaktoren und Unsicherheiten wirken hochgradig vernetzt und zeitlich veränderlich auf die Entwicklungsarbeit ein. Die Entwickler/-innen haben eine grosse Informationsfülle zu bewältigen und viele Abhängigkeiten und Restriktionen zu berücksichtigen. Die Optimierungskriterien sind unübersichtlich.

Ein wichtiger Ansatz der Konstruktionsmethodik ist, den Konzeptprozess zu strukturieren. Damit soll seine Komplexität beherrschbar werden und gleichzeitig der Prozess selbst und sein Ergebnis verbessert werden. Der Konzeptprozess ist in Teilprozesse gliederbar (siehe Bild B001konZ):

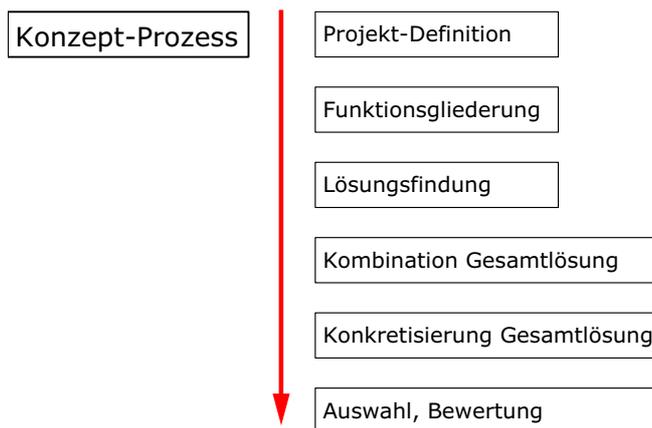


Bild (B001konZ) Gliederung des Konzeptprozesses in Teilprozesse

Jedem dieser Teilprozesse ist eine Beschreibungssprache des Produktes, das entsprechende **Produktmodell** zugeordnet.

Definition: Produktmodell ist der Sammelbegriff für formal festgelegte virtuelle Beschreibung in abstrakter Form von Produkten während des Entwicklungsprozesses.

Die Konstruktionsmethodik hat zur Definition von Arbeitsebenen geeignete Produktmodelle erarbeitet, die sich am Grundprinzip von **Abstraktion** und Konkretisierung orientieren.

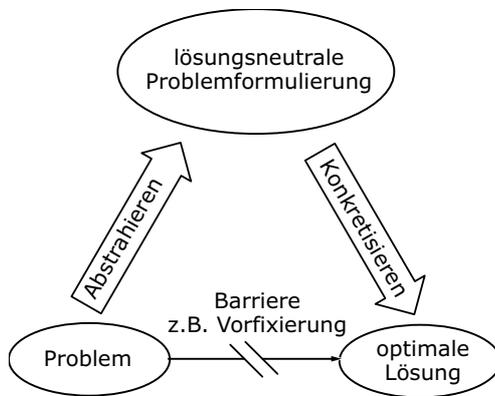


Bild (B804konD) Abstrahieren und Konkretisieren beim Konzipieren.

Barrieren, die einen direkten Zugang zur optimalen Lösung versperren, können umgangen werden, indem zunächst vom Problem abstrahiert wird. Vom höheren Abstraktionsniveau ausgehend werden dann wiederum zunehmend konkretere Vorstellungen (Problemlösungen) entwickelt.

Der Konzeptprozess basiert auf einer Anforderungsliste und drei Produktmodellen entlang der Teilprozesse.

Die Anforderungsliste

Die Anforderungsliste stellt die zukünftigen Eigenschaften (in tabellarischer Textform) dar:

Nr.	Anforderung	Zahlenwert mit Toleranz	Fest- oder Wunschforderung (FW)	Ursprung, Erläuterung	Ersteller (Name, Datum)	Modifikationen (Verantwortlich, Datum)
	Geometrische Anforderungen					
1	Maximale Höhe	170 mm ± 0.2 mm	F	Kundenforderung	Müller 27.09.02	-
2	Max. Durchmesser	65 mm ± 0.1 mm	F	Fertigungsmöglichkeiten	Braun 27.09.02	nach Rücksprache mit Fertigung von 58 mm auf 65 mm erhöht (Riedl, 29.09.02)
..						

Bild (B039konZ) Aufbau einer Anforderungsliste

Produktmodell 1 – das Funktionsmodell

Die **Gesamtfunktion** des Produktes wird durch **Teilfunktionen** dargestellt. Teilfunktionen beschreiben lösungsneutral die Aufgabe, für die später konkrete Lösungen erarbeitet werden müssen. Das Zusammenwirken mehrerer Teilfunktionen lässt sich oft zweckmässig in **Funktionsstrukturen** darstellen.

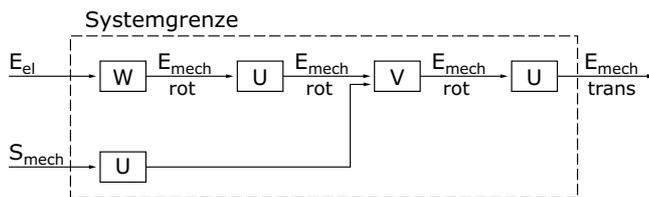


Bild (B004konZ) Darstellung des Funktionsmodells (Übersetzung einer Drehbewegung mit elektrischem Antrieb in eine mechanische Längsbewegung)

Produktmodell 2 – das Effektmodell

Die Arbeitsweise von Produkten basiert auf physikalischen (vermehrt auch chemischen oder biologischen) Vorgängen, welche als **Effekte** in einem **Effektmodell** beschreibbar sind.

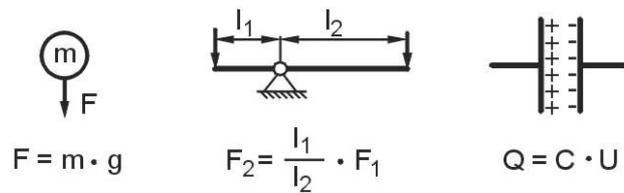


Bild (B003konZ) Darstellungen und Beispiele von Effektmodellen

Produktmodell 3 – das Wirkprinzipmodell

Wirkprinzipmodell: Wirkprinzipien nutzen **physikalische Effekte** und konkretisieren bzw. präzisieren deren Umsetzung in geometrische und stoffliche Eigenschaften hinsichtlich der Erfüllung der Aufgabenstellung. Sind mehrere Wirkprinzipien in einem Produkt vorhanden, können sie entsprechend der Topologie (Aufbaustruktur) zu Wirkstrukturen verknüpft werden.

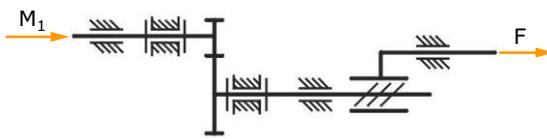


Bild (B002konz) Darstellung eines Wirkprinzips (Übersetzung einer Drehbewegung in Längsbewegung)

Die Strukturierung des Konzeptprozesses basiert auf dem Prinzip des diskursiven Vorgehens. Die Arbeitsschritte werden als Teilprozesse beschrieben. Die Ergebnisse der Teilprozesse orientieren sich an Produktmodellen.

Aus methodischer Sicht wird das schrittweise Vorgehen über mehrere Zwischenzustände (Produktmodelle) mit Zweckmässigkeitsüberlegungen begründet:

- Das schrittweise Vorgehen von Produktmodell zu Produktmodell unterteilt den gesamten Konzeptprozess in überschaubarere Teilprozesse.
- Die einzelnen Teilprozesse können gezielt mit speziellen Methoden angegangen werden. Dabei ist es möglich geeignete Ressourcen zuzuordnen. Die Aufgaben können im Team mit teilweise wechselnder Zusammensetzung bearbeitet werden.
- Die Ergebnisse der Teilprozesse sind genau definiert und messbar. Damit wird der Konzeptprozess planbar, steuerbar und kontrollierbar hinsichtlich Zeit, Kosten und Qualität.
- Der bewusste Übergang von Modell zu Modell schafft beim Bearbeiter ein Verständnis für seine Gestaltungsspielräume auf jeder Modellebene und erleichtert ihm die Auswahl erfolgversprechender Varianten.
- Das Generieren und Auswählen von Lösungselementen auf jeder Modellebene erhöht die Wahrscheinlichkeit erheblich, ein für die Aufgabe optimales Konzept zu finden. Gleichzeitig wird

das Risiko von Fehlentwicklungen reduziert, weil das gesamte Lösungsfeld erarbeitet wird und für eine **Beurteilung** zur Verfügung steht.

- Es ist ein Erfahrungsgrundsatz, dass erfolgreiche Produkte meist eine klare Produktstruktur, eine einfache Funktionsstruktur, eine eindeutige und funktionssichere Wirkstruktur und eine kostengünstige Baustruktur aufweisen.

1.5 Strukturieren des Produkts

Nicht jedes Produkt muss als Ganzes konzeptionell überdacht werden. Auch bei der Neuentwicklung komplexer Produkte können durchaus bewährte **Baugruppen** von bisherigen Produkten übernommen und Teilprozesse übersprungen werden.

Eine klare Strukturierung des Produkts ist in den meisten Fällen hilfreich. Die Teilbereiche des Produkts können weitgehend getrennt betrachtet werden, wodurch die Komplexität der Aufgabe weiter reduziert und die Lösungsfindung vereinfacht wird.

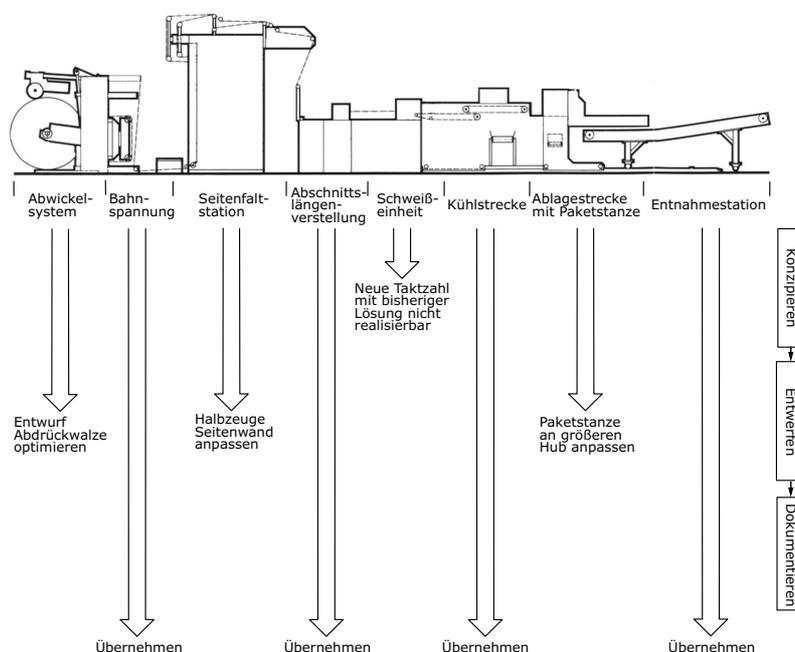


Bild (B805konD) Unterschiedliche Teilprozesse und Nutzung von Produktmodellen für das Entwickeln von Komponenten einer Verpackungsanlage.

Eine Strukturierung des Produkts in Baugruppen:

- ergibt eine Reihe von einfacher zu bearbeitenden Teilaufgaben mit geringerem Bearbeitungsumfang,
- ermöglicht die Aufteilung von Teilbereichen auf unterschiedliche Bearbeiter um deren spezifische Kompetenzen zu nutzen,
- verkürzt die Entwicklungszeiten durch die Möglichkeit der Parallelbearbeitung von Teilaufgaben,
- erleichtert das Ermitteln geeigneter Lösungen, weil der Suchraum kleiner ist,
- fördert das kreative Arbeiten, weil man vom komplexen Gesamtzusammenhang zunächst abstrahieren kann.

1.6 Realer Konzept-Prozess

Reale Konzeptprozesse basieren wesentlich auf diesen konstruktionsmethodischen Grundlagen. Je nach Aufgabe, Produkt, Unternehmen und Branche laufen sie jedoch sehr unterschiedlich ab, mehr sequentiell oder parallel, oft vernetzt oder verschachtelt, immer aber in hohem Masse arbeitsteilig. Ihr Verlauf ist von vielen Einflüssen abhängig, z. B. von der Konstruktionsart (Neu-, Anpassungs- oder Variantenkonstruktion) oder der Fertigungsart (Einzel-, Serienfertigung). Fricke [43] hat durch Analyse von konkreten Entwicklungsprozessen gezeigt, dass das Konzipieren oft intuitiv, erfahrungsbasiert und meist stark iterativ verläuft. Zudem werden parallel zum Konzipieren immer wieder **Anforderungen** präzisiert und erweitert. Konkrete Konzeptabläufe sind deshalb Unikate.

2 Projekt-Definition

Nach Abschluss des Vorstudien-Prozesses, der aus den Unterprozessen Markt-Leistungs-Prozesses und Grob-Konzept-Prozesses besteht, liegt als Ergebnis das erarbeitete **Markt-Leistungs-Profil** vor. Wichtiger Teil dieses Markt-Leistungs-Profiles ist das Pflichtenheft, welches alle wesentlichen Markt-Forderungen enthält. Im Projekt-Definitions-Prozess erfolgt die Erarbeitung der ergänzenden Anforderungen an das neue Produkt.

Die Forderungen im Pflichtenheft sind marktorientiert. So werden hier alle kundenrelevanten Leistungsdaten, Verkaufspreise, Absatzmengen etc. festgeschrieben. Sie haben einen Vertragscharakter zwischen Unternehmensleitung einerseits und Projektleiter andererseits.

In der zu schaffenden Anforderungsliste ist das Pflichtenheft mit seinen Forderungen enthalten und darüber hinaus detaillierte Forderungen und **Wünsche**, die sich aus der Innensicht der Produktentwicklung oder dem Lebenszyklus des Produkts ergeben. Im Pflichtenheft für einen neuen Pkw sind zum Beispiel der Absatzmarkt Australien und die Möglichkeit des Einbaus von Kindersitzen gefordert. Für die konkrete Entwicklung sind ergänzend genaue Kenntnisse der Vorschriften und Gesetze für Kindersitze in der Anforderungsliste enthalten. Die Anforderungsliste muss in den weiteren Prozessen aktualisiert und ergänzt werden. Im Pflichtenheft werden zum Beispiel keine Produktions-Anforderungen festgelegt. Wenn sich im Entwurfs-Prozess zeigt, dass ein grosses Gussbauteil erstellt werden soll, so ist die in der Giesserei verfügbare maximale Krankapazität als eine neue Anforderung einzufügen.

Die im Projekt-Definitions-Prozess erarbeitete Anforderungsliste bildet das Zielsystem für das Entwicklungsprojekt. Ausgehend von diesem Zielsystem wird das Projekt im Sinne des Projektmanagement durchgeplant. Das zu entwickelnde Produkt, die zur Verfügung stehenden Zeiten, Kapazitäten und Budgets sind einige der wichtigen Einflussgrössen auf die festzulegende Projektstruktur.

Auch während dieses Teilprozesses wird das **Kommunikationskonzept** innerhalb des Teams als auch nach aussen festgelegt oder konkretisiert.

Zum Abschluss dieses Prozesses wird der nachfolgende Teil-Prozess freigegeben und vielfach mittels **Kick-off-Meetings** kommuniziert.

2.1 Anforderungsliste

Zahlreiche Projekte beginnen mit unklarer oder unvollständiger Planung, was zu Problemen während der gesamten weiteren Projektbearbeitung führt – die gesteckten Ziele werden nicht erreicht. Wichtig ist es, bereits frühzeitig alle relevanten Informationen zu erfassen und ein gemeinsames Zielverständnis im Team aufzubauen. Nur so kann bei der Durchführung der Folgeprozesse eine wirkungsvolle Steuerung des Projektablaufs ermöglicht werden.

Die vertiefte, über die Inhalte des Pflichtenhefts hinausgehende **Anforderungsklä rung** sollte in einem interdisziplinären Team durchgeführt werden.

Wesentlich für die Projekt-Definition ist die Konkretisierung des Entwicklungsziels (Was soll entwickelt werden?) durch die Anforderungsliste sowie die Definition der Vorgehensweisen im Projektablauf (Wie soll das Ziel erreicht werden?) durch den Projektplan.

Das im Markt-Leistungs-Prozess erarbeitete und von den Verantwortlichen genehmigte Pflichtenheft bildet die unverrückbare Basis des Projektes. Das Klären der Problemstellung (auch Bereinigen der Anforderungsliste genannt) wird in die Arbeitsschritte der Analyse, Strukturierung sowie der Formulierung unterteilt. Dabei sind grundsätzlich qualitätsbestimmende Forderungen in gleicher Weise wie Termine und Kosten zu beachten.

Bei der Analyse des Problems wird mit Methoden der Abstraktion, mit **Checklisten**, mit Systemgrenzenverschiebung, mit der Analyse des Umfelds usw. gearbeitet. Das Ziel dieses Arbeitsschritts ist es, den Kern des Problems dank intensiver Auseinandersetzung mit der Fragestellung zu erkennen und ein besseres Verständnis für die Abhängigkeiten im Allgemeinen zu gewinnen. Daraus ergeben sich dann neue oder ergänzende Anforderungen.

Das Strukturieren der Anforderungen ist notwendig, um bei einer grösseren Zahl von Anforderungen die Übersichtlichkeit zu garantieren. Die Strukturierung kann nach jeweils geeigneten Gesichtspunkten erfolgen, die sich zum Beispiel an inhaltlichen Gesichtspunkten (Technik, Kosten, Organisation), an Fachdisziplinen (Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Elektronik etc.) oder am Lebenslauf eines Produktes orientieren.

2.1.1 Allgemeines zu Anforderungen

Die Formulierung der Anforderungen muss:

- lösungsneutral sein
- positiv formuliert

- anspruchsvoll, aber erreichbar sein
- soweit möglich quantifiziert und durch Skizzen ergänzt
- klar und eindeutig sein
- auch vermeintlich selbstverständliche Punkte umfassen.

Durch eine lösungsneutrale Formulierung kann eine Einschränkung bei der Ideenfindung vermieden werden. Die Forderung „maximale Kraft = 1000 N“ lässt im Gegensatz zu „maximale hydraulische Kraft = 1000 N“ die Art der Krafterzeugung offen.

Die positive Formulierung ist besser geeignet als negative Formulierungen. Etwas erreicht zu haben ist besser zu vermitteln, als etwas verhindert zu haben: „Wir haben den Terminplan eingehalten!“ versus: „Wir haben Verzögerungen im Projekt verhindert!“

Anforderungen an eine Produktentwicklung und -innovation müssen eine Herausforderung darstellen, jedoch muss die Erreichbarkeit des Gesamtziels auch sinnfälliger sein.

Anforderungen müssen möglichst konkret formuliert werden. Die Forderung nach „einer spürbaren Kostensenkung“ kann nicht konkret bearbeitet werden, solange nicht die Grössenordnung quantifiziert ist, die Ausgangsbasis definiert ist und klargestellt wird, welche Kosten gemeint sind.

Besonders gefährlich sind die scheinbaren Selbstverständlichkeiten zum Beispiel der Bedienung oder auch der Instandsetzung eines Geräts, weil sie oft vergessen und vernachlässigt werden. Ein spätes „das war doch klar“ hilft dann wenig.

2.1.2 Anforderungsarten

Die Anforderungen können unterschieden werden in

- **Festforderungen** (ohne Toleranzbereich)
- **Bereichsforderungen** (Toleranzbereich, der unbedingt erfüllt werden muss)
 - Intervallforderungen (zulässiger Bereich „von ... bis ...“)
 - Mindestforderungen (nur Überschreitung zulässig)
 - Maximalforderungen (nur Unterschreitung zulässig)
- Zielforderungen
- Wünsche
 - Explizite Wünsche (ausgesprochene Wünsche klar formuliert: „Geräuschabstrahlung möglichst reduzieren“)
 - Implizite Wünsche (nicht ausgesprochene „Selbstverständlichkeiten“, wie zum Beispiel leichte Bedienung für Rechts- und Linkshänder).

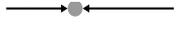
Hauptgruppe		Unterteilung	Beispiel
Festforderung (FF)		Punktforderung	Stahrahmen, 24-Gänge
Bereichs- forderung (BF)		Intervall- forderung	Spreizungsbereich der Übersetzung Mind. 12 Gänge Max. 3 kg
		Mindest- forderung	
		Maximal- forderung	
Zielforderung		Zielforderung	Etwa 6 cm Einfederung
Wunsch		Wunsch	Gepäckträger

Tabelle (T003konZ) Unterteilung der Anforderungsarten

Diese Unterteilung der Anforderungen ist auch deshalb von Bedeutung, weil die Nichterfüllung der Fest- und Bereichsforderungen zum Ausschluss von Lösungen führt, die Zielforderung und Wünsche jedoch zur Bewertung der verbleibenden Lösungen herangezogen werden.

2.1.3 Ermittlung der Anforderungen

Eine möglichst vollständige Anforderungsliste bildet die Basis des Konzeptprozesses. Grundlagen hierzu bilden das Marktleistungs-Profil und das Pflichtenheft. Als weitere Quellen kommen in Frage:

- Gesetzesliteratur, [Patente](#)
- Analyse des Produktumfelds
- Analyse des gesamten Lebenszyklus, insbesondere der Handhabung
- Systemgrenzenverschiebung
- Mitarbeitergespräche
- Kunden-, Lieferantengespräche, -Befragung
- Wettbewerbsanalyse
- Service-Informationen, Beschwerde-Management
- Checklisten.

Einige Methoden unterstützen die Ermittlung und die Bereinigung der Anforderungsliste:

- Methode der Abstraktion
- Black-Box-Methode
- Checkliste
- die Analyse der Produktumgebung
- Systemgrenzenverschiebung
- die Lead-User-Methode.

Dies natürlich nur soweit, wie diese Methoden nicht schon im Markt-Leistungsprozess angewendet wurden.

2.1.4 Marktbezug, Kundenbesuch

Bei kundenindividuellen Produkten wie zum Beispiel bei Sondermaschinen gibt es in vielen Fällen direkte Kontakte zwischen den späteren Nutzern und den Entwicklern. Das Umfeld für das neue Produkt ist damit gut bekannt und kann entsprechend berücksichtigt werden.

Bei Serienprodukten sind die Kenntnisse bezüglich der späteren Produktnutzung oft aber nur mittelbar, weshalb eine der Realität entsprechende Vorstellung nicht immer gegeben ist.

Zwar lassen sich Bedingungen und Kundenwünsche durchaus schriftlich festhalten, sie können aber kein Ersatz für eigenes Erleben sein. Um dem Team den notwendigen Eindruck über den späteren Produkt-Einsatz und das Umfeld zu vermitteln, ist es von grossem Nutzen, mögliche zukünftige Standorte für das Produkt zu besichtigen und mögliche Kunden/Anwender kennen zu lernen. Eine solche Besichtigung vor Ort, verbunden mit einem Gespräch mit dem Kunden kurz vor dem Projektstart, ermöglicht dem Entwicklungsteam, unaufgedeckte Missverständnisse zu minimieren und ein persönliches „Gespür“ auch für nicht explizit ausgesprochene Erfordernisse, Wünsche und Vorstellungen der Kunden zu bekommen.

Bei einer solchen Vorgehensweise soll hier auf die Gefahr eines widersprüchlichen Fazits hingewiesen werden, denn die Produktpositionierung erfolgt auf der Basis einer breiten Marktbeurteilung. Ein Besuch des Entwicklungsteams vor Ort hingegen gibt häufig eine individuelle, auf diesen Platz bezogene Meinung wieder, welche unbedingt relativ zu betrachten ist.

Ein Einblick in die Praxis der Produkthanwendung soll genauso wie in Wartungs- und Instandsetzungssituationen regelmässig erfolgen.

2.1.5 Anforderungen strukturieren

Anforderungen lassen sich nach verschiedenen Sichten strukturieren:

- nach Fachdisziplinen
- nach technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Anforderungen
- nach Lebensphasen.

Eine Möglichkeit der Strukturierung ist:

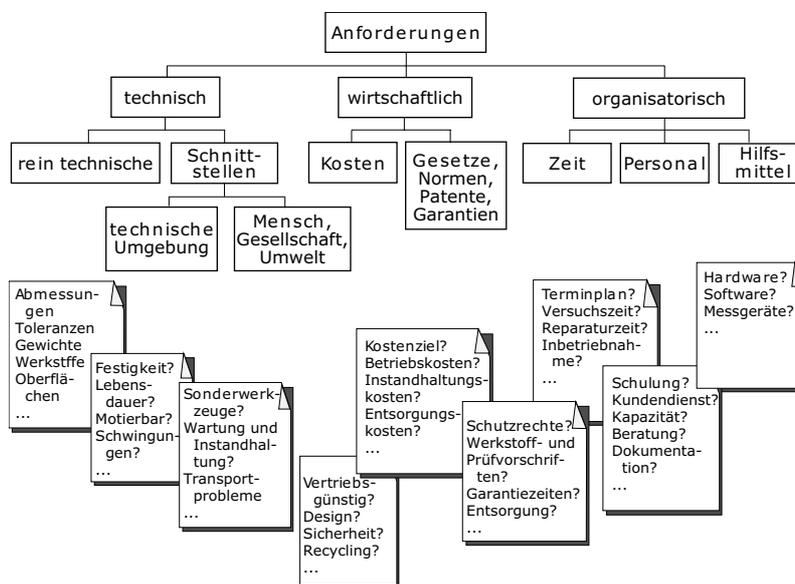


Bild (B009pdpM) Einteilung der Anforderungen

2.1.6 Anforderungen gewichten und Prioritäten bestimmen

Zusätzlich zur Strukturierung besteht vielfach der Bedarf Anforderungen zu gewichten. Dies dann, wenn z. B. Zielkonflikte in den Zielforderungen und Wünschen auftreten.

Eine Priorisierung der Anforderungen ist auch sinnvoll um die meist knappen Ressourcen der Entwicklung gezielt den Anforderungen zuzuordnen und dem Entwicklungsteam ein klares Bild der wesentlichen Punkte zu ermöglichen. Zur Bewertung und Priorisierung eignen sich die Methoden:

- Quality Function Deployment QFD
- Target-Costing
- Conjoint-Analyse
- Kano-Analyse

2.1.7 Anforderungsliste

Die Anforderungsliste enthält alle qualitativen und quantitativen Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt sowie sämtliche Bedingungen, die in der Produktentwicklung berücksichtigt werden müssen. Sie ist ein nach formalen Gesichtspunkten aufgebautes Dokument für die Produktentwicklung. Eine Anforderungsliste ist demzufolge eine:

- schriftlich formulierte
- möglichst vollständige
- möglichst quantifizierte
- strukturierte
- mit Prioritäten versehene
- durch organisatorische Hinweise ergänzte Sammlung der Anforderungen an ein Produkt.

Für einzelne Anforderungen können Spezifikationen abgeleitet werden. Spezifikationen enthalten Anforderungen, die im Sinne von Vorschriften einzuhalten sind. Diese Form ist besonders in Verbindung mit Zulieferern gebräuchlich. Die Freiräume für Entwicklung und Konstruktion sind deutlich eingeengt.

Anwendung der Anforderungsliste

Neben einem Arbeitshilfsmittel für die Folgeprozesse wird sie auch als Grundlage zur Beurteilung von Ideen und daraus abgeleiteten Varianten verwendet werden, indem zum Beispiel unterschiedliche Konzepte oder Entwürfe anhand der Erfüllung der Anforderungen miteinander verglichen werden. Daneben stellt sie auch eine verbindliche Vertragsgrundlage für Auftraggeber und Auftragnehmer dar.

Anforderungslisten werden sinnvollerweise mittels EDV-Unterstützung erfasst.

Grundsätzliche Vorteile der Arbeit mit Anforderungslisten sind:

- Ziel wird umfassend geklärt, bevor Folgekosten auftreten, Probleme und Schwerpunkte werden bewusst
- Informationsaustausch einfach, neue Mitarbeiter werden schnell auf einen Kenntnisstand gebracht, Einarbeiten nach längerer Pause erleichtert
- Anforderungen werden übersichtlich und komprimiert gespeichert, Computerunterstützung möglich und hilfreich (besonders bezüglich der Änderungsorganisation)
- Kunde/Auftraggeber und Entwickler verständigen sich auf gemeinsame Basis und verantworten sie

- Beurteilung von Varianten wird erheblich erleichtert durch Kriterien, die der Anforderungsliste entnommen werden
- Anforderungsliste kann Entscheidungsgrundlage für Produktabnahme sein

Die Anforderungsliste ist im Gegensatz zum Pflichtenheft ein dynamisches Dokument. Während der folgenden Teilprozesse des Entwicklungsprozesses wird die Liste ergänzt, modifiziert und vor allem konkretisiert. Soweit ein Einfluss auf das ursprüngliche Pflichtenheft vorliegt, natürlich in Absprache mit dem Marketing. Änderungen werden schriftlich dokumentiert mit

- Änderungsbeschreibung
- Verantwortlichkeit
- Datum

Aufbau der Anforderungsliste

Anforderungslisten werden vielfach nach folgender Struktur aufgebaut.

fortlaufende Nummerierung		Klassifizierung		Hintergrundinformationen		Dokumentation von Modifikationen
Nr.	Anforderung	Zahlenwert mit Toleranz	Anforderungsart (F/W)	Ursprung/Erläuterung	Ersteller (Name/Datum)	Modifikationen (Beschreibung, Verantwortlicher, Datum)
Geometrische Anforderungen						
1	Maximale Höhe	170mm ± 0.2mm	F	Kundenforderung	Müller 27.09.02	
2	Max. Durchmesser	65mm ± 0.1mm	F	Fertigungsmöglichkeiten	Braun 27.09.02	nach Rücksprache mit Fertigung von 55 mm auf 65 mm erhöht (Riedl 8.6.02)
3	...					
...						

Bild (B010pdpM) Aufbau einer Anforderungsliste

2.1.8 Zielkonflikte

Anforderungen an ein neu zu entwickelndes Produkt widersprechen sich oft. Man spricht dann von so genannten Zielkonflikten, also „negativen Wechselwirkungen zwischen Anforderungen“.

Von entscheidender Bedeutung ist, dass derartige Zielkonflikte bereits in den frühen Phasen der Produktentwicklung erkannt werden. In der Regel müssen Kompromisse gefunden werden.

In der Entwicklung können einige dieser Zielkonflikte/Widersprüche durch technische **Innovationen** aufgelöst werden. Die Forderung nach geringen Massen und geringem **Bauraum** verlangt zum Beispiel für die mechanische Leistungsübertragung eine schnell laufende Welle, da so die Drehmomente und damit der erforderliche Wellendurchmesser reduziert werden können.

In anderen Fällen werden Kompromisse erforderlich, die dann mit dem Auftraggeber rechtzeitig zu vereinbaren sind. Bei der Entwicklung von Sondermaschinen sollte dieses vor Abschluss des Vertrags erfolgen.

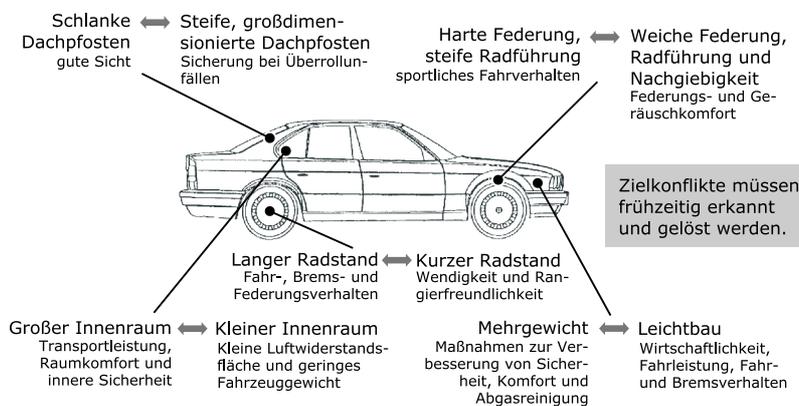


Bild (B027konZ) Zielkonflikte aus Anforderungen

2.2 Projekt, Projektplanung

Ein Projekt ist ein Vorhaben mit meist folgenden Eigenschaften:

- Einmalig
- Komplex
- Risikobehaftet
- Klar definiert durch eine Anforderungsliste
- Klar terminiert durch ein Anfangs- und ein Enddatum
- Ausgestattet mit begrenzten finanziellen Ressourcen
- Durchgeführt von einer begrenzten Anzahl Personen meist aus unterschiedlichen Unternehmenseinheiten.

Die Dauer eines Projektes reicht von wenigen Wochen bis zu mehreren Jahren, die Anzahl der Beteiligten von eins bis zu mehreren hundert, das Budget von wenigen Tausend bis hin zu mehreren Millionen.

Der Erfolg eines Projektes lässt sich am „Magischen Dreieck“ messen.

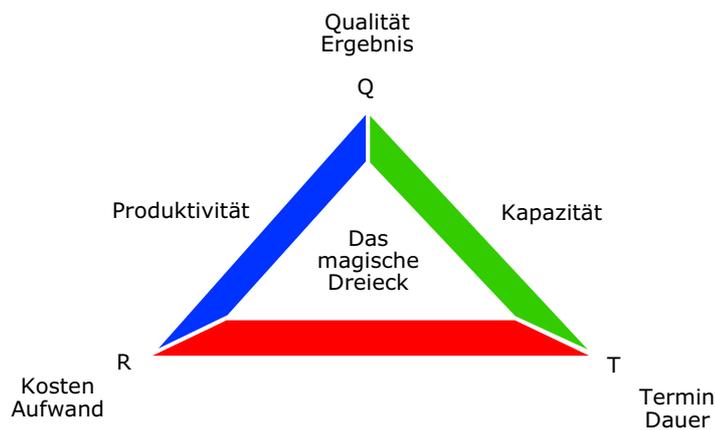


Bild (B012pdpM) Das Magische Dreieck

Die drei Ecken, Qualität, Ressourcen und Termine sind prinzipiell miteinander konkurrierende Aspekte des Projekts. Zu Beginn eines Projektes müssen sie aufeinander abgestimmt, während der Laufzeit des Projektes im Sinne des Controlling überwacht und bei Änderung der Anforderungen oder Randbedingungen der neuen Situation wieder angepasst werden.

Projekte befassen sich mit neuartigen und komplexen Systemen und beinhalten damit für das Unternehmen ein nicht zu unterschätzendes Risiko. Dieses Risiko wird begrenzt durch eine vorausschauende Planung, die es in der Folge auch umzusetzen gilt.

Das Endergebnis der Projektplanung ist ein Projektplan, der den Projektzielen und den Rahmenbedingungen der Beteiligten gerecht wird. Bei der Erstellung der Pläne kann man auf die Unterstützung durch Software zurückgreifen. Diese nehmen vorwiegend Berechnungsaufgaben ab, die geistige Leistung der Optimierung bleibt vom Anwender zu erbringen.

Die Intensität der Projektplanung ist stark von den verschiedensten Faktoren abhängig. Einerseits spielt die Bedeutung des Projekts für das Unternehmen im Sinne von Marktposition, Konkurrenzfähigkeit und Prestige eine Rolle, andererseits sind Projektgrösse und der damit verbundene Aufwand wichtig. Grossprojekte mit hoher Komplexität und einem ausgeprägten Pioniercharakter beinhalten immer auch ein

sorgfältig abzuwägendes Risiko. Projekte mit drei Mitarbeitern und wenigen Monaten Dauer muss man sicherlich weniger ausführlich planen als Grossprojekte mit Beteiligung mehrerer Unternehmen, hundert Mitarbeitern und einer Laufzeit von mehreren Jahren. Grundsätzlich sind jedoch auch bei kleineren Projekten eine Projektplanung durchzuführen.

Was ist Planung? Planung ist die gedankliche Vorbereitung des zukünftigen Handelns, um dieses sinnvoll, zielorientiert, wirtschaftlich und effektiv zu gestalten. Ziel der Planung ist das effiziente und effektive Handeln.

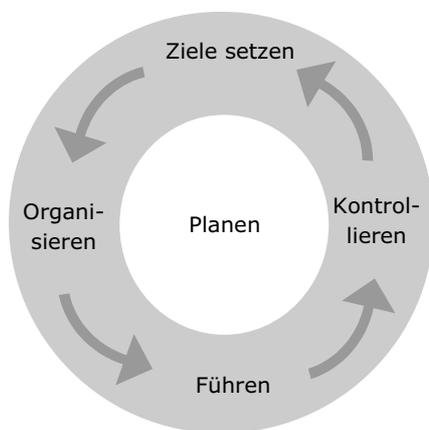


Bild (B028konZ) Projektplanung allgemein

Die wichtigsten Ergebnisse der Projektplanung sind

- Projektstrukturplan
- Ablaufplan (z. B. Netzplan)
- Terminplan
- Kostenplan
- Organisationsplan
- Kapazitätsplan
- Risikoplan
- usw.

Die Planung des Projekts findet intensiv vor Projektbeginn statt, muss aber während der Projektlaufzeit immer wieder überprüft werden. In begründeten Fällen kann es auch notwendig werden, die ursprüngliche Planung zu verändern bzw. den neuen Gegebenheiten anzupassen.

2.2.1 Projektstrukturplan

Der Projektstrukturplan (PSP) strukturiert das Projekt

- objektorientiert (OPSP)
am Beispiel Fahrrad in
 - Rahmen
 - Antrieb
 - Lenker
 - ...
- phasenorientiert (PPSP)
am Beispiel Fahrrad in
 - Konzept-Prozess
 - Entwurfs-Prozess
 - ...
- gemischt-orientiert
am Beispiel Fahrrad in
 - Rahmen
Konzept-Prozess
Entwurfs-Prozess
...
 - Antrieb
Konzept-Prozess
Entwurfs-Prozess
...

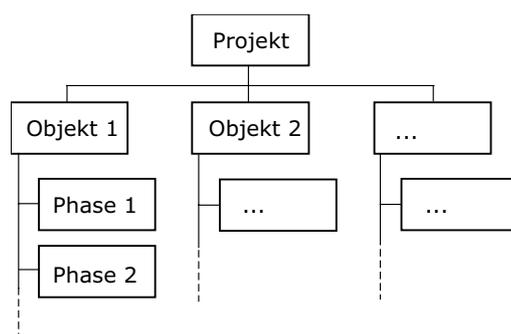


Bild (B903konZ) Projektstrukturplan

Ein Projektstrukturplan umfasst in der Regel mehrere Detaillierungsstufen und dient als Grundlage für die Ableitung und Definition von konkreten **Arbeitspaketen**.

2.2.2 Arbeitspakete

Von den untersten Struktureinheiten des Projektstrukturplanes werden die Arbeitspakete abgeleitet.

Definition: Ein Arbeitspaket ist eine in sich geschlossene Tätigkeit auf der Basis des Projektstrukturplans, eines definierten In- und Outputs, einer in der Regel klaren logischen Abhängigkeit zu vorhergehenden und nachfolgenden Arbeitspaketen, eines zugeordneten Zeitfensters. Es kann einer verantwortlichen organisatorischen Einheit zur Bearbeitung übergeben werden.

Projekt: xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx		AP-Nr. (Datum): xx.xx.xxxx
Ergebnis:		
Voraussetzung:		
Aktivitäten:		
Verantwortlicher:		
Aufwand: xx Stunden	MA: xxxxxxxx xxxxxxxx	Termin: xx.xx.xxxx

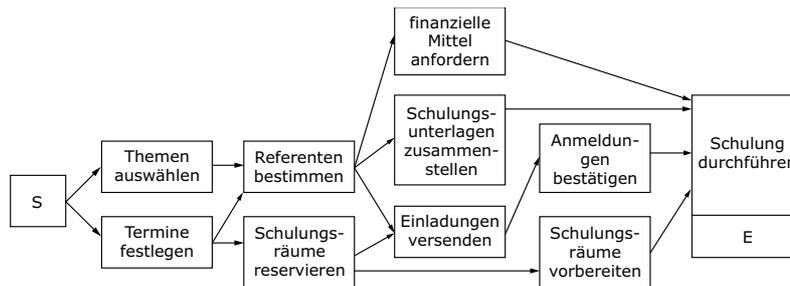
Tabelle (T004konZ) Arbeitspaket

Die einzelnen Arbeitspakete werden bezüglich ihres Aufwands in Zeit, Personal und Finanzen geschätzt. Aufgrund der Neuartigkeit des Projektes ist dies nicht immer einfach. Als unterstützende Methoden bieten sich an:

- Analogieschlüsse mit früheren Projekten
- Befragung von Kollegen, Lieferanten
- Schätzungen, Berechnungen.

2.2.3 Projektablaufsplanung (Netzplan und Balkenplan)

In einem Netzplan werden die logischen Abhängigkeiten und die zeitliche Abfolge der Arbeitspakete dargestellt.



Nr.	Ereignis	
Dauer	früherster Anfang	frühestes Ende
	spätester Anfang	spätestes Ende

Bild (B100konz) Netzplantechnik (Quelle: http://www.symposion.de/images/gp_05ab15.gif)

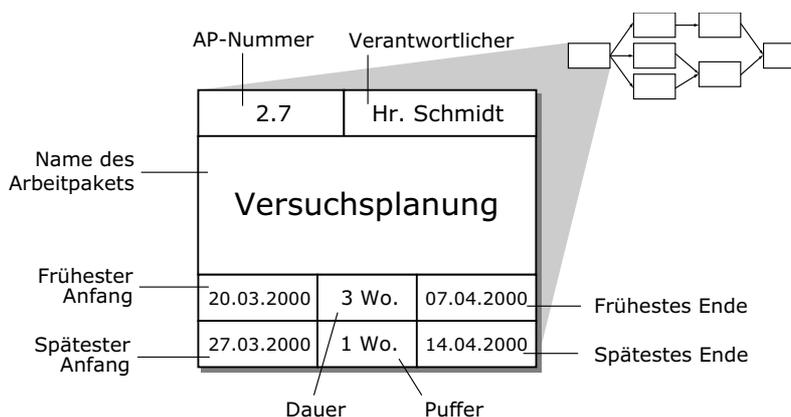


Bild (B018pdpM) Netzplan und einzelnes Arbeitspaket

Der Netzplan schafft Transparenz über den gesamten Projektablauf. Insbesondere sind daraus wichtige Zusammenhänge wie der kritische Pfad bzw. die Pufferzeiten einfach zu lesen.

Ein Puffer bedeutet, dass dieses Arbeitspaket ohne Gefährdung des Projektendtermins um die Pufferzeit später als der frühestmöglich-

chen Termin begonnen werden kann bzw. bei Beginn zum frühestmöglichen Termin die Bearbeitung des Arbeitspakets um den Puffer länger dauern kann.

Der Kritische Pfad markiert die Vorgänge, die bei jeder Änderung in der Bearbeitungsdauer oder dem Bearbeitungszeitpunkt eine sofortige Wirkung auf den Endzeitpunkt des Gesamtprojektes haben.

Beim Erstellen des Netzplans geht man in folgenden Schritten vor:

- Die Arbeitspakete aus dem Projektstrukturplan in eine logische Reihenfolge bringen und Abhängigkeiten durch Pfeile markieren.
- Bisher bekannten Daten wie „AP-Nummer“, „Verantwortlicher“, „Name des Arbeitspakets“ und „Dauer“ in die Vorgangskästen eintragen.
- Vom Startzeitpunkt des Projekts angefangen die Daten für den „frühesten Anfang“ und das „früheste Ende“ in alle Vorgangskästen eintragen (Vorwärtsplanung).
- Vom „frühesten Ende“ des letzten Arbeitspakets die Daten für „spätestes Ende“ und „spätesten Anfang“ in alle Vorgangskästen eintragen (Rückwärtsplanung).
- Den „Puffer“ der einzelnen Vorgänge als Differenz zwischen dem „frühesten“ und dem „spätesten“ „Anfang“ bzw. „Ende“ errechnen.
- Den kritische Pfad (Kette der Vorgänge mit Puffer 0“) einzeichnen.

Um die zeitliche Abfolge der Vorgänge in einfacherer Form darzustellen bedient man sich des **Balkenplans**. Dieser ist eine übersichtlichere Ausgabeform einzelner Elemente des Netzplans und zeigt die Vorgänge auf der Zeitachse.

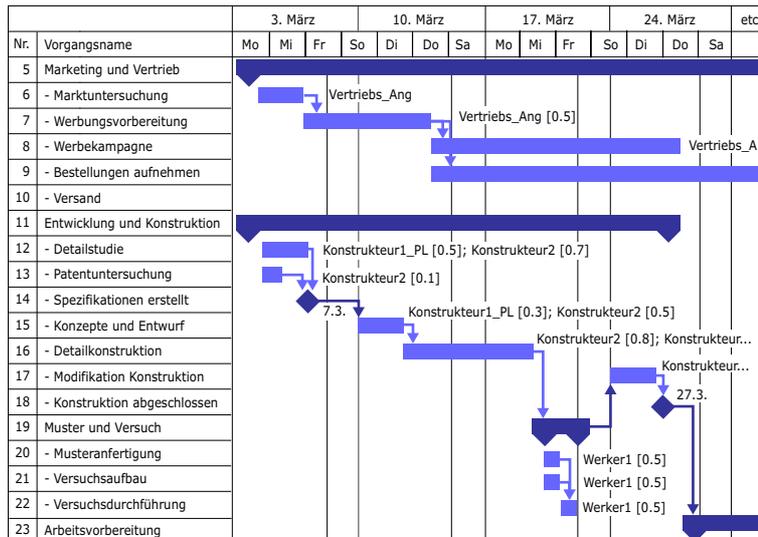


Bild (B030konZ) Balkenplan

2.2.4 Meilensteine

Abgeschlossen werden Projektphasen von so genannten **Meilensteinen**. Meilensteine sind Termine, zu denen Zwischenergebnisse des Projekts bzw. Endergebnisse einer Projektphase vorliegen und die Weiterführung des Projektes bzw. notwendige Massnahmen diskutiert werden. Diese Zwischenergebnisse müssen vorher eindeutig und überprüfbar festgelegt sein. Hierin sind wieder alle Aspekte des Magischen Dreiecks enthalten, d.h. der Meilenstein macht Aussagen über die Qualität (Umfang, Dokumentation), den Zeitpunkt und die Kosten.

Vorgänge werden durch einen Balken symbolisiert, Meilensteine durch Rauten. Die Abhängigkeiten der Vorgänge und Meilensteine sind durch Pfeile dargestellt.

Die Ergebnisse werden anlässlich Meilenstein-Meetings präsentiert und die Erfüllung der Meilensteinanforderungen geprüft. Des weiteren ist dies auch der Zeitpunkt, um Entscheidungen über das weitere Vorgehen im Projekt zu treffen. Dies sind insbesondere Entscheidungen ob oder ob nicht oder mit welcher Anpassung das Projekt weitergeführt wird (*go/nogo*), Entscheidungen fachlicher, planerischer oder

personeller Natur. Solche Entscheidungen sind besonders dann zu treffen, wenn das Zwischenergebnis nicht den Meilensteinanforderungen entspricht. Für diese oft schwerwiegenden Entscheidungen ist es von besonderer Bedeutung, die Anforderungen an die Meilensteine überprüfbar und unmissverständlich zu formulieren sowie das Gremium zu definieren, welches diese Entscheidung zu fällen hat (meist Lenkungsausschuss).

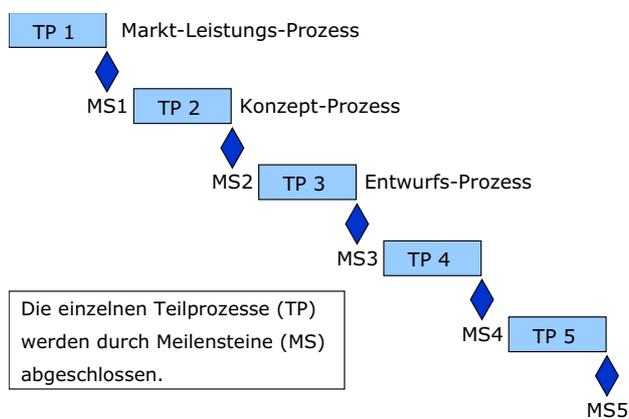


Bild (B020pdpM) Projektablauf

2.2.5 Kapazitätsplanung

Die Kapazitätsplanung weist den einzelnen Arbeitspaketen Personen zu. In den meisten Fällen werden mehrere Projekte parallel durchgeführt und die Mitarbeiter arbeiten an mehreren Projekten, d.h. bei der Planung des aktuellen Projektes müssen Informationen über die freien Kapazitäten der Mitarbeitenden zur Verfügung stehen.

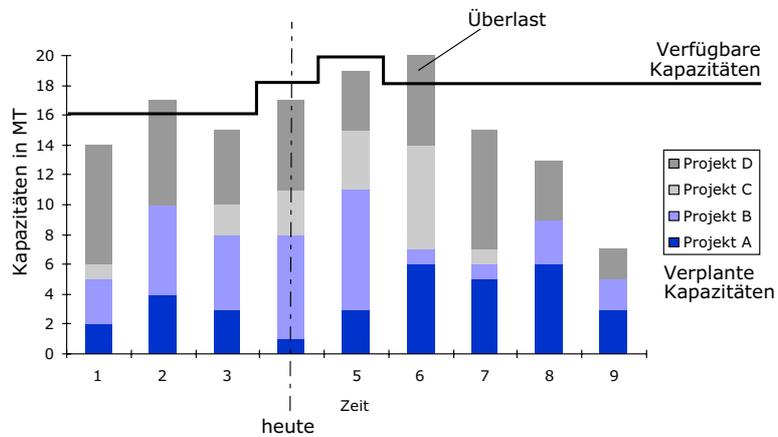


Bild (B019pdpM) Kapazitätsplan

2.2.6 Aufwandsplanung

Der Aufwandsplan beinhaltet die Kostenpositionen in Tabellenform gelistet als Funktion der Zeit. Unter Aufwand versteht man Mitarbeiterlöhne, externen Dienstleistungen, Infrastruktur, Material (Werkstoffe, Werkzeuge, Verbrauchsmaterial etc.) und vieles mehr.

2.2.7 Planungsoptimierung

Das Ergebnis des ersten Planungszyklus ist selten zufriedenstellend. Der Zieltermin des Projektes wird nicht erreicht, Projektmitarbeiter sind zu stark oder schwach bzw. ungleichmässig ausgelastet, die Kosten des Projektes sind zu hoch. Die Aufgabe der Projektplanung ist es nun, den ursprünglichen Projektplan in Iterationsschritten zu optimieren.

- Sind alle Arbeitspakete essentiell oder kann man Teile davon kürzen?
- Kann man Prozesse oder Arbeitspakete weiter unterteilen und parallelisieren?
- Sind Vorgänge verschiebbar um die Auslastung der Mitarbeiter zu harmonisieren?
- Kann man weitere Mitarbeiter gewinnen?
- Sind Einzelkosten reduzierbar oder kann man finanzielle Mittel erst später in Anspruch nehmen?
- ...?

Dieser Optimierungsprozess bedarf einigen Kombinerungsgeschicks und evtl. mehrerer Iterationsschritte. Ist die Projektzielsetzung nicht erreichbar, muss eine Anpassung der Ziele erfolgen.

2.2.8 Simultaneous Engineering

In den seltensten Fällen ist für die Bearbeitung des Projektes so viel Zeit vorhanden, wie die Summe der Einzelzeiten der Teilprozesse ergeben würde. Deshalb versucht man durch Parallelisierung der Aktivitäten nicht nur innerhalb der Teilprozesse sondern auch durch Überlappung der Teilprozesse den Ablauf zu beschleunigen. Die nachfolgenden Teilprozesse beginnen bereits bevor die vorhergehenden Teilprozesse abgeschlossen sind. In vielen Fällen muss man sich auf nicht abgesicherte Sachverhalte stützen und damit Entscheidungen vorgehen. Dies ist immer mit der Gefahr verbunden, dass bei einer anders lautenden Entscheidung der Zeitvorteil wieder verspielt ist. Dies ist jedoch grundsätzlich das Dilemma des Handelns unter Zeitdruck.

Dieser methodische Ansatz der Parallelisierung ist in der industriellen Praxis unter den Begriffen **Simultaneous Engineering** (SE) oder auch **Concurrent Engineering** (CE) bekannt. Simultanes und paralleles Handeln wird hier angesprochen. Die Begriffe werden häufig synonym genutzt.

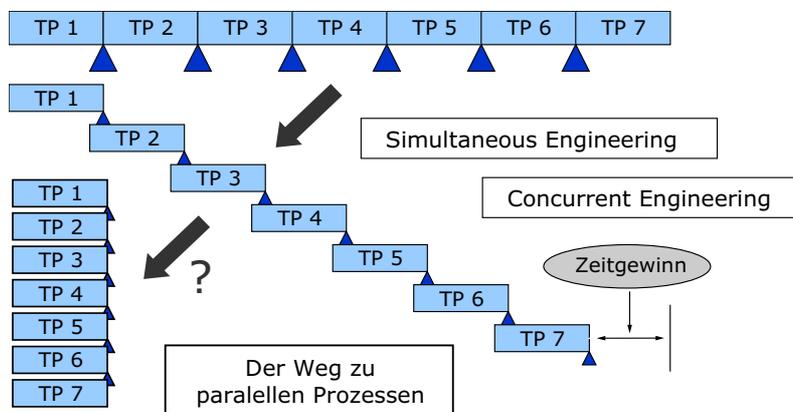


Bild (B021pdpM) Parallelisierung von Projektphasen

2.2.9 Kick-off-Meeting, Meilenstein-Meeting

Für den Übergang von einem Prozess zum nächsten ist ein geordnetes Vorgehen von grosser Bedeutung. Bisherige Informationen, Einschätzungen und Erfahrungen müssen an das neue Projektteam weitergegeben werden.

Die Teammitglieder vertiefen sich individuell in die Dokumentation des Vorprozesses. Dabei werden Notizen gemacht und Fragen gestellt, damit möglichst alle Unklarheiten eliminiert werden.

Der Start grösserer Prozessabschnitte erfolgt durch so genannte Kick-off-Meetings. Der Abschluss von Teilabschnitten und der Übergang von einem Teilprozess zum Nächsten durch Meilensteinmeetings.

Der Teamleiter lädt die Mitglieder zum Meeting ein, vorzugsweise auch mindestens ein Mitglied aus dem Team, das die letzte Arbeitsphase durchgeführt hat. Vielfach übernimmt hier auch ein externer Coach die Funktion des Sitzungsmoderators. Sinnvoll ist dies auch deshalb, weil es häufig nicht nur um sachliche Fragen zum besseren Verständnis geht, sondern auch erkannt werden muss, inwiefern Widerstände existieren oder negative Teammeinungen, Stimmungen vorhanden sind. Das Kick-off-Meeting muss eine perfekte Stabsübergabe von dem einem motivierten Team zum nächsten sein. Während des Meetings werden die noch offenen Fragen beantwortet und Modifikationen des neuen Prozess-Auftrags festgehalten. Es ist damit auch nahe liegend, dass im Anschluss an dieses Meeting der Inhalt des neuen Prozess-Auftrags (die Anforderungsliste) entsprechend ergänzt und korrigiert wird.

Die Meetings werden professionell vorbereitet. (Siehe Sektion Organisation und Moderation.)

Eine personelle Verflechtung der Teams in den verschiedenen Folgeprozessen ist dringend zu empfehlen.

2.3 Kommunikationskonzept

Ein willkürlicher Aspekt jedes Projektes ist ein definiertes **Kommunikationskonzept** (siehe auch Sektion in „Organisation“). Schon früh wird festgelegt:

- wer die Empfänger der Kommunikation sind
- wie für sie kommuniziert wird
- wann für sie kommuniziert wird
- durch welchen Informationskanal für sie kommuniziert wird
- welche Werkzeuge eingesetzt werden sollen.

Bei den Empfängern werden unterschieden:

- interne Kommunikationspartner wie:
 - Verwaltungsrat
 - Geschäftsleitung
 - betroffene Mitarbeiter/-innen der Unternehmung
- externe Kommunikationspartner wie:
 - Kunden
 - Lieferanten
 - Gesellschaft bzw. Presse.

Als Kanäle können:

- Newsletter
- Meilensteintreffen
- E-Mail
- Homepages
- Anschläge
- Zeitschriften (intern, extern)
- Radio, Fernsehen
- Messen

benutzt werden. Für jede Empfängergruppe wird der oder die Kanäle und die zeitliche Staffelung festgelegt. Je nach Kanal kann es sich um eine Push- Information (z. B. E-Mail) oder „Pull-Information“ (z. B. Homepage) handeln.

Innerhalb des Entwicklungsteams existiert selbstverständlich ebenso ein sorgfältig definiertes Kommunikationskonzept. Dazu eignen sich neben den definierten Meetingprotokollen auch moderne Kommunikationsserver wie z. B. BSCW, Lotus-Notes, First-class, View-Share, oder aber Product-Data-Management-Software, die auch später im Entwicklungskonzept grosse Bedeutung hat.

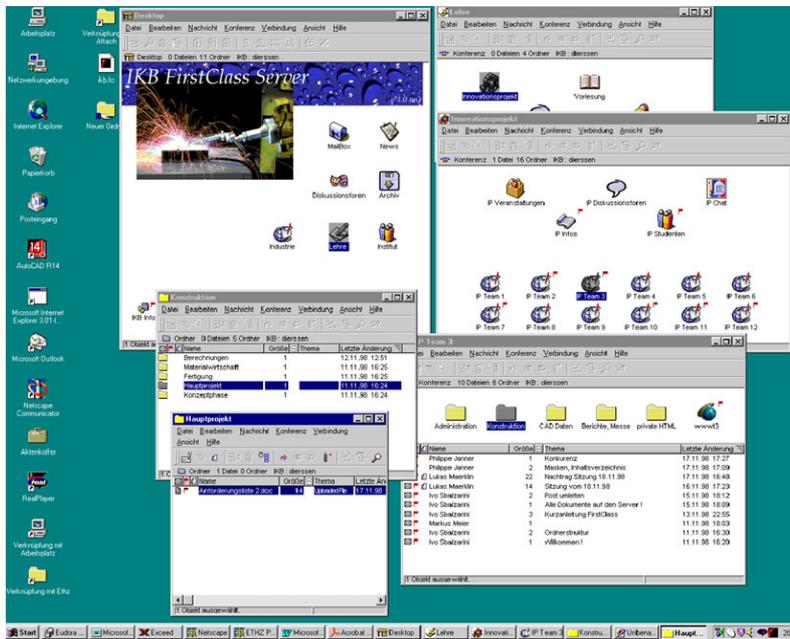


Bild (B031konZ) Screen- Shots einer Kommunikationsumgebung (First-Class)



Bild (B032konZ) Regelmässige Projektbesprechung (Scintilla AG)

3 Funktionsgliederung

Was im Inneren eines Produkts tatsächlich abläuft, wird mit der Gesamtfunktion bzw. mit den Teilfunktionen beschrieben.

Die Beschreibung eines Produktes kann durch ein Aufzählen der Funktionen (**Funktionsliste**) oder als Netzwerkdarstellung von Teilfunktionen (Funktionsstruktur) vorgenommen werden.

Eine Funktionsbeschreibung ist zwar eine abstrakte Beschreibung, jedoch von besonderem Nutzen [71]. Eine zu frühe Festlegung von Teillösungen wird vermieden. Gleichzeitig eröffnet die Formulierung von Teilfunktionen ein weites Lösungsfeld. Die funktionale Produktbeschreibung kann zudem die Komplexität der konstruktiven Aufgabenteilung reduzieren, indem sie das Gesamtsystem in einfachere Teilsysteme strukturiert.

Eine Funktionsbeschreibung kann sowohl von einem vorliegenden realen Produkt ausgehen (**Funktionsanalyse**), als auch für eine neue Produktidee erarbeitet werden [6]. Schon geringe Variationen in der Funktionsstruktur können in grundsätzlich verschiedene Produkte resultieren.

Die Beschreibung der Funktionen kann in normierter Darstellung als auch in nicht normierter Darstellung erfolgen.

Die **Funktionsträger** (Bauteile, Komponenten usw.) erfüllen allerdings ihre Funktion nicht exakt. Aufgrund von Nebeneffekten (z.B. Reibung, Erwärmung, Schwingungen) sowie Bauteil- und Materialeigenschaften (Masse, Elastizität, Dämpfung) weicht ihr reales **Verhalten** von der idealen Funktion ab. Während der Entwicklungsarbeit muss also immer klar zwischen Funktion und Verhalten unterschieden werden.

3.1 Bedeutung einer Funktionsmodellierung

Die Funktionsmodellierung hat sowohl für den Kunden als auch für den Hersteller und hier speziell für den Produktentwickler eine besondere Bedeutung.

Für den Kunden wird durch eine Funktionsbetrachtung sichergestellt, dass das Produkt den Produktzweck erfüllt.

Für den Hersteller ist das Arbeiten mit Funktionen zumindest bei Neu- und Anpassungskonstruktionen hilfreich. Da jede Funktion mit unterschiedlichen Lösungen realisiert werden kann, birgt die Funktionsbetrachtung ein erhebliches Potential zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung in sich.

- Welche Lösungen gibt es für die zu realisierenden Funktionen?

- Welche dieser Lösungen erfüllen am besten die Kundenforderungen und -wünsche?
- Welche Lösungen sind für das Unternehmen hinsichtlich Zeit, Kosten und Qualität optimal?
- Welche Funktionsstruktur ist vorteilhaft?



Bild (B806konD) Unterschiedliche Lösungen für die gleiche Funktion „Blindniete vernieten“ (Quelle: www.tocafix.ch)

Eine Funktionsmodellierung beschreibt das Produkt auf einer lösungsneutralen Betrachtungsebene und vermeidet damit das Denken in eingefahrenen Lösungen. Sie führt die Aufgabenstellung auf ihren eigentlichen Kern zurück und ist die Grundlage für eine umfassende Lösungsermittlung.

Die Funktionsbetrachtung ist hilfreich

- zur Vermeidung von Vorfixierungen und eingefahrenen Denkmustern
- zur Strukturierung einer unübersichtlichen Gesamtfunktion in einfachere, leichter zu bearbeitende Teilfunktionen
- als Grundlage für die Verknüpfung von Lösungen in Wirk- und teilweise Baustrukturen

- als „Wegweiser“ für das Zuordnen und Optimieren von Lösungen
- zum Erkennen und Priorisieren von Entwicklungsschwerpunkten (z.B. schwierig zu realisierende oder besonders wichtige Teilfunktionen)
- zur Minimierung des Aufwandes bei der Realisierung eines Produkts (Prinzip Minimalstruktur)
- bei Funktionskostenanalysen zur Überprüfung der Kostenstruktur,
- bei der weiteren Lösungssuche mit **Lösungssammlungen**, **Konstruktionskatalogen** oder bei der systematischen Lösungsentwicklung
- bei der disziplinübergreifenden Lösungssuche (mechanische, elektrische und Softwarelösungen).

3.2 Produktfunktionen und ihre Darstellung

Der Prozess, der von einem Produkt erfüllt wird, kann als definierte Änderung eines Anfangszustandes in einen Endzustand betrachtet werden. Die Ein- und Ausgangsgrößen sind bei Maschinenbauprodukten meist Stoff-, Energie- und Signalflüsse. Die Ausgangsgrößen werden im Produkt aus den Eingangsgrößen durch eine oder mehrere Transformationen erzeugt, die vom Entwickler so gewollt sind.

Die funktionale Betrachtung eines Produkts ist eine lösungsneutrale Beschreibung. Es wird dabei ganz bewusst ausser acht gelassen, durch welche physikalischen Effekte und Wirkprinzipien diese Transformation realisiert wird, um so den Lösungsraum nicht unzulässig einzuschränken.

Definition: Eine Funktion ist eine lösungsneutrale Beschreibung als Operation des gewollten Zusammenhangs zwischen Ein- und Ausgangsgrößen.

Zur Beschreibung von Funktionen werden häufig Funktionsmodelle in der Black-Box-Darstellung genutzt, die aus der Systemtechnik stammen [24]. Die jeweiligen Stoff-, Energie- oder Signaltransformationen ergeben sich dabei kausal aus dem Unterschied zwischen den Eigenschaften der Eingangs- und Ausgangsgrößen. Die eigentliche Funktion wird verbal beschrieben, indem die Eingangsgröße und die Operation (Art der Veränderung) angegeben wird, z. B. „Energie leiten“.

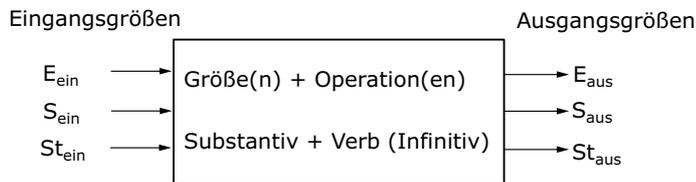


Bild (B807konD) Funktionsdarstellung im Black-Box-Modell
E: Energie, S: Signal, St: Stoff

Beispiel:

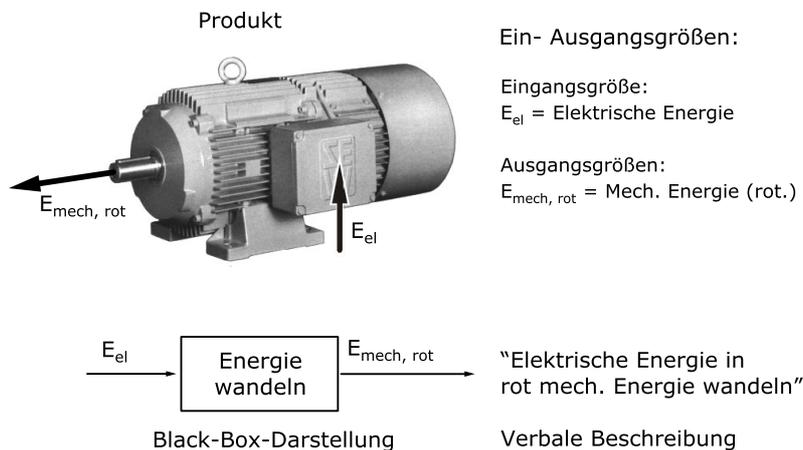


Bild (B808konD) Funktion eines Elektromotors in Black-Box-Darstellung
(Quelle: www.sew-eurodrive.de)

Eine systemtechnisch begründete Funktion ist demnach eine lösungsneutrale Beschreibung des gewollten Zusammenhangs zwischen Ein- und Ausgangsgrößen im Black-Box-Modell durch Angabe der Größe(n) und Operation(en), evtl. ergänzt durch präzisierende Attribute oder Adjektive. Die Operationen werden dabei durch Substantiv und Verb (Infinitiv) beschrieben.

Mit systemtechnisch begründeten Funktionen lassen sich viele Produkte einheitlich beschreiben.

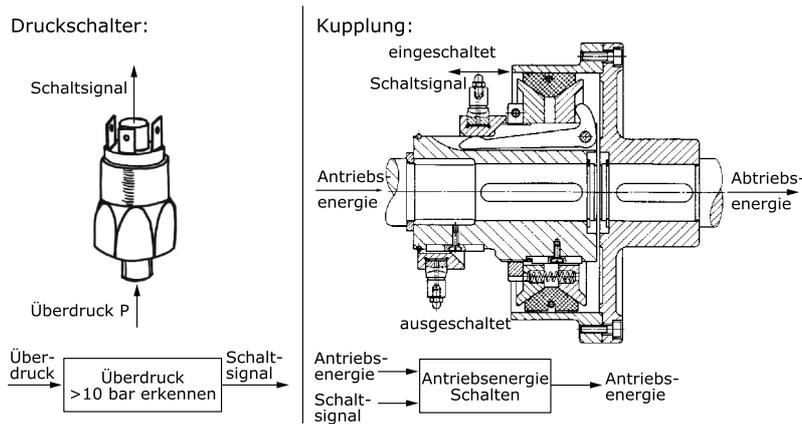


Bild (B809konD) Funktionen von Produkten im Black-Box Modell; links: Druckschalter; rechts: Kupplung

3.3 Funktion und Verhalten

Reale Produkte und ihre Bauteile sind toleranz- und massebehaftet und weisen elastische, oft auch dämpfende Eigenschaften auf. An den Berührungsflächen zwischen Bauteilen tritt Reibung auf, die zu Energieverlusten und Verschleiss führt. Bei Temperaturänderungen können sich Abmessungen und Werkstoffeigenschaften ändern.

Diese Effekte führen dazu, dass die tatsächlich mess- bzw. beobachtbare Ausgangsgrösse von der gewünschten Ausgangsgrösse abweicht und zusätzlich unbeabsichtigte Nebenwirkungen auftreten. Die Nebenwirkungen wiederum können ebenso wie unbeabsichtigte Eingangsgrössen als **Störgrössen** wirken und ebenfalls die Ausgangsgrösse beeinflussen.

Definition: Das Verhalten ist die Beschreibung eines beobachteten oder gemessenen Zusammenhangs zwischen Ein- und Ausgangsgrössen beim Wirken eines realen Produkts.

Das reale, teilweise auch unerwünschte Verhalten eines Produkts kann sich mehr oder weniger von seiner gewollten Funktion abweichen. Funktion und Verhalten müssen deswegen also deutlich unterschieden werden.

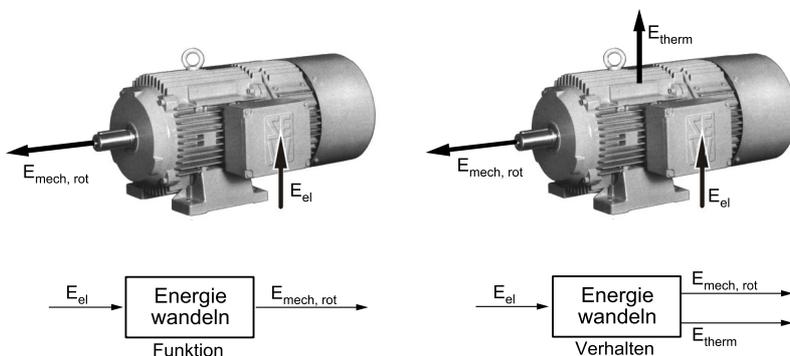


Bild (B810konD) Funktion und Verhalten eines Elektromotors

Beim Konzipieren neuer Produkte werden (gewollte) Funktionen als Grundlagen für eine zweckmässige Lösungszuordnung betrachtet. Die Analyse des Verhaltens wird notwendig, wenn den Funktionen Lösungen zugeordnet werden und deren Wirken hinsichtlich der jeweiligen Aufgabenstellung beurteilt werden soll.

Das Verhalten führt konsequenterweise wieder zu neuen Anforderungen bzw. Nebenfunktionen (z.B. Wärme abführen).

3.4 Gesamtfunktion, Teilfunktionen und Funktionsstruktur

Produkte, die gegenüber ihrer Umgebung abgegrenzt sind, erfüllen eine Gesamtfunktion.

Definition: Eine Gesamtfunktion beschreibt die Transformation von Grössen durch ein Produkt insgesamt.

Produkt	Produktbezeichnung	Black-Box-Darstellung
	Spiral-kegelrad-Getriebe	E_{mech} → [Drehmoment und Drehzahl umformen] → E_{mech}
Bsp. Teilfunktion "Dämpfen"		
	Aluminium-Förderband	St_{ein} → [Stoff leiten] → St_{aus}
Bsp. Teilfunktion "Führen"		
	Multimeter	St_{el} → [Messgrössen bestimmen und anzeigen] → St_{opt}
Bsp. Teilfunktion "Überlast begrenzen"		

Bild (B811konD) Beispiele für Produkte und ihre Gesamtfunktion, Beispiele für Teilfunktionen (Quelle: www.gmc-instruments.com)

Komplexe Gesamtfunktionen können meist in einfachere Teilfunktionen aufgespalten werden.

Definition: Teilfunktionen sind Elemente der Gesamtfunktion und tragen durch ihr Zusammenwirken zum Erfüllen der Gesamtfunktion bei.

Teilfunktionen können als Funktionsliste und als Funktionsstruktur dargestellt werden.

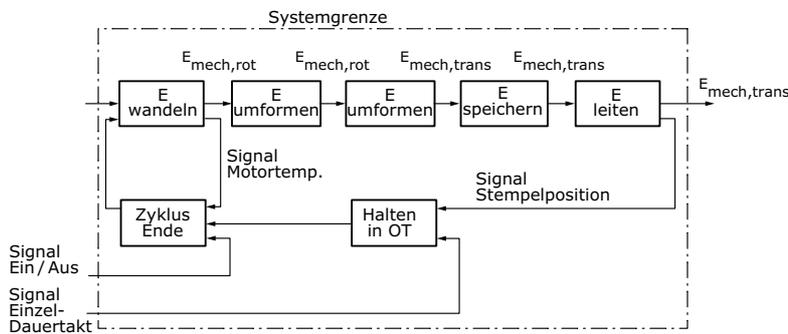


Bild (B814konD) Gesamtfunktion, Funktionsstruktur, Funktionsliste

Als Funktionsliste stellen sie eine Auflistung von Teilfunktionen dar, die zum Erfüllen der Gesamtfunktion erforderlich sind. Das Aufstellen einer derartigen Teilfunktionsliste kann helfen, eine komplexe Gesamtfunktion besser zu verstehen und Realisierungs-Chancen sowie Realisierungs-Probleme zu erkennen.

Kann man eine Gesamtfunktion als Black-Box mit den entsprechenden Ein- und Ausgangsgrößen darstellen, kann es oft hilfreich sein, sie in ihre Teilfunktionen partitiv zu zergliedern und deren Verknüpfungen mit Hilfe der Ein- und Ausgangsgrößen darzustellen. Auf diese Weise erhält man die Funktionsstruktur.

Definition: Eine Funktionsstruktur ist die Gesamtheit aller dargestellten Teilfunktionen und deren logischen Verknüpfungen. Sie wird von der Produktumgebung durch die Systemgrenze abgegrenzt.

Definition: Die Systemgrenze umfasst die in einem System enthaltenen Teilfunktionen. Funktionen ausserhalb der Systemgrenze werden nicht in einem Produkt realisiert.

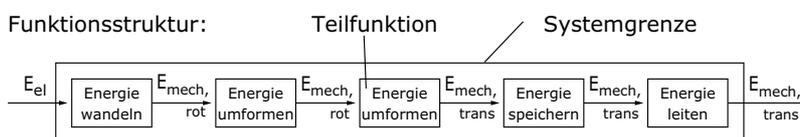


Bild (B813konD) Einfache Funktionsstruktur mit Teilfunktionen in Reihenschaltung (Antrieb der Ansetzmaschine), umschlossen von der Systemgrenze

Sind mehrere Eingangs- und/oder Ausgangsgrößen oder interne Verzweigungen bzw. Rückführungen (Regelung) vorhanden, ergeben sich Funktionsstrukturen in Form von Funktionsbäumen oder Funktionsnetzwerken.

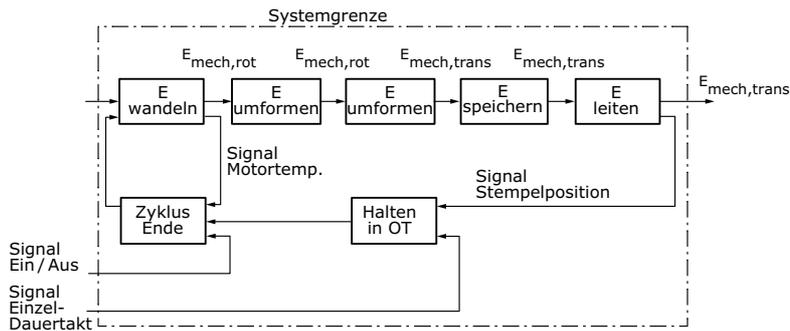


Bild (B814konD) Funktionsstruktur mit Teilfunktionen in einem Funktionsnetzwerk

Die Gesamtfunktion eines Produktes kann in der Regel durch unterschiedliche Funktionsstrukturen erfüllt werden. Die einfachste Funktionsstruktur wird Minimalstruktur genannt. Sie sollte bei Neuentwicklungen immer die Grundlage einer systematischen Konzepterarbeitung sein.

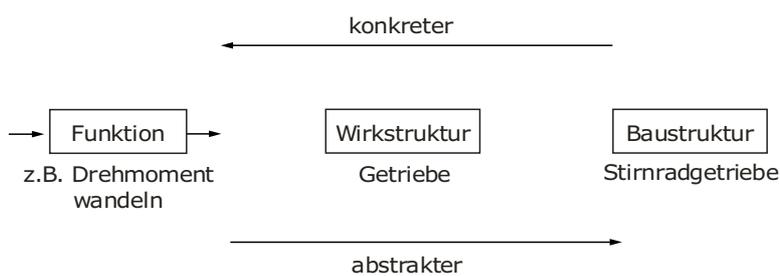


Bild (B815konD) Funktionsstrukturen, Wirkprinzipien und Baustuktur

3.5 Funktionen beschreiben

Funktionen können mit nicht normierten und normierten Darstellungen beschrieben werden [6].

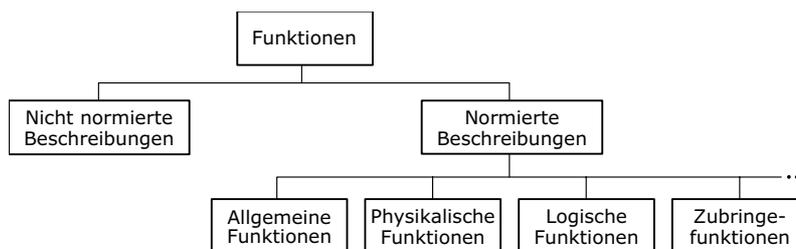


Bild (B816konD) Beschreibungsformen von Funktionen

3.5.1 Nicht normierte Funktionsbeschreibungen

Definition: Nicht normierte Funktionen sind Beschreibungen im allgemeinen oder im technischen Sprachgebrauch, die keiner Norm bzw. keinem Standard unterliegen.

Beispiele für **nicht normierte Funktionsbeschreibungen** (z. T. auch pragmatische Funktionsbeschreibung genannt):

- Lasten transportieren
- Innenraum heizen
- Zählimpuls registrieren

Nicht normierte Funktionen sind insbesondere zur Beschreibung von Produktkomponenten hilfreich, in denen vor allem Kräfte und Momente ohne eigentlichen Energiefluss umgesetzt werden. Typische Beispiele sind Stütz-, Lagerungs-, Spann- oder Führungsfunktionen.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Die Formulierung ist jedermann geläufig. • Sie kann leicht an die jeweilige Aufgabe und Branche angepasst werden. • Sie ist sofort ohne Lernaufwand anwendbar. • Sie erleichtert insbesondere Anfängern den Umgang mit funktionalen Beschreibungen. • Sie ist zum Beschreiben von statischen Aufgaben sehr hilfreich 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Anzahl möglicher Formulierungen ist sehr gross. • Es können Definitions- und Kommunikationsprobleme auftreten – z. B. beim Unterscheiden zwischen Begriffen wie: „Drehen“, „Schwenken“, „Rotieren“, „Neigen“, „Kippen“. • Der Aufbau von Verfahrens- und Lösungssammlungen für konkrete Funktionen ist nur sehr begrenzt realisierbar.

Tabelle (T005konZ) Vor- und Nachteile von nicht normierten Funktionsbeschreibungen

3.5.2 Normierte Funktionsbeschreibungen

Die Nachteile waren für einige Autoren der Entwicklungsmethodik [91], [94], [71], [80] der Anlass, **normierte Funktionsbeschreibungen** vorzuschlagen, mit denen ein Grossteil der Funktionen technischer Produkte auf einem einheitlichen Standard beschrieben werden kann.

Definition: Normierte Beschreibungen von Funktionen basieren auf der Systemtechnik und verwenden standardisierte Grössen und Operationen zum Beschreiben von Grössentransformationen.

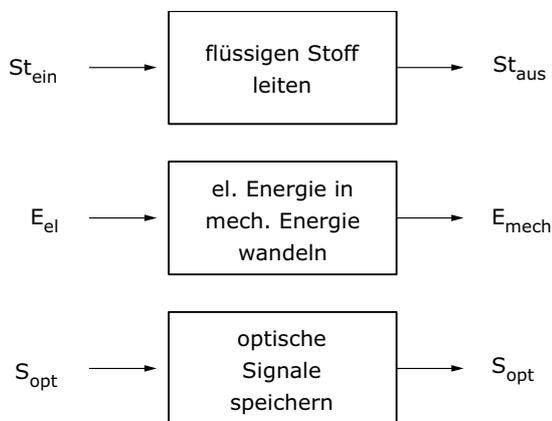


Bild (B817konD) Beispiele für normierte Funktionen

Als Grössen kommen je nach Art der Aufgabenstellung allgemeine, physikalische, logische oder branchenspezifische Grössen zum Einsatz. Die Operationen werden entsprechend der Art des Zusammenhangs zwischen Ein- und Ausgangsgrössen festgelegt. Meist werden folgende grundsätzliche Fälle unterschieden:

- Die Eingangsgrössen werden zu einer Ausgangsgrösse (summativ) verknüpft.
- Die Eingangsgrösse wird in die Ausgangsgrössen (distributiv) getrennt.
- Die Eigenschaften der Eingangsgrössen werden in diejenigen der Ausgangsgrössen geändert
- Die Eigenschaften der Eingangsgrössen werden erhalten, Ein- und Ausgangsgrössen sind gleich

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Die Beschreibungen sind definiert. • Es gibt nur eine begrenzte Anzahl von Beschreibungen. • Es können dafür weitgehend vollständige Lösungssammlungen erstellt werden. • Unterschiedliche Produkte können mit den gleichen Beschreibungen dargestellt werden. Dies erleichtert das Erkennen von Ähnlichkeiten zwischen Produkten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Anwendung muss erlernt werden und ist gewöhnungsbedürftig. • Durch die Abstraktion der Beschreibungen kann ein Verlust an Anschaulichkeit auftreten. • Die Vielfalt funktioneller Beziehungen in technischen Produkten kann durch die Reduktion auf relativ wenige normierte Beschreibungen zu Unklarheiten, Auslegungs- und Verständnisproblemen führen.

Tabelle (T006konz) Vor- und Nachteile normierter Funktionsbeschreibungen

Normierte Funktionen sind also für bestimmte Anwendungsbereiche einzusetzen. Im folgenden werden vier gebräuchliche, normierte Funktionsbeschreibungen vorgestellt:

- **Allgemeine Funktionen**
- **Physikalische Funktionen**
- **Logische Funktionen**
- **Zubringfunktionen**

Allgemeine Funktionen

Eine verbreitete Funktionsbeschreibung [71], [80] definiert Allgemeine Funktionen. Sie ermöglichen die funktionale Darstellung beliebiger technischer Produkte, in denen Stoff-, Energie- und/oder Signalflüsse auftreten.

Definition: Allgemeine Funktionen beschreiben die Transformation der Allgemeinen Grössen Stoff, Energie und Signal mit definierten Operationen.

Die Allgemeinen Grössen Stoff, Energie und Signal (bei anderen Autoren auch Information oder Nachricht) werden in der Funktionsdarstellung in der Regel konkret benannt, z.B. „kaltes Wasser“, „Wechselstrom-Energie“ oder „Ein-Aus-Signal“.

Stoff (Gestalt- und Werkstoffeigenschaften)	Energie (energetische Eigenschaften)	Signal (signaltechnische Eigenschaften)
Werkstücke, Bandmaterial, Schüttgut, Fließgut, Flüssigkeiten, Gase usw.	Mechanische Energie (Kräfte, Momente, Bewegung), hydraulische Energie, pneumatische Energie, thermische Energie, elektr. Energie usw.	Mechanische Signale, elektrische Signale, thermische Signale usw. Beschriftungen, Anzeigen, digitale/analoge Signale usw.

Tabelle (T007konD) Allgemeine Grössen mit Beispielen

Die Allgemeinen Operationen sind entsprechend dem Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsgrössen normiert. Sie werden hier aus Gründen der Einheitlichkeit als Black-Boxes dargestellt und nicht als eigene Symbole wie von Roth [80] vorgeschlagen.

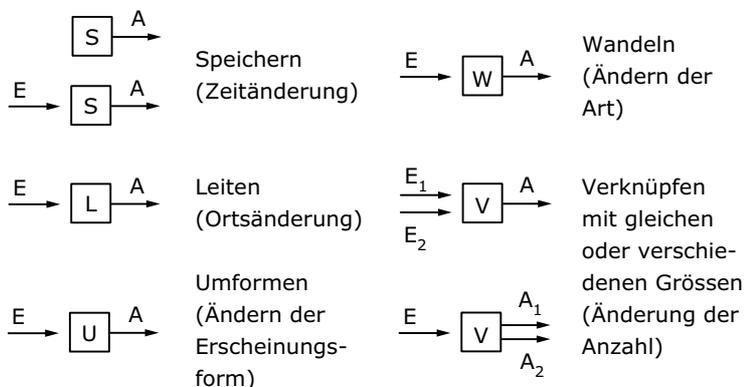


Bild (B818konD) Allgemeine Operationen, allgemeine Funktionen und Symbole (E = Eingang, A = Ausgang)

Mit allgemeinen Funktionen lassen sich praktisch alle technischen Produkte beschreiben, in denen ein Stoff-, Energie- bzw. Signalfluss stattfindet. Ist dies nicht der Fall, z.B. bei statisch beanspruchten Produkten wie bei einem Stuhl, einem Gestell oder einem Träger ist diese Funktionsbeschreibung wenig hilfreich und sollte nicht eingesetzt werden.

Allgemeine Größen		Allgemeine Operationen									
		Speichern	Leiten	Umformen	Wandeln	Verknüpfen					
						Summativ			Distributiv		
		Gleiche Größen	Verschiedene Größen	Gleiche Größen	Verschiedene Größen	Gleiche Größen	Verschiedene Größen				
Stoff	Black-Box Beispiel Bierglas	$\frac{St}{S}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{L}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{U}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{W}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{V}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{V}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{V}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{V}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{V}$ $\frac{St}{St}$	$\frac{St}{V}$ $\frac{St}{St}$
Energie	Black-Box Beispiel Batterie	$\frac{E}{S}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{L}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{U}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{W}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{V}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{V}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{V}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{V}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{V}$ $\frac{E}{St}$	$\frac{E}{V}$ $\frac{E}{St}$
Signal	Black-Box Beispiel Compact-Disk	$\frac{S}{S}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{L}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{U}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{W}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{V}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{V}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{V}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{V}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{V}$ $\frac{S}{St}$	$\frac{S}{V}$ $\frac{S}{St}$

Bild (B819konD) Allgemeine Funktionen in Anlehnung an [80]

3.5.3 Physikalische Funktionen

In vergleichbarer Weise wie die Allgemeinen Grössen können auch physikalische Grössen und entsprechende Operationen zur Beschreibung von Funktionen verwendet werden.

Definition: Physikalische Funktionen beschreiben die Transformation physikalischer Grössen mit definierten Operationen.

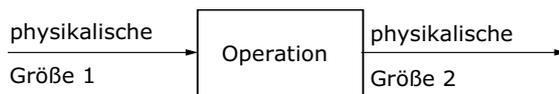


Bild (B820konD) Physikalische Funktionen

Tabelle (T008konD) zeigt nach einem Vorschlag von Roth [80] die grundlegenden physikalische Grössen in unterschiedlichen energetischen Systemen. Andere physikalische Grössen können auf diese Grössen zurückgeführt werden.

Energieart	Physikalische Grössen
Mechanisch, translatorisch	Kraft F , Impuls L , Verschiebung s , Geschwindigkeit v
Mechanisch, rotatorisch	Drehmoment M , Drehimpuls L , Winkelverschiebung, Winkelgeschwindigkeit
Hydraulisch, pneumatisch	Volumenstrom U , Volumen V , Druckimpuls Π , Druck p
Elektrisch	Stromstärke I , Ladung Q , Induktionsfluss Φ , Spannung U
Thermodynamisch	Wärmestrom Q , Wärmemenge Q , Temperatur T

Tabelle (T008konD) Physikalische Grössen (Übersicht)

Aus den **Merkmale**n dieser physikalischen Grössen kann systematisch auf mögliche Transformationen zwischen Ein- und Ausgangsgrössen geschlossen und daraus physikalische Operationen abgeleitet werden.

Zusammenhang zw. Ein- und Ausgangsgrössen	Physikalische Operationen
Art der Eingangsgrösse ändern	Wandeln, Umformen
Betrag der Eingangsgrössen ändern	Vergrössern, Verkleinern
Richtung der Eingangsgrösse ändern	Ablenken, Umlenken
(Wirk-) Ort der Eingangsgrösse ändern	Versetzen Verschieben
Zeitverhalten der Eingangsgrösse ändern	Modulieren, Dämpfen, Glätten ...
Anzahl der Eingangsgrössen ändern	Summieren, Verteilen, Zerlegen

Tabelle (T009konD) Physikalische Operationen

Entsprechend ergeben sich durch Zusammenfügen von physikalischen Grössen und Operationen physikalische Funktionen.



Bild (B821konD) Beispiel für die Physikalische Funktion „Kraft verstärken“

Für physikalische Funktionen existieren umfangreiche Lösungssammlungen physikalischer Effekte [80], [57] sowie eine Kombinationsmatrix zur systematischen Verkettung von physikalischen Effekten [80].

Gleichung	Bemerkung
$F_2 = f(F_1)$	F: Kraft
$F_2 = \frac{1}{\tan(\alpha_1 \pm \rho_1) + \tan(\alpha_2 \pm \rho_2)} \cdot F_1$	Keileffekt mit Reibung α Neigungswinkel ρ Reibungswinkel
$F_2 = F_1 \cdot \cot(\alpha \pm \rho)$	schiefe Ebene mit Reibung F_1 Horizontalkraft F_2 Gewicht + Aufwärtsbewegung - Abwärtsbewegung
$F_2 = \frac{1}{\tan\alpha_1 + \tan\alpha_2} \cdot F_1$	Kniehebel
$F_2 = \frac{1}{\frac{1}{c_1} + \nu \frac{1}{c_2}} \cdot F_1$	Querkontraktion einer Feder c Federkonstante ν Verformungsverhältnis
$F_2 = \frac{\mu}{1 \pm \mu \cot\alpha} \cdot F_1$	nichtlineares System

Tabelle (T010konZ) Ausschnitt aus einer Lösungssammlung physikalischer Effekte (Kraftverstärken) [80]

3.5.4 Logische Funktionen

Sie sind im Unterschied zu den bisher beschriebenen analogen Funktionen diskrete Funktionen.

Definition: Logische Funktionen beschreiben die Transformation logischer (diskreter) Größen mit definierten Operationen.

Zu unterscheiden sind kombinatorische Funktionen ohne und sequentielle Funktionen mit Speicherverhalten.

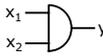
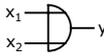
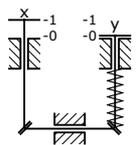
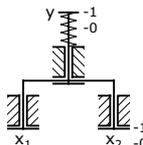
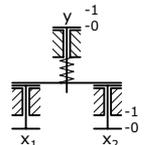
Funktion	Negation	Konjunktion	Disjunktion																																				
Logische Beziehung	NICHT	UND	ODER																																				
Algebraische Darstellung	$y = \bar{x}$	$y = x_1 \cap x_2$	$y = x_1 \cup x_2$																																				
Schaltzeichen																																							
Wertetafel	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>x_2</td><td>x_1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	x_2	x_1	1	0	0	1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>x_2</td><td>x_1</td><td>y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	x_2	x_1	y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>x_2</td><td>x_1</td><td>y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	x_2	x_1	y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
x_2	x_1																																						
1	0																																						
0	1																																						
x_2	x_1	y																																					
0	0	0																																					
0	1	0																																					
1	0	0																																					
1	1	1																																					
x_2	x_1	y																																					
0	0	0																																					
0	1	1																																					
1	0	1																																					
1	1	1																																					
Logisches, kombinatorisches Getriebe																																							

Tabelle (T011Z) Beispiele für logische Funktionen [80]

Logische Funktionen werden hauptsächlich in der Elektrik und Elektronik verwendet. Logische Funktionen lassen sich aber auch durch mechanische Lösungen realisieren z.B. in Schliesszylindern, PKW-Türschlössern, mechanischen Kupplungen und Gesperren. Im Einzelnen wird auf die einschlägige Literatur verwiesen.

3.5.5 Zubringfunktionen

Für den speziellen Anwendungsfall der Werkstückhandhabung existiert ein eigener Funktionssatz mit Schaltzeichen [97], [96], die zu einem Zubringfunktionsplan verknüpft, den Werkstückfluss in Maschinen und beim innerbetrieblichen Werkstücktransport beschreiben.

Definition: Zubringfunktionen beschreiben die Handhabung von Werkstücken mit definierten Operationen.

Folgende Tabelle gibt die Merkmale der Ein- und Ausgangsgrößen (hier Werkstücke) an und leitet daraus die Zubringoperationen ab.

Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsgrößen	Zubringoperationen
Ort der Werkstücke erhalten	Bunkern
Lage der Werkstücke erhalten	Magaziner
Ort der Werkstücke ändern (beliebig \Rightarrow bestimmt)	Eingeben
Ort der Werkstücke ändern (beliebig \Rightarrow beliebig)	Weitergeben
Ort des Werkstückes ändern (bestimmt \Rightarrow beliebig)	Ausgeben
Lage der Werkstücke ändern (beliebig \Rightarrow bestimmt)	Ordnen
Lage des Werkstücks ändern (grob \Rightarrow exakt)	Positionieren
Lage der Werkstücke ändern (bestimmt \Rightarrow bestimmt)	Wenden
Anzahl der Werkstücke ändern (beliebig \Rightarrow bestimmt)	Zuteilen
Anzahl der Werkstücke ändern distributiv ändern	Abzweigen
Anzahl der Werkstücke ändern summativ ändern	Zusammenführen
Freiheitsgrad des Werkstücks ändern ($\Rightarrow 0$)	Spannen
Freiheitsgrad des Werkstücks ändern (> 0)	Entspannen
Form, Oberfläche des Werkstücks ändern	Bearbeiten

Tabelle (T012konD) Zubringoperationen nach [97]

Diese Zubringoperationen können graphisch dargestellt werden.

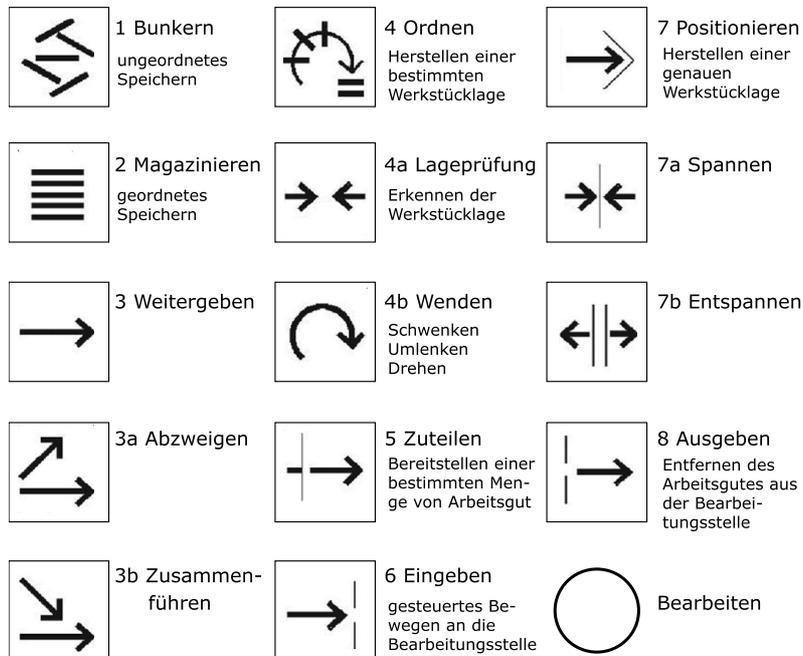


Bild (B112konZ) Zubringfunktionen und ihre Schaltzeichen [97]

Zubringfunktionen werden insbesondere bei der Planung von Betriebsanlagen, Fertigungs- und Montageeinrichtungen und beim Erstellen eines Hallen-Layouts verwendet.

3.6 Funktionsstrukturen erarbeiten

Das Arbeiten mit Funktionsmodellen kann sowohl zur Verbesserung bestehender Produkte als auch für die Neuentwicklung eingesetzt werden.

Das bestehende Produkt wird in Funktionen gegliedert und analysiert, um Teillösungen zu verbessern oder Funktionen neu zu verknüpfen. Für neue Produkte stellt die Funktionsstruktur eine abstrakte Form des Produktionsmodells dar und hilft zur Lösungsfindung.

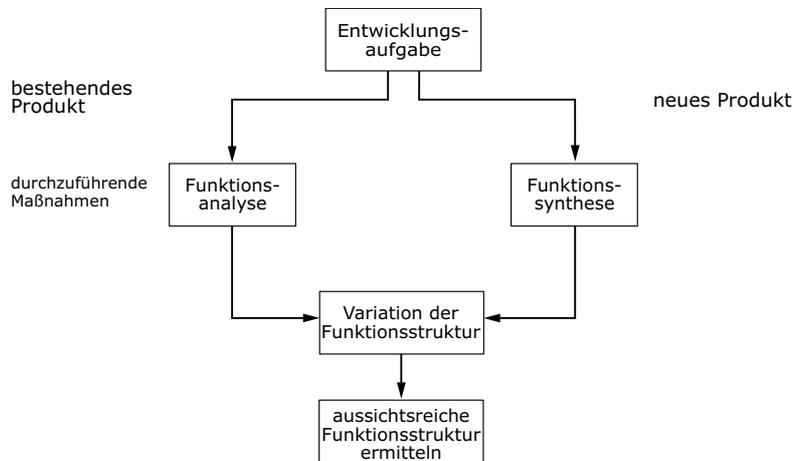


Bild (B822konD) Funktionsanalyse, -synthese, Funktionsvariation

3.6.1 Methode Funktionsanalyse

Bei der Funktionsanalyse werden gegebene Produkte hinsichtlich der Funktionen und Funktionsstrukturen untersucht. Das Vorgehen zeigt Tabelle T013konZ:

Produkt in Funktionsträger gliedern	Beim Gliedern des Produkts in Funktionsträger müssen die funktionalen Beziehungen zwischen den Komponenten hinsichtlich Stoff-, Energie- und Signalfloss erkannt werden.
Funktionen den Funktionsträgern zuordnen	Von Wirkprinzip abstrahieren und nur funktionale Zusammenhänge zwischen Eingang und Ausgang beschreiben
Funktionen hinsichtlich der Aufgabenerfüllung kritisch prüfen	Das kritische Hinterfragen der Funktionen zeigt Verbesserungspotentiale und Entwicklungsschwerpunkte. Üblicherweise können neue Strukturen erarbeitet werden, wenn bei einer analytisch gewonnenen Funktionsstruktur alle unnötigen Teilfunktionen eliminiert werden und eine Minimalstruktur zum Ausgang der Entwicklungsarbeit gemacht wird.

Tabelle (T013konD) Vorgehen bei der Funktionsanalyse

Die oft unübersichtliche Gesamtfunktion wird mit einer Funktionsanalyse in die enthaltenen Teilfunktionen gegliedert. Die Funktionsanalyse findet Anwendung:

- für eigene Produkte als Grundlage für eine Funktionsüberprüfung im Rahmen einer marktgerechten Weiterentwicklung und zur Produktdokumentation

- bei fremden Produkten (Wettbewerbsprodukten, Patente usw.) zur Informationsgewinnung hinsichtlich der darin enthaltenen Funktionen und Wirkprinzipien
- als Grundlage weiterführender Arbeiten wie z.B. Ermitteln der Funktionskosten oder Durchführen einer umfassenden **Schwachstellenanalyse**.

3.6.2 Methode Funktionssynthese

Die Funktionssynthese abstrahiert eine Aufgabe auf die für das neu zu entwickelnde Produkt erforderlichen Funktionen. Das Vorgehen zeigt Tabelle TKFU009D:

Gesamtfunktion mit Eingangs- und Ausgangsgrössen formulieren	Die Gesamtfunktion möglichst exakt als Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrössen formulieren. Hier hilft eine vorherige Prozessbetrachtung, die vorhandene Eingangsgrössen und erforderliche Wirkgrössen als Ausgangsgrössen liefert.
Gesamtfunktion in Teilfunktionen aufspalten	In der Regel müssen die Eingangsgrössen in mehreren Teilschritten verändert werden, um die Ausgangsgrössen zu erzeugen. Die Teilschritte entsprechen den zu erfüllenden Teilfunktionen.
Funktionsstruktur aufstellen	Die Teilfunktionen müssen in einem logischen Zusammenhang verknüpft werden, um die schrittweise Veränderungen und Verknüpfungen der Flüsse zu erreichen.
Systemgrenze eintragen	Die Abgrenzung der zu betrachtenden Bestandteile gegenüber den Nachbarsystemen wird in der Funktionsstruktur durch die Systemgrenze vorgenommen.
Funktionsstruktur variieren	Siehe Methode Funktionsstruktur variieren
Nebenflüsse ergänzen	Zur Erfüllung der Teilfunktionen in den Hauptflüssen sind Nebenflüsse erforderlich. Diese werden durch zusätzliche Teilfunktionen und deren Verknüpfungen in die Funktionsstruktur aufgenommen.

Tabelle (T014konD) Vorgehen bei der Funktionssynthese

Bei der Funktionssynthese wird zuerst ein Minimalsatz (Minimalstruktur) formuliert und dieser schrittweise erweitert, wenn zugeordnete Lösungen die Aufgabe nicht oder nicht genügend erfüllen. Die Funktionssynthese findet Anwendung:

- bei Neukonstruktionen, um ein breites Lösungsfeld zu erhalten
- für bewusstes Loslösen von Bekanntem.

3.6.3 Methode Funktionsvariation

Mit der Funktionsvariation erfolgt ein gezieltes Verändern von Funktionsstrukturen zur Optimierung des Zusammenwirkens der Teilfunktionen, des funktionellen Produktaufbaus, der Systemgrenze. Funktionsstruktur variieren:

- Verschiebung der Systemgrenze
- Teilfunktionen aufteilen oder zusammenfassen
- Reihenfolge der Teilfunktionen ändern, Teilfunktionen parallelisieren
- Reduzieren/ Vervielfachen der Anzahl gleicher Teilfunktionen
- Verknüpfung der Teilfunktionen ändern (z.B. Steuerung ↔ Regelung).

Eine Funktionsvariation findet Anwendung:

- bei Funktionsanalysen
- bei Funktionssynthesen, um einen Überblick über das Lösungsfeld zu erhalten
- wenn in einer Funktionsstruktur mehrere ähnliche oder gleiche Funktionen auftreten und/oder die Teilfunktionen in ihrer logischen Reihenfolge weitgehend unabhängig voneinander sind.

3.7 Hinweise zum Arbeiten mit Funktionen

Funktionsdarstellung sollten nur soweit entwickelt werden, wie es für die nachfolgende Lösungszuordnung bzw. -findung sinnvoll ist. Keinesfalls ist eine nutzlose Systematik zu betreiben.

Es sind immer einfache Funktionsstrukturen anzustreben (Minimalstruktur)! Erst wenn deren Eigenschaften nicht den Anforderungen entsprechen, sollen kompliziertere Funktionsstrukturen als Grundlage für eine Lösungsermittlung verwendet werden.

Zur Beurteilung von Funktionsstruktur-Varianten sind die Teilfunktionen durch Lösungen zu konkretisieren. Nur so ist in den meisten Fällen eine fundierte Beurteilung möglich.

4 Lösungsfindung

Ausgehend von der Funktionsstruktur der Problemstellung werden Lösungen für die einzelnen Teilfunktionen erarbeitet.

Die Lösungsfindung kann durch Zugriff auf existente Lösungen erfolgen, wobei existent sowohl real als auch virtuell bedeuten kann. Unter intuitive Lösungsfindung fallen Methoden wie **Brainstorming**, **Brainwriting** etc. Systematische Variation der Eigenschaften schafft eine weitere Vergrößerung des Lösungsraumes.

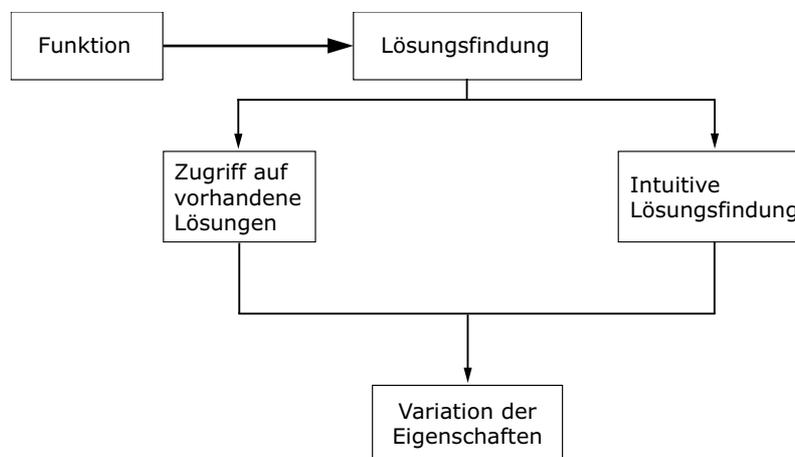


Bild (B005konZ) Lösungsfindung durch Intuition oder Zugriff auf Bestehendes

4.1 Auf vorhandene Lösungen zugreifen

Vorhandenen Lösungen beinhaltet zwei Arten von Lösungen, zum einen die realen und zum anderen die virtuellen.

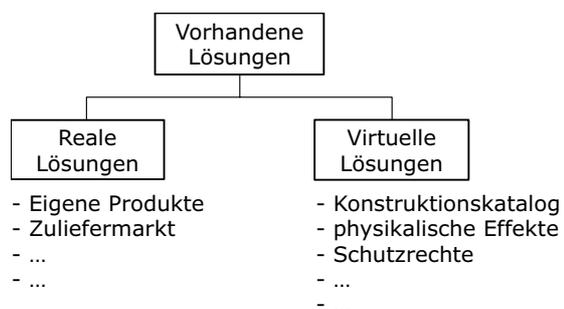
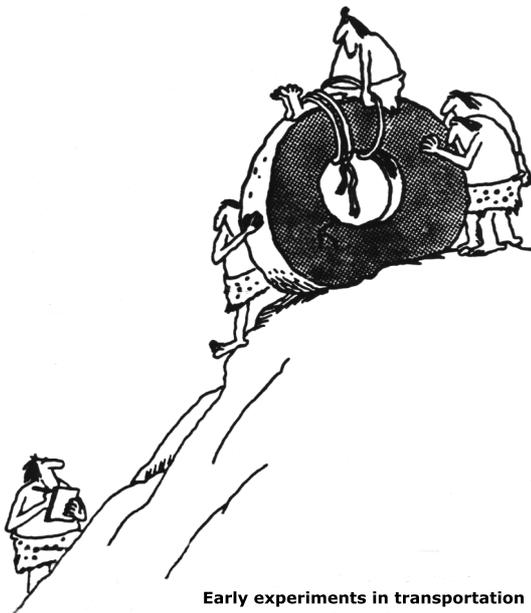


Bild (B823konD) Unterschiedliche Arten von vorhandenen Lösungen

Reale Lösungen können eigene Produkte, Wettbewerbsprodukte oder **Zulieferkomponenten** sein. Sie können als reales Produkt identifiziert, beschafft, u.U. modifiziert und genutzt werden.

Virtuelle Lösungen sind dokumentierte Lösungen in Form von Produktmodellen, die direkt als Lösungen oder als Lösungsanregung in unterschiedlichen Ebenen der Produktentwicklung verwendet werden können. Beispiele für virtuelle Lösungen sind **Schutzrechte**, Lösungssammlungen und Konstruktionskataloge.

In vielen Entwicklungsvorhaben zeigt sich, dass die Chancen neu entwickelter Lösungen über- und ihre Risiken unterschätzt werden [9].



Early experiments in transportation

Bild (B824konD) Karikatur „Early experiments in transportation“

Da neue Lösungen in ihrem qualitativen Verhalten und hinsichtlich ihrer Marktakzeptanz nie vollständig und exakt beurteilt werden können, bleibt immer ein Restrisiko bzw. eine aufwändige Entwicklung und umfangreiche Tests mit vielen unerwarteten Problemen. Bewährte Lösungen für Teilfunktionen sind zu bevorzugen, wenn sie den Anforderungen hinreichend entsprechen und mit den anderen, benachbarten, Lösungen harmonisieren.

Für Aufgaben in der Produktentwicklung gibt es eine Unzahl von Lösungen, die entweder als reale Produkte vorhanden oder als Produktmodelle in unterschiedlichsten Quellen dokumentiert sind. Kernproblem ist der gezielte Zugriff auf die aktuell geeigneten Lösungen.

Hier wird durch den Einsatz der Informationstechnologie eine erhebliche Verbesserung erreicht (Suchmaschinen, Internet-, Intranetlösungen, hypermediale Produktkataloge...).

Grundsätzlich sollte bei jeder Entwicklungsaufgabe geprüft werden, ob nicht vorhandene Lösungen den Anforderungen entsprechen und eingesetzt werden können. Ihr Einsatz ist üblicherweise dann sinnvoll, wenn

- Lösungen bekannt sind, die den Anforderungen entsprechen,
- Lösungen bewährt sind oder ihr Einsatz aussichtsreich erscheint
- das Entwickeln einer neuen Lösung zu nicht vertretbaren Konsequenzen führen würde (z.B. zu später Markteintritt, zu hohes Entwicklungsrisiko, zu hohe Produktkosten)
- keine Rechte von Wettbewerbern den Einsatz verhindern.

Die Suche nach vorhandenen Lösungen ist dabei keineswegs auf das eigene Unternehmen beschränkt, sondern muss auch Wettbewerbslösungen, Schutzrechte, den Zuliefermarkt sowie Lösungssammlungen und Konstruktionskataloge mit berücksichtigen. Auch wenn dabei vielfach nur Lösungsprinzipien gefunden werden können, muss eine effiziente und effektive Produktentwicklung immer den Grundsatz beachten:

Bekanntes nicht neu erfinden! („Das Rad nicht neu erfinden!“)

4.1.1 Reale Lösungen recherchieren

Reale Lösungen sind gegenständliche Produkte bzw. Produktkomponenten, die ohne oder mit Nacharbeit für eine Entwicklung verwendet werden können.

Recherche nach eigenen oder Wettbewerbsprodukten

Die **Recherche** nach eigenen oder Wettbewerbsprodukten kann einen umfassenden Überblick über bekannte und bewährte Lösungen im Unternehmen oder beim Wettbewerb liefern.

Die gefundenen Lösungen sind meist nicht unmittelbar verwendbar und müssen oft an die neue Aufgabenstellung angepasst werden. Dennoch kann die Recherche helfen

- zur Beschaffung von Informationen über Lösungen und Lösungsdetails
- als Grundlage für eine gezielte Lösungsermittlung im Sinne des „**Reverse Engineering**“; dabei werden systematisch Wettbewerbsprodukt hinsichtlich der Nutzung von Teillösungen für den eigenen Bereich analysiert
- als Grundlage für die systematische Variation und die darauf basierende Erarbeitung eines vollständigen Lösungsfelds

- als Ausgangspunkt für eine Systematisierung des eigenen Produktspektrums mit dem Ziel der Reduzierung der Variantenvielfalt und der Bereitstellung von bewährten Teillösungen für immer wiederkehrende Aufgaben.

	Funktionen		Produkte-Fertigungsbereiche				
	Allgemeine Bezeichnung	Synonyme	SR Ramba 300	SC CAM-Anlage	RC Cartonetta	MS Schubert	RH Höflinger & Karg
Handhaben	Bunkern	Sammeln	SR1				
	Magazin	Stauen, Puffern	SR2	SC1 SC3	RC4 RC5	MS1	RH1 RH4
	Weitergeben	(Hoch) Fördern	SR3	SC1 SC3	RC3 RC4 RC6	MS3 MS4	RH3 RH5
	Zuteilen	Vereinzeln, Entnehmen, Abnehmen	SR2	SC2 SC3	RC2 RC4 RC5	MS1 MS5	RH2 RH4
	Verzweigen	Verteilen			RC1		
	Ordnen	Ausrichten	SR1	SC1	RC1		
	Ausgeben	Greifen, Füllen, Einschieben, Einlegen	SR2	SC2	RC2 RC7	MS5 MS9	RH2 RH5 RH8
	Positionieren	Spannen, Halten	SR3				
Verpacken	Auffalten			SC3	RC6	MS2	RH4
	Verschliessen				RC7 RC8	MS6 MS7	RH6 RH7
	Fügen	Zukleben, Heften, Klammern	SR4	SC5		MS1	
Messen	Wiegen					MS10	
	Zählen						
	Dosieren	Füllstand messen	SR1				

Tabelle (T015konZ) Systematische Erfassung von realen Lösungen der Konkurrenz; Übersichtsblatt zur gezielten Suche nach Zubringlösungen und Lösungsbeispiel



Bild (B825konD) Zubringssystem MS Schubert

Die Recherche nach eigenen oder Wettbewerbsprodukten erfolgt unter Zuhilfenahme verschiedener Quellen wie:

- Dokumentenanalyse (z. B. Zeichnungsarchiv, technische Dokumentationen)
- Internetrecherchen
- Fachmessen.

Recherche auf dem Zuliefermarkt

Unter dem Begriff *Zuliefermarkt* werden hier alle Zulieferer zusammengefasst, die Zulieferkomponenten anbieten.

Definition: Zulieferkomponenten sind abnehmeranonyme Standardlösungen, die für den Zuliefermarkt produziert werden und ohne oder mit nur geringer Nacharbeit in das eigene Produkt eingebaut werden können [9].

Zulieferkomponenten werden als Zulieferteile, Kaufteile, Katalogteile bezeichnet, obwohl viele längst nicht mehr den Charakter von Teilen haben, sondern umfassende Problemlösungen darstellen. Der Einsatz derartiger Zulieferkomponenten [77] ist insbesondere bei kleinen bis mittleren Seriengrößen wegen der technischen und wirtschaftlichen Vorteile weit verbreitet. Er kann beispielsweise in der Montage-, Handhabungs- und Verpackungstechnik mehr als 90% der gesamten Produktkosten ausmachen.



Bild (B101konZ) Modulares, hybrides Montagesystem auf der Basis vieler Zulieferkomponenten zur Fertigung eines Sicherungssockels (Quelle: <http://www.faps.uni-erlangen.de/persons/LangStefan/TT-Zelle/TT-Zelle.htm>)

Der Einsatz von Zulieferkomponenten wird aufgrund funktioneller Kriterien vorbereitet und durch sogenannte „Make or buy“-Entscheidungen abgesichert. Üblicherweise ist ein Einsatz dann sinnvoll, wenn

- die Zulieferkomponente die Anforderungen erfüllt
- Entwicklungs- und Fertigungskapazität für eine Eigenentwicklung fehlt
- das Anwendungs-Know-how des Zulieferers genutzt werden kann, um das Risiko einer Fehlentwicklung zu reduzieren; in diesem Fall wird häufig die Zulieferkomponente vom Zulieferer in einer so genannten „Bemusterung“ hinsichtlich der Eignung für die neue Aufgabe erprobt
- mit einer Teillösung keine Differenzierung am Markt oder sogar Kernkompetenzen aufgebaut werden sollen
- die Zulieferlösung ökonomisch vertretbar ist (Gesamtbetrachtung über Lebenszyklus) obwohl die Lösung nicht spezifisch sondern allgemein ist.

Der Einsatz von Zulieferkomponenten kann durchaus zu innovativen Lösungen führen, wenn entweder die Komponente neu auf dem Markt ist oder in einem neuen Anwendungskontext eingesetzt wird.

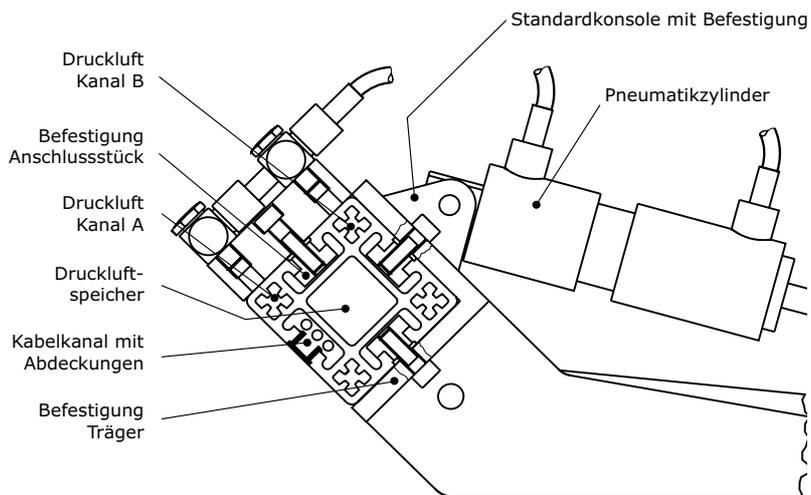


Bild (B826kond) Einsatz eines stranggepressten Aluminiumprofils aus einem Profilmontagesystem als multifunktional genutzte Greifertraverse (Profil: Werkbild Firma Rose&Krieger)

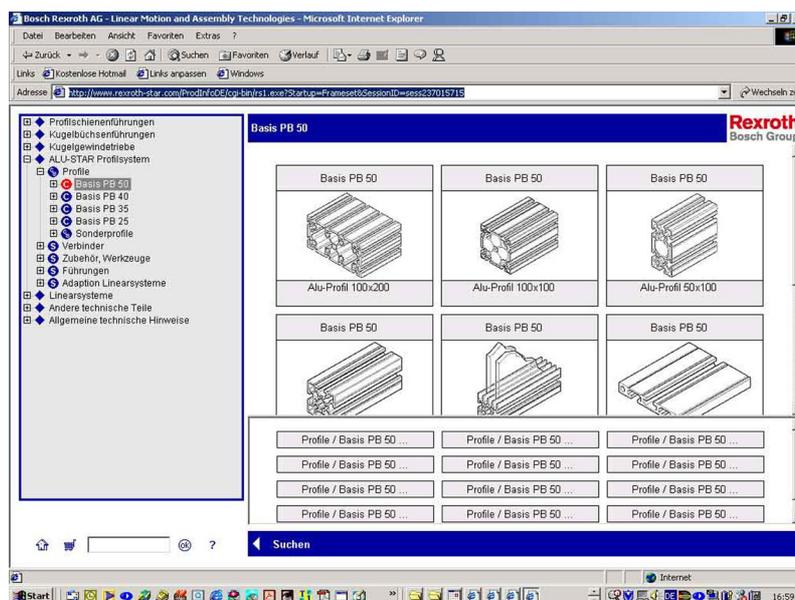


Bild (B024konz) Internetbasierter Marktplatz für Profile (www.bosch.de)

Im Internet werden zunehmend so genannte „virtuelle Marktplätze“ eingesetzt, auf denen die Zulieferer ihre Zulieferkomponenten und zugehörigen technischen Informationen anbieten.

Den potentiellen Kunden wird mit der Online-Plattform die Recherche u. a. aufgrund folgender Vorteile erheblich erleichtert:

- umfangreiche Datenbanken mit Anbietern und Zulieferkomponenten
- komfortable Suchroutinen nach unterschiedlichsten Merkmalen (z.B. Bezeichnung, Funktion, Preis, Hersteller usw.)
- direkte Kontaktaufnahme und Bestellmöglichkeit zum Beispiel über E-Mail
- zur Verfügung stehende CAD Zeichnungsdateien der entsprechenden Komponenten für die eigene Zeichnungserstellung und Dokumentation.

Address: <http://ec.brw.ch/service/brw/KLASSE=EMBAKTION=SENDPAGEPAGE=BESTELLEN>

Brütsch/Rüeeggler AG
Postfach
8010 Zürich
Tel. +41 (0)1 736 63 63
Fax +41 (0)1 736 63 00

23.8.2002 16:52
[HELP-D04](#)

Technische Artikel-Informationen

03150 Kugelführungsbolzen ohne Kopf

D x L	Stk
11	
12 x 80	4
12 x 100	
12 x 125	
18 x 80	5
18 x 100	
18 x 120	
18 x 125	
18 x 140	
18 x 160	
18 x 180	
18 x 200	
24 x 100	6
24 x 140	
24 x 160	

Bild (B025konZ) Gleitlager-Angebot (Brütsch + Rüeeggler, <http://www.b-r.ch>)

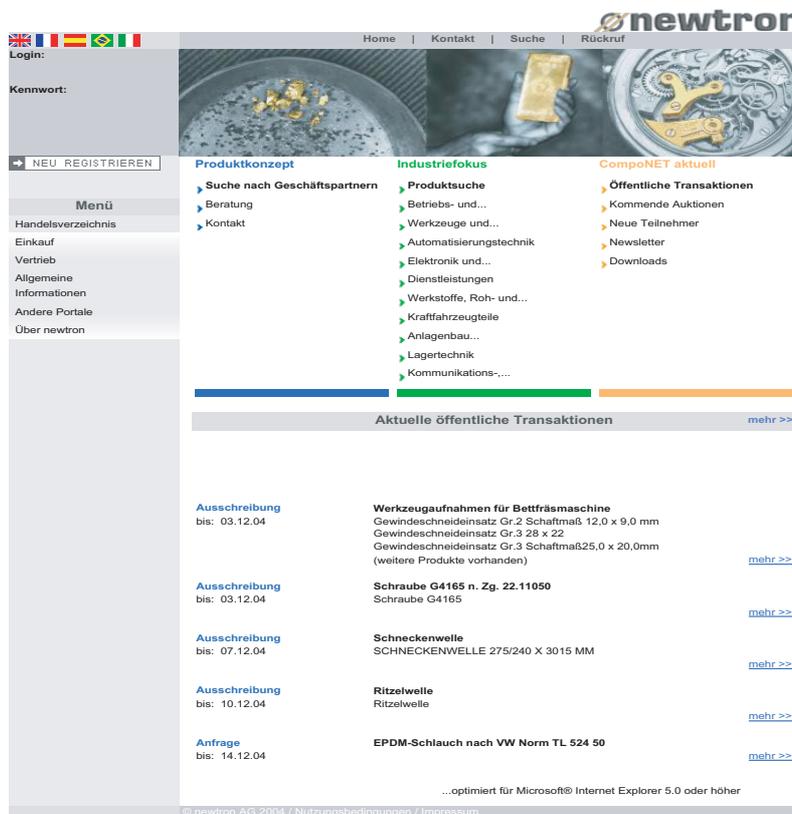


Bild (B827konD) Virtueller Marktplatz CompoNet (Screenshot Internetseite der Firma Newtron)

Virtuelle Marktplätze findet man z.B. bei folgenden Adressen:

- www.newtron.de
- www.wlw.de
- www.fiz-technik.de
- www.cadenas.ch

4.1.2 Virtuelle Lösungen (Produktmodelle) recherchieren

Virtuelle Lösungen sind Produktmodelle wie physikalische Effekte, Wirkprinzipien, Prinzipielle Lösungen, Grobentwürfe, massstäbliche Entwürfe, Technische Zeichnungen oder 2D- bzw. 3D-CAD-Modelle.

Recherche in Schutzrechten

Definition: Schutzrechte für technische Erfindungen sind Patente und Gebrauchsmuster, die sich durch Neuheit, Erfindungshöhe und gewerbliche Anwendbarkeit auszeichnen und formal angemeldet und eingetragen worden sind.

Technische Lösungen werden in Patenten und Gebrauchsmustern schutzrechtlich dokumentiert. Ihre Nutzung durch andere ist lizenzpflichtig.

Trotz der Absicherung gegen eine unberechtigte Nutzung kann eine Recherche in Patenten und Gebrauchsmustern wertvolle Informationen für die Produktentwicklung liefern, die folgendes ermöglichen:

- Stand der Technik ermitteln und Doppelentwicklungen bzw. Schutzrechtsverletzungen vermeiden
- Lizenzgeber für kritische oder wichtige Lösungen finden, wenn keine eigene Entwicklungskapazität vorhanden ist
- Wettbewerber beobachten und aus der Häufigkeit von Anmeldungen Rückschlüsse auf deren Entwicklungsaktivitäten schliessen (systematische Patentauswertung)
- Schutzrechte des Wettbewerbs umgehen, indem bekannte Schutzrechte als Grundlage für das systematische Erarbeiten eines vollständigen Lösungsfelds herangezogen werden; damit können oft neue schutzrechtsfähige Lösungen verbesserter Funktionalität erarbeitet werden
- Eigene Schutzrechtsansprüche durch das systematische Erarbeiten eines vollständigen Lösungsfelds und die darauf Bezug nehmende Schutzrechtsanmeldung absichern.

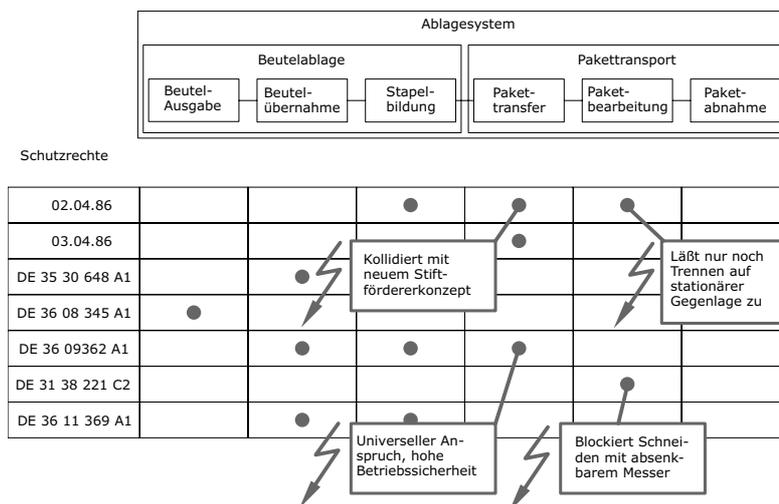


Bild (B828konD) Funktionsanalyse von Schutzrechtsansprüchen bei einer Anlage zur Herstellung von Folienbeuteln

Eine Recherche nach Schutzrechten erfordert umfangreiches Spezialwissen und wird meist von Patentanwälten durchgeführt.

Eigene Recherchen können entweder über den Zugriff auf Patentdatenbanken (CD-ROM oder Internet) oder direkt bei den Patentstellen erfolgen.

Patentdatenbanken findet man u.a. bei folgenden Internetadressen:

<http://www.european-patent-office.org/>

<http://www.patents.ibm.com> (IBM Patentdatenbank)

<http://www.uspto.gov> (US-Patentanstalt)

Recherche in Lösungssammlungen

Definition: Lösungssammlungen sind nicht systematisierte Lösungsspeicher, die virtuelle Lösungen wie physikalische Effekte oder Wirkprinzipien enthalten und in Dokumenten dargestellt sind.

Wertvolle Informationsquellen für Lösungen sind Normen, Richtlinien, Zeitschriften, Veröffentlichungen und Fachbücher.

Derartige Lösungssammlungen geben meist eine Übersicht über Wirkprinzipien bzw. über Prinzipien von tatsächlich ausgeführten technischen Produkten. Die Prinzipien werden üblicherweise als anschauliches Prinzipbild, als Entwurfszeichnung oder Foto dargestellt. Insofern sind diese Beschreibungen in der Regel kontextabhängig und erschliessen dem Betrachter nur bestimmte Lösungsaspekte.

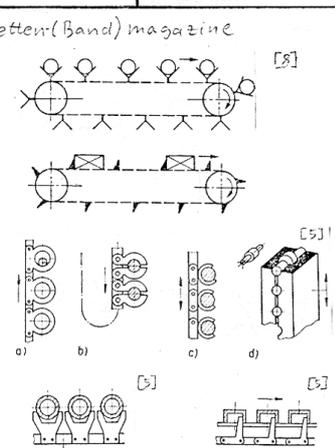
2.3	Durchlaufmagazine ohne Pufferung	→ → → →										
2.3.1	Vortriebsbewegung translatorisch-Kontin.	→ → → →										
Ketten(Band) magazine												
		<table border="1"> <tr> <td>Funktionsbeschreibung:</td> <td>Kettenmagazine dienen zum taktgebundenen Weitergeben und Speichern von geordneten Werkstücken. Die Werkstücke sind hierbei meist in horizontaler oder vertikaler Richtung linienhaft angeordnet. Die Werkstückaufnahmen sind an einer umlaufenden Kette montiert. Die Positionierung der Werkstücke erfolgt durch Form- oder Kraftschluß. [1]</td> </tr> <tr> <td>Antrieb:</td> <td>Der Antrieb erfolgt i. a. elektrisch über einen Getriebemotor oder Schrittmotor.</td> </tr> <tr> <td>Steuerung:</td> <td>Kettenmagazine sind in verketteten Anlagen i. a. mit einer elektrischen Steuerung verbunden.</td> </tr> <tr> <td>Umrüstbarkeit:</td> <td>Kettenmagazine sind meist für ein bestimmtes Werkstück ausgelegt. In Sonderfällen können sie auch innerhalb eines Verhaltenstyps in bestimmten Grenzen an unterschiedliche Werkstückabmessungen angepaßt werden.</td> </tr> <tr> <td>Konstruktive Kenngrößen:</td> <td>Speicherkapazität Umrüstbarkeit Teilungsabstand Platzbedarf An- und Einbaulage Be- und Entlademöglichkeiten</td> </tr> </table>	Funktionsbeschreibung:	Kettenmagazine dienen zum taktgebundenen Weitergeben und Speichern von geordneten Werkstücken. Die Werkstücke sind hierbei meist in horizontaler oder vertikaler Richtung linienhaft angeordnet. Die Werkstückaufnahmen sind an einer umlaufenden Kette montiert. Die Positionierung der Werkstücke erfolgt durch Form- oder Kraftschluß. [1]	Antrieb:	Der Antrieb erfolgt i. a. elektrisch über einen Getriebemotor oder Schrittmotor.	Steuerung:	Kettenmagazine sind in verketteten Anlagen i. a. mit einer elektrischen Steuerung verbunden.	Umrüstbarkeit:	Kettenmagazine sind meist für ein bestimmtes Werkstück ausgelegt. In Sonderfällen können sie auch innerhalb eines Verhaltenstyps in bestimmten Grenzen an unterschiedliche Werkstückabmessungen angepaßt werden.	Konstruktive Kenngrößen:	Speicherkapazität Umrüstbarkeit Teilungsabstand Platzbedarf An- und Einbaulage Be- und Entlademöglichkeiten
Funktionsbeschreibung:	Kettenmagazine dienen zum taktgebundenen Weitergeben und Speichern von geordneten Werkstücken. Die Werkstücke sind hierbei meist in horizontaler oder vertikaler Richtung linienhaft angeordnet. Die Werkstückaufnahmen sind an einer umlaufenden Kette montiert. Die Positionierung der Werkstücke erfolgt durch Form- oder Kraftschluß. [1]											
Antrieb:	Der Antrieb erfolgt i. a. elektrisch über einen Getriebemotor oder Schrittmotor.											
Steuerung:	Kettenmagazine sind in verketteten Anlagen i. a. mit einer elektrischen Steuerung verbunden.											
Umrüstbarkeit:	Kettenmagazine sind meist für ein bestimmtes Werkstück ausgelegt. In Sonderfällen können sie auch innerhalb eines Verhaltenstyps in bestimmten Grenzen an unterschiedliche Werkstückabmessungen angepaßt werden.											
Konstruktive Kenngrößen:	Speicherkapazität Umrüstbarkeit Teilungsabstand Platzbedarf An- und Einbaulage Be- und Entlademöglichkeiten											

Bild (B829konD) Selbst erstellte Lösungssammlung eines Entwicklungsteams für Handhabungsaufgaben

Auch wenn der Zugriff auf Lösungssammlungen derzeit bereits durch IT-Werkzeuge erheblich verbessert wurde, bleibt dennoch die gezielte Suche in Lösungssammlungen, die berüchtigte Suche „nach der Nadel im Heuhaufen“. Hier ruht noch ein erhebliches Potential für unterstützende IT-Werkzeuge.

Recherche in Konstruktionskatalogen

Konstruktionskataloge wurden vor allem in den 70er und 80er Jahren erstellt [37], [80], [84] und basieren nahezu ausnahmslos auf Printmedien.

Definition: „Ein Konstruktionskatalog ist ein dokumentierter Wissensspeicher, der nach methodischen Gesichtspunkten erstellt, weitestgehend vollständig und systematisch als spezielles **Ordnungsschema** gegliedert ist“ [80] und der beim Konstruieren unterstützt.

Gliederungsteil		Hauptteil			Zugriffsteil							Anhang	
Art des Flächen-schlusses	Art der Kraft-über-tragung	Gleichung	Benennung	Anordnungsbeispiel	Über-trag-bares-Moment	Moment-über-tragung abhän-gig von	Auf-nahme von Axial-kräften	Wirkung bei Über-lastung	Verbin-dung zwi-schen-trier-bar	Nabe axial ver-schieb-bar	Nabe ver-setz-bar	Anmerk-ungen	
1	2	1	2	3	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8
Normal (Form-schluß)	Un-mittel-bar	$M_t = \frac{d_m}{2} A_{Tges} \tau_{zul}$ $M_t = \frac{d_m}{2} A_{p} p_{zul}$	Profil-welle		1	groß	Form-faktor	nein	Bruch	ja	mögl.	in Stufen mögl.	
	Mittel-bar	Mt übertragbares Moment d_m mittlerer wirksamer Durchmesser	Form-element-ver-bindung		2	klein		möglich				mögl.	einfache Montage
Tangenti-al (Reib-schluß)	Un-mittel-bar	$M_t = M_f = F_r = d_{m1}/2$ $= F_n \mu d_{m1}/2$ α Keilwinkel M_f Reibmoment F_r Reibkraft d_{st} Stiftdurch-messer	Klemm-sitz		3	klein bis groß		ja	Rut-schen	ja	nur bei $F_A > F_r$	stufen-los	Herstell- und Mont-ageauf-wand klein
	Mittel-bar		Spann-element		4	mittel	Tempe-ratur, Rota-tions-kräften, Axial-kräften			mögl.			
Tangenti- und normal	Mittel-bar		Vorge-spannte Verbin-dung		5	klein		mög.	Bruch	nein	nein	mögl.	

Bild (B830kond) Konstruktionskatalog „Welle-Nabe-Verbindungen“ (Übersichtskatalog) [80]

Konstruktionskataloge sind in der vorliegenden Form streng systematisch gegliederte Lösungsspeicher mit typischen Kennzeichen:

- einheitlicher, erkennbarer Katalogaufbau mit Gliederungsteil, Hauptteil, Zugriffsteil und meist mit Anhang
- Gliederungsteil mit Gliederungsmerkmalen zur widerspruchsfreien Einteilung der Katalogobjekte

- Hauptteil mit Lösungsbeispielen als typische Vertreter der jeweiligen Lösungsklasse, oft als Skizzen dargestellt mit zum Teil ergänzender Beschreibung durch Text oder Gleichung
- Zugriffsteil mit relevanten Eigenschaften der Objekte zur gezielten Auswahl (\Rightarrow Siebeffekt)
- Anhang mit ergänzenden Angaben (z. B. Literaturstellen, Herstellerangaben).

Konstruktionskataloge sind beim Konzipieren deshalb von besonderer Effizienz, weil sie im Rahmen der Gliederungsmerkmale ein vollständiges Lösungsspektrum beschreiben und durch die Angaben im Haupt- und Zugriffsteil eine umfassende und gezielte Auswahl der jeweils günstigsten Lösung ermöglichen. Da in Konstruktionskatalogen meistens physikalische Effekte und Wirkprinzipien enthalten sind, sind sie auch für einen grossen Benutzerkreis geeignet.

Gliederung	Inhalt (Kurzform)	Fundort (Kurzform)
Physikalische Effekte	Physikalische Effekte	Koller: Konstruktionsmethode, Springer 1994
	Kraft erzeugen Einstufige Kraftmultiplikation	Roth-94 Roth-94
Kinematik / Getriebelehre	Mech. Wegumformer	Ewald-75
	Mech. Rücklaufsperrn	Roth-94
	Mech. RS- und T-Flip-Flops	Roth-94
	Reibsysteme	Roth-94
	Gesperre	VDI-Richtlinie 2253, Bl. 1, VDI-Verlag 1967
Maschinen- elemente und Antriebstechnik	Verbindungen	Ewald-75
	Nietverbindungen	Roth-94
	Schnappbare Form- schlussverbindungen	Käufer u.a.: Z. Konstruktion 29 (1977), H.10, S. 387 ff
	Spannverbindungen	VDI / VDE Richtlinie 2251, Bl.1, VDI-Verlag 1972
	Welle-Nabe-Verbindungen	Kollmann, Springer 1984
	Antriebe	Roth-82
	Mech. einstufige Getriebe	Schneider: Konstruktionskataloge als Hilfsmittel Diss. DA 1985
	Gleit- und Wälzlager	Roth-94
	Rädergetriebe	Roth-94
	Federn	Roth-94
	Elektrische Antriebe	Ewald-75
	Getriebetechn.	Habiger: Z. Maschinenbau-technik 22 (1973), H.4, S.179 ff
	Lösungskatalog	Merhar: Z. Maschinenbau-technik 27 (1978), H.5, S.215 ff
Stufenlos einstellbare Getriebe	Müller: VDI-Bericht 195, VDI-Verlag 1973	
Gerade- und Rotationsführungen	Roth-94	
Produktions- technik	Giesstechnische Fertigungsverfahren	Ersoy: Z. industrieller Fertigung 66 (1976), Nr.4, S.211 ff
	Lötverfahren	VDI / VDE Richtlinie 2251, Bl.4, VDI-Verlag 1965
	Schweissverfahren	VDI / VDE Richtlinie 2251, Bl.4, VDI-Verlag 1965
Sonstige	Bedienteile	Neudörfer: Z. Werkstatt u. Betrieb 110 (1977), Nr.4, S.225 ff
	Rotationskolbenmaschinen	Wankel: Einteilung der Rotationskolbenmaschinen, Deutsche Verlagsanstalt, Fachverlag 1963

Tabelle (T016konD) Lösungssammlungen und Konstruktionskataloge (Auswahl)

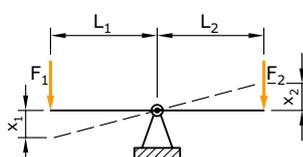
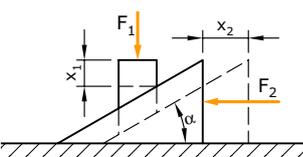
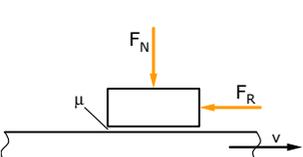
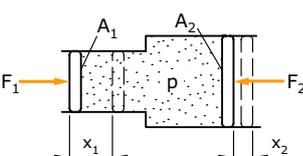
	$\frac{x_1}{L_1} = \frac{x_2}{L_2}$ $\frac{F_1}{L_2} = \frac{F_2}{L_1}$	Hebelgesetz
	$\frac{F_2}{F_1} = \frac{x_1}{x_2} = \tan \alpha$	Keilgesetz
	$F_R = \mu \cdot F_N$	Coulombsches Reibgesetz
	$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = p$ $\frac{x_1}{A_2} = \frac{x_2}{A_1}$	Druckfortpflanzung

Tabelle (T017konZ) Beispiel von Effekt-Katalog „Kraft verstärken“

Arbeiten mit Konstruktionskatalogen

Um Konstruktionskataloge effizient zu nutzen ist folgendes Vorgehen zu empfehlen:

- Katalog über Katalogverzeichnisse auswählen
- falls Haupt- und Detailkataloge vorliegen, erst Hauptkatalog nach Erfolgversprechenden Lösungsklassen und danach die Lösungen der aussichtsreichen Lösungsklassen durchmustern (gestuftes Vorgehen)
- dabei Zugriffsmerkmale mit Anforderungen aus Anforderungsliste vergleichen und geeignete Zugriffsmerkmale markieren
- Lösungseigenschaften mit entsprechenden Anforderungen vergleichen und Widersprüche / Verstöße kennzeichnen. Bei eindeutigem Verstoss gegen Festforderung oder Bereichsforderungen werden die betreffenden Lösungen aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Nur prinzipiell geeignete Lösungen passieren diesen Siebprozess.
- Verbliebene Lösungen einer weiteren Feinbeurteilung unterziehen.

Vorteile:

- schnelle und gezielte Lösungsfindung
- weitgehende Vollständigkeit bei Konstruktionskatalogen
- weitgehend branchen- und unternehmensunabhängig (universeller Einsatz).

Nachteile:

- selten Zuordnung von Herstellern zu Lösungen im Katalog
- zur Zeit noch konventionelle Dokumentation in Printmedien, dadurch zum Teil erheblicher Rechercheaufwand und geringe Flexibilität für Benutzer
- Rechnerunterstützung erst in Ansätzen vorhanden (Derhake-90).

4.2 Intuitive Lösungsfindung

Die kreativste Phase in der Tätigkeit eines Ingenieurs ist die intuitive Lösungssuche. Hier sind der „Erfindergeist“, die Innovationskraft, die Vorstellungsgabe und besonders die Fähigkeit, übergeordnet, vernetzt und systematisch zu denken gefordert.

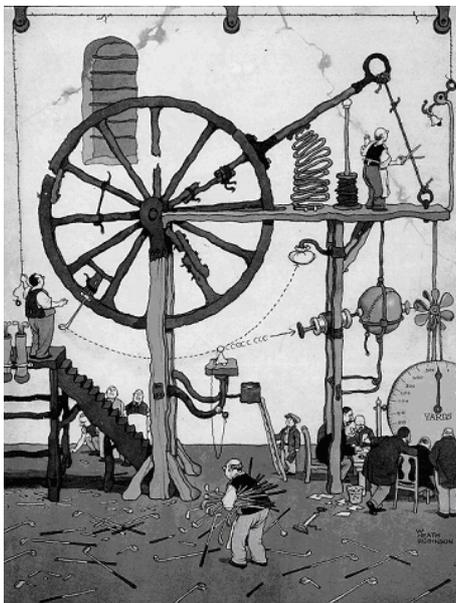


Bild (B113konZ) Testmaschine für Golfschläger

Alle folgenden Methoden sind selbstverständlich nicht nur für die Konzeptphase geeignet, sondern können überall dort, wo neue Ideen gesucht sind, eingesetzt werden (z.B. MLP, Produkt-Strategie). Letztlich ist es die Intuition, Inspiration, die den Ingenieur zu einer bestimmten Lösung führt. Intuition kann bis zu einem gewissen Grad geplant oder gefördert werden, wenn z.B. das Umfeld stimmt. Einfälle kommen vielfach beim Entspannen in der Freizeit usw. Obwohl es für solche Momente keine Anleitung gibt, existieren zumindest Vorschläge, Methoden, wie solche Kreativitätsphasen unterstützt werden können.

4.2.1 Brainstorming

Am treffendsten wird das Wort mit Gedankensturm übersetzt. Diese Methode ermöglicht geistig beweglichen Menschen, ihre Ideen fließen zu lassen, frei zu assoziieren und sich gegenseitig zu inspirieren.

Die Teamgruppe wird für das Brainstorming bewusst vergrössert (bis auf rund 15 Personen). Wesentlich bei der Gruppenbildung ist, dass Leute aus verschiedensten Tätigkeiten und Erfahrungsbereichen zusammenkommen, um gedanklich auszuschweifen (falls möglich aus der gleichen Hierarchiestufe). Auch Nichttechniker können neue Anregungen einbringen. Mit dem Brainstorming wollen wir eine möglichst grosse Menge an Lösungen generieren, vorerst ungeachtet der Qualität dieser Lösungen.

1. In der ersten Phase werden den Mitgliedern das Problem, die Fragestellung und u. U. die Randbedingungen erläutert.
2. Die zweite Phase ist das eigentliche Brainstorming, die Ideengenerierung. Dabei müssen folgende Regeln strikte eingehalten werden:
 - Gedankenäusserungen nicht unterbrechen
 - Keine Kritik ausüben
 - Keine Killerphrasen wie: „Haben wir schon probiert“, „geht bei uns nicht“...
 - Ideen werden (z. B. durch einen Moderator) visualisiert und festgehalten.
3. In der dritten Phase vertiefen sich die Teilnehmer individuell in die einzelnen Lösungsansätze, kombinieren und verfeinern diese und generieren daraus wieder neue Möglichkeiten, um erst dann mit klaren Vorstellungen in die letzte, jetzt qualitativ wertende Phase zu treten.
4. In dieser Phase werden nun die Lösungen auf ihre **Machbarkeit** analysiert und bewertet. Hier dürfen auch Kritik ausgeübt und die Ansätze hinterfragt werden.

Brainstorming ist dann sinnvoll, wenn:

- ein Loslösen von Konventionen angestrebt wird
- das physikalisch, technologische Konzept nicht festgelegt ist
- das Team sich in einer Sackgasse bei der Lösungssuche befindet.

Häufig werden Brainstorming-Sitzungen ausserhalb der bekannten Umgebung abgehalten, in einer gelösten Atmosphäre, wo kreatives Wirken erreicht werden kann.



Bild (B114konZ) Kreative Besprechung und Visualisierung

Ernüchternd muss erwähnt werden, dass keine fertigen Lösungen erwartet werden dürfen und viele Lösungsansätze unrealistisch oder schon bekannt sind. Der Erfolg liegt schon vor, wenn mit neuen Anregungen neue Wege geöffnet werden.

4.2.2 Brainwriting

Bei Brainstorming-Sitzungen kann (vor allem bei anspruchsvollen Aufgaben) bei den Teilnehmern das Bedürfnis nach Zurückgezogenheit und Ruhe auftreten, um über eine mögliche Lösung vertieft nachzudenken. Diesem Bedürfnis nach Konzentrationsmöglichkeit wird bei der Brainwriting-Methode entsprochen:

1. Individuell, dies kann auch örtlich und zeitlich getrennt erfolgen, erarbeiten die Teilnehmenden eine beschränkte Lösungsmenge.
2. Diese Lösungsvorschläge werden im Kreis zum nächsten Mitglied gereicht, das die Ideen des Vorgängers übernimmt, modifiziert, ergänzt und daraus seinerseits neue Lösungswege assoziiert.
3. Dieses zyklische Arbeiten, Ergänzen, Erneuern und Vervollständigen wird so häufig wie notwendig (bevorzugt 3x) wiederholt

Eine konzeptionelle, identisch aufgebaute Methode, welche jedoch wieder das Stressmoment bewusst einsetzt, ist die **6-3-5-Methode**:

- 6 Teammitglieder erarbeiten je
- 3 Lösungsvorschläge und reichen diese
- nach jeweils 5 Minuten zum nächsten Mitglied weiter.

Dieser Vorgang dauert so lange, bis jedes Mitglied Stellung zu jedem Lösungsvorschlag genommen hat. Die Zahlen sind hier weniger von Bedeutung als die Arbeitsweise unter Zeitdruck.

4.2.3 Galeriemethode

Unabhängig zu den oben erwähnten Methoden soll hier die **Galerie-methode** als weiterer, bewährter Schritt vorgestellt werden. Die bisher gefundenen Lösungen (z.B. durch Brainwriting) werden bildhaft in Skizzen erstellt und gut übersichtlich an den Wänden des Sitzungszimmers aufgehängt.

Dadurch können weitere Assoziationen gefunden, teilweise erstes Sortieren und Werten (siehe später) vorgenommen und so eine Selektion oder Kombination durchgeführt werden.

Diese Methode eignet sich sehr gut für Fragen über das **Design**, die Zugänglichkeit und Ähnliches, weil die bildhafte Darstellung die Vorstellung der Wirklichkeit am besten ermöglicht.

4.2.4 Synektik

Erwähnenswert ist auch die **Synektik** in Ergänzung zu den erläuterten Methoden. Die Aufgabenstellung wird weitgehend verfremdet, um Analogien zu anderen Technologien, Prinzipien und Wissenschaften zu spannen. Die bekannteste Untergruppe der Synektik ist die **Bionik**. Hier wird eine Analogie aus der Biologie für den Lösungsweg technischer Probleme gesucht.

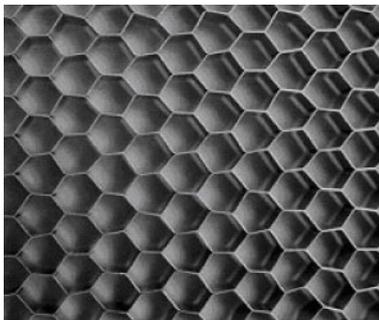


Bild (B115konZ) Belastungsstabile Leichtbaustruktur in Form von Bienenwaben

4.2.5 Weitere intuitive Methoden

Es existieren viele andere Kreativitätsmethoden, welche hier kurz angesprochen werden sollen:

- Kreative Sprünge (angelehnt an die Bench-Mark-Methode): Man löst sich in einer Sitzung vollständig von der Gegenwart und versucht in einem grossen gedanklichen Sprung, sich die optimale Lösung vorzustellen; was wäre die idealste aller Lösungen, ohne Rücksicht auf technische und finanzielle Randbedingungen?
- Checkliste verwenden: Der Erfinder der Brainstorming-Methode (Osborne) hat noch eine weitere Methode integriert, welche hier lediglich als Werkzeug dargestellt werden soll. Eine Checkliste soll helfen, sich aus dem verfahrenen Zustand in eine neue Richtung zu bewegen.

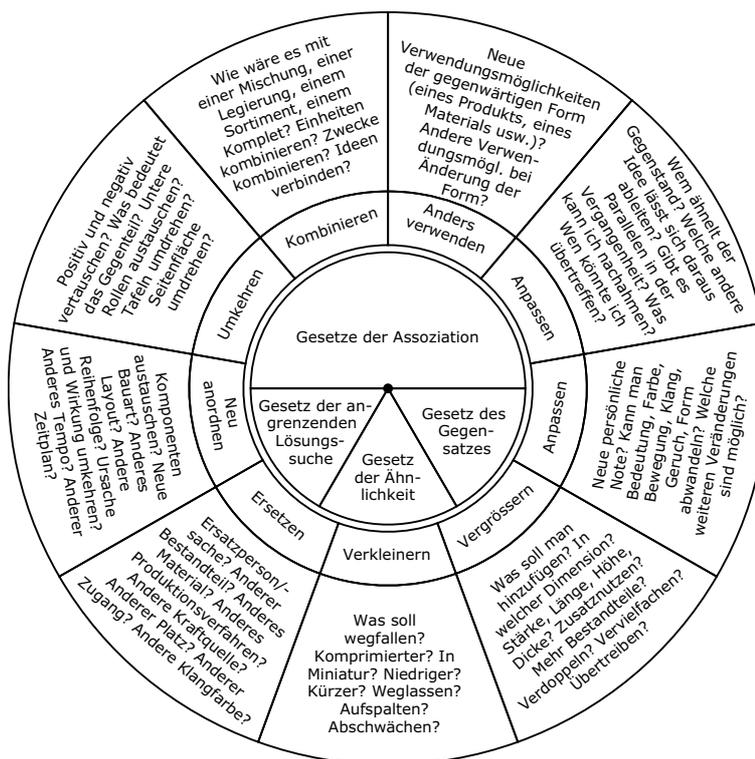


Bild (B116konZ) Checkliste der Variationsbreite nach Osborne-Kreis Kt9

4.2.6 Anwendung

Das Wort „Kreativitäts-Methoden“ enthält in sich einen Widerspruch: spontaner Einfallsreichtum versus systematisches und geplantes Handeln. Aus diesem Grunde bewährt es sich, die Vorgehensweise dem jeweils vorliegenden Problem anzupassen und sich zu fragen:

- Welche Methode eignet sich für die Fragestellung?
- Wäre eine individuelle Vorgehensweise als Kombination verschiedener Methoden optimal?

Kombinationsmöglichkeiten in einer möglichen Reihenfolge sind:

Methode	Ziel	Durchführung
1. Brainstorming	Ideenfluss erarbeiten	kurz, gemeinsam
2. Brainwriting	Vertiefungsphase	individuell
3. Kombination Galerie/ Brainstorming	Assoziations-/ Wertungsphase	gemeinsam

Tabelle (T018konZ) Kombination verschiedener Kreativitäts-Methoden

Wesentlich ist, trotz des angestrebten gedanklichen Freiraumes, Methodiksessionen gut und gezielt vorzubereiten. Diskussionen können in viele Seitenäste abgleiten und dann stark unter Effizienzverlust leiden. Die Methode, die Vorgehensweise und das Ziel müssen den TeilnehmerInnen bekannt sein, so dass sie sich vorgängig mit der Fragestellung beschäftigen und sich während der Sitzung auf das Geschehen konzentrieren können.

4.3 Lösungen durch systematische Variation

Wenn bei der Lösungsfindung nicht auf vorhandene Lösungen zurückgegriffen werden kann und auch das intuitive Arbeiten keine befriedigenden Ergebnisse liefert, hilft das systematische Erarbeiten eines **Variantenfeldes** weiter.

Das systematische Variieren basiert darauf, dass bestehende Lösungen oder erste Lösungsideen anhand von Eigenschaften bzw. Eigenschaftskombinationen beschrieben werden. Variiert man diese Eigenschaften gezielt und kombiniert sie zu neuen Eigenschaftskombinationen, kann man daraus neue Varianten ableiten und so zu neuen Lösungen für die Teilfunktionen kommen.

Die systematische Variation ist eine ausserordentlich mächtige Methode zum Generieren neuer Varianten, da sie auf alle Produktmodelle angewandt werden kann. Funktionelle, physikalische wirkprinzipielle und gestalterische Varianten lassen sich damit systematisch erarbeiten. Ein Variantenfeld umfasst sowohl bekannte Lösungen, enthält aber in der Regel so genannte „weisse Felder“, die durch ihre Eigenschaftskombination unbekannte Varianten repräsentieren und oft auf innovative Lösungen hinführen. Die gebräuchlichen Darstellungen von Variantenfeldern vermitteln einen anschaulichen Überblick und erleichtern die Auswahl geeigneter Varianten für die nachfolgende Kombination.

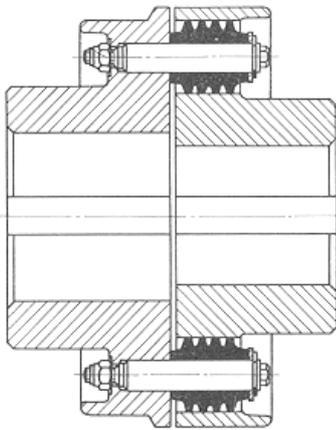
4.3.1 Eigenschaft, Merkmal und Ausprägung

Ein zentraler Begriff bei der systematischen Variation ist der Eigenschaftsbegriff [6].

*Eine Eigenschaft setzt sich zusammen aus einem Merkmal und einer **Ausprägung** (Wert) aus einer merkmalspezifischen Wertemenge.*

Eine konkrete Eigenschaft wird dadurch gebildet, dass dem entsprechenden Merkmal eine Ausprägung zugeordnet wird. Jedes Merkmal hat eine Wertemenge.

Es gilt: Eigenschaft = Merkmal · Ausprägung



Ausgleichskupplung – Größe 4

Eigenschaften	
Merkmale	Werte
Übertragbares Drehmoment	82 Nm
Art des Nabenwerkstoffes	Baustahl
Anzahl der Elastomerelemente	8
Farbe	Rostbraun
Art der Welle-Nabe-Verbindung	Passfeder

Bild (B831konD) Eigenschaften einer Ausgleichskupplung

4.3.2 Ähnlichkeit von Objekten

Mit Eigenschaften können reale Objekte (z. B. Produkte) oder virtuelle Objekte (z. B. physikalische Effekte, Wirkprinzipien) beschrieben werden. Die Gesamtheit der in der Beschreibung genannten Eigenschaften repräsentieren ein Objekt [2]. Mehrere Objekte können nun hinsichtlich ihrer **Ähnlichkeit** beurteilt werden. Sie sind sich um so ähnlicher, je mehr Eigenschaften übereinstimmen.

Definition: Ähnlichkeit zwischen Objekten kann als der Grad an Übereinstimmung ihrer Eigenschaften aufgefasst werden.

Man unterscheidet verschiedene Grade der Ähnlichkeit:

- Gleiche Objekte haben gleiche Eigenschaften.
- Ähnliche Objekte haben gleiche Merkmale, aber unterschiedliche Ausprägungen dafür.
- Unterschiedliche Objekte haben unterschiedliche Merkmale.

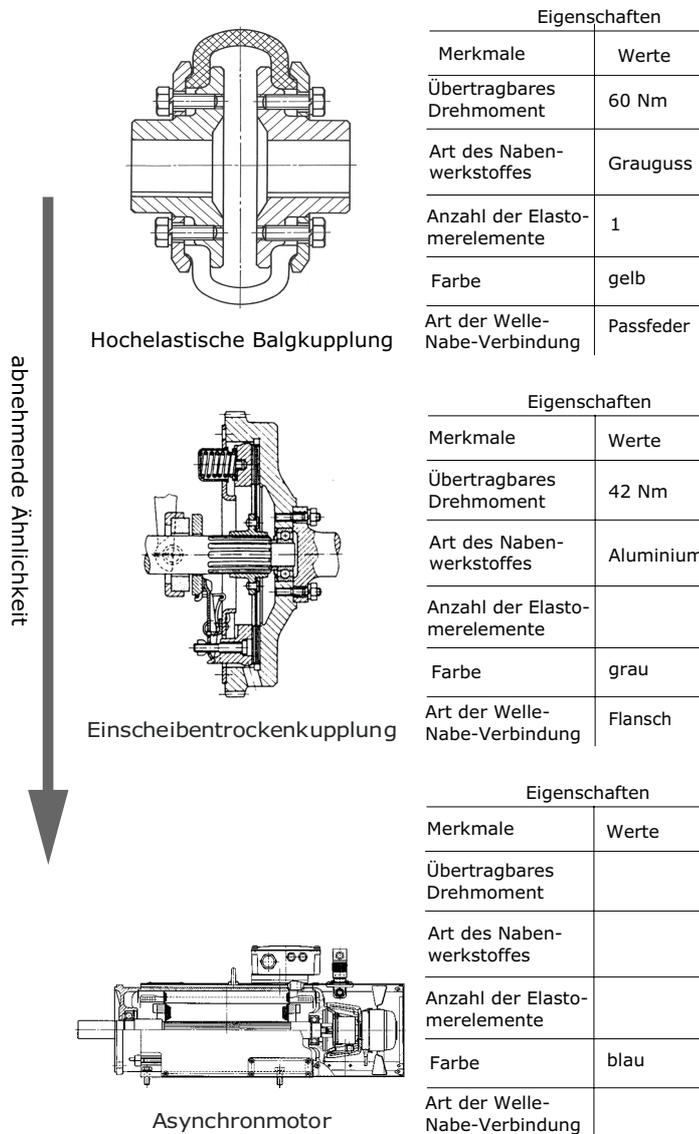


Bild (B832konD) Objekte mit unterschiedlicher Ähnlichkeit im Vergleich

In der Produktentwicklung werden virtuelle Objekte erarbeitet, z.B. Wirkprinzipien. Sind virtuelle Objekte ähnlich, nennt man sie Varianten. Die Ähnlichkeit der Varianten bezieht sich dabei auf eine definierte Teilmenge von Eigenschaften. Sind z. B. alle Varianten Lösungen für dieselbe Teilfunktion, sind diese Varianten funktionell ähnlich. Weisen alle Varianten eine Quaderform auf, sind sie gestalt-ähnlich. Bestehen sie alle aus Kunststoff, sind sie werkstoff-ähnlich.

4.3.3 Innere und äussere Eigenschaften

Eigenschaften von Objekten lassen sich in innere und äussere Eigenschaften klassifizieren [6], [53].

Definition: Innere Eigenschaften kennzeichnen den Aufbau des Objekts und sind meist elementare Eigenschaften, die nicht mehr weiter unterteilbar sind.

Innere Eigenschaften von Objekten legt der Entwickler direkt z.B. durch Skizzen oder Zeichnungen fest. Innere Eigenschaften von Bauelementen sind z.B. der Durchmesser einer Welle, die Lage zweier Schweissteile oder die Form eines Freistiches. Innere Eigenschaften sind gleichsam das „Baumaterial“, das dem Entwickler bei der Gestaltung zur Verfügung steht.

Definition: Äussere Eigenschaften beschreiben die Wirkungen des Produkts auf sein Umfeld und ergeben sich aus inneren Eigenschaften in einer spezifischen Verknüpfung.

Äussere Eigenschaften kennzeichnen die sichtbaren, messbaren bzw. erfahrbaren „Wirkungen“ des Objekts nach aussen. Äussere Eigenschaften sind z.B. die Leistung, die Kosten, die Qualität, das Gewicht, das ansprechende Design eines Produkts. Der Entwickler kann die äusseren Eigenschaften nicht direkt festlegen, er kann sie nur durch die Festlegung von inneren Eigenschaften beeinflussen.

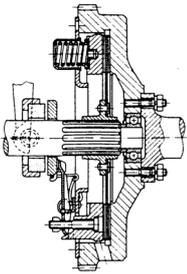
Technisches Objekt	Eigenschaft Merkmal & Wert	aus Wertmenge bzw. Wertbereich
 <p>Einscheiben- und Trockenkupplung</p>	<p>Eigenschaft 1 (äussere Eigenschaft): übertragbares Drehmoment: 75 Nm</p>	0 - x [Nm]
	<p>Eigenschaft 2 (innere Eigenschaft): Anzahl der Anpressfedern: 5 Stück</p>	1 - n
	<p>Eigenschaft 3 (innere Eigenschaft): Form der Kupplungs-scheibe: plan</p>	plan, gelocht, gewelit...

Bild (B006konZ) Beispiele für innere und äussere Eigenschaften einer Einscheiben-Trockenkupplung

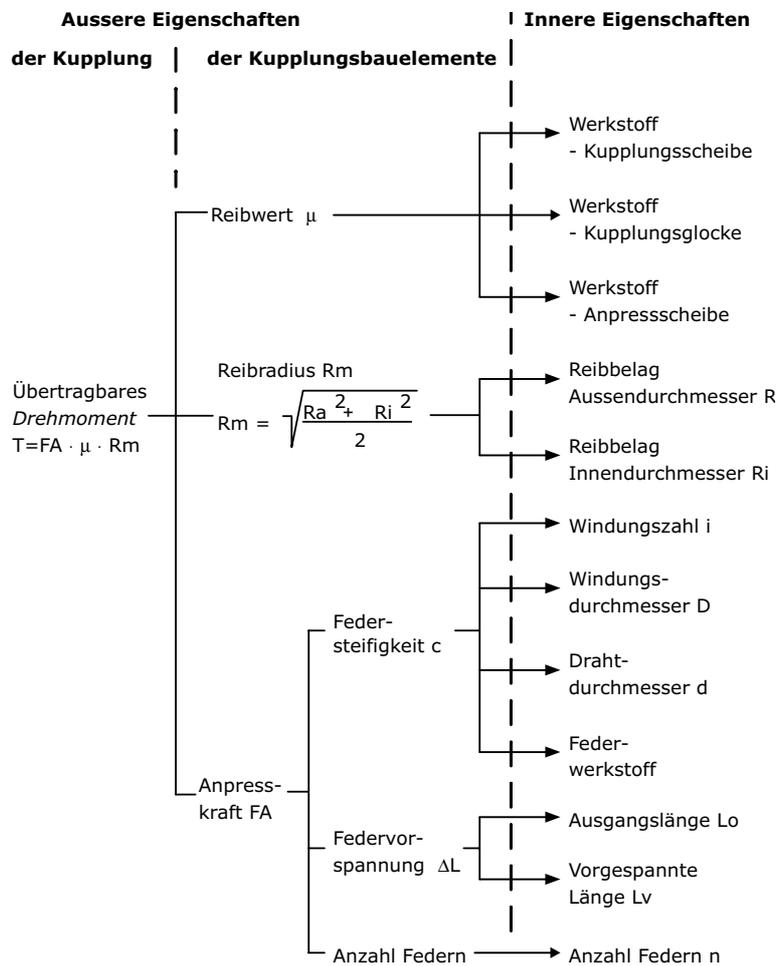


Bild (B833konD) Rückführung von äusseren Eigenschaften der Einscheiben-Trockenkupplung auf innere Eigenschaften am Beispiel „übertragbares Drehmoment“

Entwickler legen die inneren Eigenschaften gezielt so fest, dass die geforderten bzw. gewünschten äusseren Eigenschaften erreicht werden. Durch eine Festigkeitsrechnung lässt sich der Werkstoff einer Welle festlegen, die Welle ist dann dauerhaft. Durch jede Festlegung werden viele weitere äussere Eigenschaften betroffen, z. B. die biegekritische Drehzahl, die Vergütbarkeit oder die Fertigungskosten der Welle. Dieser „Hydra-Effekt“ beschreibt, dass mit der Lösung eines Problems sofort neue Probleme aufgeworfen werden. Produktentwicklung ist daher recht treffend mit einem Optimierungsprozess zu vergleichen, bei dem eine Lösung in einem nichtlinearen, hochgradig überbestimmtem Gleichungssystem mit einer Unzahl von unabhängigen und abhängigen Variablen gesucht werden muss [41].

Verschärfend kommt hinzu, dass es nicht von vorneherein gesichert ist, dass Kunden ihre Forderungen vollständig und exakt formulieren, dass Entwickler diese Forderungen ohne eigene Interpretation in identische Anforderungen umsetzen, und Kunden in ihrer Wahrnehmung des ausgelieferten Produkts völlig objektiv sind. Es ist jedoch offensichtlich, dass der Markterfolg eines Produkts das Funktionieren dieser „Wirkungskette“ voraussetzt.

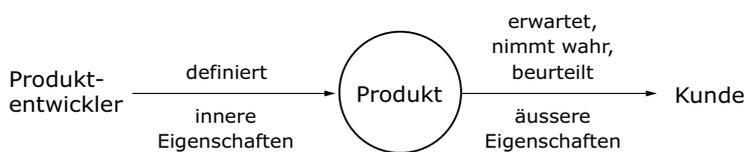


Bild (B834konD) Die Produktentwicklung als Optimierungsaufgabe

Insofern ist die Kenntnis der Zusammenhänge in der Produktentstehung und der Dualität zwischen inneren und äusseren Produkteigenschaften ein Schlüssel für das Verständnis der inneren Mechanismen in der Produktentwicklung.

4.3.4 Produktmodelle im Konzeptprozess

Beim diskursiven Vorgehen im Konzeptprozess gehen Entwickler schrittweise von abstrakteren zu konkreteren Produktbeschreibungen über. Dieser Übergang nutzt die Produktmodellkette:

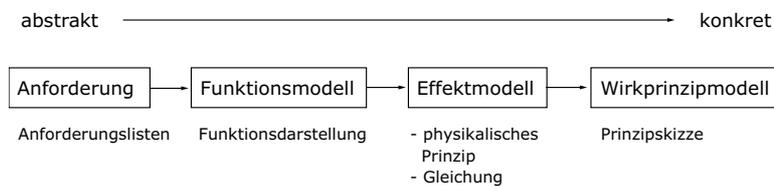


Bild (B908konZ) Produktmodellkette

Die Eigenschaften der virtuellen Produkte werden schrittweise durch immer konkretere, auf den einzelnen Produktmodellen basierenden Beschreibungen präzisiert. Das Beispiel des Leistungsschutzschalters (T019konD) zeigt exemplarisch den Übergang zwischen den einzelnen Beschreibungsarten der Produktmodelle.

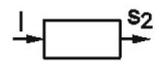
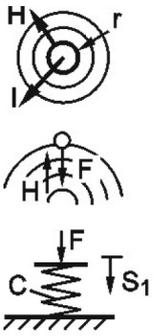
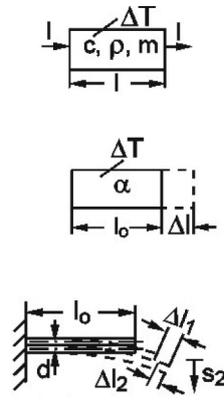
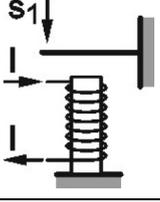
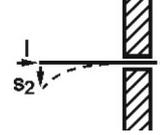
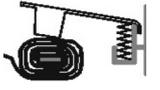
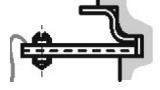
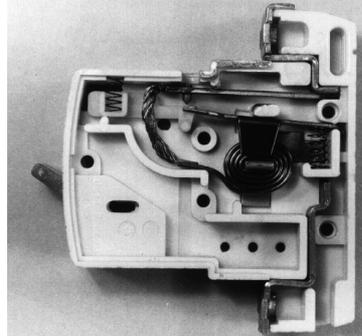
Produktmodell		Lösung 1	Lösung 2
Physikalische Funktion		$s_2 = f(I)$ Elektromagnetisches Auslösen bei Überstrom	$s_2 = f(I)$ Thermisches Auslösen bei Überstrom.
			
Strom in Verschiebung wandeln			
Physikalischer Effekt	Darstellung		
	Gleichung und Benennung	$H = \frac{1}{2\pi r}$	$T = \frac{I^2 R t}{cm}$
	Durchflutung		Erwärmung durch einen Widerstand
	$F = f(H, x)$		$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$
	Magnetisierung		Wärmedehnung
	$s_1 = \frac{1}{c} \cdot F$		$s_2 = f(l_0, d, \Delta l)$
Federsteifigkeit		Wegumlenkung	
Wirkprinzip, Wirkstruktur			
Grobentwurf			

Tabelle (T019kond) Übergang zwischen den einzelnen Beschreibungsarten am Beispiel eines Leistungsschalters

Funktion:



Produkt:



Stromkreis trennen bei Überstrom

Bild (B928konZ) Leistungsschutzschalter (Haushaltssicherungsautomat) mit Gesamtfunktion

Jedes Produktmodell hat einen eigenen Satz an Merkmalen. Für ein bestimmtes Objekt wie den Leistungsschutzschalter müssen dafür die Werte festgelegt werden:

- Bei der Funktionsbeschreibung die Grössen und Operationen, z.B. Eingangsgrösse Strom wandeln in Signal
- Bei der Beschreibung der physikalischen Effekte die Geometrie- und Stoffgrössen, z.B. Wärmekapazität c oder Ausgangslänge l_0
- Bei der Beschreibung der Wirkprinzipien weitere Geometrie- und Stoffgrössen, z.B. die Anordnung der Spule und des Ankers oder die Einspannung des Bimetallstreifens

Das schrittweise Konkretisieren mit unterschiedlichen Beschreibungen hilft enorm, einen überschaubaren Gestaltungsspielraum zu behalten, alles bedenken zu können und nichts zu vergessen.

4.3.5 Systematische Variation

Definition: Die systematische Variation ist eine grundsätzliche, auf jedes Objekt anwendbare, diskursive Methode zum Generieren von Varianten und zum Erstellen eines vollständigen Lösungsfeldes.

Beim systematischen Variieren werden relevante innere Eigenschaften von Ausgangsobjekten benannt, durch Zuordnen aller Werte zu den entsprechenden Merkmalen ergänzt und systematisch zu Eigenschaftskombinationen verknüpft.

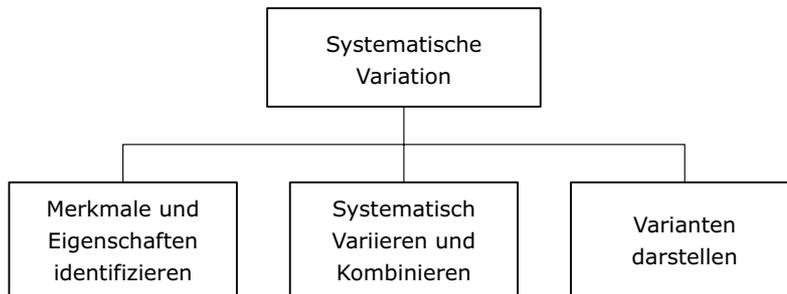


Bild (B835konD) Systematische Variation – Struktur und Verlauf

Das systematische Variieren enthält bekannte Varianten, ergibt aber durch die generische Kombination der Eigenschaften oft so genannte „weisse Felder“ mit unbekanntem Varianten, die dann hinsichtlich ihrer Eignung als Lösungen weiter untersucht werden können.

Im folgenden wird das Vorgehen beim systematischen Variieren erläutert.

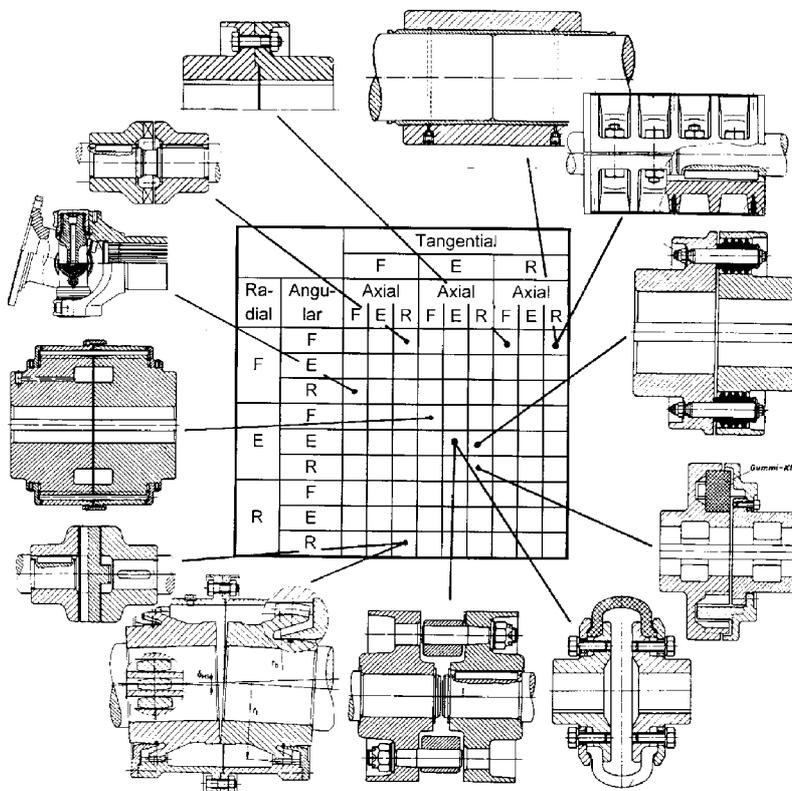


Bild (B836konD) Variantenfeld mit bekannten Varianten und weissen Feldern (F: Formschluss; E: Elastischer Schluss; R: Reibschluss)

1. Ausgangsobjekte ermitteln

Als Grundlage für die systematische Variation können bekannte Lösungen, z. B. eigene oder Wettbewerbslösungen, Schutzrechte oder Zulieferkomponenten herangezogen werden. Es fällt im Allgemeinen leichter, bekannte Lösungen hinsichtlich relevanter Merkmale zu analysieren als sich Lösungen ohne Vorbilder „auszudenken“.

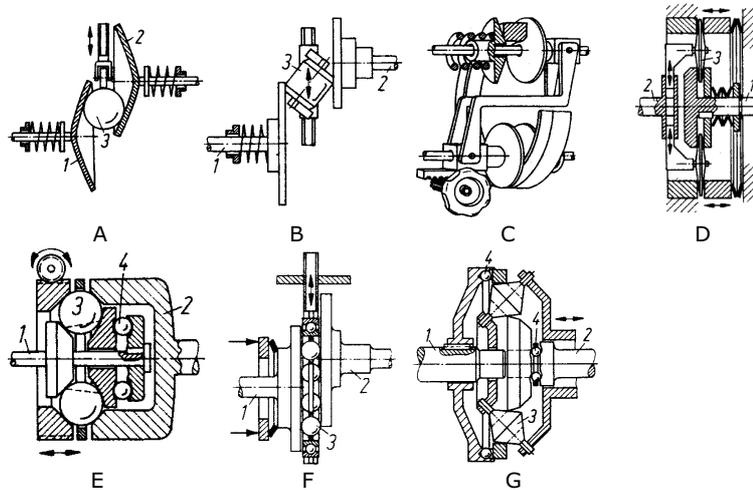
2. Variationsmerkmale ermitteln

Für die Variation werden nur innere Eigenschaften herangezogen. Systematische Variation kann sehr schnell zu einem grossen, kaum mehr überschaubaren Variantenspektrum führen. Es ist deshalb unmöglich, alle denkbaren Varianten zu erzeugen. Dies ist auch unsinnig, da es für eine konkrete Aufgabe immer auf ganz bestimmte Merkmale von Produktmodellen ankommt, die es vor der Variation zu ermitteln gilt. Für die Effizienz der Variationsarbeit ist es deshalb wichtig nur wesentliche Eigenschaften zu variieren.

Formale eignen sich Merkmale für eine systematische Variation besonders gut, wenn sie

- disjunkte oder gar binäre Werte besitzen (z. B. ruhend, bewegt)
- klar abgrenzbare Werte besitzen (z. B. translatorisch, rotatorisch)
- endliche Wertebereiche mit wenigen Werten aufweisen (im allgemeinen ungeeignet sind z. B. Abmessungen)
- Klassen bilden, in dem Wertebereiche mit einer Vielzahl von Werten bzw. einem Wertkontinuum in disjunkte Bereiche unterteilt werden (z. B. 0–10, >10–20, >20–30, usw.).

Folgendes Bild zeigt ein Beispiel für eine systematische Variation mit „gut geeigneten“ Merkmalen.



Systematik Verstellgetriebe

Anzahl der Übertragungselemente	Richtung der Verstellung	Form der Übertragungselemente	Beispiel
1	radial	Kugel	A
		Ring	B
	axial	Rolle	C
		Kugel	F
>1	radial	Ring	D
		Rolle	E
	axial	Kugel	F
		Rolle	G

Bild (B837konD) Systematische Variation am Beispiel von stufenlos verstellbaren Reibradgetrieben

Die Vollständigkeit des Variantenfeld bezieht sich ausschliesslich auf die für die Variation ausgewählten Merkmale und Werte. Die Variation anderer Merkmale kann zu anderen und neuen Varianten führen. Insofern kommt der Wahl der zu variierenden Merkmale eine besondere Bedeutung zu.

3. Eigenschaften systematisch variieren

Durch Zuordnen aller Werte bzw. Wertebereiche (Ausprägungen) zu den ausgewählten Merkmalen erhält man ein vollständiges Eigenschaftsspektrum. Ein besonderer Vorteil dieses Vorgehens ist es, dass man dabei nicht bei den bekannten Eigenschaften verharrt, sondern durch die Systematik gleichsam zwangsläufig zu neuen Varianten hingeführt wird.

4. Eigenschaften systematisch kombinieren – vollständiges Kombinieren von Eigenschaften

Mit einer vollständigen Kombination wird ein vollständiges Variantenfeld erzeugt.

Definition: Kombinieren ist eine mathematische Methode, die Elemente aus einer Elementmenge systematisch zu vollständigen Kombinationen verknüpft, wobei sich diese Kombinationen nur durch die Art der in ihnen enthaltenen Elemente unterscheiden [41].

Jede Kombination von Eigenschaften repräsentiert eine eigene Variante, z. B. die Variante A1-B2-C1.

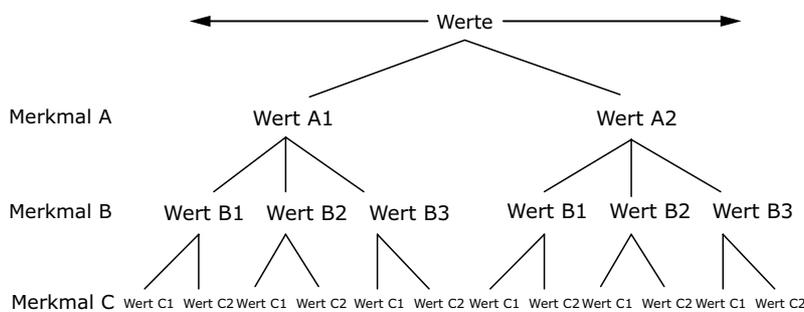


Bild (B838konD) Vollständige Kombination von Eigenschaften, dargestellt in einem Variantenbaum. Ai, Bj, Ck = Eigenschaften

Die maximale Anzahl an Varianten ergibt sich als Produkt der jeweiligen Gesamtzahl an Werten/Merkmal.

Vorteile:

- Die Kombinatorik stellt durch ihr algorithmisches Vorgehen sicher, dass keine Variante „verloren geht“.
- Sie lässt sich als mathematisches Verfahren programmieren und kann damit den Aufwand für das Kombinieren stark reduzieren.

Nachteile:

- Kombinieren ist ein reines Generierungsverfahren, das neben geeigneten auch ungeeignete und unsinnige Kombinationen erzeugt. Deshalb ist immer eine Beurteilung erforderlich.

Der Aufwand eines vollständigen Lösungsfeldes lohnt sich besonders bei Innovationsvorhaben mit besonderer Tragweite für das Unternehmen und bei Schutzrechtsanmeldungen, um alle Möglichkeiten, das Patent zu umgehen von vornherein auszuschliessen.

5. Eigenschaften systematisch kombinieren - alternierende Kombination und Auswahl von Eigenschaften

Wenn eine vollständige systematische Kombination nicht möglich ist oder nicht zweckmässig erscheint, kann eine **alternierende Kombination** und Auswahl [6] durchgeführt werden.

Definition: Eine alternierende Kombination und Auswahl integriert Auswahlsschritte in das Generierungsverfahren, indem nach jedem Kombinationsschritt sofort die erzeugte Kombination beurteilt wird.

Bei der alternierenden Kombination und Auswahl von Eigenschaften wird der **Variantebaum** erstellt, wobei nach jeder weiteren Zuordnung von Eigenschaften sofort ein Auswahlverfahren durchgeführt wird.

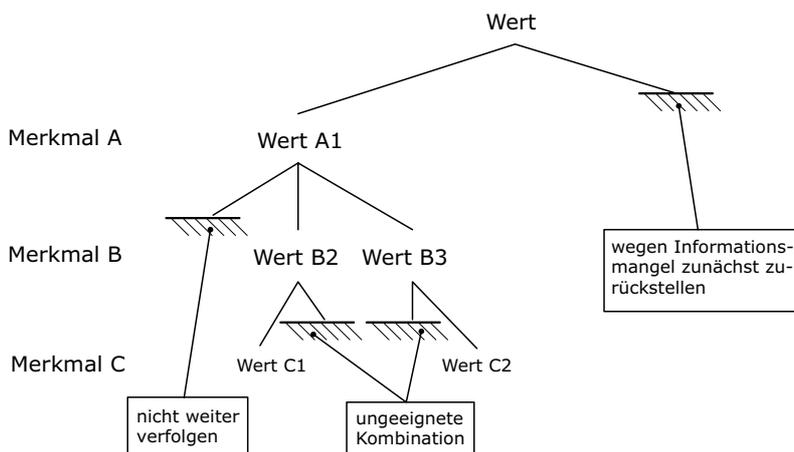


Bild (B839konD) Alternierende Kombination und Auswahl

Die alternierende Kombination ist sehr effizient, da beim Auswählen insbesondere in frühen Kombinationsschritten ganze Äste des Variantenbaums abgeschnitten.

4.3.6 Systematische Variation von Produktmodellen

Im folgenden soll die systematische Variation von Physikalischen Effekten und Wirkprinzipien besprochen werden.

Systematische Variation der Physikalischen Effekte

Die meisten technischen Produkte basieren auf physikalischen Effekten [81].

Definition: Ein physikalischer Effekt ist eine physikalische Erscheinung bzw. der Ablauf eines physikalischen Geschehens. Ein physikalischer Effekt ist durch Gesetze (z.B. Erhaltungssätze) beschreibbar und für technische Anwendungen nutzbar.

Neue Lösungen können durch die Variation physikalischer Effekte und/oder Ändern deren Reihenfolge erarbeitet werden.

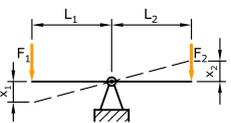
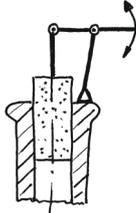
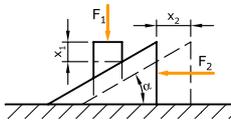
physikalischer Effekt	Wirkprinzip	Bauform
 <p>Hebelgesetz</p>		<p>1</p>  <p>Anzahl Hebel</p> <p>2</p> 
 <p>Keileffekt</p>		

Bild (B840konD) Korkenzieher mit Kraftverstärker als Beispiel für unterschiedliche Physikalische Effekte

Die Variation des physikalischen Effekts erfolgt durch Verändern der inneren Eigenschaften der Effekte.

Merkmale	Wertmenge (Beispiele)
Art des Effekts	Gravitation, Elastizität, Induktion, Wärmedehnung, ...
Effektklasse	mechanisch, pneumatisch, hydraulisch, elektrisch, magnetisch, optisch, thermisch, chemisch, biologisch
Schlussart	Stoffschluss, Formschluss, Kraftschluss, elastischer, Reibkraft-, Feldkraftschluss

Tabelle (T020konD) Merkmale zur Variation der inneren Eigenschaften von physikalischen Effekten (Auswahl)

Zur Unterstützung für die Produktentwicklung stehen Konstruktionskataloge und Sammlungen physikalischer Effekte sowie eine Funktionsgrössenmatrix [80] zum gezielten Erzeugen von Effektketten zur Verfügung.

Systematische Variation des Wirkprinzips

Die konkrete Gestaltung von physikalischen Effekten ergibt Wirkprinzipien.

Definition: Ein Wirkprinzip ist die Konkretisierung eines physikalischen Effekts unter Festlegung geeigneter geometrischer, kinematischer und stofflicher Eigenschaften.

Wirkelemente

Ein Wirkprinzip besteht aus **Wirkraum**, **Wirkkörper**, **Wirkflächen** und **Wirkbewegung**, zusammengesetzt **Wirkelemente** genannt [71].

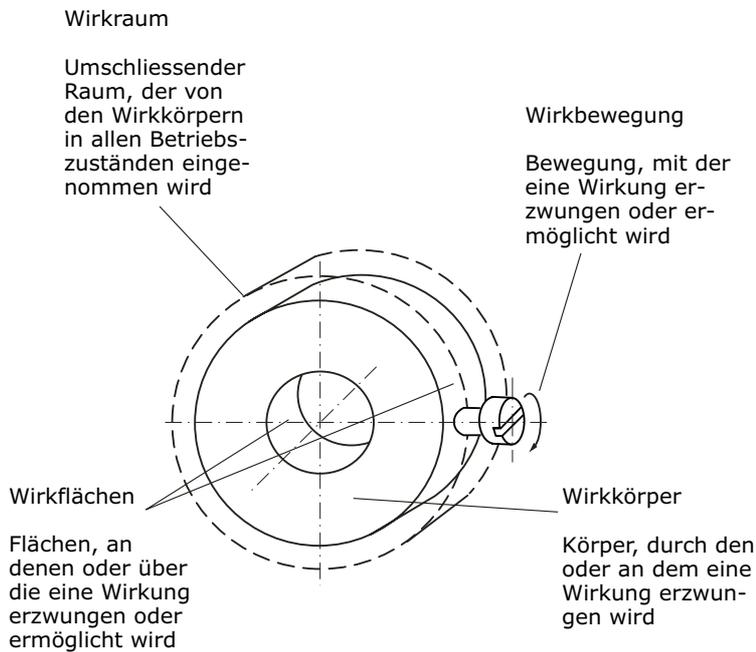


Bild (B841konD) Wirkelemente am Beispiel eines Klemmrings

Wirkflächen und Wirkkörper können neben mechanischen auch z. B. elektrische oder thermische Wirkungen übertragen.

Systematische Variation der Wirkelemente

Neue Lösungen können durch das Ändern von Wirkprinzipien bzw. Ändern ihrer Anordnung (Wirkstrukturen) erarbeitet werden.

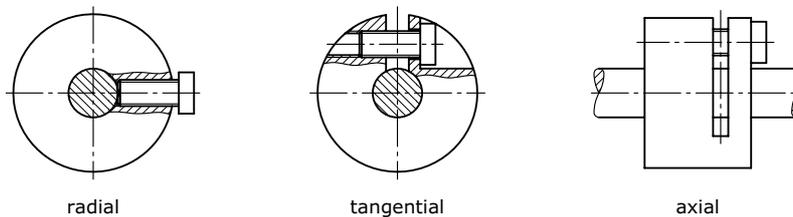


Bild (B842konD) Systematische Variation der Klemmschrauben – Anordnung am Beispiel von Klemmrings.

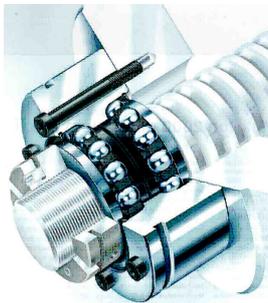


Bild (B843konD) Axialer Klemmring zur reibkraftschlüssigen Sicherung einer Wellenmutter (Quelle: <http://www.ina.de/inaupdate/index.asp>)

Die systematische Variation von Wirkstrukturen variiert Wirkprinzipien bzw. deren Anordnung. Wirkprinzipien haben Wirkelemente mit inneren Eigenschaften, eine Auswahl der Merkmale ist in Tabelle T021konZ dargestellt.

Wirkelement	Merkmal	Wertmenge
Wirkkörper	Form	Würfel, Quader, Kugel, Zylinder, Kegel
	Art	symmetrisch, asymmetrisch
	Zustand	Stückgut, Schüttgut
	Verhalten	fest, flüssig, gasförmig, starr, elastisch, plastisch, viskos
	Abmessung	Länge, Breite, Höhe, Durchmesser
	Anzahl	einfach, doppelt, mehrfach
	Anordnung	zusammenhängend, geteilt, axial, radial, tangential, vertikal, horizontal, schräg, parallel, seriell)
Wirfläche	Form	punktförmig, linienförmig, flächig, Dreieck, Quadrat, Rechteck, Polygon, Kreis wie Wirkkörper
	Anzahl/Anordnung	punktförmig, linienförmig, flächig, Dreieck, Quadrat, Rechteck, Polygon, Kreis wie Wirkkörper

Tabelle (T021konD) Merkmale zur Variation der inneren Eigenschaften von Wirkelementen (Auswahl)

Wirkelement	Merkmal	Wertmenge
Wirkbewegung	Art	ruhend, bewegt
	Form	translatorisch, rotatorisch, kombiniert, gleitend, wälzend, (rollend), gleichförmig, ungleichförmig, kontinuierlich, intermittierend
	Richtung	oszillierend, linear, eben, räumlich in x-, y-, z-Richtung um x-, y-, z-Achse
	Betrag	langsam, mässig, schnell
	Anzahl	eine, mehrere, zusammengesetzte Bewegungen

Tabelle (T021konD) Merkmale zur Variation der inneren Eigenschaften von Wirkelementen (Auswahl)

4.3.7 Darstellen von Varianten

Die systematische Variation liefert ein oft beachtlich grosses Variantenspektrum, das bevorzugt als Variantenbaum oder Ordnungsschema [33] dargestellt wird. Damit lassen sich sowohl die Varianten selbst als auch der Variationsweg übersichtlich darstellen. Gleichzeitig wird das Einordnen bekannter Lösungen erleichtert und das Finden neuer Varianten in so genannten „weissen Feldern“ unterstützt.

Variantenbaum

Definition: Ein Variantenbaum ist die visuelle Darstellung (Baumstruktur) der durch Kombinieren erhaltenen Varianten.

In einem Variantenbaum wird die Kombination der Werte aller Merkmale als Baumstruktur dargestellt.

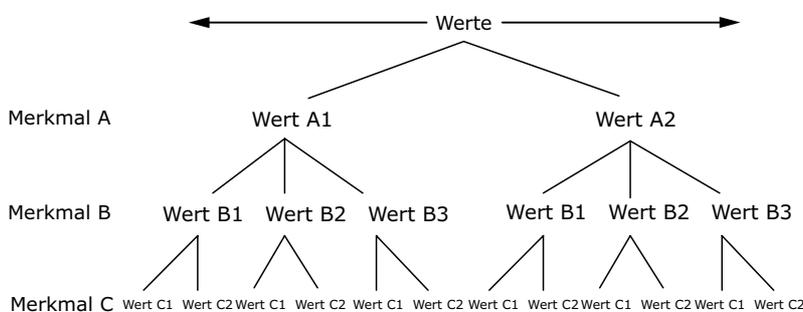


Bild (B838konD) Variantenbaum für Eigenschaftskombinationen schematisch mit drei Ebenen

Der Vorteil von Variantenbäumen ist ihre Anschaulichkeit und Übersichtlichkeit. Sie eignet sich besonders für die Darstellung kleineren Variantenspektren. Grössere Variantenspektren ergeben unübersichtliche und ausladende Darstellungen.

Darstellen von Systematiken in Ordnungsschema

Definition: Ein Ordnungsschema ist ein Ordnungssystem in Matrizenform [33], in dem die gliedernden Eigenschaften (nach [71] auch „Ordnernde Gesichtspunkte“) mit Merkmalen und Werten zueinander in den Kopfspalten und Kopfzeilen aufgetragen sind.

Ordnungsschemata sprechen in besonderem Masse die ingenieurmässige Vorstellung durch ihre Matrixstruktur an.

M A		W 1			W 2		
		W 1	W 2	W 3	W 1	W 2	W 3
M C	W 1	V 1	V 3	V 5	V 7	V 9	V 11
	W 2	V 2	V 4	V 6	V 8	V 10	V 12

Tabelle (T022konD) Ordnungsschema mit 3 Merkmalen;
M = Merkmale, W = Wert, V = Variante

Je nach Aufteilung der Merkmale auf Kopfspalten und -zeilen ergeben sich für die gleiche Variantenmenge unterschiedliche Ordnungsschemata. Ein konkretes Ordnungsschema mit zwei Merkmalen zeigt Bild844konZ.

Auftragsvorrichtung \ Streifen	A ₁ ruhend	A ₂ translat.	A ₃ oszillier.	A ₄ rotierend	A ₅ rotierend + translat.	A ₆ rotierend + oszillier.	A ₇ oszillier. + translat.
B ₁ ruhend							
B ₂ translatorisch							
B ₃ oszillierend							
B ₄ rotierend							
B ₅ rotierend + translatorisch							
B ₆ rotierend + oszillierend							
B ₆ oszillierend + translatorisch							

Bild (B844konD) Systematische Variation der Wirkbewegung von Streifen und Auftragsvorrichtung zum Beschichten von Teppichbahnen (Pahl, Beitz-97)

Die Vorteile von Ordnungsschemata sind ihre Übersichtlichkeit, die platz sparende, ordnungsbetonte Darstellung. Zudem können in die Matrixfelder Skizzen und Bemerkungen eingetragen werden.

Nachteilig ist bei einer zunehmenden Gliederungstiefe die recht schnell anwachsende Unübersichtlichkeit.

5 Prinzipielle Gesamtlösungen

Ein Produkt erfüllt mehrere Teilfunktionen, von denen jede grundsätzlich durch mehrere Teillösungen erfüllt werden kann. Wählt man für jede Teilfunktion eine Teillösung aus und verknüpft sie untereinander, erhält man eine Konzeptvariante; auch Prinzipielle Gesamtlösung genannt.

Prinzipielle Gesamtlösungen werden im Konzeptprozess zum Abschluss der Lösungsfindung erarbeitet.

Voraussetzung für das Erarbeiten Prinzipieller Gesamtlösungen sind eine detaillierte Anforderungsliste und eine Funktionsgliederung mit zugeordneten Teillösungen.

Dieser Teillösungsvorrat wird zuerst in einem Ordnungsschema (**Morphologischer Kasten**) übersichtlich dargestellt. Diese lassen sich durch systematisches Kombinieren der Teillösungen vollständig erzeugen und z. B. in Variantenbäumen darstellen. Im allgemeinen ergibt sich aus der systematischen Kombination eine **Variantenflut**, aus der nun in einem Arbeitsschritt aussichtsreiche Gesamtlösungen extrahiert werden müssen. Dazu werden Methoden wie **Reduktionsstrategien** eingesetzt. Durch eine anschließende Beurteilung dieser Konzeptvarianten lassen sich erfolgsversprechende Gesamtlösungen ermitteln.

Prinzipielle Gesamtlösungen werden vorzugsweise dann erarbeitet, wenn der Überblick über das Lösungsfeld wichtig ist, z. B. bei Neuentwicklung mit besonderer Tragweite oder bei der Absicherung eigener bzw. der Umgehung fremder Schutzrechtsansprüche.

5.1 Teillösungen den Teilfunktionen zuordnen

Um Konzeptvarianten zu bilden, benötigt man einen Überblick über die Teilfunktionen und die zugeordneten Teillösungen. Diesen Überblick kann man besonders anschaulich durch ein Ordnungsschema (Morphologischer Kasten) erreichen.

Definition: Der Morphologische Kasten ist ein spezielles Ordnungsschema zur Darstellung von Teilfunktionen und zugehörigen Teillösungen in Matrixform.

Die Methode des Morphologischen Kastens wurde von [104] entwickelt, um die „Totalität aller Lösungen“ für eine Entwicklungsaufgabe übersichtlich darzustellen. Morphologisch bedeutet „gestaltgebend“ und soll das Erarbeiten eines Überblicks über ein Lösungsspektrum andeuten. Der Morphologische Kasten ist auch unter den Bezeichnungen „Morphologisches Schema“ oder nur „Morphologie“ bekannt.

Teil-Funktionen	Teillösungen				
	1	2	3	4	Allgemein
TA	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A _i
TB	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B _j
TC	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C _k
TD	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D _l

Tabelle (T023konD) Morphologischer Kasten (schematisch)

Die Teilfunktionen werden in der Regel in der Zeile aufgelistet. In den Spalten werden die Teillösungen in textueller oder bildlicher Form eingeführt. Für die Teilfunktionen existieren unterschiedliche Lösungsmengen, somit ungleich gefüllte Felder in der Zeile.

Kraftaufnahme	Greifring	Pedalein	Rudern	Sport-Winkelmechanismus
Kraftübertragung	Stäbe	Axt auf Folie	Kette/Riemang	Welle
Schaltung	Planetengetriebe	Zahnrad	Zahnstange	Schaltwerk
Bremsen	Trommelbremse	Scheibenbremse	Velo-bremse	von Hand über die Greifringe
	Parkbremse	Parkbremse in Klotzbremse integriert		
Strassenlage	normal		Steuerband	

Bild (B101gesZ) Ausschnitt aus einer Lösungssammlung für die Entwickler eines schaltbaren Rollstuhles (ETH 96 / 97)

Der Morphologische Kasten bietet eine Übersicht über den Lösungsraum und erleichtert die Diskussion über potentielle Gesamtlösungen.

5.2 Teillösungen kombinieren

Teillösungen müssen nun zu Gesamtlösungen verknüpft werden. Dabei kann die Kombinatorik wegen ihrer systematischen Vorgehensweise hilfreich sein.

Definition: *Kombinieren ist eine mathematische Methode, die Elemente aus einer Elementmenge systematisch zu vollständigen Kombinationen verknüpft.*

Jede Kombination der im Morphologischen Kasten enthaltenen Teillösungen A_i, B_j, C_k, D_e repräsentiert eine eigene Konzeptvariante, z. B. die Konzeptvariante A_2, B_3, C_1, D_2 (siehe: Tabelle T024konZ).

Teil-Funktionen (T)	Teillösungen			
	1	2	3	4
T A	A ₁	A ₂		
T B	B ₁	B ₂	B ₃	
T C	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
T D	D ₁	D ₂		

Tabelle (T024konD) Kombination von Teillösungen A_2, B_3, C_1, D_2 im Morphologischen Kasten zur Gesamtlösung

Durch systematisches Kombinieren aller Teillösungen einer Teilfunktion mit allen Teilfunktionen der jeweils anderen Teilfunktionen entsteht ein vollständiges Variantenspektrum. Die maximale Anzahl N_x an Konzeptvarianten ergibt sich als Produkt der jeweiligen Gesamtzahl an Teillösungen.

$$N_x = \Pi (A_m \cdot B_n \cdot C_o \cdot D_p); \text{ hier: } N_x = 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 2 = 48$$

- Vorteile:
 - Die Kombinatorik stellt durch ihr algorithmisches Vorgehen sicher, dass keine Konzeptvariante „verloren geht“.
 - Sie lässt sich als mathematisches Verfahren programmieren und kann damit den Aufwand für das Kombinieren stark reduzieren.
- Nachteile:
 - Kombinieren ist ein reines Generierungsverfahren, das neben geeigneten auch ungeeignete und unsinnige Kombinationen erzeugt. Deshalb ist immer eine Beurteilung erforderlich.

5.3 Varianten darstellen

Die durch Kombination ermittelten Konzeptvarianten lassen sich in einem morphologischen Kasten [33] oder in einem Variantenbaum darstellen.

Innerhalb des morphologischen Kastens können aussichtsreiche Kombinationen durch graphische Hilfsmittel (Verbindungslinien, farbige Fäden, ...) sehr gut dargestellt werden.

Verletzten verladen	Verletzten fixieren (Aufnahme)	Verletzten schützen	Mat. transportieren	Gerät fortbewegen (schneefrei)	Transportgerät lagern
			Hand. spezielle Vorrichtung		Hand. spezielle Vorrichtung
			Im Rucksack		

Bild (B102gesZ) Darstellung von Gesamtlösungen im morphologischen Kasten durch Verbinden der Teillösungen; in dieser Darstellung sind die Funktionen in den Spalten und die Teillösungen in den Zeilen dargestellt (ETH 98 / 99 Entwicklung eines Rettungsschlittens)

Definition: Ein Variantenbaum ist die visuelle Darstellung (Baumstruktur) der durch Kombinieren erhaltenen Varianten als Verkettung ihrer Elemente.

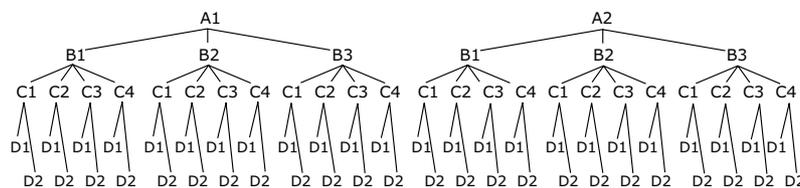


Bild (B103gesZ) Variantenbaum für alle Konzeptvarianten des Morphologischen Kastens

5.4 Variantenflut beherrschen

Die beim Erarbeiten von Konzeptvarianten genutzte Kombinatorik ist ein reines Generierungsverfahren. Sie liefert deshalb keinerlei Hinweise auf die Eignung und Qualität der kombinierten Varianten. Daraus ergeben sich drei Probleme:

1. Problem der Variantenfülle: Bereits bei mittleren Anzahlen von Teilfunktionen und Teillösungen ergeben sich schon 10^3 – 10^4 theoretisch mögliche Konzeptvarianten (z.B. 3125 Konzeptvarianten bei 5 Teilfunktionen mit je 5 Teillösungen).
2. Problem des Variantenschrotts: Erfahrungsgemäss sind mehr als 95% der theoretisch möglichen Konzeptvarianten untauglich. Ein Elektromotor z.B. ist funktionell unverträglich mit einem nachgeschalteten Hydraulikzylinder.
3. Problem der geringen Ausbeute an guten und eigenständigen Konzeptvarianten: Die prinzipiell möglichen Konzeptvarianten enthalten meist viele mittelmässige oder sich nur unwesentlich unterscheidende Konzeptvarianten. Erfahrungsgemäss ergeben viele mittelmässige Teillösungen meistens eine schlechte Gesamtlösung, die Mittelmässigkeit verstärkt sich. Auch sehr ähnliche Varianten werden von der Kombinatorik als eigenständige Varianten generiert, obwohl vielleicht nur unwesentliche Unterschiede in der Realisierung einer Teilfunktion bestehen.

Das Hauptproblem beim Erarbeiten Prinzipieller Gesamtlösungen ist das effiziente Ermitteln der optimalen Konzeptvariante(n) aus dem möglichen Variantenspektrum [6].

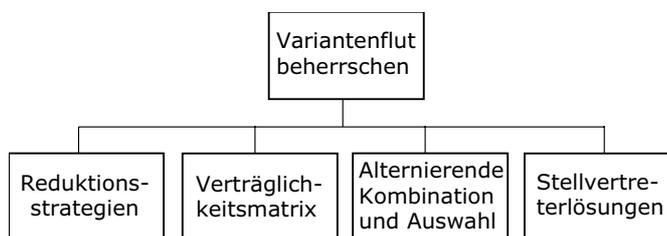


Bild (B104gesD) Methoden zum Beherrschen der Variantenflut beim Erarbeiten prinzipieller Gesamtlösungen

5.4.1 Reduktionsstrategien für Morphologische Kästen

Reduktionsstrategien sind Vorgehensvorschläge, die einen Morphologischen Kasten so reduzieren, dass aussichtsreiche Konzeptvarianten mit geringerem Aufwand gewonnen werden können [6].

Gelingt es, die Anzahl der Teilfunktionen und Teillösungen vor der Kombination sinnvoll zu reduzieren, müssen deutlich weniger Konzeptvarianten generiert werden und der Kombinations- und Beurteilungsaufwand kann drastisch abnehmen.

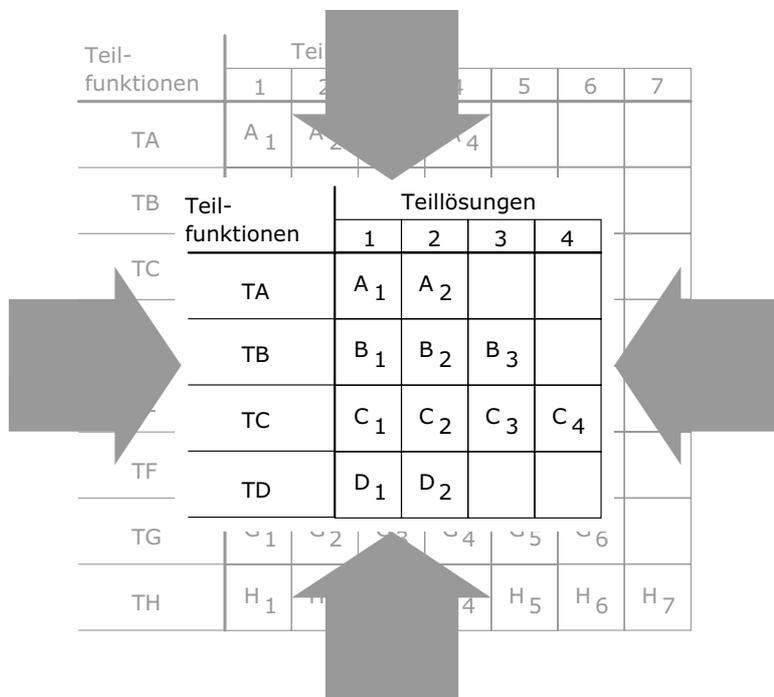


Bild (B845konD) Die Wirkung von Reduktionsstrategien

Es hat sich bewährt, Reduktionsstrategien in der nachfolgend genannten Reihenfolge anzuwenden:

- *Strategie 1:* Teilfunktionen nach Wichtigkeit ordnen
- *Strategie 2:* Weniger wichtige oder lösungsbestimmende Teilfunktionen für die erste Kombination zurückstellen
- *Strategie 3:* Weniger geeignete Teillösungen für die erste Kombination zurückstellen
- *Strategie 4:* Einzelne Teillösungen zu Teillösungsklassen zusammenfassen

Mit den zurückgestellten Teilfunktionen und Teillösungen können in einem späteren Schritt die aussichtsreichen Konzeptvarianten angereichert werden.

- Vorteile:
 - Der Morphologische Kasten kann erheblich reduziert und die Anzahl an Konzeptvarianten drastisch eingeschränkt werden.
 - Man erkennt in einem reduzierten Morphologischen Kasten wesentlich besser die aussichtsreichen Konzeptvarianten (so genannte **Stellvertreterlösungen**).
- Nachteile:
 - Werden Teillösungen zurückgestellt, fallen damit ganze Lösungswege aus dem Variantenbaum weg. Ein Zurückstellen muss daher gut überlegt werden und erfordert oft eine Vorausschau auf spätere Lösungseigenschaften.

5.4.2 Verträglichkeitsmatrix

Definition: Eine **Verträglichkeitsmatrix** ist ein spezielles Ordnungsschema für den vollständigen **Paarvergleich** von Elementen hinsichtlich ihrer Verträglichkeit [6].

Die Verträglichkeitsmatrix wird hier genutzt, um die Verträglichkeit zwischen allen Teillösungen eines Morphologischen Kastens zu untersuchen. In die Verträglichkeitsmatrix werden dazu alle Teillösungen eines Morphologischen Kastens in der Kopfzeile und in der Kopfspalte eingetragen.

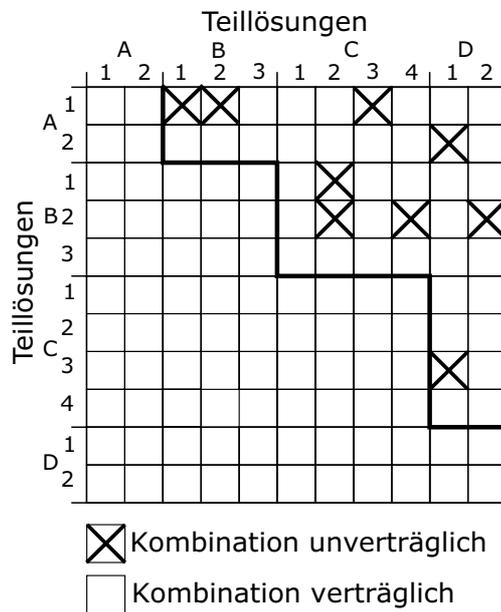


Bild (B846konD) Verträglichkeitsmatrix (theoretisch mögliche Konzeptvarianten 48, verbliebene Konzeptvarianten 14)

Eine Unverträglichkeit ist ein Widerspruch zwischen Teillösungen, der ihre Kombination verhindert [6]. Widersprüche können durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Teillösungen selbst begründet sein, z.B. durch Unterschiede in Handhabung, Design, Wirkprinzip oder Bauart. Widersprüche können aber auch aus nicht kompatiblen Anschlussbedingungen resultieren, z.B. Unverträglichkeit hinsichtlich geometrischer, kinematischer oder energetischer Anschlussbedingungen. Unverträglichkeiten führen zum Ausschluss einer Kombination.

Durch einen Paarvergleich werden alle Teillösungen miteinander verglichen und ihre Verträglichkeit beurteilt. Jede unverträgliche Zweierkombination wird in der Matrix gekennzeichnet. Es empfiehlt sich für spätere Rückgriffe, gleichzeitig auch den Grund der Unverträglichkeit zu dokumentieren. Da es sich um eine symmetrische Matrix handelt, reicht es aus, nur eine Hälfte oberhalb oder unterhalb der Hauptdiagonalen auszufüllen.

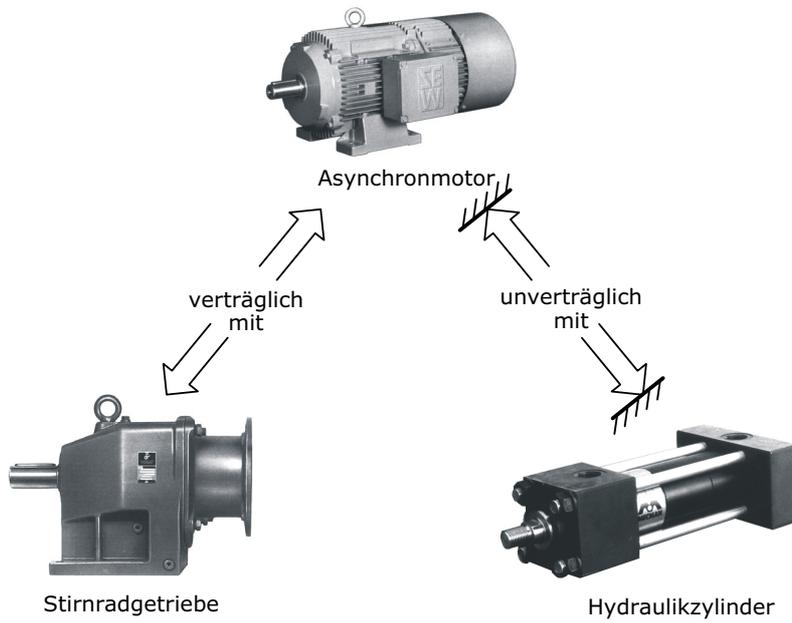


Bild (B847konD) Verträgliche und unverträgliche Zweierkombinationen bzw. Teillösungspaare (Quelle: www.boschrexroth.se, www.sew-eurodrive.de)

Vorteile:

- Die völlig von Konzeptvarianten losgelöste Betrachtung von Zweierkombinationen fördert erheblich die Objektivität der Beurteilung.
- Durch eine rechnerunterstützte Präsentation der Zweierkombinationen wird der Bearbeiter von jedem Kombinatorikaufwand entlastet und kann sich voll auf die Beurteilung konzentrieren.

Nachteile:

- Das Verfahren ist wegen seines schnellen Wechsels zwischen Vorstellungsbildern kognitiv extrem anspruchsvoll.
- Eine Fehlentscheidung kann erhebliche Auswirkungen auf die Vollständigkeit und Qualität der Konzeptvarianten haben, wird selbst aber nur schwer entdeckt.
- Es werden nur Verträglichkeiten von Zweierkombinationen betrachtet. Wirkungsketten in der Verträglichkeit zwischen mehr als 2 Teillösungen müssen durch eine nachgeschaltete Feinbeurteilung erfasst werden.

5.4.3 Alternierende Kombination und Auswahl

Definition: Eine alternierende Kombination und Auswahl integriert Auswahlsschritte in das Generierungsverfahren, indem nach jedem Kombinationsschritt sofort die erzeugten Kombinationen beurteilt werden [6].

Bei der alternierenden Kombination und Auswahl von Konzeptvarianten wird der Variantenbaum erstellt, wobei nach jeder weiteren Zuordnung von Teillösungen sofort ein Auswahlverfahren durchgeführt wird. Daraus resultierende abgebrochene Äste des Variantenbaums werden üblicherweise durch einen Strich gekennzeichnet.

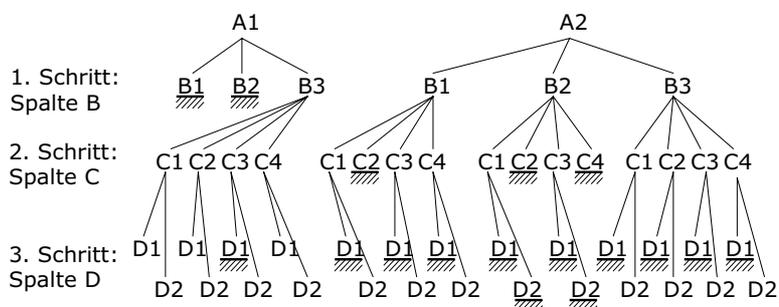


Bild (B108gesD) Alternierende Kombination und Auswahl (theoretisch mögliche Konzeptvarianten 48, verbliebene Konzeptvarianten 14)

Es empfiehlt sich, die Teilfunktionen vorher so zu ordnen, dass die lösungsbestimmenden Teilfunktionen zuerst kombiniert werden.

Die alternierende Kombination ist eines der effizientesten Verfahren zur Beherrschung der Variantenflut und wird bevorzugt nach der Anwendung der Reduktionsstrategien eingesetzt. Dabei können gleichzeitig die Eigenschaften der Teillösungen selbst, ihre direkte Verträglichkeit zu benachbarten und die Verträglichkeit zu allen anderen, bisher kombinierten Teillösungen berücksichtigt werden. Gleichzeitig gewinnt man einen zunehmend gesamthafteren Eindruck der jeweiligen Gesamtlösungen

5.4.4 Stellvertreterlösungen

Definition: Stellvertreterlösungen sind exemplarische Konzeptvarianten, die stellvertretend für eine ganze Lösungsklasse stehen und eine schnelle Abschätzung ihrer Eigenschaften ermöglichen [85].

Viele Morphologische Kästen lassen bereits vor der Kombination deutliche Schwerpunkte hinsichtlich aussichtsreicher Lösungsklassen erkennen. Durch eine gezielte „Ansprache“ dieser Lösungsklassen und Konzentration auf ihre typischen Elemente können Stellvertreterlösungen [85] ermittelt werden.

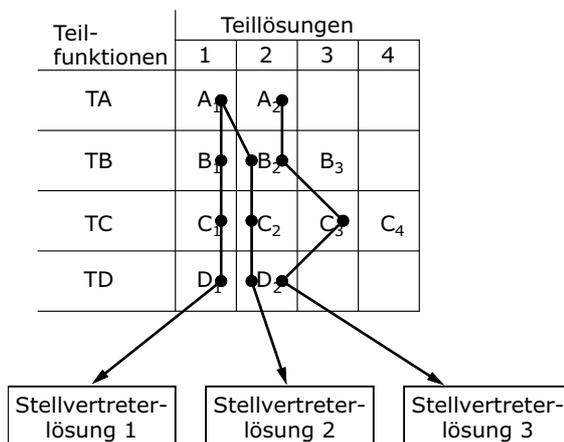


Bild (B848konD) Morphologischer Kasten und Stellvertreterlösungen

Stellvertreterlösungen lassen schnell erste Vorstellungen über Gesamtlösungen erkennen und sind damit ein gutes Mittel, um die bisherigen konzeptionellen Überlegungen zu reflektieren. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass weitere aussichtreiche Konzeptvarianten nicht übersehen werden.

5.5 Aussichtsreiche konzeptionelle Gesamtlösungen

Die Kombination von Konzeptvarianten und die Reduktion des Variantenspektrums liefern Konzeptvarianten, die bereits das Sieb der Unverträglichkeitsprüfung passiert haben. Meist bleiben jedoch noch zu viele Varianten übrig, die nicht alle weiter konkretisiert werden können. Hier ist eine dem Kombinieren nachgeschaltete Beurteilung notwendig. Die verbleibenden Kombinationen werden konzeptionelle Gesamtlösungen genannt.

Definition: Konzeptionelle Gesamtlösungen sind Varianten, die aus untereinander verträglichen Teillösungen bestehen und die als Ganzes die Anforderungen erfüllen.

Definition: Die systematische Auswahl ist eine Methode zum Eingrenzen der Variantenvielfalt, in der die Eigenschaften von Varianten mit den entsprechenden Fest- oder Bereichsforderungen verglichen und Varianten bei einem Verstoss gegen diese Anforderungen ausgeschieden werden.

In vielen Fällen ist es ausreichend, die verbliebenen Konzeptvarianten durch einen Vergleich mit Fest- oder Bereichsforderungen zu selektieren und die aussichtsreichen auszuwählen. Ergebnis dieser systematischen Auswahl sind konzeptionelle Gesamtlösungen, deren Teillösungen untereinander verträglich sind und die Fest- und Bereichsforderungen erfüllen.

Bleiben immer noch zu viele Gesamtlösungen übrig, müssen diese zusätzlich hinsichtlich ihrer Qualität bewertet werden. Dabei ist unbedingt auf eine bewertungsrelevante Konkretisierung ihrer Eigenschaften zu achten.

Üblicherweise werden nach dem Kombinieren, Reduzieren und Auswählen, 3–6 Gesamtlösungen für die weitere Bearbeitung ausgewählt.

6 Gesamtlösungen konkretisieren

Die aus dem Morphologischen Kasten erzeugten Gesamtlösungen sind meist wenig konkrete Wirkprinzip-Kombinationen. Aufgrund des noch recht geringen Informationsgehalts ist eine Beurteilung der Lösungen nur mit einer erheblichen Unsicherheit möglich. Andererseits müssen aber die Lösungen sehr genau beurteilt werden, da die Entscheidung für oder gegen eine Gesamtlösung den weiteren Lösungsweg festlegt und entscheidend den Produkterfolg bestimmt.

Um fundiert beurteilen zu können, werden vertiefte Informationen über die Machbarkeit, Risiken und Chancen einer Gesamtlösung benötigt, sonst sind Vermutungen und Vorlieben Tür und Tor geöffnet. Alle Möglichkeiten müssen ausgeschöpft werden, um in diesem Stadium kurzfristig entscheidungsrelevante Informationen zu erhalten.

Dieses Früherkennen von Lösungseigenschaften kann mit unterschiedlichen Methoden unterstützt werden.

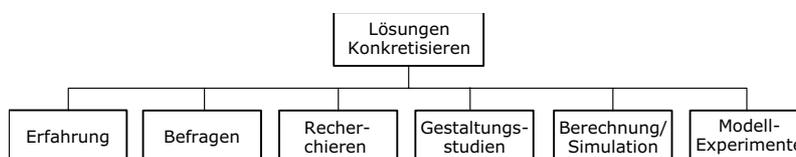


Bild (B849konD) Methoden zur Konkretisierung von Lösungen

Dieser Vorgriff auf erst später erkennbare Lösungseigenschaften wird als Konkretisierung bezeichnet und ist ein erfolgsbestimmendes Merkmal methodischen Arbeitens im Konzeptprozess.

6.1 Ziel der Konkretisierung

Werden im Konzeptprozess Gesamtlösungen entwickelt stellen sie in der Regel Wirkprinzipkombinationen auf vergleichsweise abstraktem Lösungsniveau dar. Ihr Informationsgehalt ist erheblich geringer als z. B. der von Entwürfen oder technischen Zeichnungen.

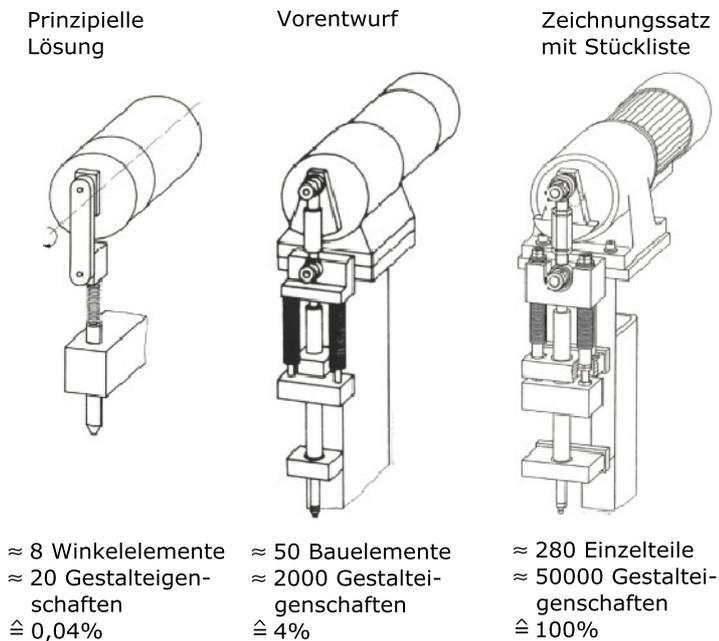


Bild (B122gekD) Unterschiedlich konkrete Produktmodelle und ihr Informationsgehalt am Beispiel eines Antriebssystems

Andererseits müssen bei der Entscheidung für oder gegen eine Gesamtlösung in dieser frühen Phase wesentliche Produkteigenschaften berücksichtigt werden. Dies ist aber für mehrere Lösungsvarianten insbesondere in der verfügbaren Zeit nicht möglich. Daher wird versucht, auf anderen Wegen gezielt Informationen über die Lösungen zu erhalten. Dabei kann man sich auf die entscheidungsrelevanten Eigenschaften beschränken.

Definition: Konkretisieren ist ein Vorgehen in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses, entscheidungsrelevante Lösungseigenschaften gezielt durch den Vorgriff auf spätere Entwicklungsprozesse zu ermitteln und die Gesamtlösungen insgesamt auf einen annähernd gleichen, für die Beurteilung ausreichenden Informationsstand zu bringen.

Ziel der Konkretisierung ist es, die Ermittlung weiterer Lösungseigenschaften der Gesamtlösungen soweit zu treiben, bis sie beurteilungsfähig sind. Bei mehreren Varianten sollte ein vergleichbares Konkretisierungsniveau angestrebt werden um eine „gerechte“ Beurteilung durchführen zu können. Wird z. B. eine prinzipielle Lösung mit einem massstäblichen Entwurf verglichen besteht die Tendenz, den Entwurf wegen der vielen offensichtlichen Details zu kritisieren und die prinzipielle Lösung „schönzureden“.

Zur Informationsbeschaffung wird versucht, möglichst alle verfügbaren Quellen auszuschöpfen. Beim Befragen und Recherchieren wird das Wissen von anderen genutzt. Mit Gestaltungsstudien, Berechnungen, **Simulationen** und Experimenten an Modellen konkretisiert der Entwickler selbst die Lösung und erarbeitet so neue und für die nachfolgende Beurteilung wichtige Produkteigenschaften.

6.2 Methoden zur Konkretisierung

Nachfolgend werden unterschiedliche Methoden zur Konkretisierung von Lösungen vorgestellt. In jedem Fall sind dabei der zu erreichende Nutzen, der erforderliche Aufwand und die spezifischen Randbedingungen der konkreten Entwicklungssituation (verfügbare Zeit, Ressourcen, Risiko) abzuschätzen und erst danach die Entscheidung für eine Methode zu treffen. In den meisten Fällen bedient man sich einer Kombination der einzelnen Methoden:

- Konkretisierung durch eigene Erfahrung,
- Konkretisierung durch Befragen,
- Konkretisierung durch Recherche,
- Konkretisierung durch Gestaltungsstudium,
- Konkretisierung durch Berechnen und Simulieren oder
- Konkretisierung durch **Experimentieren** mit Modellen.

6.2.1 Konkretisieren durch eigene Erfahrung

Definition: Erfahrung ist erworbenes Wissen, das abrufbar vorliegt, strukturiert genutzt und auf eine neue Aufgabe schlussfolgernd angepasst werden kann.

Wenn Entwickler Gesamtlösungen aus eigener Erfahrung beurteilen, nutzen sie Erkenntnisse aus vergangenen Entwicklungsaufgaben und ziehen daraus Schlüsse auf die späteren Eigenschaften der neuen Gesamtlösung.

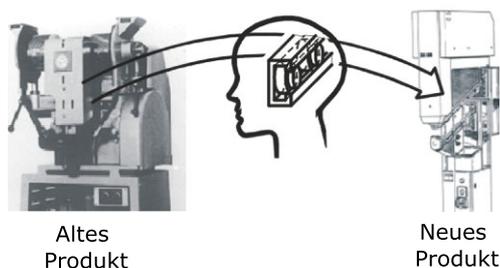


Bild (B123gekD) Erfahrung aus alten Aufgaben nutzen für neue Aufgaben

Hilfreich ist es dabei, die Aufgabenstellung zu hinterfragen:

- Gab es in der Vergangenheit gleiche oder vergleichbare Aufgaben?
- Wie wurde die Aufgabe damals gelöst?
- Habe ich darüber eigene Aufzeichnungen? Wenn ja, wo sind sie dokumentiert?
- Waren die damaligen Randbedingungen vergleichbar?
- Kann ich die Resultate übertragen?

Das gezielte Suchen nach entscheidungsrelevanten Lösungseigenschaften kann insbesondere bei schwierigen Aufgaben durch eine Schwachstellenanalyse unterstützt werden. Dazu ist es hilfreich, systematisch vorzugehen, die funktionalen Zusammenhänge zu analysieren, die Wirkprinzipien zu betrachten, ihre Wechselwirkungen untereinander und mit der Produktumgebung vorausszusehen und mögliche Realisierungen (Eigenfertigung, Zulieferkomponenten) zu überdenken.

6.2.2 Konkretisierung durch Befragen

Die mit Abstand wichtigste Informationsquelle in der Produktentwicklung sind Kollegen.

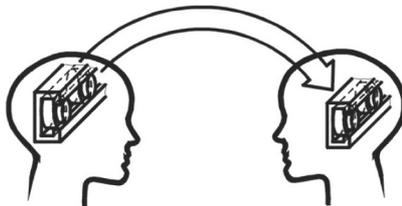


Bild (B124gekD) Erfahrungen von anderen nutzen

Etwa 70 % der handlungsrelevanten Information [42] wird über diesen Informationsweg gewonnen.

Für die Früherkennung von Produkteigenschaften sollten Konsultationen möglichst intensiv genutzt werden, da sie meist wenig Aufwand erfordern und eine besonders hohe Erfolgsquote aufweisen.

Befragungen können sich in einem weiten Spektrum abspielen:

- Diskussion mit Kollegen über Lösungsaspekte anhand von **Skizzen**, Zeichnungen oder Modellen
- Konstruktionskritik in Entwicklergruppen
- Konstruktionsberatung durch Mitarbeiter anderer Abteilungen z.B. der Arbeitsvorbereitung

- **Design-Reviews** vorzugsweise am Ende einer Entwicklungsphase (Aufgaben-, Konzept-, Entwurfsreview)
- **Workshops** mit interdisziplinären Teilnehmern, teilweise unter Einbindung von Kunden.

Als Informanten stehen zur Verfügung:

- Produktentwickler im eigenen Bereich (Kollegen, Vorgesetzte)
- Mitarbeiter aus anderen Bereichen (z.B. Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Montage, Verkauf und Service)
- Betroffene und Fachleute ausserhalb des eigenen Unternehmens (z.B. Kunden, Zulieferer, Berater, Forscher).

6.2.3 Konkretisierung durch Recherche

Ausser den eigenen Dokumentationen existiert eine sehr grosse Menge an formalen Informationsspeichern innerhalb und ausserhalb des Unternehmens, meist in elektronischer Form.

Definition: Recherchieren ist ein Prozess zur Gewinnung von Informationen, die in Dokumenten abgelegt und auf die ohne oder mit Rechneinsatz zugegriffen werden kann.



Bild (B126gekD) Informationen durch Recherchieren gewinnen

Beim Recherchieren werden

- Dokumente wie Produktdokumentationen, Fachliteratur, Erfahrungsberichte oder Schutzrechte
- hinsichtlich Technologien, Anwendungen und Einsatzbeispielen, Werkstoffen, Zulieferkomponenten, Kauf-, Wiederholteil- und Normteilen

gesucht und ihr Inhalt dargestellt, analysiert und hinsichtlich der Relevanz für die vorliegende Aufgabe bewertet.

6.2.4 Konkretisieren durch Gestaltungsstudien

Definition: Gestaltungs- und **Anordnungsstudien** sind Methoden zur geometrischen Konkretisierung von Lösungen (Skizzieren, Zeichnen).

Gerade in den frühen Phasen sind Produktentwickler in hohem Masse auf grafische Repräsentationen von Lösungen angewiesen. Gute Entwickler nutzen intensiv Skizzen und grobmasstäbliche Entwürfe als Gestaltungs- und Kommunikationsmittel. Das „Denken mit der Hand“ ist ein hervorragendes Werkzeug für die Entwicklungsarbeit.



Bild (B127gekD) Informationen gewinnen durch Gestalten von Skizzen und Zeichnungen

Dabei wirken die Vorläufigkeit und Unbestimmtheit von Skizzen in hohem Masse kreativitätsfördernd.

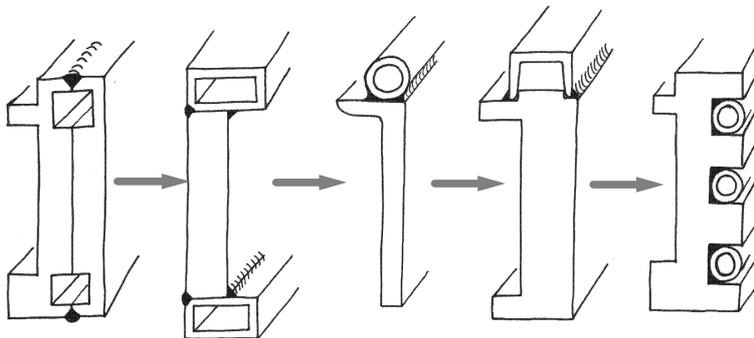


Bild (B128gekD) Gestaltungsstudien zum Konkretisieren einer wassergekühlten Traverse

Das Anfertigen von Skizzen zum Konkretisieren von Lösungen kann besonders helfen

- beim Ermitteln einer geeigneten Bauteilform im Hinblick auf Funktion, Fertigung-, Gebrauch und Design
- beim Untersuchen der räumlichen Verträglichkeit (z. B. Platzbedarf, Einbausituation, Kollisionen mit Nachbarteilen in der Montage oder im Gebrauch)

6.2.5 Konkretisieren durch Berechnen und Simulieren

Definition: Simulieren ist das Festlegen von Wertkontinua (Kennlinien, Kennfelder) von inneren oder äusseren Eigenschaften physikalischer oder sonstiger Modelle durch Anwenden mathematischer Methoden. *Definition:* Berechnen ist das Festlegen von Werten von inneren oder äusseren Eigenschaften physikalischer oder sonstiger Modelle durch Anwenden mathematischer Methoden.

Berechnen und Simulieren gehören zu den wichtigsten Konkretisierungsmethoden. Sie liefern im Rahmen der zugrunde liegenden physikalischen oder sonstigen Modelle exakte Werte sowohl für innere Lösungseigenschaften (z.B. Bauteilabmessungen) als auch für äussere Lösungseigenschaften (z.B. Leistung, Durchbiegung).



Bild (B129gekD) Informationen durch Berechnen gewinnen

Grundsätzlich benötigen Berechnungen und Simulationen Modelle, welche durch mathematische Beziehungen beschreibbar sind. Da jedes Modell eine Vernachlässigung gegenüber der Realität darstellt, sind vor dem Durchführen von Berechnungen und Simulationen die Eignung der Modelle zu prüfen und danach die Vernachlässigungen abzuschätzen und zu werten.

Zur Konkretisierung von Gesamtlösungen sind insbesondere so genannte orientierende Berechnungen hilfreich, z. B.

- **Dimensionierungsrechnungen**, z. B. zum Festlegen von Abmessungen, Bauraum, Gewicht oder Beanspruchung

- Funktionsberechnungen, z. B. zur Abschätzung bzw. Ermittlung von **Taktzeiten**, Leistungen, Wirkungsgraden, Geschwindigkeiten oder Durchsätzen
- Störgrößenabschätzungen, z. B. zur Ermittlung von Schwingungen, Erwärmungen, Reibungseinflüssen
- Wirtschaftlichkeits- und Rentabilitätsberechnungen, z. B. zur Abschätzung von Herstellkosten, Materialverbrauch, **Amortisation**, Deckungsbeitrag oder Gewinn

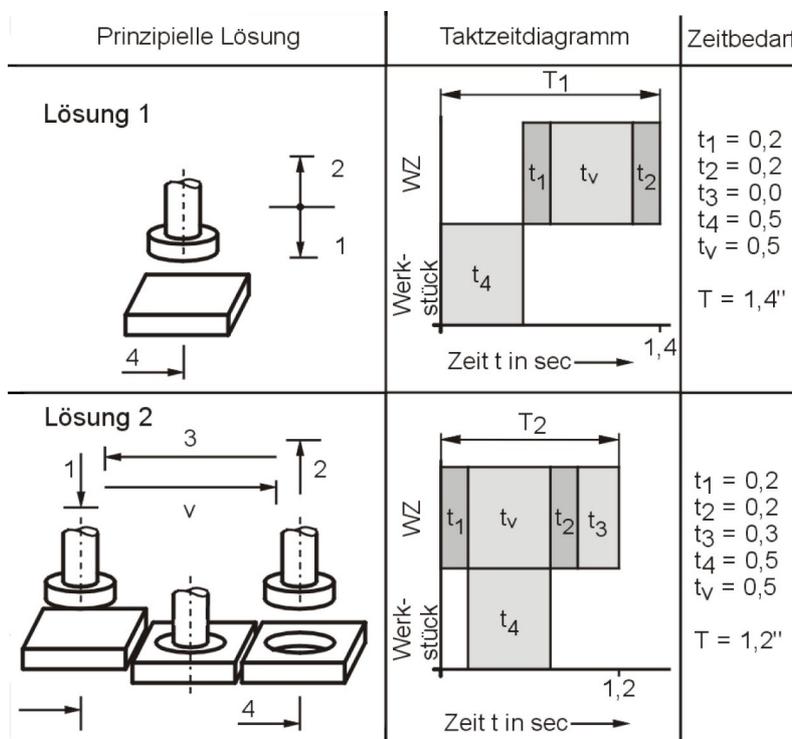


Bild (B130gekD) Taktzeitabschätzung für ein Transfersystem für Heissprägeteile (t_1 , t_2 Zustellzeit, t_3 Zeit für Rückbewegung des Werkzeugs (WZ), t_4 Zeit für Vorschub der Werkstücke, t_v Verfahrenszeit für Heissprägen)

Simulationen werden bevorzugt für Kinematiksimulationen (Simulation von Bewegungsabläufen), für Beanspruchungssimulationen (FEM, BEM), für Animationen und zur Visualisierung (Virtual Reality-Simulationen) eingesetzt.

6.2.6 Konkretisieren durch Experimentieren mit Modellen

Definition: Experimentieren ist das Durchführen von Versuchen zur Verhaltensanalyse mit gegenständlichen Modellen.

Im Unterschied zur Simulation werden beim Experimentieren gegenständliche Modelle genutzt, um durch Versuche das Verhalten des späteren Produkts oder seiner Komponenten zu untersuchen und daraus Rückschlüsse auf die konkrete Gestaltung der Lösungen zu erhalten.



Bild (B132gekD) Informationen durch Experimentieren gewinnen

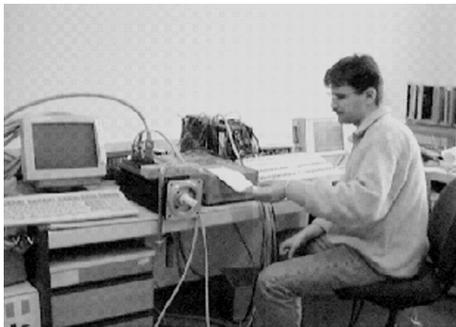


Bild (B131gekD) Experiment zur Bestimmung der Beschleunigung eines Roboterarmes

Obwohl das rechnerunterstützte Simulieren mit virtuellen Produktmodellen durch die Leistungsfähigkeit heutiger Hard- und Software sehr stark zugenommen hat, gibt es die Notwendigkeit, gegenständliche Modelle zu nutzen, um aus deren Verhalten, Handhabung und Design auf die erforderlichen Eigenschaften der Lösungen zu schliessen.

Typische reale Modelle, die insbesondere in den frühen Phasen der Produktentwicklung eingesetzt werden können, sind:

- Versuchsmodelle: Produktnahe Modelle zur Klärung grundsätzlicher physikalischer Zusammenhänge, zum Beispiel kinemati-

sche Modelle zur Analyse von Bewegungsabläufen oder Versuchsmodelle für Handhabungs- oder Verpackungsprozesse.

- Funktions-Prototypen: Oft aus Modellbaukästen oder einfachen Materialien gefertigte Modelle zur Untersuchung funktioneller Eigenschaften
- Durch Versuche mit umgebauten „alten“ Produkten oder durch Rapid-Prototyping erzeugte Modelle werden meist sehr realitätsnahe Erkenntnisse für die neuen Produkte gewonnen
- Anschauungs- und Design-Prototypen: Holz-, Schaumpappe- oder Kunststoffmodelle zur Vermittlung eines realistischen Eindrucks des Produkts und zur Klärung von Designfragen.

Es existieren viele unterschiedliche Ausdrücke in diesem Zusammenhang, welche oft synonym für dieselbe Sache gebraucht werden.

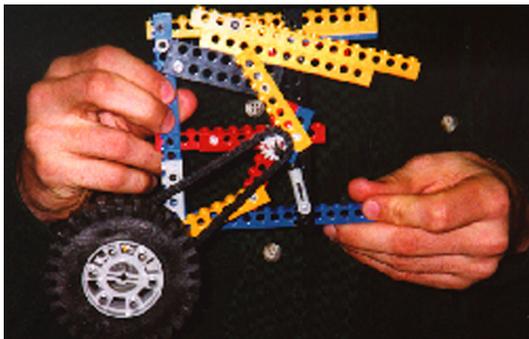


Bild (B134gekZ) Kinematische Untersuchungen an Lego-Baukasten (www.lego.com)



Bild (B135gekZ) Bau eines schaltbaren Rollstuhl-Prototypen auf Basis eines bestehenden Produktes



Bild (B909konz) Gehäuse-Prototyp aus Rapid-Prototyping-Verfahren um Funktion zu überprüfen

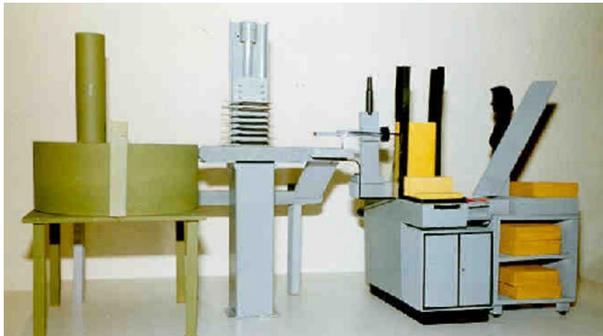


Bild (B136gekZ) Verpackungsanlage Anschauungsmodell

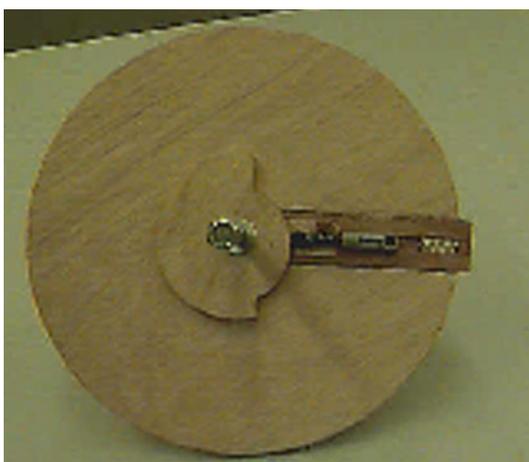


Bild (B133gekZ) Holzmodell für Einrastfunktion

7 Beurteilen von Varianten

Im Verlauf einer Produktentwicklung werden meist viele Varianten erzeugt. Wegen ihrer verschiedenartigen Eigenschaften erfüllen diese Varianten die Aufgabe mehr oder weniger gut oder überhaupt nicht. Da beim Generieren von Varianten teilweise keine Beurteilung erfolgt, muss dies nachträglich durchgeführt werden. Dabei sind ungeeignete Varianten auszusondern und aus den geeigneten Lösungen die besten zu ermitteln, um letztere später weiter zu konkretisieren. Dieses Beurteilen und Entscheiden muss fundiert erfolgen, da der Markterfolg davon abhängt.

Definition: Beurteilen ist ein Prozess zur Unterscheidung von Varianten hinsichtlich der Erfüllung bestimmter Kriterien (Anforderungen) mit dem Ziel, eine fundierte Entscheidungen über das weitere Vorgehen vorzubereiten.

Beurteilen wird gegliedert in Auswählen und Bewerten [Pahl, Beitz 1993 (1)].

Beurteilen:

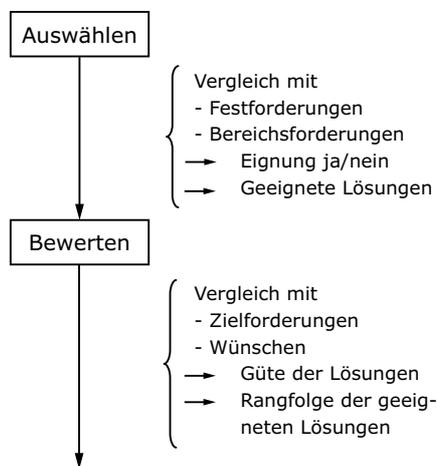


Bild (B910konz) Auswählen und Bewerten als disjunkte Methoden des Beurteilens

Auswählen und abschliessendes Bewerten sind „konvergente“ Vorgehensweisen [Pahl, Beitz 1993 (1)], die ein zuvor erzeugtes Variantenfeld durch einen Beurteilungsprozess auf aussichtsreiche Varianten einengen. Da der gesamte Entwicklungsprozess durch ein permanentes Generieren und Eingrenzen von Varianten gekennzeichnet ist [VDI-2222 1996 (1)], können Auswahl- und Bewertungsprozesse im Prinzip überall stattfinden. Eine ausführliche Beurteilung empfiehlt sich

jedoch insbesondere am Ende des Konzeptprozesses als Grundlage für das Freigeben für den nachfolgenden Prozess.

Beim Auswählen werden die prinzipielle Eignung von Varianten untersucht und ungeeignete Varianten ausgeschlossen.

Beim Bewerten werden die verbleibenden geeigneten Lösungen hinsichtlich ihrer Qualität untersucht. Eine betont intuitive Methode ist der Paarvergleich, eine betont diskursive Methode, die Methode der Nutzwertanalyse nach [VDI-2225 1977 (1)].

Eine anschauliche Darstellung der Bewertungsergebnisse in Aufwand-Nutzen-Diagrammen und Werteprofilen fördert das Verständnis und erleichtert die Kommunikation.

7.1 Auswahl von Varianten

Definition: Auswählen ist ein Prozess zum Eingrenzen der Variantenvielfalt, in dem Varianten bei einem Verstoß gegen Fest- oder Bereichsforderungen aus dem weiteren Entwicklungsprozess ausgeschieden werden.

Der Auswahlprozess ist häufig schon im Prozess der Generierung von Gesamtlösungen eingeschlossen.

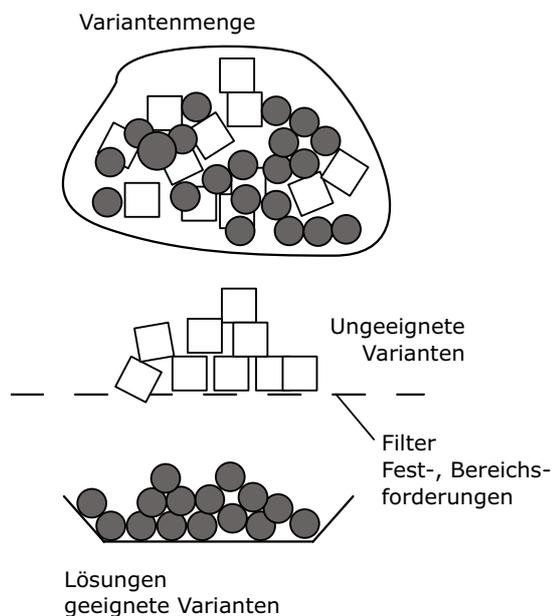


Bild (B850konD) Auswählen von Varianten

Die Auswahlkriterien (so genannte K.O.-Kriterien) werden in erster Linie aus Fest- und Bereichsforderungen abgeleitet. Beim Auswählen werden nur absolute (keine wertenden oder vergleichenden) Entscheidungen getroffen. Ergebnis des Auswählens ist eine Ja/Nein-Entscheidung (Variante ist geeignet/ungeeignet). Ist eine Entscheidung nicht möglich wird eine Informationsbeschaffung eingeleitet.

Durch Auswählen können aus einer grossen Anzahl von Varianten diejenigen relativ einfach, schnell und nachvollziehbar herausgefiltert werden, die aussichtsreich für die weitere Konkretisierung sind.

Auswählen kann nach jedem Arbeitsschritt im Entwicklungsprozess angewendet werden. Es ist jedoch besonders für den Konzeptprozess geeignet, wenn die erzeugte Variantenmenge noch unbrauchbare Varianten enthält, wie es z. B. nach einer Kreativitätstechnik oder nach dem Erstellen eines vollständigen Variantenbaums auftreten kann.

7.1.1 Auswahlliste

Die Methode „Auswahlliste“ wurde von [Pahl, Beitz 1993 (1)] entwickelt. Grundlage dieser Methode ist ein Formblatt mit organisatorischen Angaben sowie einem Vorschlag von Auswahlkriterien und -werten.

		Projekt:					
		Bearbeiter:	Blatt: Seite:				
Lösungen	Werte (+) ja (-) nein (?) Informationsmangel (!) Widersprüche						Entscheidung (+) weiterverfolgen (-) scheidet aus (?) Information beschaffen (erneut beurteilen)
	Auswahlkriterien mit Aufgabe						
	Verträglichkeit gegeben						
	Forderungen der Anforderungsliste erfüllt						
	Grundsätzlich realisierbar						
	Aufwand zulässig						
	Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben						
	Im eigenen Bereich bevorzugt						
	Bemerkungen (Hinweise, Begründungen)						
		A	B	C	D	E		F	G
1	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	-				
3							
4							
5							
6							

Bild (B851konD) Formblatt mit Auswahlkriterien (Ausschnitt) nach [Pahl, Beitz 1993 (1)]

Die Methode gliedert sich in drei Arbeitsschritte:

- Auswahlkriterien festlegen: Die Methode kann mit vordefinierten Auswahlkriterien durchgeführt werden, die aus Fest- und Bereichsforderungen der Anforderungsliste abgeleitet werden, ergänzt mit weiteren situationsorientierten Kriterien.
- Varianten beurteilen: Die Varianten werden hinsichtlich der Erfüllung der Auswahlkriterien beurteilt und das Ergebnis mit den Symbolen „+“, „-“, „?“ gekennzeichnet. Varianten, die mit „-“ beurteilt wurden, scheiden aus dem weiteren Auswahlprozess aus. Bei einer „?“-Beurteilung ist ein weiterer Klärungsprozess notwendig, bevor entschieden wird (\Rightarrow Wiedervorlage). Die „+“ erfüllen die Kriterien.
- Entscheiden: Ergebnis der Auswahl ist eine eingeschränkte Menge von geeigneten Varianten, die es sich lohnt weiterzuverfolgen. Zudem können Fragen zur Informationsbeschaffung angestoßen und eine Diskussion von Anforderungen angeregt werden. Das Auswählen beinhaltet das Risiko, dass günstige Varianten aufgrund von Fehlbeurteilungen aus Informationsmangel nicht weiterverfolgt werden. Deshalb empfiehlt sich eine nachträglich Reflektion über das Auswahlergebnis.

Die Methode „Auswahlliste“ ist für eine Variantenmenge mit ca. 20–50 Varianten geeignet, um diese vor dem Bewerten auf eine kleinere Lösungsmenge zu reduzieren.

7.2 Bewerten von Varianten

Prinzipielle Gesamtlösungen erfüllen das Anforderungsspektrum im allgemeinen unterschiedlich. Diese Unterschiede können durch Bewerten ermittelt werden.

Bewerten ist ein Prozess zum Ermitteln des Werts, des Nutzens oder der Stärke einer Lösung in Bezug auf vorher festgelegte Zielvorstellungen (Soll-Eigenschaften). Ergebnis des Bewertens ist eine Aussage über die Güte der Lösung, die den Grad der Zielerreichung repräsentiert.

Ziel aller Bewertungsmethoden ist es:

- die für eine Aufgabe geeigneten Lösungen hinsichtlich ihres Grades der Zielerreichung zu unterscheiden und die besten Lösungen zu ermitteln,
- die Bewertung zu objektivieren und
- die Entscheidung nachvollziehbar zu gestalten.

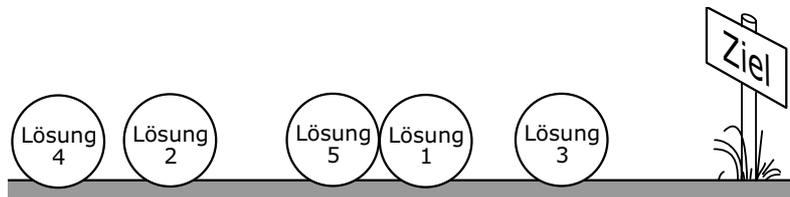


Bild (B852konD) Bewertungsergebnis als Grad der Zielerreichung der einzelnen Lösungen

Dazu wird für jede Lösung ein Gesamtwert ermittelt, der den Grad der Zielerreichung repräsentiert.

Bewertungsmethoden basieren auf den nachfolgenden Grundsätzen [Birkhofer 1980 (1)]:

- Durchführen einer umfassenden Bewertung: Es werden alle relevanten Eigenschaften der einzelnen Lösungen (nicht nur Einzelgesichtspunkte) im richtigen Verhältnis entsprechend den Zielvorstellungen berücksichtigt.
- Transformation unterschiedlicher Eigenschaften in normierte Teilwerte (**Teilnutzen**): Es wird eine Werteskala genutzt bzw. erstellt als Massstab für die Einordnung einzelner Eigenschaften und für deren Transformation in einen Teilwert, der als Rechengrösse (Zahl, abzählbares Symbol) dargestellt ist.
- Bilden eines Gesamtwerts (Gesamtnutzen): Die Teilwerte werden zu einem Gesamtwert als Mass für die Annäherung einer Lösung an eine, bezüglich der Zielvorstellungen als ideal gedachte Lösung zusammengefasst.

Bewerten kann für alle Entscheidungen durchgeführt werden, bei denen grundsätzlich geeignete Lösungen hinsichtlich mehrerer Eigenschaften beurteilt werden müssen.

7.2.1 Paarvergleich

Lösungen lassen sich gesamthaft bewerten, auch wenn ihre Eigenschaften nur lückenhaft vorliegen oder darüber nur wenige, tendenzielle Informationen vorliegen. Eine derartige, intuitiv geprägte Bewertung ist dann sinnvoll, wenn der Bewertende mit den Lösungen und deren Eigenschaften vertraut ist und ihre Realisierungs- und Marktchancen aufgrund seiner Erfahrung einschätzen kann (Expertise).

Intuitive Bewertungsmethoden (wie z. B. der Paarvergleich) können vielseitig eingesetzt werden, z. B. auch, um Gewichtungsfaktoren oder die Bedeutung von Lösungseigenschaften festzulegen.

Der Paarvergleich ist als Bewertungsmethode auch unter den Bezeichnungen „Konkurrenzbewertung“ oder „Dominanzmatrix“ bekannt.

Definition: Ein Paarvergleich ist eine betont intuitive Bewertungsmethode, in der alle Lösungen jeweils paarweise verglichen, mit einer Einzelwertung belegt und diese zu einer Gesamtwertung addiert werden.

Beim Paarvergleich werden die Lösungen in der Kopfzeile und Kopfspalte einer quadratischen Matrix (symmetrisch zur Diagonale reziproke Werte) aufgetragen.

		Lösung x ist						
		1	2	3	4	5	6	7
Lösung y	1	-	1	0	1	0	1	0
	2	0	-	0	1	0	0	0
	3	1	1	-	1	0	1	0
	4	0	0	0	-	0	0	0
	5	1	1	1	1	-	1	1
	6	0	1	0	1	0	-	0
	7	1	1	1	1	0	1	-
Summe		3	5	2	6	0	4	1
Rang		4	2	5	1	7	3	6

Bild (B040konZ) Paarvergleich von 7 Lösungen;
1 = besser; 0 = nicht besser; – = nicht bewertet

Mit dem Paarvergleich

- werden die Lösungen paarweise verglichen (vertikal gegen horizontal),
- wird entschieden welche Lösung besser bzw. schlechter ist und dieses Ergebnis in das Matrixfeld eingetragen,
- wird ein Gesamtwert durch Addition der Spaltensumme gebildet und
- daraus die Rangordnung / -folge der Lösungen (Ranking) abgeleitet.

Der Paarvergleich führt bei einer Lösungsmenge mit maximal zehn Lösungen in der Regel schnell zu einem begründeten Ergebnis über die Rangfolge. Dabei ist nur eine Aussage getroffen, ob eine Lösung

gesamthaft besser als eine andere ist. Der Unterschied wird dabei jedoch nicht quantifiziert. Trotzdem reicht das Ergebnis in vielen Fällen aus, um sich für das Konkretisieren der besten Lösungen im weiteren Entwicklungsprozess zu entscheiden.

Das Bewerten mit der Methode „Paarvergleich“ ist dann besonders zu empfehlen, wenn sich Experten einen schnellen Überblick über die Qualität eines nicht zu grossen, aber schlecht einzuschätzenden Lösungsspektrums verschaffen wollen.

7.2.2 Nutzwertanalyse

Definition: Der Produktnutzen für einen Kunden ist die Gesamtheit aller wahrgenommenen Grund- und Zusatzteilnutzen.

In Anlehnung an [Dannheim 1991 (1)] können verschiedene Nutzenarten unterschieden werden:

- der Grundnutzen (auch Gebrauchsnutzen) wird durch den Zweck repräsentiert, für den das Produkt vom Kunden erworben wird (z.B. die Möglichkeit des Transports von Personen und Gütern mit einem PKW)
- der Zusatznutzen umfasst den Individual- und Geltungs- (Sozial-)nutzen
- als Individualnutzen sind alle individuell vom Kunden erfahrbaren Teilnutzen zu betrachten, die über den eigentlichen Grundnutzen hinausgehen (z.B. die aktive und passive Sicherheit eines PKWs, Spiele bei Handys, ...)
- der Geltungsnutzen verschafft dem Kunden ein höheres Selbstwertgefühl und zu einer gesteigerten Wertschätzung durch sein Umfeld (z.B. sportliches Design, hochwertige Verarbeitung eines PKWs).

Mit dem Erwerb eines Produkts ist für den Kunden ein Aufwand in Form des Kaufpreises verbunden. Der Aufwand wird bei den meisten Produkten durch Betriebs- und Instandhaltungskosten beim Gebrauch noch erhöht.

Wenn Produkte umfassend bewertet werden sollen, müssen also alle Nutzen und Aufwände entsprechend ihrer Bedeutung für den Kunden erfasst und in die Bewertung einbezogen werden.



Bild (B853konD) Nutzen und Aufwände bei einer Kaffeemaschine
(Quelle: www.krups.de)

Diese Nutzen-Aufwandsbetrachtung gilt sinngemäss auch auf der Herstellerseite. Hier werden Aspekte der Synergie-, der Kompetenzerweiterung, des Gewinnes und der Kundenbindung als Teilnutzen aufgeführt.

Der Nutzwertanalyse liegt die Annahme zugrunde, dass ein Gesamtnutzen um so grösser ist, je mehr Teilnutzen damit erreicht werden können und je höher die einzelnen Teilnutzen sind. Deshalb werden bei der Punktbewertung die Teilnutzen für jedes Produkt systematisch ermittelt und zu einem Gesamtwert addiert.

Definition: Gesamtnutzen = Summe aller Teilnutzen

Die Punkt Bewertung nach VDI 2225 [VDI-2225 1977 (1)] besteht im Kern aus einer Folge von 7 Arbeitsschritten, die durch Werteskalen und Formblätter unterstützt werden.

Arbeitsschritte:

- *Zielvorstellungen aufstellen und Bewertungskriterien ableiten.* Die Zielvorstellungen werden aus Nutzenüberlegungen abgeleitet. Aus den Merkmalen der Zielvorstellungen lassen sich dann Bewertungskriterien ableiten.
- *Bewertungskriterien gewichten.* Bei deutlich unterschiedlicher Bedeutung der Bewertungskriterien werden diese durch Gewichtungsfaktoren berücksichtigt. Diese lassen sich durch Kundenbefragungen, Abschätzen im Team oder durch Paarvergleich ermitteln.
- *Eigenschaften der einzelnen Lösungen zusammenstellen.* Die zu bewertenden Eigenschaften der Lösungen müssen mit den Bewertungskriterien korrelieren und können durch alle Methoden, die bereits beim Konkretisieren eingesetzt wurden, ermittelt werden.
- *Allgemeine Werteskala auswählen.* Werteskalen normieren die konkreten Lösungseigenschaften auf „verrechenbare“ Werte oder Symbole. Sie stellen Standards für die Vergabe von Punkten oder Symbolen dar, denen eine verbal beschriebene Wertung zugeordnet ist.
- *Spezielle Werteskala erarbeiten.* Spezielle Werteskalen ordnen den normierten Werten der allgemeinen Werteskalen konkrete, aufgabenspezifische Werte zu.
- *Lösungseigenschaften nach Wertvorstellungen beurteilen, Teilwerte bilden.* Die Eigenschaften jeder Lösung werden mit der speziellen Werteskala in normierte Teilwerte transformiert
- *Gesamtwert bilden.* Die normierten Teilwerte werden für jede Lösung zu einem Gesamtwert addiert, wobei ungewichtete und gewichtete Teilwerte eingesetzt werden können. Bevorzugt sollen daraus Wertigkeiten ermittelt werden, die dem Grad der Annäherung einer Lösung an eine Ideallösung entsprechen

1. Zielvorstellungen aufstellen und Bewertungskriterien ableiten

Die Zielvorstellungen beschreiben die Soll-eigenschaften einer fiktiven Ideallösung. Sie werden aus den Anforderungen ermittelt oder aus Lösungseigenschaften, die im Verlauf der Produktentwicklung erkennbar werden. Beim Aufstellen von Zielvorstellungen ist anzustreben:

- Eine weitgehende Vollständigkeit der Ziele (ganzheitliche Bewertung)

- Eine weitgehende Unabhängigkeit der einzelnen Ziele (nicht das gleiche Ziel in unterschiedlichen Formulierungen mehrfach beschreiben)
- Ziele auf derselben Zielhierarchie beschreiben (nicht übergeordnete Gesamtziele auf derselben Ebene wie ein Teilziel aufführen)

Aus den Zielvorstellungen, die Eigenschaftscharakter haben, lassen sich dann die Bewertungskriterien ableiten. Den Bewertungskriterien werden sinnvolle Wertebereiche zugeordnet. Sinnvoll sind Wertebereiche dann, wenn sie den Stand der Technik und die Marktakzeptanz berücksichtigen und hierzu Eckwerte von guten bis zu gerade noch tragbaren Werten festlegen. Die Wertebereiche können teilweise direkt aus den Anforderungen abgeleitet werden, z. B. bei Bereichsforderungen.

a) Ermitteln von Zielvorstellungen (Soll-Eigenschaften)	b) Ableiten von Bewertungskriterien (Merkmale)	c) Festlegen von Wertebereichen sehr gut (++), gerade noch tragbar (--)	
hohe Zuladung	Zuladung (Z)	> 400 L Gepäck < 300 L Gepäck	++ --
geringer Energieverbrauch	Kraftstoffverbrauch (K)	6.5–7 L / 100 km 7.5–8 L / 100 km	++ --
ansprechendes Design	Design (D)	sportlich konventionell, Nutzform	++ --

Tabelle (T026konD) Zielvorstellungen, Bewertungskriterien und Wertebereiche am Beispiel eines PKW für junge Familien

2. Bewertungskriterien gewichten

Bewertungskriterien sind im allgemeinen unterschiedlich wichtig für den Nutzen einer Lösung [Birkhofer et al. 1992 (1)]. Die Wichtigkeit (Gewichtung) von Kriterien hängt von unterschiedlichen Faktoren ab:

- Konkrete Aufgabenstellung (Bedeutung des Kriteriums „Produktgewicht“ bei Diesellokomotiven oder bei Segelflugzeugen)
- Kunde (Markt) und dessen Bedarfen, Neigungen, Erfahrungen und Einstellungen (Bedeutung des Kriteriums „Zuladung“ bei PKW-Kombis oder bei Funmobilen)
- Zeitlich veränderliche Einflüssen wie Trends oder Moden (Bedeutung des Kriteriums „Benzinverbrauch“ 1960 oder 1979 (Ölkrise)).

Die Bewertungskriterien, können durch Gewichtungsfaktoren repräsentiert werden. Übliche Wertebereiche der Gewichtungsfaktoren sind 0 bis 1 bzw. 0% bis 100%. Je höher der Gewichtungsfaktor ist, um so wichtiger ist das betreffende Kriterium. Bei der Festlegung von Gewichtungsfaktoren ist allein die Relation der Gewichtungsfaktoren zueinander ausschlaggebend, nicht der Absolutbetrag. Erfahrungsgemäss führt eine Gewichtung nur in Extremfällen zu einer, gegenüber der ungewichteten Bewertung, veränderten Rangfolge der Lösungen. Sie spreizt jedoch die Gesamtwerte stärker und verstärkt damit die Unterschiede.

Gewichtungsfaktoren können mit Hilfe folgender Methoden festgelegt werden:

- Schätzen im Team
- Befragen von Kunden (Kunden-, Marktanalyse)
- Paarvergleich. Es empfiehlt sich dabei, eine 3-teilige Werteskala (2,1,0) zu verwenden, um den Grenzfall einer Spaltensumme = 0 für „gleichwichtige“ Kriterien (Kriterium fällt aus der Bewertung raus) zu vermeiden.

Im Vergleich zu:	Z	K	D
Z	1	0	0
D	2	1	0
K	2	2	1
Summe absolut	5	3	1
Summe normiert	1.0	0.6	0.2

Bild (B037konD) Gewichten von Bewertungskriterien mittels Paarvergleich am Beispiel eines PKW; 2 = wichtiger; 1 = gleich wichtig; 0 = weniger wichtig

Um das Risiko einer subjektiven Beeinflussung der Bewertung zu minimieren soll das Gewichten immer vor dem eigentlichen Bewerten durchgeführt werden! Bei gleicher oder annähernd gleicher Wichtigkeit der Kriterien ist das Gewichten nicht bewertungsrelevant und kann daher entfallen.

3. Eigenschaften der einzelnen Lösung zusammenstellen

Die zu bewertenden Lösungen werden möglichst neutral benannt und ihre Eigenschaften hinsichtlich der Bewertungskriterien beschrieben. Um die Lösungen beurteilungsfähig zu machen und eine objektive Beurteilung sicherzustellen, müssen alle Lösungen auf einen gleichen und ausreichenden Informationsstand vorliegen.

Bewerkungs-kriterium	g_i	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
Zuladung Liter Gepäck	1.0	320	420	455
L/ 100 km	0.6	7.6	7.9	6.6
Design	0.2	sportlich, grosser Individualwert	sportlich betont, sehr repräsentativ	wenig sportlich, Kombi

Tabelle (T028kond) IST-Eigenschaften ermitteln am Beispiel eines PKW

4. Allgemeine Wertskalen auswählen

Allgemeine Wertskalen sind Standards für die Vergabe von Punkten oder Symbolen, denen eine verbal beschriebene Bedeutung zugeordnet ist. Sie dienen dazu, die konkreten Eigenschaften in miteinander „verrechenbare“ Werte zu transformieren. Üblicherweise verwendete allgemeine Wertskalen werden im folgenden Bild dargestellt.

Allgemeine Wertskalen

Konkurrenz Bewertung		Stiftung Warentest		Richtlinie VDI 2225		Nutzwertanalyse	
Pkt.	Bedeutg.	Sym.	Bedeutg.	Pkt.	Bedeutg.	Pkt.	Bedeutg.
0	schlecht	--	unbefriedigend	0	unbefriedigend	0	praktisch unbrauchbar
						1	sehr mangelhaft
		-	noch tragbar	1	gerade noch tragbar	2	schwach
						3	tragbar
		0	ausreichend, zufriedenstellend	2	ausreichend	4	ausreichend
						5	befriedigend
1	gut	+	gut	3	gut	6	gut mit geringen Mängeln
						7	gut
						8	sehr gut
		++	sehr gut	4	sehr gut (ideal)	9	über die Zielvorstellung hinausgehend
						10	ideal

Tabelle (T029konZ) Übliche allgemeine Wertskalen

Je konkreter und auch differenzierter die Lösungen sind, um so detaillierter kann üblicherweise die Werteskala sein. Für die Bewertung von Konzepten hat es sich bewährt, die Werteskala nach VDI 2225 anzuwenden.

5. Spezielle Werteskalen erarbeiten

Spezielle Werteskalen ordnen den normierten Werten der ausgewählten allgemeinen Werteskala konkrete aufgabenspezifische Werte zu. Hierbei werden die sehr guten und die gerade noch tragbaren Werte der Bewertungskriterien den maximalen bzw. minimalen Punkten der allgemeinen Werteskala (z.B. 0 und 4 Punkte bei der Werteskala nach VDI 2225) zugeordnet.

Anschliessend werden die Zwischenwerte festgelegt und zugeordnet (skalieren der Eigenschaften). Üblich ist eine lineare Werteverteilung.

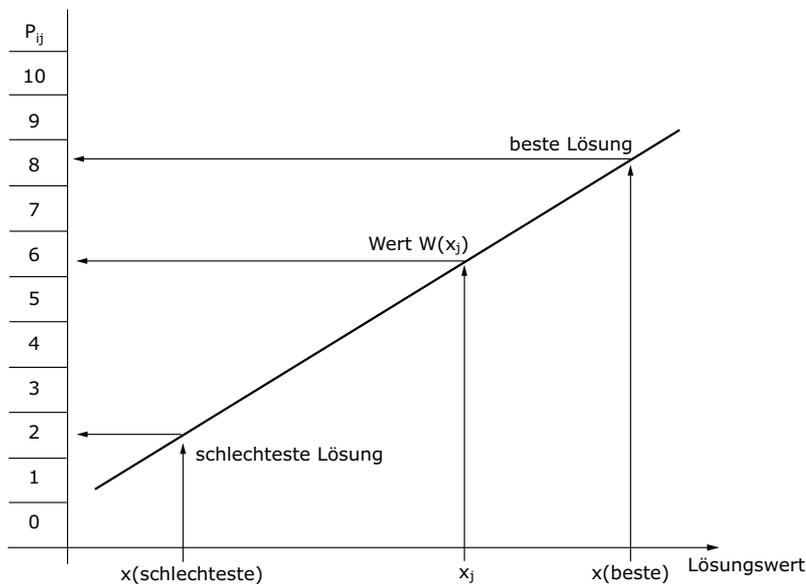


Bild (B023konZ) Spezielle Werteskala

Bewertgs.- Kriterium	Punkte (nach VDI 2225)				
	4	3	2	1	0
Zuladung (I Gepäck)	> 450	> 400	> 350	> 300	< 300
Kraftstoff- verbrauch L/ 100 km	< 6.5	< 7.0	< 7.5	< 8.0	> 8.0
Design	sportliches Image und Fahrleistung	repräsentativ sportliche Fahrleistungen	konven- tionell	konven- tionelle Nutzform	konven- tionell, bieder

Tabelle (T030konZ) Spezielle Werteskala am Beispiel eines PKW

Das Erarbeiten einer speziellen Werteskala ist der entscheidende Arbeitsschritt in einer Punktbewertung und sollte sorgfältig durchgeführt werden [Birkhofer et al. 1992 (1)].

6. Lösungseigenschaften nach Wertvorstellungen beurteilen, Teilnutzen bilden

Die Eigenschaften der zu bewertenden Lösungen werden nun mit Hilfe der speziellen Werteskala in normierte und „addierbare“ Teilwerte transformiert.

	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
Zuladung (Liter Gepäck)	1	3	4
Kraftstoffverbrauch L/100 km	1	1	3
Design	4	3	1

Tabelle (T031konD) Ermitteln der Teilwerte am Beispiel eines PKW

7. Gesamtnutzen bilden

Die einzelnen Teilnutzen können dann für jede Lösung zu einem Gesamtwert addiert werden. Dies kann sowohl ungewichtet als auch gewichtet erfolgen. Er repräsentiert entsprechend der Philosophie der Punktbewertung den aus der Addition der Teilnutzen ermittelten Gesamtnutzen.

Bewertungskriterien		Lösung 1 Norm Werte		Lösung 2 Norm Werte		Lösung 3 Norm Werte	
gew. g_i	verbale Beschreibung	ung. P_{i1}	gew. $g_i \cdot P_{i1}$	ung. P_{i2}	gew. $g_i \cdot P_{i2}$	ung. P_{i3}	gew. $g_i \cdot P_{i3}$
1.0	Zuladung (l Gepäck)	1	1.0	3	3.0	4	4.0
0.6	Kraftstoffverbrauch (l/100km)	1	0.6	1	0.6	3	1.8
0.2	Design	4	0.8	3	0.6	1	0.2
–	Gesamtwert GW_i	6	2.4	7	4.2	8	6.0

Tabelle (T032konD) Ordnungsschema zur ungewichteten und gewichteten Punktbewertung am Beispiel „Bewertung von PKWs“

Die Nutzwertberechnung erfolgt durch Normierung des Gesamtwertes.

Im ungewichteten Fall ist der Nutzwert das Verhältnis des erreichten Gesamtwertes zum maximal erreichbaren Gesamtwert (Beispiel PKW: 3 · 4 Punkte = 12 Punkte).

$$\text{Nutzwert } N_i = \frac{\text{Gesamtwert } i}{\text{max. Gesamtwert}} \quad (23)$$

Im gewichteten Fall berechnet sich der Nutzwert aus der maximalen gewichteten Punktzahl (Beispiel PKW: 1.0 · 4 + 0.6 · 4 + 0.2 · 4 = 7.2).

$$\text{Nutzwert gewichtet } N_{gi} = \frac{\text{Gesamtwert gewichtet } i}{\text{max. Gesamtwert gewichtet}} \quad (24)$$

Die Rangreihenfolge ordnet Lösungen entsprechend.

Bewertungskriterien		Lösung 1 (Norm Werte)		Lösung 2 (Norm Werte)		Lösung 3 (Norm Werte)	
		ung. P _{i1}	gew. g _i ·P _{i1}	ung. P _{i2}	gew. g _i ·P _{i2}	ung. P _{i3}	gew. g _i ·P _{i3}
1.0	Zuladung (l Gepäck)	1	1.0	3	3.0	4	4.0
0.6	Kraftstoffverbrauch (l/100km)	1	0.6	1	0.6	3	1.8
0.2	Design	4	0.8	3	0.6	1	0.2
	Gesamtwert GW _j	6	2.4	7	4.2	8	6.0
Nutzwert		N ₁	N _{g1}	N ₂	N _{g2}	N ₃	N _{g3}
		0.50	0.33	0.58	0.58	0.67	0.83
Rangfolge		3	3	2	2	1	1

Bild (B038konD) Ordnungsschema zur ungewichteten (ung.) und gewichteten (gew.) Nutzwertberechnung am Beispiel „Bewertung von PKWs“

7.2.3 Darstellung als Werteprofil

Werden nur zwei Varianten verglichen, kann die Darstellung als Werteprofil sinnvoll sein. Teil- und Gesamtwerte werden darin, gewichtet oder ungewichtet, grafisch visualisiert.

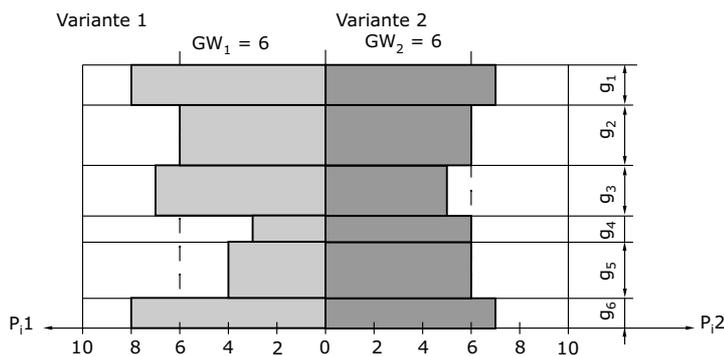


Bild (B854konD) Werteprofile für 2 Lösungen (Balkenlänge = Punktwert, Balkenbreite = Mass für Gewichtung, Flächeninhalt = Gesamtwert der Lösungsvariante).

7.2.4 Darstellung im Stärke-Diagramm

Die VDI-Richtlinie 2225 [VDI-2225 1977 (1)] schlägt die getrennte Ermittlung des Nutzwertes aus Kundensicht (technische Wertigkeit) und Unternehmenssicht (wirtschaftliche Wertigkeit) vor.

Zum Ermitteln der technischen Wertigkeit W_t werden Kriterien verwendet, die den Kundennutzen betreffen (Kundenwertigkeit).

Zum Ermitteln der wirtschaftlichen Wertigkeit W_w werden die Kriterien verwendet, die den Aufwand des Herstellers betreffen (Hersteller-Wertigkeit).

Das Ergebnis der beiden Nutzwertberechnungen wird im so genannten Stärke-Diagramm visualisiert.

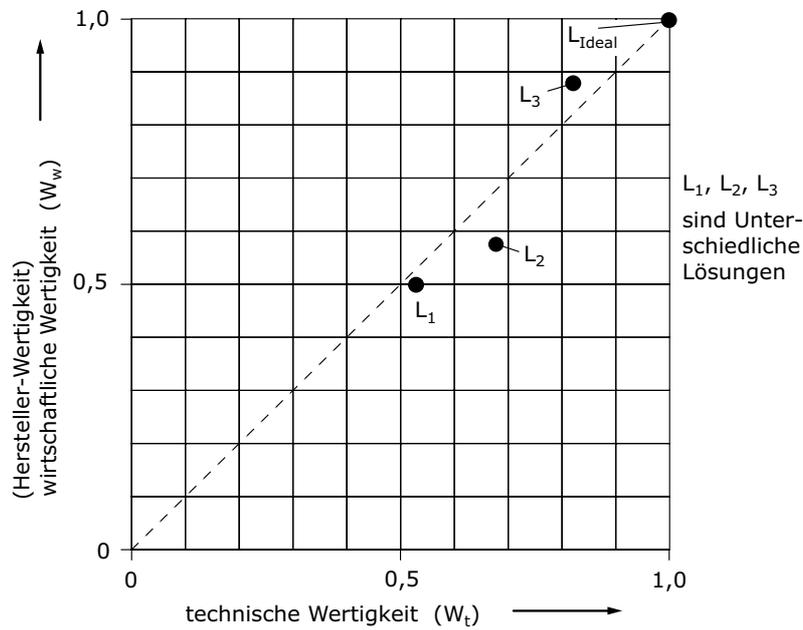


Bild (B855konD) Stärke-Diagramm zur Darstellung der technischen und wirtschaftlichen Wertigkeiten von Lösungen

Je näher eine Lösung zum Idealpunkt liegt, um so besser ist sie. Ausgewogene Lösungen mit annähernd gleicher wirtschaftlicher und technischer Wertigkeit finden sich auf der Hauptdiagonalen.

Bei der Darstellung eines Lösungsspektrums im **Stärke-Diagramm** zeigt es sich, dass die Lösungen meist in einem Band angeordnet sind.

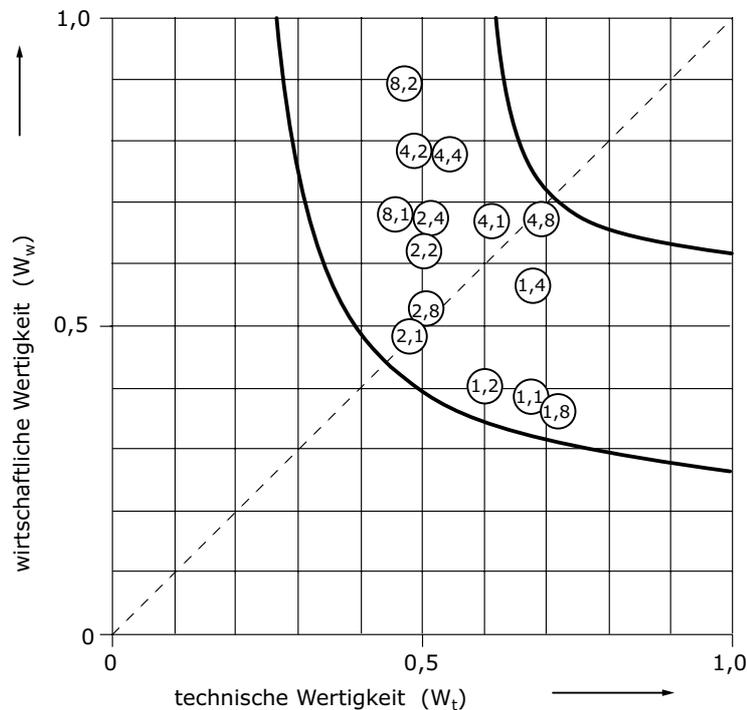


Bild (B856konD) Verteilung der Lösungen einer Dosenverschlussmaschine im Stärkediagramm

In einer derartigen Verteilung drückt sich die Dualität zwischen Nutzen und Aufwand aus. Ein grösserer Nutzen wird im Allgemeinen nur mit einem höheren Aufwand erreicht und umgekehrt.

Der Vorschlag der technisch-wirtschaftlichen Bewertung nach VDI 2225 setzt den Nutzen für den Kunden den Aufwendungen des Herstellers gegenüber. Bei einer umfassenden Betrachtung von Nutzen und Aufwand bei Kunden und Hersteller können jedoch mehrere Fälle unterschieden werden, die jeweils weitere wichtige Aussagen hinsichtlich der Chancen und Risiken von Lösungen ergeben.

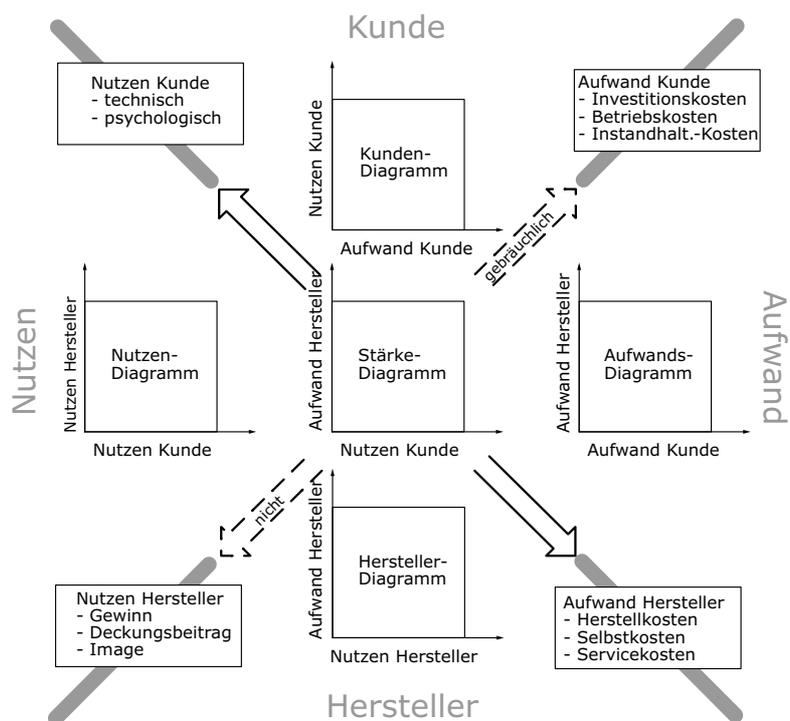


Bild (B857konD) Diagramme zur zweidimensionalen Darstellung des Aufwands und Nutzens für Kunden und Hersteller

7.3 Überprüfen und Entscheiden

Bei der endgültigen Entscheidung, welche der bewerteten Lösungen weiter verfolgt werden, sind neben den Erkenntnissen der Bewertungsergebnisse noch zusätzliche Überlegungen zu berücksichtigen:

- Bewertungsunsicherheiten abschätzen,
- Schwachstellen der Lösungen eliminieren,
- Entscheidung festlegen und begründen.

Bewertungsunsicherheiten abschätzen

Das Festlegen von Bewertungskriterien, Gewichtungsfaktoren, Wertebereichen und Werteskalen ist erfahrungsgemäss nicht immer eindeutig und unterliegt individuellen Einflüssen.

- Art und Interpretation der Darstellungsform: Die Wahl der Darstellungsform kann einen Einfluss auf das Abschneiden der Lösungen haben, da unterschiedliche Gesichtspunkte mehr oder weniger stark betont werden können.
- Abschätzen der Beurteilungsunsicherheiten, die aus personenbedingten und die verfahrensbedingten Fehler resultieren können.



Bild (B158abeZ) Bewertungsdiskussion im Team

Personenbedingte Fehler	Abhilfen
Subjektivität des Bewertenden	<ul style="list-style-type: none"> • Im Team neu bewerten • dominante Teilnehmer (z. B. Vorgesetzte) zurückhalten • bei Einzelbewertungen die Ergebnisse gemeinsam diskutieren und zu einem Gruppenergebnis zusammenfassen
Bewertungskriterien nicht für alle Lösungen geeignet	<ul style="list-style-type: none"> • Lösungen neutral bezeichnen • Kriterium umformulieren oder weglassen • Checklisten beim Ableiten vom Bewertungskriterien verwenden
Abhängigkeit der Kriterien untereinander	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen schematisieren • Kriterium umformulieren oder weglassen • Kriterien zusammenfassen (Klassen bilden) Gewichtung überprüfen, • Checklisten beim Ableiten vom Bewertungskriterien verwenden
Unvollständigkeit der Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen schematisieren • Checklisten beim Ableiten vom Bewertungskriterien verwenden

Tabelle (T034konD) Personenbedingte Fehler beim Bewerten

Verfahrensbedingte Fehler	Abhilfe
Teil- und Gesamtwerte sind keine eindeutig festen Grössen (Bereiche)	<ul style="list-style-type: none"> • Streuung der Werte grob abschätzen, • verbale Schätzangaben verwenden, • Ausgewogene Kriterien anstreben, • „realistische Bewertungen“ anstreben, • keine Zahlenarithmetik, • Ergebnis mit erstem Eindruck vor Beginn der Bewertung vergleichen

Tabelle (T050konD) Personen- und verfahrensbedingte Fehler beim Bewerten

Schwachstellen der Lösungen eliminieren

Eine Bewertung gibt konkrete Hinweise auf Schwachstellen einzelner Lösungen. Damit kann eine gezielte Überarbeitung der Lösungen angestossen werden, um

- vor der weiteren Konkretisierung zu noch besseren Ergebnissen zu kommen,
- weniger gut bewertete Lösungen mit eventuell geringem Aufwand erheblich aufzuwerten.

Die Chance der Überarbeitung von Lösungen aufgrund von Schwachstellen im Bewertungsergebnis sollte unbedingt genutzt werden, da dies im Konzeptprozess noch mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich ist.

Entscheidung festlegen und begründen

Die endgültige Entscheidung über das weitere Vorgehen bezieht die einzelnen Bewertungsergebnisse in einer Gesamtschau ein. Die Entscheidung sollte schriftlich fixiert, prägnant begründet und von den Verantwortlichen abgezeichnet werden.

8 Zusammenfassung

Der Konzeptprozess bezeichnet eine der wichtigsten Phasen der Produkt-Entwicklung. Die wesentlichsten Weichen werden gestellt. Professionelle Projektplanung mit Gliederung in Arbeitspakete, funktionelle, zeitliche und kostenorientierte Ziele und Verantwortlichkeiten sind wichtige Voraussetzungen für die Zielerreichung und Kontrolle. Basierend auf dem Pflichtenheft wird die Anforderungsliste abgeleitet und kontinuierlich ergänzt. Von dieser ausgehend wird eine Funktionsliste bzw. -struktur erstellt. Für jede Funktion gibt es eine oder mehrere Teillösungen durch intuitive oder diskursive Lösungsfindungen. Auf verschiedenen Abstraktions- bzw. Konkretisierungsniveaus wird das Produktionsmodell beschrieben. Man unterscheidet das Funktionsmodell, das Effektmodell (meist physikalische Effekte) und das Wirkmodell.

Die Teillösungen der einzelnen Funktionen werden im Ordnungschema, morphologischer Kasten genannt, geordnet dargestellt. Durch die Kombination der Teillösungen werden Varianten generiert. In einem Auswahlverfahren werden geeignete Varianten bestimmt und anschliessend in einem Bewertungsverfahren mittels Paarvergleich oder Nutzwertanalyse rangiert.

Verständnisfrage 1

Wie unterscheiden sich das intuitive und das diskursive Vorgehen? Geben Sie jeweils zwei Beispiele aus dem privaten Umfeld für die beiden Vorgehensweisen an.

Verständnisfrage 2

Sie haben den vereinfachten Konzeptprozess der Konstruktionsmethodik kennen gelernt. Vergleichen Sie den theoretisch, idealen mit einem realen Konzeptprozess, indem Sie drei wesentliche Unterschiede anführen.

Verständnisfrage 3

Sie haben den Begriff des Produktmodells kennen gelernt. Stufen Sie den Abstraktionsgrad der folgenden Produktmodelle ein (hoch, mittel, gering):

- Effektmodell
- Funktionsmodell
- Wirkprinzipmodell.

Verständnisfrage 4

Aus welchem Grund eignet sich bei der Problemlösung die Verwendung dieser Produktmodelle?

Verständnisfrage 5

Was versteht man unter dem Begriff „frühe Phasen“?
Aus welchen Gründen sollten die frühen Phasen intensiv bearbeitet werden?

Verständnisfrage 6

Erläutern Sie den Unterschied zwischen Funktion und Verhalten. Erläutern Sie diesen Unterschied anhand einer Fahrrad-Bremsanlage (Hand-Bremshebel, Bowdenzug, Bremse), indem Sie einmal die Funktion und einmal das Verhalten beschreiben.

Verständnisfrage 7

Warum ist das Arbeiten mit Funktionen oft hilfreich? Nennen Sie mindestens drei Vorteile.

Verständnisfrage 8

Nennen Sie Vor- und Nachteile einer normierten Funktionsbeschreibung.

Verständnisfrage 9

Beschreiben Sie folgende technische Produkte mit den allgemeinen Funktionen:

- Zweistufige Zahnradgetriebe
- Autobatterie
- Pneumatikzylinder
- PKW-Antriebswelle
- Solarzelle.

Verständnisfrage 10

In welchen Fällen ist eine Funktionsanalyse hilfreich? Was ist der Unterschied zu einer Funktionssynthese?

Verständnisfrage 11

Stellen Sie sich vor, Sie haben einen Bleistift, einen Textmarker und einen Kugelschreiber. Mit welchen Eigenschaften würden Sie die drei Stifte beschreiben, um sie hinreichend voneinander zu differenzieren?

Merkmale	Werte		
	Kugelschreiber	Textmarker	Bleistift

Tabelle (T035konZ) Verständnisfrage 11

Verständnisfrage 12

Wie stufen Sie den Grad der Ähnlichkeit der drei Stifte ein: Gleich, ähnliche oder unterschiedlich? Warum?

Verständnisfrage 13

Erklären Sie den Unterschied zwischen einem physikalischen Effekt und einem Wirkprinzip.

Verständnisfrage 14

Welche Wirkelemente kennen Sie? Bezeichnen Sie diese Elemente an einem Türgriff.

Verständnisfrage 15

Welche Arten von Darstellungsformen von Variantenspektren kennen Sie?

Verständnisfrage 16

Stellen Sie sich vor, Sie sind Entwickler in einem mittelständischen Werkzeugmaschinenbau-Unternehmen und sind an der Entwicklung einer neuen Spezialfräsmaschine für Kegelradverzahnungen beteiligt.

Überlegen Sie, welche Komponenten der Werkzeugmaschine Sie unter welchen Umständen bevorzugt als Zulieferteile beziehen und

welche Sie bevorzugt selbst fertigen lassen würden? Begründen Sie Ihre Überlegungen.

Verständnisfrage 17

Welche Arten von realen Lösungen kennen Sie und unter welchen Umständen würden Sie schwerpunktmässig diese recherchieren?

Verständnisfrage 18

Welche Arten von virtuellen Lösungen kennen Sie und unter welchen Umständen würden Sie schwerpunktmässig diese recherchieren?

Verständnisfrage 19

Wie unterscheiden sich Lösungssammlungen von Konstruktionskatalogen?

Verständnisfrage 20

In welchen Fällen würden Sie eher einen Konstruktionskatalog, wann eher Zulieferkataloge nutzen, um vorhandene Lösungen zu recherchieren?

Verständnisfrage 21

Welches sind die Voraussetzungen für das Erarbeiten prinzipieller Gesamtlösungen?

Verständnisfrage 22

Wie viele Konzeptvarianten ergeben sich bei einer vollständigen systematischen Kombination in folgendem Fall:

- Teilfunktion 1 → 3 mögliche Teillösungen
- Teilfunktion 2 → 2 mögliche Teillösungen
- Teilfunktion 3 → 4 mögliche Teillösungen
- Teilfunktion 4 → 1 mögliche Teillösung

Verständnisfrage 23

Welche Probleme treten beim Erarbeiten von Konzeptvarianten auf, wenn sie kombinatorisch generiert werden?

Verständnisfrage 24

Was müssen Sie hinsichtlich der Vollständigkeit Ihres zu erarbeitenden Lösungsfeldes bedenken, wenn Sie Reduktionsstrategien zur Reduzierung eines Morphologischen Kastens anwenden?

Verständnisfrage 25

Wofür kann man die Methode „Verträglichkeitsmatrix“ verwenden und worauf basiert die Leistungsfähigkeit dieser Methode?

Verständnisfrage 26

Schätzen Sie ab, unter welchen Rahmenbedingungen der Einsatz der unterschiedlichen Methoden zur Konkretisierung geeignet ist.

Methode	Kriterien	
	Ressourcen – Personal, Mittel (klein, mittel, gross)	
Recherchieren		
Befragen von Kollegen		
Anordnungs- oder Gestaltungsstudien		
Experimentieren		
Eigene Erfahrungen		
Berechnen und Simulieren		

Tabelle(T036konZ) Verständnisfrage 26

Verständnisfrage 27

Sie wollen einen Laptop erwerben und recherchieren hierfür eine Vielzahl von Angeboten sowohl auf dem Gebrauchtmrkt als auch auf dem Markt für Neugeräte.

Stellen Sie mindestens 4 Auswahlkriterien auf, um die Anzahl der Angebote in einem ersten Schritt zu reduzieren.

Nachdem nun noch eine geringe Anzahl von Angeboten vorliegt, wollen Sie eine Bewertung durchführen, um das für Sie am besten geeignete Gerät bestimmen zu können.

Stellen Sie mindestens 5 Bewertungskriterien auf und legen Sie die zugehörigen Wertebereiche fest.

Bewertungskriterium	Wertebereich	
	Sehr gut	Gerade noch tragbar

Tabelle (T037konZ) Verständnisfrage 27

Da der neue Computer eine grössere Investition für Sie bedeutet, streben Sie ein möglichst objektives Urteil der verschiedenen Geräte an. Sie wollen die Kriterien gewichten. Führen Sie dies durch.

Sie haben verschiedene Allgemeine Wertskalen für eine Punktbewertung kennen gelernt. Welche Allgemeine Wertskala wählen Sie für die Bewertung der Computer aus und warum? Führen Sie dies durch.

Ihnen liegen noch zwei interessante Angebote vor:

- Angebot 1: Monitor 16"; 2.8 kg; CHF 2900.-; 30 HD; W-LAN integriert; M integriert.
- Angebot 2: Monitor 15"; 2.2 kg; CHF 2300. -; 30 HD; W-LAN extern; M integriert.

Welchen wählen Sie?

Antwort 1

Intuitives Vorgehen löst eine Problemstellung als Gesamtes durch multiples und unbewusstes Denken. Beispiel: Geschenk für Geburtstag ausdenken.

Diskursives Vorgehen strukturiert das Gesamtproblem in Einzelschritte, vielfach methodisch unterstützt. Beispiel: Planung eines Umzuges.

Antwort 2

Im idealen Prozess sind die Teilprozesse sequenziell geordnet. Im realen Fall existieren Rücksprünge, Iterationen.

Im idealen Fall werden alle Teilprozesse durchlaufen. Im Realen werden einzelne Teilprozesse übersprungen.

Im idealen Prozess helfen Methoden immer weiter. Im realen Verlauf ist dies nicht garantiert.

Antwort 3

- Hoch: Funktionsmodell
- Mittel: Effektmodell
- Gering: Wirkprinzip

Antwort 4

Das Formulieren eines Problems auf höherer Abstraktionsstufe hilft Denkbarrieren zu überwinden.

Antwort 5

Markt-Leistungsprozess als auch Konzeptprozess wird als frühe Phase bezeichnet. In diesen Teilprozessen werden wesentliche Weichen gestellt.

Antwort 6

Funktionsgliederung



Bild (B021konz) Funktionsgliederung

Verhalten

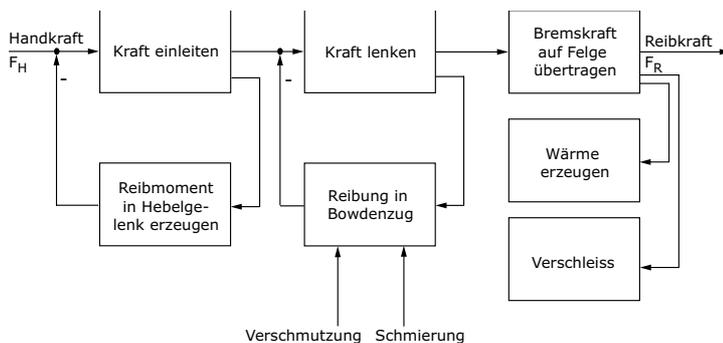


Bild (B022konz) Verhalten

Antwort 7

- Es abstrahiert das Produkt auf lösungsneutrale Ebene.
- Es hilft einen grösseren Lösungsraum zu erzeugen.
- Es gibt einen Überblick über Variationsmöglichkeiten.
- Es zeigt Minimalstrukturen auf.

Antwort 8

Vorteile:

- Die Beschreibung ist normiert und durch Lösungskataloge unterstützt.
- Sie führt zu weniger Missverständnissen.

Nachteile:

- Schwierig zu verstehen, da sehr abstrakt.

Antwort 9

- Zahnradgetriebe: Energie umformen
- Autobatterie: Energie speichern
- Pneumatikzylinder: Energie umwandeln
- PKW Antriebswelle: Energie leiten
- Solarzelle: Energie umwandeln

Antwort 10

Die Analyse eignet sich gut für die abstrakte Beschreibung von bestehenden Produkten. Das Produkt wird dabei in Teilfunktionen zerlegt und die bestehenden Verknüpfungen beschrieben. Die Synthese wird für Neuentwicklungen eingesetzt, um das noch unbekanntes Produkt zu beschreiben.

Antwort 11

Eigenschaften von Schreibstiften

Merkmale	Werte		
	Kugelschreiber	Textmarker	Bleistift
Strichstärke	mittel	breit	dünn
Radierbarkeit	nein	nein	ja
Strichfarbe	blau	gelb	grau
Wiederauffüllbarkeit	ja	ja	nein

Tabelle (T038konZ) Eigenschaften von Schreibstiften

Antwort 12

Aus Sicht der obigen Eigenschaften sind die Objekte ähnlich, denn sie sind mit gleichen Merkmalen charakterisierbar. Gleich wären sie, wenn auch die Ausprägungen identisch sind; unterschiedlich wären sie, wenn die Merkmale nicht vergleichbar wären.

Antwort 13

Das Wirkprinzip ist konkreter, baut auf physikalischen Effekten auf, wird jedoch durch geometrische, werkstoffspezifische, kinematische etc. Eigenschaften ergänzt.

Antwort 14

Wirkelemente sind: Wirkkörper, Wirkflächen, Wirkraum und Wirkbewegung.

Bei einem Türgriff wäre der Wirkkörper der Griff selber u.U. auch der Stift, welcher Griff mit Vierkant verbindet. Die Wirkfläche ist der Bereich der mit der Hand in Berührung kommt und auf den die Öffnungskraft wirkt. Auch eine Wirkfläche ist das Vierkantloch, welches das Moment auf den Vierkant überträgt. Die Wirkbewegung ist die Schwenkbewegung und der Wirkraum der umhüllende Raum im ruhenden und geschwenkten Zustand.

Antwort 15

Variantenbaum und Ordnungsschema

Antwort 16

Konzeptionell kann diese Maschine vereinfacht aus den folgenden Modulen aufgebaut werden:

- Zahnradaufnahme,
- Werkstück-Positioniermodul,
- Spindel,
- Werkzeugaufnahme,
- Gestell,
- Steuerung und
- Bedienung.

Aus Zuliefererkatalogen könnten die folgenden Komponenten gesucht werden:

- Zahnradaufnahme: Spannmittel (<http://www.gressel.ch/>)
- Werkstückpositioniermodul: lineare und rotative Positionier-tische (www.ina.com; <http://www.schneeberger.ch/>)

- Spindel: Standardspindeln (<http://www.steptec.com/>)
- Werkzeugaufnahme: Standardisierte Spannfutter
- Steuerung: Steuerungskomponenten für die Antriebe direkt von den Motorenlieferanten (<http://www.infranor.ch/>) Ablaufsteuerung durch SPS-Steuerung (www.siemens.com)
- Bedienung: Unter Umständen von den Lieferanten der SPS

Trotz dieser grossen Anzahl käuflicher Komponenten und Module verbleibt ein grosser Anteil an Ingenieurarbeit die Baugruppen zu einem System mechanisch als auch elektrisch zu verknüpfen.

Antwort 17

Reale Lösungen sind auf dem Zuliefermarkt zu finden und werden fast grundsätzlich vorrangig analysiert und bewertet.

Antwort 18

Virtuelle Lösungen findet man in Lösungssammlungen, Konstruktionskatalogen, Patenten, Fachbüchern etc.

Antwort 19

Lösungssammlungen sind lose Zusammenstellungen von Lösungen ohne tiefe Systematik; Konstruktionskataloge sind merkmalsorientiert strukturiert.

Antwort 20

Für die Suche nach prinzipiellen Lösungen, Effekten und Wirkprinzipien in einer frühen Phase eignen sich Konstruktionskataloge. Auch bevorzugt bei Entwicklungsvorhaben mit hoher Bedeutung. Zulieferkataloge kommen in einer späteren Phase zum tragen.

Antwort 21

Wesentliche Voraussetzungen sind eine Anforderungsliste und eine Funktionsstruktur.

Antwort 22

$$N = 3 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1 = 24$$

Antwort 23

Variantenflut mit vielen unbrauchbaren Lösungen (Variantenschrott) oder sehr ähnlichen Lösungen.

Antwort 24

Jede Reduktionsstrategie eliminiert oder verdeckt Varianten des gesamten Lösungsspektrums. Strategien müssen sehr sorgfältig und bewusst erfolgen. Teilweise werden zusammengefasste Lösungen später wieder aufgefächert.

Antwort 25

Die Verträglichkeitsmatrix ist eine effiziente und vor allem überblickbare Methode, um Teillösungen paarweise in Bezug auf die gegenseitige Verträglichkeit zu überprüfen.

Antwort 26

Welche Methode sich am besten eignet, ist stark situationsabhängig und entsprechend sind die die Antworten situationspezifisch.

Methode	Kriterien	
	Verfügbare Zeit (klein, mittel, gross)	Ressourcen – Personal, Mittel (klein, mittel, gross)
Recherchieren	mittel	klein, mittel
Befragen von Kollegen	klein	klein
Anordnungs- oder Gestaltungsstudien	mittel	mittel
Experimentieren	hoch	hoch
Eigene Erfahrungen	klein	klein
Berechnen und Simulieren	klein, mittel	mittel

Tabelle (T039konZ) Methode – Kriterien

Antwort 27

Auswahlkriterien:

- Preis unter CHF 3000.–
- Monitorgrösse mind. 14"
- DVD integriert
- RAM-Grösse mind. 512 MB

Bewertungskriterium	Wertebereich	
	sehr gut	gerade noch tragbar
Monitorgrösse	16"	14"
Gewicht	2 kg	3 kg
Preis (in CHF)	2000.–	3000.–
Harddisk	40 GB	25 GB
Wireless	integriert	extern
Modem	integriert 128	extern

Tabelle (T040konZ) Bewertungskriterien – Wertebereich

Gewichten der Kriterien durch Paarvergleich:

	Monitorgrösse	Gewicht	Preis	Harddisk	Wireless	Modem
Monitorgrösse	1	0	2	0	0	0
Gewicht	2	1	2	0	0	0
Preis	0	0	1	0	0	0
Harddisk	2	2	2	1	1	1
Wireless	2	2	2	1	1	1
Modem	2	2	2	1	1	1
Gesamt	9	7	11	3	3	3
normiert	0.82	0.64	1.0	0.27	0.27	0.27

Tabelle (T041konZ) Gewichten der Kriterien durch Paarvergleich;
2 = wichtiger; 1 = gleich wichtig; 0 = weniger wichtig

Werteskala: Da durch Prospekte sehr exakte Werte vorliegen, könnte eine Skala von 1–10 eingesetzt werden.

Spezielle Werteskala:

	Punkte					
	3	4	5	6	7	8
Monitorgrösse	14	14.4	14.8	15.2	15.6	16
Gewicht	3	2.8	2.6	2.4	2.2	2
Preis	3000	2800	2600	2400	2200	2000
Harddisk	25	28	31	34	37	40
Wireless	extern	–	–	–	–	integriert
Modem	extern	–	–	–	–	integriert

Tabelle (T042konZ) Spezielle Werteskala

Bewertung:

Kriterium	Gewichtung	Angebot 1		Angebot 2	
		P	P_g	P	P_g
Monitor	0.82	8	6.56	6	4.92
Gewicht	0.64	4	2.56	7	4.48
Preis	1.0	3	3.0	6	6
Harddisk	0.27	5	1.35	5	1.35
Wireless	0.27	8	2.16	3	0.81
Modem	0.27	8	2.16	8	2.16
Summen		36	17.8	35	19.72
Rang		2		1	

Tabelle (T043konZ) Bewertung

In der Bewertung erkennt man aber auch eine grosse Sensitivität vor allem des Preiskriteriums. Eine nur leichte Variation der Bewertung lässt die kleine Distanz von 10% schrumpfen.

Relevante Cases

- Stanzautomat
- Kühlschrank
- Jeansknopf
- Uhren
- Verpackungsanlage
- Bohrdübel
- Nietanlage

Publikationsverzeichnis – Literatur

- [1] Altshuller, Genrich S. (1998): Erfinden – Wege zur Lösung technischer Probleme; Verlag Dr. Prof. Martin Möhrle
- [2] Anderl, R. (1996): Produktdatentechnologie. Umdruck zur Vorlesung, Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion; Darmstadt
- [3] Ayan, Jordan (1997): Aha! 10 Ways to Free Your Creative Spirit and Find Your Great Ideas; Random House (ISBN: 0-517-88400-3)
- [4] Bauer, Horst (2004): Kraftfahrtechnisches Taschenbuch; Vieweg, 25. Auflage, Wiesbaden
- [5] Bennis, Warren und Biederman, Patricia W. (1998): Geniale Teams. Das Geheimnis kreativer Zusammenarbeit; Campus Verlag, Frankfurt a. M.
- [6] Birkhofer, H. (1980): Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte; Fortschritts Berichte, VDI-Z. Reihe 1, Nr. 70, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [7] Birkhofer, H. (1990): Von der Produktidee zum Produkt – Eine kritische Betrachtung zur Auswahl und Bewertung in der Konstruktion; Festschrift Gerhard Pahl, Prof. Dr. F. G. Kollmann, Dipl.-Ing. U. Müller (Hrsg.), TH Darmstadt, S. 195 – 204
- [8] Birkhofer, H. (1992): Erfolgreiche Produktentwicklung mit Zulieferkomponenten; VDI-Berichte Nr. 953, S. 155 – 170
- [9] Birkhofer, H. (1993): Vom Produktvorschlag zum Produktflop – mit Planung und Methodik ins Desaster; in: Strohschneider, S. u. R. v. d. Weth (Hrsg.) Ja, mach nur einen Plan. Pannen und Fehlschläge – Ursache, Beispiele, Lösungen. Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle
- [10] Birkhofer, H.; Göker, M. und K. H. Beelich (1992): Einsatz wissensbasierter Systeme beim Beurteilen; in: Wissensbasierte Systeme in der Konstruktions- und Arbeitsplanung; Hrsg.: VDI-EKV, Gl.: VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 97 – 103

- [11] Birkhofer, H. und Reinemuth, J. (1993): Zulieferer im Wettbewerb; VDI-Berichte Nr. 1098
- [12] Birkhofer, H., Büttner, K., Reinemuth, J. und Schott, H. (1995): Netzwerkbasierendes Informationsmanagement für die Entwicklung und Konstruktion – Interaktion und Kooperation auf virtuellen Marktplätzen; Konstruktion 47, S. 155 – 173
- [13] BMBF-Patentinitiative (1996): Patente schützen Ideen. Ideen schaffen Arbeit; Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Bonn
- [14] Brodbeck, Karl-Heinz (2002): Mut zur eigenen Kreativität. Wie wir werden, was wir sein können; Herder, Freiburg
- [15] Bronstein, Ilja N.; Zeidler, Eberhard und Grosche, Günter (2003): Teubner-Taschenbuch der Mathematik; B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig
- [16] Bullinger, Hans-Jörg und Hermann, Sibylle (Hrsg.) (2000): Wettbewerbsfaktor Kreativität. Strategien, Konzepte und Werkzeuge zur Steigerung der Dienstleistungsperformance; Dr. Th. Gabler Verlag, Wiesbaden
- [17] Busch, Burkhard G. (1999): Erfolg durch neue Ideen; Cornelsen, Düsseldorf
- [18] Büttner, K. und Birkhofer, H. (1996): Mit Online-Produktkatalogen den Nutzen für Zulieferer und Abnehmer steigern; Konstruktion 48, S. 174 – 182
- [19] Buzan, Tony und Keene, Raymond (1994): Buzan's Book of Genius: And How to Unleash Your Own; Random House
- [20] Buzan, Tony (1999): Kopftraining. Anleitung zum kreativen Denken. Tests und Übungen; Goldmann, München
- [21] Buzan, Tony und Buzan, Barry (2003): The Mind Map Book; BBC Books
- [22] Buzan, Tony (1991): Use Both Sides of Your Brain; Plume, New York
- [23] Caroselli, Marlene (1994): Breakthrough Creativity. Developing Ideas That Make a Difference; Cambridge Interactive Publications Ltd
- [24] Daenzer, Walter F. (Hrsg.) (1999): Systems Engineering – Methodik und Praxis; Verlag Industrielle Organisation, 10. Auflage, Zürich
- [25] Dannheim, F. (1999): Die Entwicklung umweltgerechter Produkte im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie – Eine Analyse unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungsphase; Fortschritt-Berichte VDI Reihe 1 Nr. 320, Düsseldorf, S. 114ff

- [26] DeBono, Edward (1999): Serious Creativity. Die Entwicklung neuer Ideen durch die Kraft lateralen Denkens; Schäfer Verlag, Stuttgart
- [27] DeBono, Edward (2004): Six Action Shoes; Profile Books
- [28] Derhake, T. (1990): Methodik für das rechnerunterstützte Erstellen und Anwenden flexibler Konstruktionskataloge; Dissertation TU Braunschweig
- [29] Design Zentrum Hessen (Hrsg.) (1995): BESSER SEIN - Wettbewerbsfähig mit Design; Darmstadt
- [30] Diekhöner, G. (1978): Systematische Lösungsfindung mit Konstruktionskatalogen; VDI-Z 120 Nr. 8, S. 351-357
- [31] Dilts, Robert; Epstein, Todd und Dilts, Robert W.: Tools for Dreamers; Meta Publications, Cupertino CA
- [32] Dörner, Dietrich (1994): Problemlösen als Informationsverarbeitung; Kohlhammer, Stuttgart
- [33] Dreibholz, D. (1975): Ordnungsschemata bei der Suche von Lösungen; Konstruktion 27, S. 233-240
- [34] Ealy, C. Diane, Ph. (2000) The Woman's Book of Creativity; Celestial Arts
- [35] Ehrlenspiel, Klaus (2003): Integrierte Produktentwicklung: Denkaubläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit; Carl Hanser Verlag, München
- [36] Eiletz, Richard (1999): Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte; Shaker Verlag, Aachen
- [37] Ewald, O. (1982): Lösungssammlungen für das methodische Konstruieren; VDI, Düsseldorf
- [38] Figel, Klaus (1988): Optimieren beim Konstruieren; Carl Hanser Verlag, München, Wien
- [39] Fisher, Marsh (1995): The IdeaFisher; Peterson's Parcesetter Books
- [40] Fobes, Richard (1995): The Creative Problem Solver's Toolbox. Solutions Through Innovation; Corvallis OR
- [41] Franke, H.-J. (1976): Untersuchungen zur Algorithmisierbarkeit des Konstruktionsprozesses; Fortschritts-Berichte VDI-Z, Reihe 1, Nr. 47, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [42] Frankenberger, E. (1997): Arbeitsteilige Produktentwicklung; Fortschritts-Berichte VDI-Z, Reihe1, Nr. 291, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [43] Fricke, G. (1993): Konstruieren als flexibler Problemlöseprozess – Empirische Untersuchung über erfolgreiche Strategien und methodische Vorgehensweisen beim Konstruieren; Fort-

- schritts- Berichte VDI-Z, Reihe 1, Nr. 227, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [44] Gardner, Howard (1996): So genial wie Einstein. Schlüssel zum kreativen Denken; Klett-Cotta, Stuttgart
 - [45] Geisselhart, Roland R. und Christine Burkhard (1997): Gedächtnispower. Bildhaftes Denken. Kreativität. Intelligenz; GABAL, Offenbach
 - [46] Gentsch, Peter und Dold, Edelbert (2000): Innovationsmanagement. Handbuch für mittelständische Unternehmen; Luchterhand Fachbücher
 - [47] Grote, Karl-Heinrich und Feldhusen, Jörg (Hrsg.) (2004): DUBBEL – Taschenbuch für den Maschinenbau; Springer Verlag, 21. Auflage, Berlin u.a.
 - [48] Heidemann, Bernd (2001): Trennende Verknüpfung – Ein Prozessmodell als Quelle für Produktideen (Arbeitstitel); Dissertation TU Darmstadt, VDI-Verlag, Düsseldorf
 - [49] Herb, Rolf; Herb, Thilo und Kohnhauser, Veit (2000): TRIZ – Der systematische Weg zur Innovation; Verlag Moderne Industrie, Landsberg
 - [50] Higgins, James M. (1994): 101 Creative Problem Solving Techniques; The New Management Publishing Company, Winter Park FL
 - [51] Higgins, James M. und Wiese, Gerold G. (1996): Innovationsmanagement. Kreativitätstechniken für den unternehmerischen Erfolg; Springer-Verlag
 - [52] Hoffherr, Glen D.; Moran, John W. und Nadler, Gerald (1994): Breakthrough Thinking in Total Quality Management; Prentice Hall Trade
 - [53] Hubka, Vladimir (1984): Theorie Technischer Systeme; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin
 - [54] Kellner, Hedwig (1999): Die besten Kreativitätstechniken in 7 Tagen. Wofür man sie braucht, was sie bringen, wie man sie anwendet; Moderne Verlagsgesellschaft, München
 - [55] Keutgen, I. (2000): Vom Zulieferer zur Zulieferkomponente – Gezielte Informationsbereitstellung in der Produktentwicklung durch den virtuellen Marktplatz CompoNet; Fortschritts-Berichte VDI-Z, Reihe 20, Nr. 319, VDI-Verlag, Düsseldorf
 - [56] Kao, John (1996): Jamming: The Art and Discipline of Business Creativity; Harper Collins, New York
 - [57] Koller, R. (1994): Konstruktionslehre für den Maschinenbau; Springer-Verlag, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York

- [58] Lumsdaine, Edward und Monika (2000): Creative Problem Solving. Thinking Skills for a Changing World; McGraw Hill
- [59] Magee, Patrick T. (1996): Braindancing
- [60] Marra, James L. (1990): Advertising creativity: Techniques for Generating Ideas; Prentice Hall, N.J.
- [61] Mattimore, Bryan W. (1994): 99% Inspiration; Amacom (American Management Assotiation)
- [62] Meadows, Dennis (2001): Die Grenzen des Wachstums (Bericht des Club of Rome); Deutsche Verlags-Anstalt DVA, Stuttgart
- [63] Morgan, Michael (1993): Creating Workforce Innovation; Business and Professional Publishing, Sydney
- [64] Mukerjea, Dilip (1998): Brainfinit;, Oxford University Press, Singapore
- [65] Müller, Johannes (1990): Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften; Springer Verlag, Berlin
- [66] Nadler, Gerald und Hibino, Shozo (1998): Breakthrough Thinking; Prima Publishing
- [67] Nadler, Gerald und Hibino, Shozo (1999): Creative Solution Finding; Prima Publishing
- [68] Nickels, R. und Reeg, B. (1991): Wege zur Patent- und Markeninformation; Hessische Landes- und Hochschulbibliothek, Patentinformationszentrum
- [69] Nolan, Vincent (1989): The Innovator's Handbook – Problem Solving, Communication & Teamwork; Penguin Books, London
- [70] Oerter, Rolf (1974): Psychologie des Denkens; Verlag Ludwig Auer, Donauwörth
- [71] Pahl, Gerhard und Beitz, Wolfgang (1993): Konstruktionslehre; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [72] Pahl, Gerhard und Beitz, Wolfgang (1997): Konstruktionslehre; Springer-Verlag, Berlin
- [73] Pahl, Gerhard und Beitz, Wolfgang (2004): Konstruktionslehre; Springer-Verlag, Berlin
- [74] Pepels, Werner (1999): Innovationsmanagement; Cornelsen, Düsseldorf
- [75] Plsek, Paul E. (1997): Creativity, Innovation and Quality; ASQ Quality Press
- [76] Popitz, Heinrich (2002): Wege der Kreativität; Mohr Siebeck
- [77] Reinemuth, J. (1995): Hypermediale Produktkataloge – flexibles Bereitstellen und Verarbeiten von Informationen über Zulieferinformationen; Fortschritts-Berichte, VDI-Reihe 20, Nr. 175, VDI-Verlag, Düsseldorf

- [78] Reinemuth, J. und Birkhofer, H. (1994): Hypermediale Produktkataloge – flexibles Bereitstellen und Verarbeiten von Informationen über Zulieferinformationen; Konstruktion 46, 395-404, Springer-Verlag
- [79] Reinhart, Gunther; Lindemann, Udo und Heinzl, Joachim (1996): Qualitätsmanagement; Springer-Verlag, Berlin
- [80] Roth, Karlheinz (1994): Konstruieren mit Konstruktionskatalogen; Band 1: Konstruktionslehre, Band 2: Kataloge, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [81] Rodenacker, W. G. (1984): Methodisches Konstruieren. Grundlagen, Methodik, praktische Beispiele; Konstruktionsbücher 27. Band, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [82] Scheitlin, Victor (1993): Kreativität. Das Handbuch für die Praxis; Orell Füssli, Zürich
- [83] Schlicksupp, Helmut (2004): Ideenfindung; Vogel-Verlag, Würzburg
- [84] Schneider, J. (1985): Konstruktionskataloge als Hilfsmittel bei der Entwicklung von Antrieben; Dissertation TU Darmstadt
- [85] Schneider, M. (2001): Produktentwicklungsmethodik in der Praxis – Empirische Untersuchung von kooperationsprojekten in Verbund Hochschule – Industrie als Grundlage zum Verändern, Anpassen und Vermitteln von Produktionsmethoden (Arbeitstitel); Dissertation TU Darmstadt
- [86] Seeger, H. (1992): Design technischer Produkte, Programme und Systeme; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [87] Thompson, Charles „Chic“ (1992): What a Great Idea! Key Steps Creative People Take; HarperCollins Publishers Inc.
- [88] Thompson, Charles „Chic“ (1994): Yes, But... The Top 40 Killer Phrases and How You Can Fight Them; HarperCollins Publishers Inc.
- [89] Vahs, Dietmar und Burmester, Ralf (2005): Innovationsmanagement. Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung; Schäffer-Poeschel, Stuttgart
- [90] Vance, Mike und Deacon, Diane (1997): Think Out of the Box; Career Press
- [91] VDI-Richtlinie 2221 (1993): Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte; VDI-Verlag, Düsseldorf
- [92] VDI-Richtlinie 2222, Blatt 1 (1973): Konstruktionsmethodik – Konzipieren technischer Produkte; VDI-Verlag, Düsseldorf

- [93] VDI-Richtlinie 2222-82, Blatt 2 (1982): Konstruktionsmethodik: Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen; Beuth-Verlag, Berlin
- [94] VDI-Richtlinie 2222, Blatt 1 (1996): Konstruktionsmethodik – Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien; VDI-Verlag, Düsseldorf
- [95] VDI-Richtlinie 2225 (1977): Technisch-wirtschaftliches Konstruieren; VDI-Verlag, Düsseldorf
- [96] VDI-Richtlinie 2860 (1990): Montage- und Handhabungstechnik, Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen, Begriffe, Definitionen, Symbole; Beuth Verlag, Berlin
- [97] VDI-Richtlinie 3239 (1996): Sinnbilder für Zubringerfunktionen; Beuth Verlag, Berlin, Köln
- [98] Volkamer, Klaus (1996): Intuition, Kreativität und ganzheitliches Denken. Neue Wege zum bewussten Handeln; Suhrkamp Verlag
- [99] Wack, Otto Georg u.a. (1998): Kreativ sein kann jeder; Windmühle Verlag
- [100] West, Michael A. (1999): Innovation und Kreativität. Praktische Wege und Strategien für Unternehmen mit Zukunft; Beltz Fachbuch Verlag
- [101] Wycoff, Joyce (1991): Mindmapping – Your Personal Guide to Exploring Creativity and Problem-Solving; Berkley Publishing Group
- [102] Zangemeister, Christof (1976): Nutzwertanalyse in der Systemtechnik; Wittmansche Buchhandlung, 4. Auflage, München
- [103] Züst, Rainer (2004): Einstieg ins Systems Engineering, Verlag Industrielle Organisation, Zürich
- [104] Zwicky, Fritz (1966 – 1971): Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild; Droemer-Knauer, München

Entwurfsprozess

Autor: Prof. Dr. Markus Meier

1 Überblick

Motivation – Rasenmäher

Drei Bilder aus der Entwicklung eines Rasenmähers (Studienprojekt des Jahres 2000 an der ETH) zeigen verschiedene Stadien des Entwicklungsprozesses.

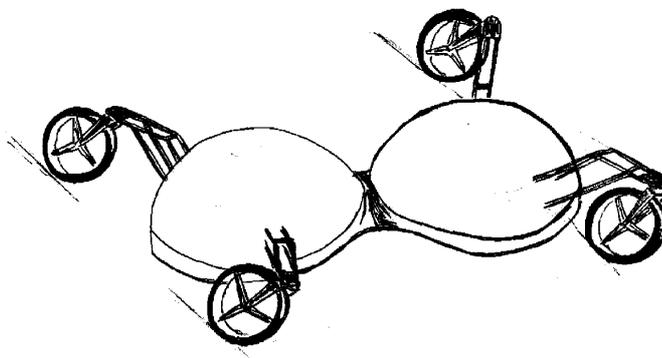


Bild (B946entZ) Ideenskizze eines vierrädrigen Rasenmäherfahrgestelles



Bild (947entZ) Weiterentwickelte CAD Zeichnung der ersten Idee



Bild (948entZ) Fertige CAD Version des nun dreirädrigen Rasenmähers

Von den **Prinzipzeichnungen** und Funktionsmustern im Konzeptprozess, bis zum fertig gestalteten, CAD erfassten Produkt ist es ein langer Weg. Unzählige Entscheidungen über Formgebung, Materialwahl und Fertigungsmethoden müssen gefällt werden. Jede Entscheidung ist mit anderen Entscheidungen gekoppelt. Berechnungen, Visualisierungen und Simulationen werden durchgeführt, um am Ende ein qualitativ hervorragendes Produkt zu erhalten.

Lernziele

Die Studierenden:

- können den Entwurfsprozess einordnen und den Input, die Ziel und den Output erläutern.
- kennen die Strategien des Gestaltens und können diese beschreiben.
- kennen weitere Richtlinien und Regeln und sind in der Lage, diese an einer Konstruktion zu interpretieren und zu diskutieren.
- verstehen den Begriff und die Bedeutung des **Kraftflusses** und können Kraftflüsse in Konstruktionen zuordnen und diskutieren.
- sind in der Lage konstruktive Verbesserungen an bestehenden Konstruktionen vorzuschlagen.

- können Methoden aufzählen und die Zielsetzungen beschreiben.

Einleitung

Der Entwurfsprozess lässt sich im Gesamtentwicklungsprozess zwischen dem Konzeptprozess (in VDI 2221 Ausarbeitung genannt) und dem Dokumentationsprozess eingliedern. Im Entwurfsprozess werden alle Eigenschaften des zukünftigen Produktes in Bezug auf die Produkt-Struktur (**Baustruktur**) als auch Material, Oberflächen, Design, Fertigungsverfahren usw. festgelegt. Dieser Prozess ist - abhängig von der Produktart, den Personen und den eingesetzten Werkzeugen - sehr unterschiedlich geartet. Die sprunghafte Arbeitsweise von grob zu detailliert, von abstrakt zu real ist nicht (oder nur fragmentiert) in einem geradlinigen Prozessablauf abbildbar.

Verschiedenste Strategien, Regeln, Vorschriften und Richtlinien helfen jedoch, die **Qualität** des Prozesses sowohl in funktioneller und zeitlicher als auch in kostenorientierter Sicht effizient und effektiv, vor allem aber bewusst zu machen. Die Sektion „Entwurfsprozess“, angelehnt an die Norm DIN 2223 (Entwurf), ordnet die verschiedensten Aspekte und verhilft zu diesem Überblick des Gesamtprozesses.

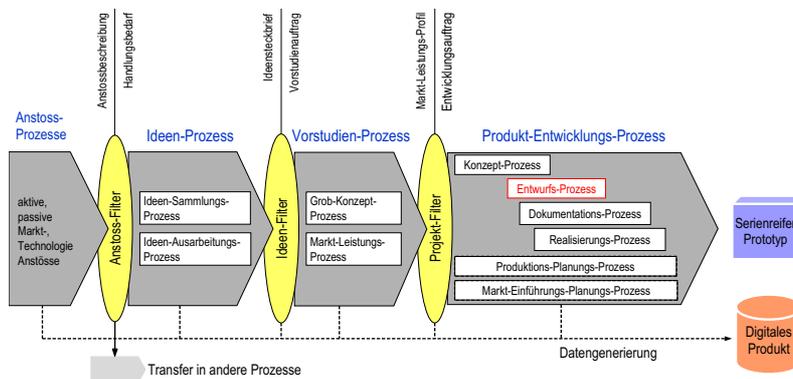


Bild (B110entZ) Innovationspfeil

2 Verschiedene Aspekte des Entwurfsprozesses

Zunächst beschäftigen uns die folgenden Themen:

- die Eingliederung und Zielsetzung,
- der Gestaltungsprozess im Entwurfsprozess,
- der ideale Entwurfsprozess,
- der Output des Entwurfsprozesses,
- CAD im Entwurfsprozess und
- der reale Entwicklungsprozess.

2.1 Eingliederung und Zielsetzung

Bei Produkten folgt der Entwurfsprozess auf den Konzeptprozess. Dieser liefert Prinzipskizzen, Machbarkeitsstudien und Funktionsmuster einerseits und eine erweiterte und präzierte Anforderungsliste und Kosten- und Terminziele andererseits.

Der Konzeptprozess liefert z.T. erste konstruktive Entwürfe, Muster oder einfache Prototypen von Teilbereichen des Produktes. Dies ist vielfach notwendig, weil im Konzeptprozess die Prinzipskizzen allein nicht zur Beurteilung der Machbarkeit genügen.

Bei Anpassungs- oder Variantenkonstruktionen existieren schon frühere Dokumentationen bzw. Gesamtentwürfe, welche als Ausgangsbasis dienen.

Im Folgenden konzentrieren wir uns auf den allgemeineren Fall der Neuentwicklung.

Das Ziel des Entwurfsprozesses besteht darin, dass alle Produkteigenschaften, sowohl Modul- als auch **Bauteileigenschaften** sowie deren Relationen untereinander, soweit definiert sind, dass die Erfüllung der Anforderungen garantiert ist und der Dokumentationsprozess gestartet werden kann.

Die am Ende des Entwicklungsprozesses vorliegende **Dokumentation** besteht aus masstäblichen Entwürfen, **CAD Modellen**, der **Produktstruktur**, den Bauteileigenschaften sowie weiteren Produktdaten. Zusätzlich sind auch die Terminpläne und Kostenübersichten aktualisiert, konkretisiert und dokumentiert.

Input:

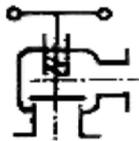
- Anforderungen
- Prinzip-Skizze
- Machbarkeitsstudien
- Designstudien
- Kostenziele
- Terminplanung

Entwurfsprozess

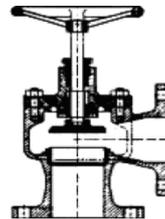
Output:

- Massstäbliche Entwürfe
- Produktstruktur, Module, Stücklisten
- Baugruppen und Eigenschaften der Bauteile, wie Leistungswerte, Formgebung, Material, Fertigungsverfahren
- Schnittstellen
- Kostenstruktur
- Terminierung

Bild (B104entZ) Übersicht des Entwurfsprozesses mit Input- und Outputdokumenten



Entwurfsprozess



Anforderungen:

Durchfluss	x [L/min]
Druck	y [bar]
Herstellkosten	z [CHF]
Stückzahl	w [Stück/Jahr]

Stückliste,
Herstellverfahren, Material,
Lieferant der Bauteile
Herstellkostenziel der Baugruppe und -teile
Berechnungen
Designstudie, Prototyp,
Projektpläne, ...

Bild (B101entZ) Entwurf am Beispiel eines Eckventils

2.2 Gestaltungsprozess im Entwurfsprozess

Der Entwurfsprozess umfasst sowohl die eigentlichen gestaltenden Prozesse wie z.B. das Festlegen der Eigenschaften als auch die organisatorischen Aspekte und den Einsatz geeigneter **Engineering-Werkzeuge**. Der **Gestaltungsprozess** ist somit ein Unterprozess des Entwurfsprozesses.

Entwurfsprozess:



Bild (B002entZ) Entwurfs- und Gestaltungsprozess

2.3 Idealer Entwurfsprozess

Wie schon erwähnt ist der Entwurfsprozess ein sehr iterativer, ja sogar sprunghaft verlaufender Prozess. Innerhalb jedes Teilschrittes müssen Dutzende von Regeln, Richtlinien und Prinzipien gleichzeitig berücksichtigt werden und jeder Teilentscheid beeinflusst wiederum viele weitere Aspekte benachbarter Baugruppen und -teile und ergibt vor allem wiederum neue Fragestellungen.

Beispiel

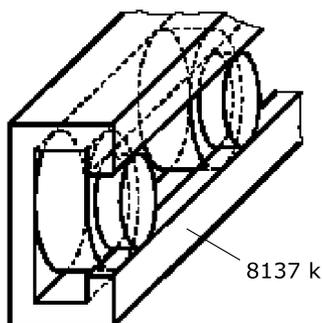


Bild (B900entZ) Zuführschiene für Kleinteile [1]

- Gestaltungsentscheid:
 - Vernickeln der Führungsschiene wegen Korrosionsgefahr
- Neue Fragestellungen:
 - Kosten Vernickeln
 - Spielreduktion durch Schicht
 - Tribologische Eigenschaften

Überblick

Um den Überblick dennoch zu behalten und sich vorerst von allen beeinflussenden Aspekten zu lösen, soll ein rein sequentieller Ablauf zu Grunde gelegt werden – demnach ein sehr vereinfachter Entwurfsprozess.

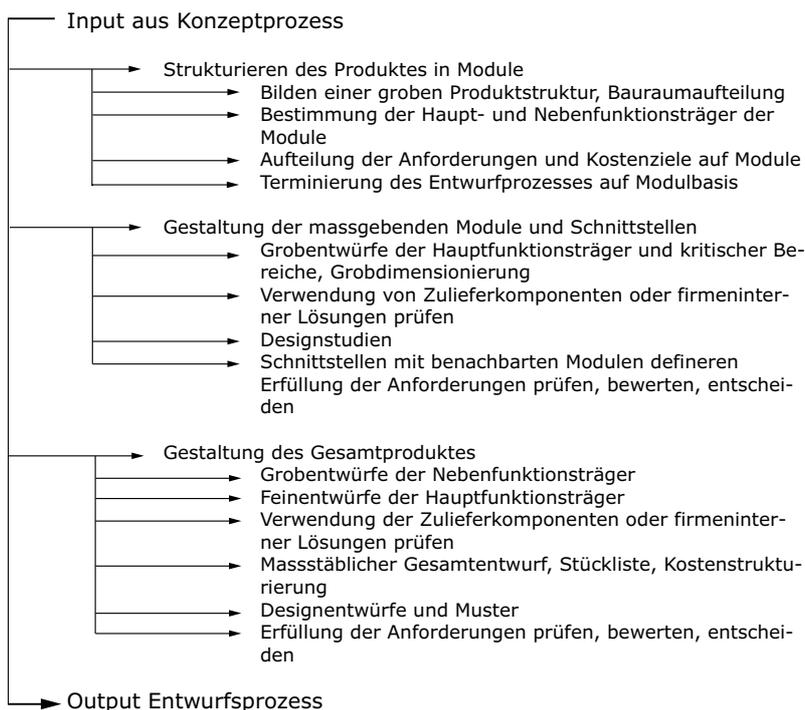


Bild (B001entZ) Idealtypischer Entwurfsprozess im Überblick

Bemerkungen zu den Teilprozessen

- Strukturierung des Produktes in Module
Im Gegensatz zur Funktionsstruktur des Konzeptprozesses wird das Produkt in physikalische Baugruppen einschliesslich deren Verknüpfungen (Schnittstellen) gegliedert. Verschiedene Richtlinien und Empfehlungen helfen, eine optimale Struktur des Produktes zu erhalten.
- Meist werden die einzelnen Module durch verschiedene Projektteams oder Personen bearbeitet und verantwortet. Eine Aufteilung der Anforderungen und Kosten sowie eine detaillierte Terminierung der Module erweist sich als sinnvoll bzw. notwendig (Target Costing).

- Gestaltung der massgebenden Module und Schnittstellen
Die Gestaltung der **Bauteile** und -gruppen wie auch die organisatorischen Aspekte der Produktgestaltung sind untereinander komplex vernetzt. Wesentliche Funktionsträger umfassen meist mehr Verknüpfungen als **Nebenfunktionsträger**. Um den Prozess effizient durchzuführen, lohnt es sich die Gestaltung der massgebenden Module und der Schnittstellen prioritär anzugehen. Dies schliesst auch deren Dimensionierung ein. Sehr vorteilhaft ist es, sich bestmöglich nach existenten Lösungen für die benötigte Funktion im Unternehmen selbst, aber auch auf dem Zuliefermarkt zu erkundigen und diese sinnvoll zu integrieren. Meist werden mehrere Varianten der Grobentwürfe ausgearbeitet, welche alle im Anschluss mit den Anforderungen verglichen, bewertet und ausgewählt werden.
- Gestaltung des Gesamtproduktes
Parallel werden nun die verschiedenen Nebenfunktionsträger grob gestaltet und die **Hauptfunktionsträger** verfeinert. Stets sind die verschiedenen Bereiche aufeinander abgestimmt. Kontinuierlich erhöht sich der Konkretisierungsgrad der Module und Schnittstellen, immer unter Berücksichtigung aller Regeln, Vorschriften und Richtlinien, welche wir später einzeln darstellen werden.

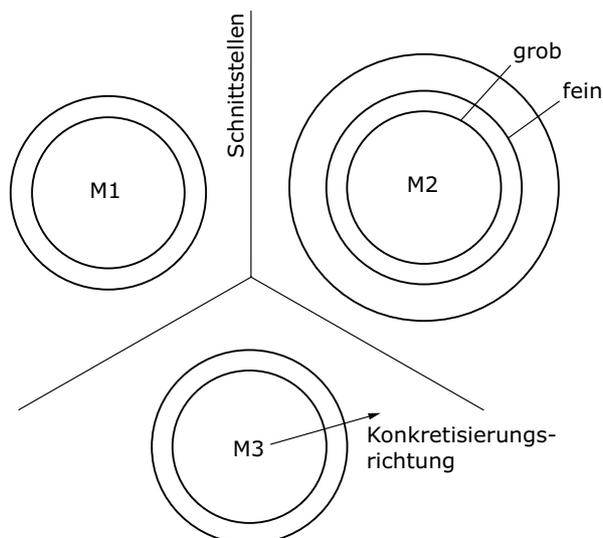


Bild (B003entZ) Bildliche Darstellung des Entwurfsprozesses
(M1–M3: Modul, Hauptfunktionsträger)

2.4 Output des Entwurfsprozesses

In der Sektion „Produkt-Innovations-Prozess“ wurde gezeigt, dass der Entwicklungsprozess auch mittels Repräsentationsebenen dargestellt werden kann. Während wir uns im Konzeptprozess noch auf den Ebenen Anforderungsliste, Prinzipskizze, Designstudien etc. befinden, wird die Konkretisierung im Entwurfsprozess weiter erhöht.

Am Ende des Entwurfsprozesses haben wir die folgenden Repräsentationen in unterschiedlicher Detaillierungstiefe erreicht:

- Massstäblicher **Gesamtentwurf** des Produktes und der Module
- Produktstruktur inkl. vorläufiger **Stückliste**
- Grob- und teilweise Feingestaltungen der Baugruppen und –teile mit:
 - Materialwahl
 - **Fertigungsverfahren**
 - Dimensionierungsunterlagen
 - Lieferanteninformation
- Prototypen (digital oder real)
- Vorläufige **Montageanleitung**
- **Kostenkalkulationen** (strukturiert)
- Verfeinerte Terminplanung

2.5 CAD im Entwurfsprozess

Eine immer wieder offene Frage ist der optimale Einsatz des CAD im Entwurfsprozess. Ab wann, bzw. ab welcher Konkretisierungsstufe lohnt es sich, die Gestaltung in CAD durchzuführen, oder aber weiterhin von Hand zu skizzieren? Einmal mehr gibt es auch hier keine eindeutige Antwort. Klar ist nur, dass der Wechsel während oder am Ende dieses Prozesses erfolgt. Die folgenden Punkte können zur Entscheidung beitragen:

- Bei Anpass- und Variantenentwicklungen existieren schon CAD-Modelle, welche sinnvollerweise als Basis genommen werden.
- Beim grosszügigen, grobmassstäblichen **Entwerfen** hemmt CAD die notwendige Kreativität
- Beim verteilten Arbeiten sichert das CAD die geometrische Abstimmung zwischen den Modulen frühzeitig ab und die Kommunikation zwischen den Teams hat eine einheitliche Basis.

- CAD-Skizzen sind für die Konkretisierung (Dokumentation, FEM, Rapid Prototyping, ...) weiter verwendbar, die Handskizze jedoch nicht.
- Verschiedene Dimensionierungs- und Simulationssoftware basieren auf CAD-Modellen.

Der Wechsel von einem Medium zum anderen ist auch stark abhängig von der Person, die entwirft. Während die einen solange wie möglich mit Handskizzen arbeiten (mit teilweise extrem hohem Informationsgehalt), wechseln andere fast ab Beginn des Entwerfens auf das CAD und beweisen auch dort eine hohe Kreativität.

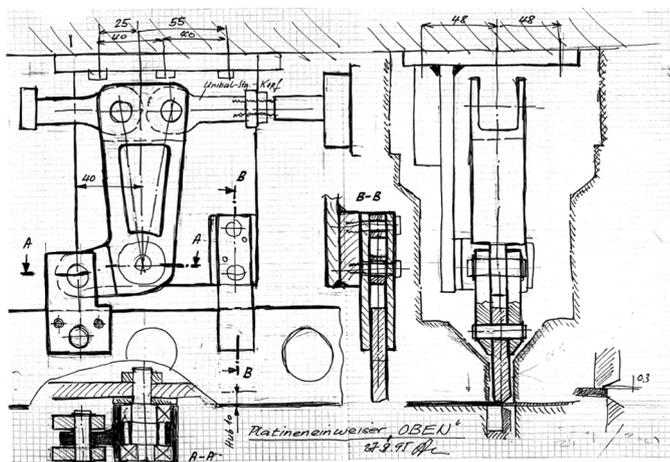


Bild (B063entZ) Massstäbliche Entwurfszeichnung von Hand erstellt (Aebersold, Soudronic AG); hoher Informationsgehalt.

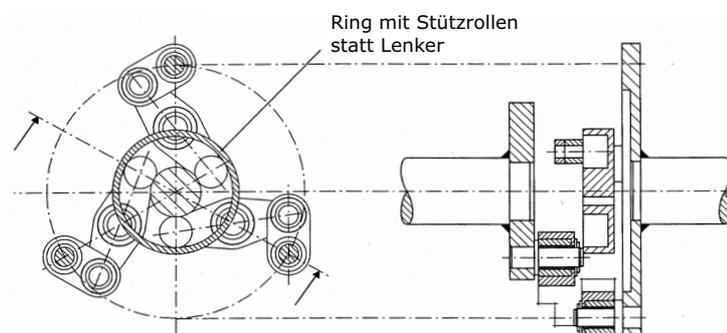


Bild (B901entZ) Entwurf einer Ausgleichskupplung mit CAD erstellt



Bild (B902entZ) Entwurf eines Ventils mit 3D-CAD (Quelle: Unigraphics Solutions)

2.6 Realer Entwicklungsprozess

Der dargestellte Ablauf ist stark vereinfacht. Im realen Fall stellt sich der Ablauf als äusserst iterativ und sprunghaft dar und eine grosse Anzahl von Regeln, Richtlinien und Prinzipien müssen simultan berücksichtigt werden. Nur unter diesen Voraussetzungen kann der Entwurfsprozess qualitativ erfolgreich durchgeführt werden.

Das folgende Bild gibt einen ersten Überblick über die Strategien, Richtlinien, Handlungsweisen, Regeln und Prinzipien, welche zu beachten sind:

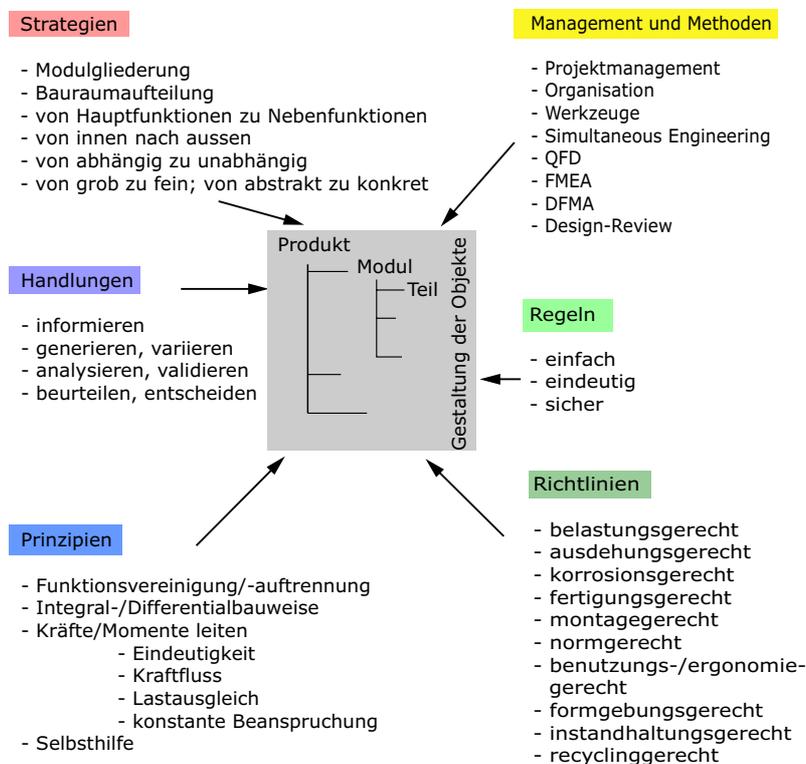


Bild (B004entZ) Beeinflussung des Gestaltungsprozesses im Überblick

Den einzelnen Aspekten sind vertiefende Kapitel gewidmet.

3 Das Gestaltungsobjekt und seine Eigenschaften

Ein zu gestaltendes Produkt besteht aus einer endlichen Anzahl von Objekten bzw. Elementen. Dabei kann es sich in einer ersten Gliederungsstufe um Baugruppen (Module) und in einer weiteren um Bauteile handeln. Das Bauteil selber besteht wiederum aus einer Menge von Teilobjekten, wie z. B. Flächen bzw. **Formelementen**. Formelemente (**Formfeatures**) sind Verbünde von Flächen, die meist eine genormte Kombination darstellen. Beispielsweise beschreibt ein genormter Welleneinstich oder ein Gewindeloch ein Formfeature.

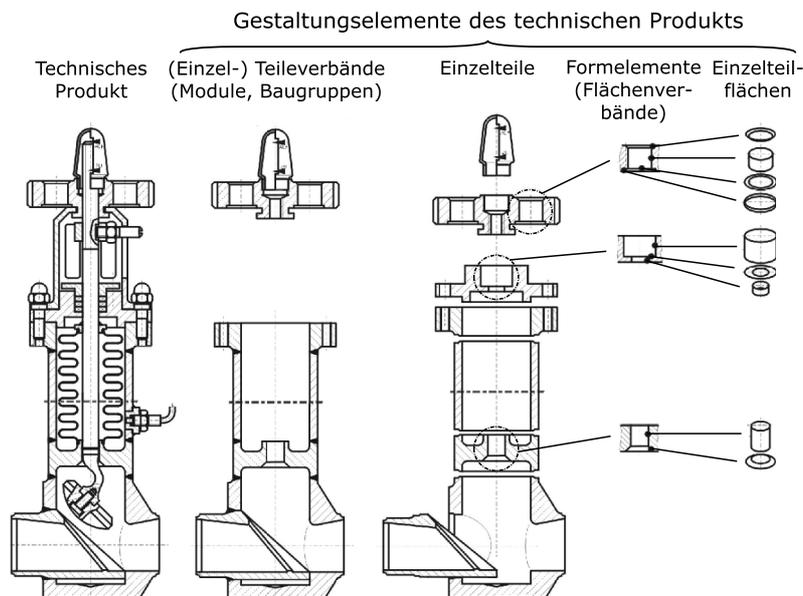
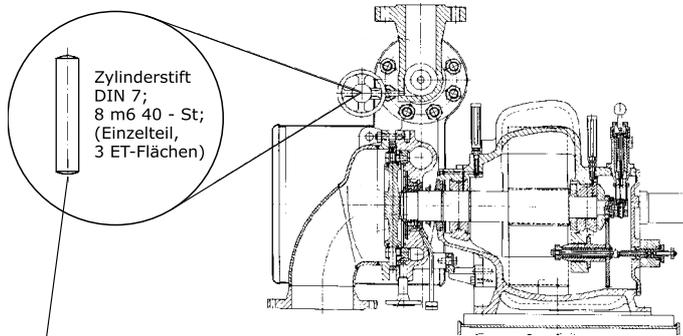


Bild (B903entZ) Gliederung eines Ventils in Gestaltungselemente (Quelle: VDI 2223)

Jedes dieser Objekte, von der Fläche bis zum Gesamtprodukt, wird durch Eigenschaften (Merkmal x Ausprägung bzw. Wert) beschrieben und das Schwergewicht des Gestaltungsprozesses besteht darin diese Eigenschaften quantitativ festzulegen.

Als Beispiel für die grosse Anzahl von Eigenschaften, welche schon ein einfaches Element aufweist, sei im folgenden Bild ein Zylinderstift aus einer Turbine, dem Gesamtprodukt, herausgezogen.



- 1 Einzelteil (Zylinderstift) mit ca. 20 Gestalt- und Werkstoffeigenschaften wie
- 1 Zylinderfläche mit $\varnothing 8$ und Länge 40
 - 2 Kugelabschnitte mit $\varnothing 15$ und Mittelpunkt auf Zylinderachse
 - Werkstoff E360

Bild (B005entZ) Gestalt- und Werkstoffeigenschaften

Der Zylinderstift ist als Objekt ein Einzelteil und wird in der Gestaltung nicht mehr weiter aufgelöst, denn implizit (über die Normung) ist mit den Angaben auch das Herstellungsverfahren, die Oberflächenqualität und die Geometrie der Kugelabschnitte festgelegt.

Nebst diesen Geometrie- und Materialeigenschaften existieren noch weitere Merkmale, welche dem einzelnen Element zugeordnet werden müssen. Beispiele dafür sind der Lieferant, der Preis, durchgeführte Festigkeitsberechnungen etc. Diese Eigenschaften werden vielfach auch Metadaten genannt.

Die Eigenschaften eines Teilverbundes (Baugruppe, Modul) können nun auf die Summe seiner Teilelemente zurückgeführt und durch eigene Eigenschaften ergänzt werden (z. B. Montagevorschrift, **Prüfvorschrift** etc.).

Dokumentiert werden diese Eigenschaften direkt auf den Handskizzen bzw. auf der provisorischen Stückliste oder aber, falls schon EDV-Mittel eingesetzt werden, im entsprechenden Produktmodell, z. B. im **PDM**-System (Product-Data-Management Software).

4 Bedeutung der Anforderungen

Während des Gestaltens werden die Eigenschaften der Objekte festgelegt. Dabei kann es sich um direkte Eigenschaften, wie die eigentlichen Gestaltungseigenschaften Form, Anordnung, und um **Werkstoffeigenschaften**, wie Material oder Wärmebehandlung, handeln.

Indirekt festgelegt werden gleichzeitig Eigenschaften wie Materialkosten, Gewicht, Montageart, Fügekraft, Recyclingfähigkeit etc.

Vor allem diese indirekten Eigenschaften korrelieren meist mit den Anforderungen, welche an unser Produkte gestellt werden.

Wie stark die Anforderungen die Gestaltungseigenschaften beeinflussen, kann am Beispiel eines Lagerbockes gezeigt werden. Im Speziellen zeigt das Beispiel den massgebenden Einfluss der Stückzahl auf die Wahl des Fertigungsverfahrens.

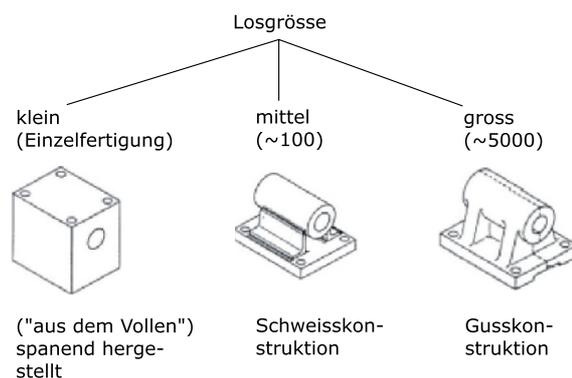


Bild (B064entZ) Anforderungen beeinflussen die Eigenschaften.

Abhängig von der Wahl des Herstellungsverfahrens schränkt sich, direkt gekoppelt, auch die Wahl möglicher Materialien ein.

Die Anforderungen schränken die freie Wahl der Gestaltungsmöglichkeiten ein.

Gestalten ist somit ein Optimieren der Gesamtheit aller Eigenschaften in einem vieldimensionalen Lösungsraum zur bestmöglichen Erfüllung der Anforderungen.

Zusätzlich beeinflussen noch weitere Faktoren, welche nicht im **Anforderungskatalog** zu finden sind, den Gestaltungsprozess.

Es sind dies zum Beispiel:

- Industriezweig/**Branche**:

Abhängig davon, in welchem Industriezweig das Produkt entwickelt wird, kommen unterschiedliche Gestaltungen (z.B. Hydraulik im Landwirtschaftsmaschinenbau) zur Anwendung.

- Erfahrung:
Abhängig von der Erfahrung und dem Know-how der Entwickler können unterschiedliche Vorgehensweisen und Lösungen resultieren.
- Werkzeuge:
Starken Einfluss auf den Prozess selber hat der Einsatz von Werkzeugen wie CAD, CAE und PDM sowie Rapid Prototyping.

5 Strategien des Gestaltens

Das Gestalten zielt gesamthaft darauf, in möglichst kurzer Zeit die Eigenschaften der Objekte festzulegen und dabei die Anforderungen bestmöglich zu erfüllen. Wir suchen nicht nur eine gute Lösung, wir möchten dies auch auf einem effizienten Weg vollziehen. Einige Strategien sind daher nützlich und haben sich bewährt.

Strategien

- Modulgliederung
- Bauraumaufteilung
- von Hauptfunktionen zu Nebenfunktionen
- von innen nach aussen
- von abhängig zu unabhängig
- von grob zu fein; von abstrakt zu konkret

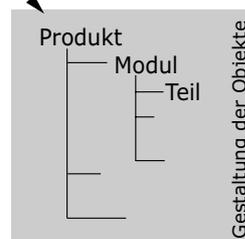


Bild (B904entZ) Strategien des Gestaltens im Überblick

5.1 Modulgenerierung

Eine enorme Bedeutung für den Erfolg des Produktes ist die geschickte Aufteilung in einzelne Baugruppen, auch Module genannt. Einige Gründe für diese hohe Bedeutung sind:

- Der Trend nach individuellen Produkten ist steigend. Die Kunden wünschen spezifische Lösungen, die Ihre Bedürfnisse befriedigen. Produkte, welche modular auf einer Produktplattform basierend aufgebaut sind, können diese Wünsche durch vielfältige Kombinatorik erfüllen. Ein sehr typisches Beispiel sind heutige Personenwagen. Basierend auf einem Plattformkonzept können unterschiedliche Motorstärken, Türenkonzepte, Innenausstattungen, Farben usw. realisiert werden.

Beispiele:



Bild (B201entZ) Lego als Beispiel für ein modulares Produktkonzept



Bild (B202entZ) Büromöbel als Beispiel für ein modulares Produktkonzept (USM)

Solche Kombinatorik ist nur dann möglich, wenn diese schon in frühesten Entwicklungsphase angestrebt wird.

- Die Aufteilung in Module ermöglicht während des Entwerfens paralleles Vorgehen in Teilteams oder sogar mit externen Ingenieurbüros oder Lieferanten.
- Die Fertigung und Montage kann zeitlich parallel an mehreren Modulen erfolgen und z.B. in vormontierter Ausführung zwischengelagert werden.

- Die **Wartung** der Produkte kann vereinfacht werden, weil Module gesamtheitlich ausgetauscht werden können (z. B. Grafikkarten im PC).
- Das Recycling wird verbessert, weil noch funktionsfähige Komponenten wieder in neue Produkte zurückgeführt oder artgerecht entsorgt werden können.

Diese Gründe zeigen, dass die Modulgenerierung nicht nur aus Sicht des effizienten Entwurfsprozesses von Bedeutung ist, sondern auch aus dem Blickwinkel des gesamten Produkt-Lebens-Zyklus. Mögliche Thesen einer Modulstruktur sind:

- Module sind funktionell und räumlich abgeschlossene Einheiten.
- Module sind überblickbar und haben einen klaren Leistungsbeschrieb.
- Die Schnittstellen zwischen den Modulen sind eindeutig und möglichst einfach beschreibbar.
- Die Modularisierung lehnt sich an die funktionelle Gliederung an.
- Die Gliederung erfolgt nach nutzbringenden Kriterien für alle Prozesse des Life-Cycle (Verkauf, Montage, Lagerung, Nutzung, ...).

Den Modulen und u. U. den Submodulen werden Namen für die weitere Identifikation vergeben (Antriebsstrang, Bremssystem, ...)

Jedes Modul ist eine in sich geschlossene Einheit und übernimmt Teilaufgaben aus der gesamthaften Anforderungsliste. Diese umfangreiche Anforderungsliste des Produktes wird in Teilanforderungen „aufgebrochen“ und auf die einzelnen Baugruppen übertragen, sowie die Verantwortung und Terminierung für jedes Modul festgelegt.

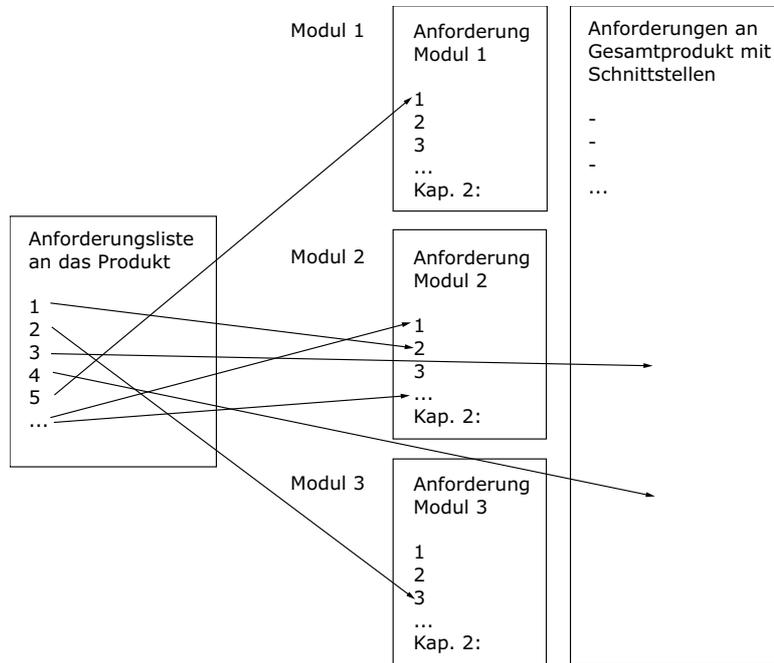


Bild (B011entZ) Aufbrechen der Anforderungsliste in die Module und Anforderungen für das Gesamtprodukt.

Ergänzend werden neue Anforderungen an diese Module gestellt, wie:

- Räumliche Begrenzung (Bauraum) des Moduls
- Mechanische Schnittstellen und – falls vorhanden – **Signalaus-tausch**

Empfehlung: die Abhängigkeiten unter den einzelnen Modulen sind meist gross und jeder Arbeitsschritt ergibt neue Eigenschaften, die gegenseitig definiert werden müssen. Auch kommen weitere Gedankenblitze, Ideen und Problemstellungen laufend hinzu, so dass es sich lohnt, ein Notizheft (Papier oder EDV) immer auf sich zu tragen, in dem diese Themen jederzeit notiert und zu einem späteren Zeitpunkt abgeklärt und bearbeitet werden können.

Schon zu Beginn der Entwurfsphase wird physisch oder digital ein **Modulordner** mit sinnvoller Gliederung angelegt. Gestartet wird mit wenig Inhalt, wie z. B. Entwicklungsauftrag, Anforderungsliste, Terminplan, Produktstruktur und Skizzen aus dem Entwurfsprozess. Während des Entwurfsprozesses werden die Dokumente in sauberer und übersichtlicher Form abgelegt, um für die Arbeit selbst eine Ordnung zu haben, aber auch um in einem Produkthaftfall auf die Dokumente zurückgreifen zu können.

Moderne EDV-Systeme (PDM Product-Data-Management) erlauben es, diese Dokumente schon zu einem frühen Zeitpunkt anzulegen und zu verwalten.

MODUL:	
Inhalt:	
Entwicklungsauftrag, adm. Unterlagen	
Anforderungen	
Kosten, Gliederung, Kalkulation	
Termine, Gliederung, Übersicht	
Massbilder, Layouts	
Abhängigkeiten	
offene Fragen, Pendenzen	
Skizzen	
Berechnungen, Funktionsdiagramme	
Lieferantennotizen, Offerten	
Unterlagen Betriebsanleitung	
Vorschriften	
Diverses	

Bild (B905entZ) Mögliches Inhaltsverzeichnis für einen Modulordner

5.2 Bauraumaufteilung und Hüllelement

Der erste Schritt des Gestaltens liegt in einer groben Aufteilung des gesamten Bauraumes in Teilbereiche (Bauraumaufteilung), Begrenzungen und **Hüllelemente**.

Begrenzungen können z.B. benachbarte Baugruppen, welche schon festgelegt sind, oder das Fundament, Wände etc. sein. Zu diesem Zeitpunkt wird auch meist ein gemeinsames Bezugssystem für das Produkt (Basiskoordinaten) festgelegt und, falls sinnvoll, die Koordinaten zum globalen System definiert.

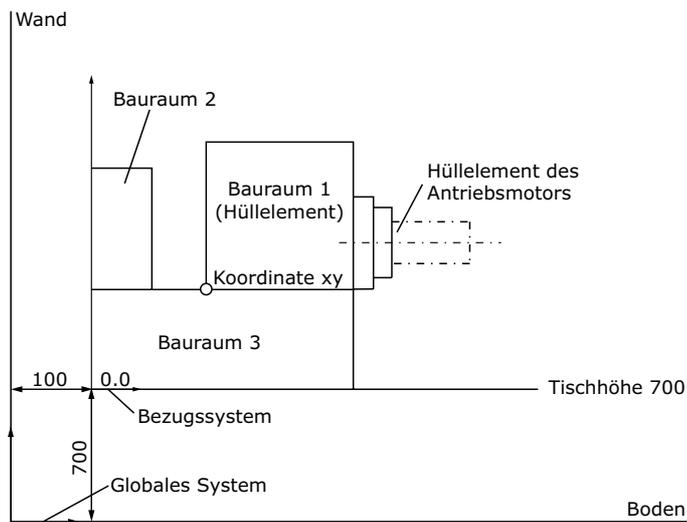


Bild (B012entZ) Beispiel einer Bauräumeaufteilung mit dem globalen System des Bodens und der Wand, dem bestehenden Antriebsmotor symbolisiert mit einem Hüllelement und drei Bauräumen für das zu entwickelnde Produkt und dessen Bezugskordinaten.

Die einzelnen Bauräume definieren provisorisch die räumliche Anordnung und Ausdehnung der einzelnen Module.

Die Hüllelemente sind Vereinfachungen der schon bekannten groben Form und Abmessung eines Objektes, aber der noch unbekanntten Gestalt. Hüllelemente können auch später während des Gestaltens als Platzhalter von benachbarten Objekten oder schon gestalteten Objekten eingesetzt werden.

Teilsysteme	Teillösungen	Hüllelemente
Handrad		
Spindel mit Mutter		
Dichtung		
Ventilteller		
Rohrkrümmer		

Bild (B013entZ) Beispiele von Hüllelementen [2]

5.3 Strategien der Konkretisierung

Vor der unüberblickbaren Aufgabe des Gestaltens stehend, stellt man sich die Frage „Wo fange ich an?“, damit eine minimale Anzahl von Iterationen durchlaufen werden muss. Der erste Schritt liegt sicher im gezeigten Modulierungsschritt.

Der weitere Gestaltungsablauf kann in mehrere Strategierichtungen, die im Folgenden Konkretisierungsstrategien genannt werden, unterteilt werden:

- Von der **Hauptfunktion** zur Nebenfunktion:
Die Hauptfunktionen eines Moduls beinhalten meist die grösste Bedeutung und die meisten Abhängigkeiten zu den benachbarten Modulen. Deshalb lohnt es sich, diese zuerst zu selektieren und prioritär anzugehen.
- Von Bekanntem zu Unbekanntem:
Teilweise sind Teilbereiche schon festgelegt oder bekannt und es ist effizient, von dort auszugehen und im Umkreis des Bekannten fortzufahren.
- Von innen nach aussen:
Vielfach nehmen die gegenseitigen Abhängigkeiten auch von innen nach aussen ab, sodass sich die Strategie bewährt, innen zu starten und nach aussen fortzufahren.
- Von grob zu fein, bzw. von abstrakt zu konkret:
Die Konkretisierungen eines Bereiches werden immer nur soweit wie sinnvoll und notwendig betrieben. Es lohnt sich nicht, einen Bereich schon als Feinentwurf mit allen Details zu gestalten, wenn unklare Abhängigkeiten im Umfeld noch starke Modifikationen an den Objekten bewirken können.

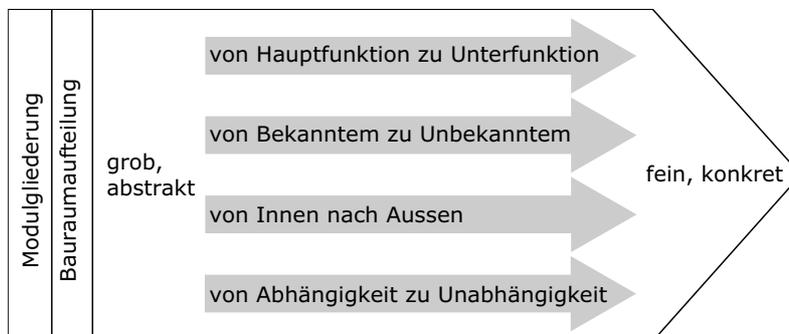


Bild (B906entZ) Effiziente Strategien in der Gestaltung

Beispiel: Von einer **Welle** wird in einem ersten Schritt der Durchmesser grob dimensioniert, die Lagerung bestimmt und erst in einem späteren Zeitpunkt die Feingestaltung der Welle, z. B. die gestalterische Bestimmung der axialen Sicherung der Welle, durchgeführt.

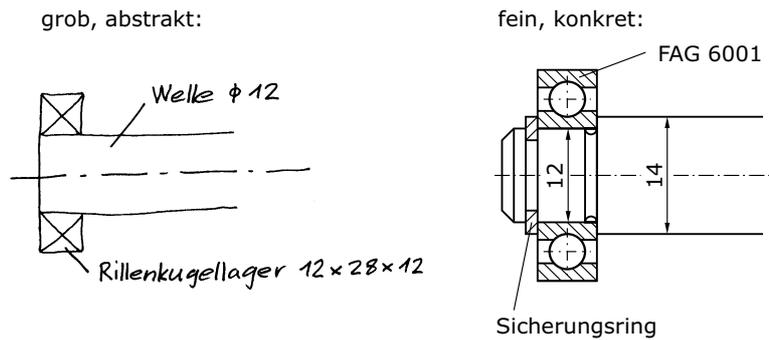


Bild (B014gesZ) Beispiel Grob- und Feingestaltung

6 Basishandlungen des Gestaltens

Die gezeigten Strategien beschreiben bewährte, übergeordnete Vorgehensweisen beim Gestalten. Die Basishandlungen hingegen beschreiben die Tätigkeiten, welche permanent durchlaufen werden und so den Prozess zyklisch begleiten.

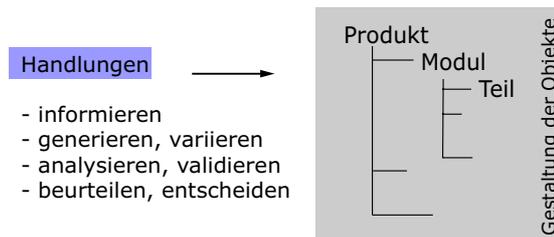


Bild (B907entZ) Basishandlung im Überblick

Jede Problemstellung, sowohl eine kleine als auch eine grosse, wird durch den allgemeinen **Problemlösungszyklus** bewältigt. Für den Entwurfsprozess heisst dies:

- informieren und abgrenzen,
- generieren und variieren,
- analysieren und validieren bzw.
- bewerten und entscheiden.

6.1 Informieren und abgrenzen

Eine sehr zeitintensive Tätigkeit ist das Informieren, Klären und Abgrenzen der Problemstellung.

Bemerkung: Dieser Teilprozess war schon im Markt-Leistungs- und Konzeptprozess wesentlich, um die Anforderungen vollständig zu erfassen.

- Ist die genaue Problemstellung bekannt und abgegrenzt?
 - Diskussion mit Marketing, Kunde, Service, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern
 - Studium der Anforderungen
- Sind alle Anforderungen bekannt und verstanden?
 - Studium der Anforderungen
 - Diskussion
 - Studium von Kundenumfragen, Service-Rapporten und Reklamationen

- Vorgängerprodukt kennen lernen
- Konkurrenzprodukt kennen lernen und testen
- Existieren Voruntersuchungen und Abklärungen?
 - Studium und Gespräch
- Existieren bewährte Lösungen in oder ausserhalb des Unternehmens?
 - Suche nach Lösungen im Unternehmen durch Gespräche
 - Suche nach externen Lösungen an Messen, in Katalogen, im Internet, in Zeitschriften, in der Literatur und in Fachbüchern
- Gibt es Patente?
 - Abklärungen im Internet oder durch Patentanwalt

Diese und viele weitere Fragen helfen, das Problem ganzheitlich zu verstehen und eine gute Ausgangslage für die weitere Bearbeitung zu haben (generieren und variieren).

6.2 Generieren und variieren

Die Kerntätigkeit des gesamten Gestaltens liegt im Generieren von Lösungen bzw. im Festlegen der Eigenschaften von Objekten.

Eine Hilfestellung dazu können folgende Fragen geben:

- Gespräch mit Kollegen und Kolleginnen
 - Haben Kollegen/Kolleginnen Erfahrung auf dem Gebiet oder können sie sonst weiterhelfen?
- Gibt es bewährte Lösungen im Unternehmen?
 - Können diese übernommen, variiert und angepasst werden?
- Gibt es in anderen Anwendungsgebieten Lösungen ähnlicher Natur?
 - Hilft die Anwendung der Kreativitätstechnik?
 - Könnte die Methode der Synektik weiterhelfen?
- Hilft ein Lösungskatalog?
 - Konsultation von Lösungskatalogen

„Eine Lösung ist keine Lösung“ ist eine bedeutende Aussage im Entwurfsprozess. Erst durch mehrere Varianten erkennt man Vorteile und Nachteile der einzelnen Lösungen und erhält die Möglichkeit, sich einer optimalen Lösung anzunähern. Vielfach ist es auch so, dass die erste Lösung durch Assoziationen weitere Lösungen hervor bringt und so weitere Verbesserungen nach sich zieht.

Es ist aber schwierig, sich von der ersten Lösung wieder zu distanzieren, um Platz für weitere Gedanken zu machen. Vor allem wenn es um eigene Ideen geht, grenzt man sich selber ab und befindet sich in

einer Sackgasse. Systematisches Variieren kann Anregungen bieten sich aus dieser Sackgasse heraus zu bewegen.

Entsprechende Beispiele von Varianten sind:

- Variation des Materials
- Variation des Herstellverfahrens
- Variation der Wirkflächen
- Geometrische Umkehr
- Variation der Wirkkörper
- Variation des Wirkprinzips
- Variation der kinematischen Kette (gedankliche Umkehr)
- Variation des Kraftflusses

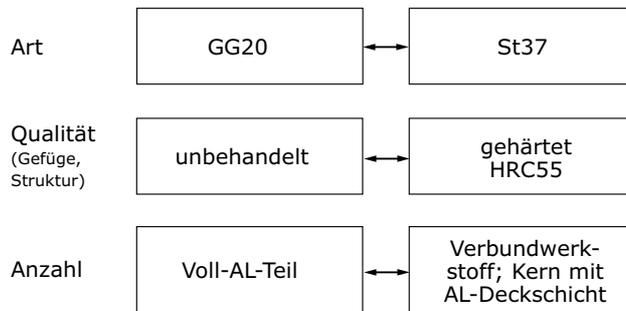


Bild (B908entZ) Materialvariation

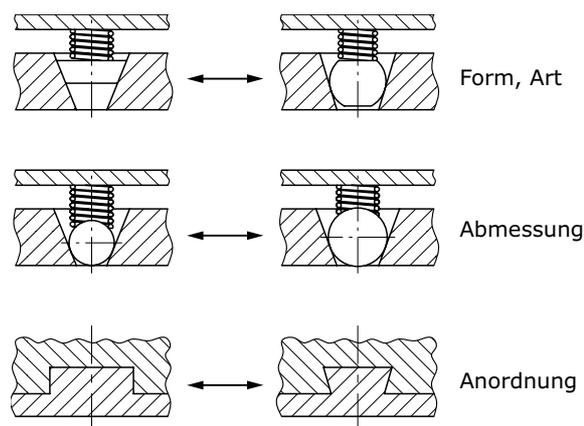


Bild (B910entZ) Wirkflächenvariation [1]

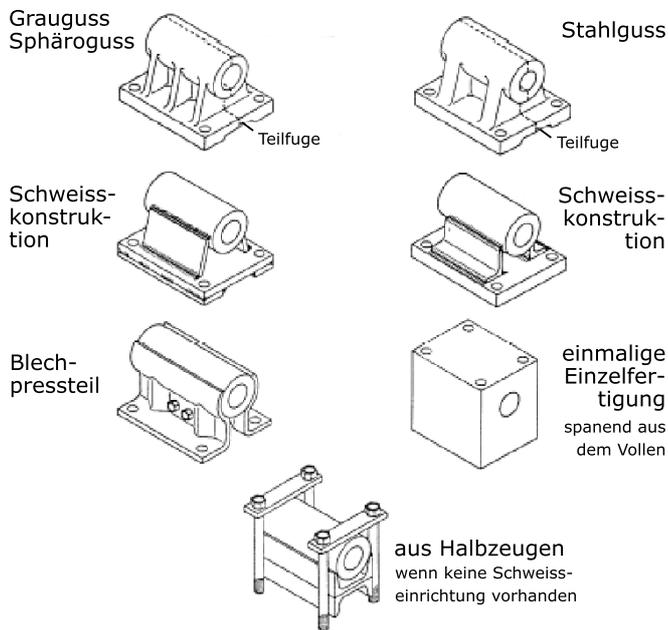


Bild (B909entZ) Herstellungsvariation [1]

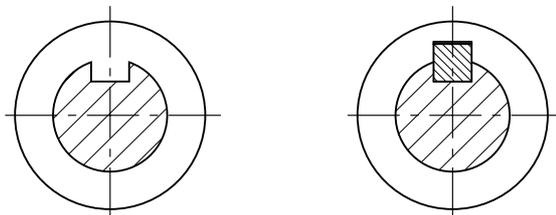


Bild (B911entZ) Geometrische Umkehr

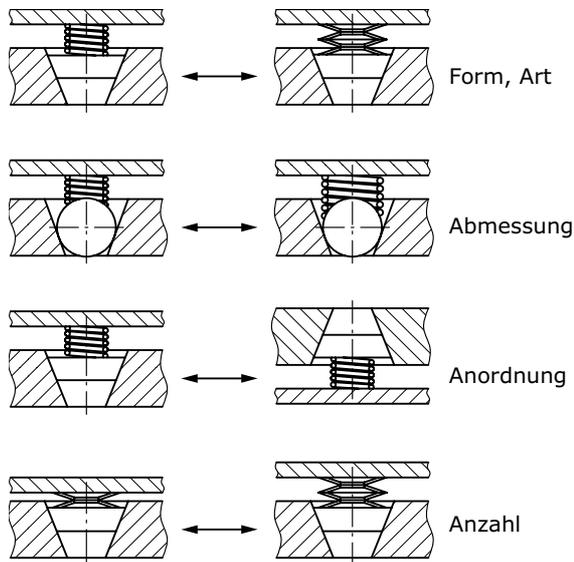


Bild (B912entZ) Wirkkörpervariation [1]

	<p>Gelenkwechsel Translation \leftrightarrow Rotation</p>
	<p>Gelenkwechsel 2 einwertige Gelenke \leftrightarrow 1 zweiwertiges Gelenk</p>
	<p>Gelenkwechsel</p>
	<p>Starre Gelenke \leftrightarrow elastische Gelenke</p>

Tabelle (T001entZ) Wirkprinzipvariation [1]

	<p>Gestellwechsel</p>
	<p>An-Abtriebswechsel</p>
	<p>Wechsel der Kinemattkette</p>

Tabelle (T002entZ) Kinematische Kette-Variation [1]

	<p>Wechsel Feder-Prinzip</p>
<p>Fachwerk (Zug-Druck)</p> <p>Träger (Biegung)</p>	<p>Wechsel Tragwerk-Prinzip</p>
	<p>Asymmetrischer – symmetrischer Kraftfluss</p>

Tabelle (T003entZ) Kraftflussvariation [1]

6.3 Analysieren und validieren

Simultan mit dem Generieren von Lösungen werden die Eigenschaften der Gestaltung quantifiziert (z. B. Durchmesser festlegen) und die Qualität der gefundenen Lösung überprüft (z. B. Berechnen, Prototyp bauen und testen)

Teilthemen dazu sind:

- berechnen, dimensionieren, simulieren und Kosten bestimmen,
- experimentieren, visualisieren und Rapid Prototyping,
- Schwachstellenanalyse und Fehlerpotential ermitteln und
- überprüfen der Lösungen in Bezug auf die Anforderungsliste (funktionell, wirtschaftlich, terminlich und ökologisch).

6.3.1 Berechnen, dimensionieren, simulieren und Kosten bestimmen

Viele Eigenschaften der Gestaltungsobjekte können nur durch Berechnungen festgelegt werden. So wird z. B. der Durchmesser eines Leitungsrohres durch die Fördermenge pro Zeit beeinflusst und der Durchmesser einer Welle durch das zu übertragende Drehmoment.

Um diese quantitativen Grössen festzulegen, wird Wissen und Erfahrung aus der Physik, der Mechanik, der Elektrotechnik, der Werkstoffkunde etc. eingesetzt.

Abhängig davon, wo wir uns im Gestaltungsprozess befinden, wird von **Grobdimensionierung**, Abschätzung oder Auslegung gesprochen. Ausgehend von den Anforderungen wird die Eigenschaft, wie z. B. der Durchmesser berechnet. Das zugrunde liegende Berechnungsmodell, die **Annahme**, als auch die Berechnungsmethode, sind in diesem Stadium noch grob und stark vereinfacht. Meist erfolgt diese Abschätzung von Hand bzw. mit dem Taschenrechner.

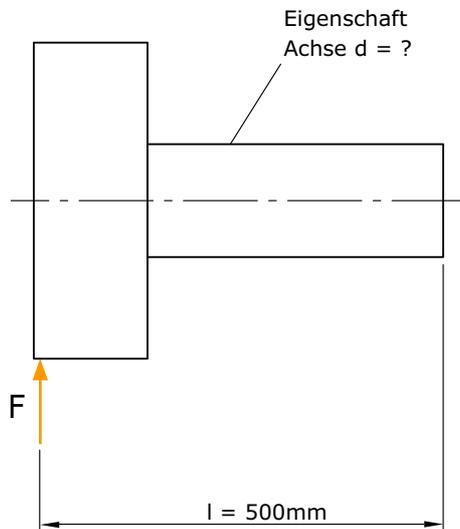


Bild (B069entZ) einfache Überschlagsrechnung für einen Wellendurchmesser

$$\sigma_v = \frac{M_B}{W_B} = \leq \sigma_{zul} = \frac{\sigma_F}{S_F}$$

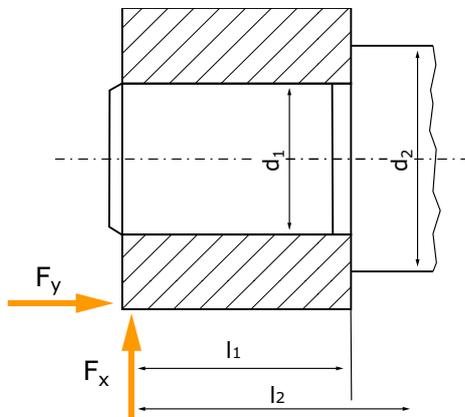
$$\Rightarrow d = 22.8 \text{ mm}$$

(1)

festgelegt $d = 25 \text{ mm}$

In einer späteren Konkretisierungsphase, wenn schon weitere Eigenschaften festgelegt sind, werden die abgeschätzten Eigenschaften nachgerechnet, verifiziert und überprüft (auch **Festigkeitsnachweis** genannt) und z. B. Auswirkungen auf benachbarte Bauteile berechnet.

In diesem Stadium sind sowohl das Modell, als auch die Güte der Werte exakter und meist werden auch bessere Berechnungsverfahren eingesetzt. Die Berechnungen sind vielfach EDV-basiert, wofür verschiedenste Programme zu Verfügung stehen.



d_1, d_2 definitiv festlegen
Durchbiegung $f = \dots$
Gestaltungsfestigkeit $\sigma_A = \dots$
überprüfen

Bild (B068entZ) Verfeinerte Berechnung der Welle
nach Konkretisierung weiterer Gestaltseigenschaften

Falls schon CAD-Modelle vorliegen, können zur Festigkeitsberechnung
auch schon FE-Programme (Finite-Elemente) eingesetzt werden.

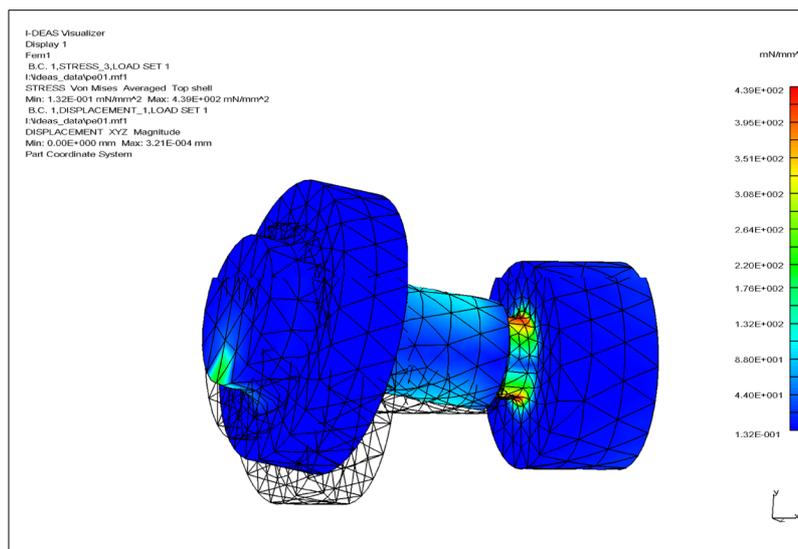


Bild (B200entZ) Rechnerunterstützte, detaillierte Deformations- und Spannungsanalyse
mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (Modell mit ca. 14000 Freiheitsgraden: dargestellt
ist die deformierte Struktur, Konturplot der Vergleichsspannungen, überlagert).

Mittels Berechnungen können auch Optimierungen von Gestalteeigenschaften durchgeführt werden, indem – rechnerisch unterstützt – die Eigenschaften solange variiert werden, bis ein angestrebtes Optimum wie beispielsweise eine Gewichtsminimierung erreicht ist.

Mittels Simulation, beispielsweise der Bewegungsabläufe, können mögliche Kollisionen von Bauteilen erkannt werden oder aber weitere Informationen, z. B. über Kräfte im System, ermittelt werden.

Auch wirtschaftliche Berechnungen sind während des Entwerfens regelmässig notwendig. Die Herstellungskosten müssen kontinuierlich überprüft und mit den Anforderungen verglichen werden.

6.3.2 Experimentieren, visualisieren und Rapid Prototyping

Berechnen und simulieren reicht nicht in jedem Falle aus, die Güte eines Entwurfs zu verifizieren. Einerseits ist es möglich, dass die physikalischen Verhältnisse und Vernetzungen zu komplex sind, andererseits ist es aber auch möglich, dass die Eigenschaften durch Berechnung nicht überprüfbar sind (z. B. Erscheinungsbild, Ergonomie). In diesem Fall helfen ein Experiment, eine Visualisierung oder verschiedene Möglichkeiten des Rapid Prototyping.

Experimentieren

Schon im Konzeptprozess wurde die Güte des Konzeptes durch Machbarkeitsstudien verifiziert. Im Entwurfsprozess, auf einer höheren Konkretisierungsstufe, kann dies wiederum hilfreich sein, um komplexe Zusammenhänge zu prüfen.

Dabei kann z. B. ein kleiner Versuch aufgebaut werden, in welchem die einzelnen Prozessschritte der Lösung mit einfachen Mitteln aufgebaut und getestet werden.



Bild (B024gesZ) Einfache pneumatische Testeinrichtung

Visualisieren

Das CAD selber, aber auch verschiedenste andere Visualisierungssoftware (3D StudioMax, Maia, Alias Wavefront) können schon in einem frühen Stadium helfen, Fragen der Anordnung und der Erscheinung (Formgebung, Farben etc.) realitätsnah zu beantworten. Dazu ist es nicht notwendig, das Produkt exakt zu modellieren, sondern nur soweit wie für die Verifizierung nötig.

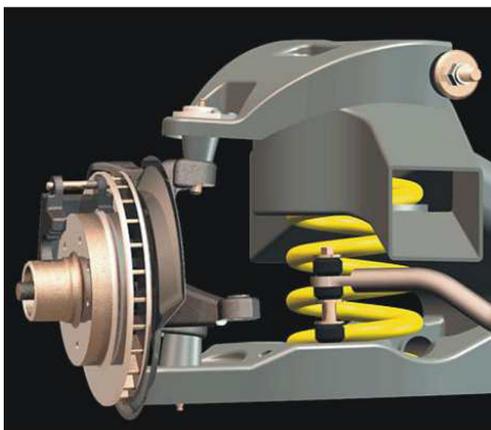


Bild (B025gesZ) Geometrische Studie mit Hilfe eines flächenbasierten Modells

Mit geeigneter Hardware ist es auch möglich, diese Modelle im virtuellen Raum zu begehen und zu beurteilen.



Bild (B065gesZ) Visualisierung eines virtuellen Prototypen

Rapid-Prototyping

Zu den verschiedensten Zeitpunkten im Entwurfsprozess ist es nützlich, die Objekte nicht nur digital (siehe Visualisieren), sondern auch real vor sich zu haben. Verschiedenste Möglichkeiten stehen dem Entwicklungsteam zur Verfügung, um aus Karton, Styropor, Holz etc. ein Modell herzustellen und zu überprüfen.

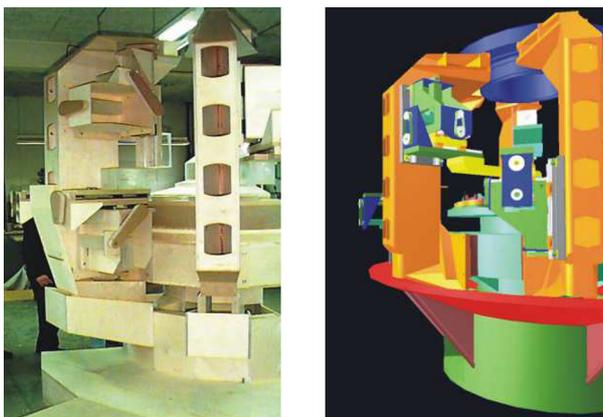


Bild (B066gesZ) Realer und virtueller Prototyp – Holzmodell und Rechnersimulation

Eine Vielzahl von Verfahren, die in den letzten Jahren entwickelt und unter dem Namen Rapid Prototyping (RP) zusammengefasst wurden,

ermöglichen es, ein reales Objekt in relativ kurzer Zeit (einige Stunden bis einige Tage) direkt vom CAD-Modell über die STL-Modell-Beschreibung (spezielles Export Datenformat) herzustellen.

Die meisten dieser Verfahren basieren auf einem additiven Konzept, indem Material Schicht um Schicht aufgebaut wird. Die Wahl des Materials (meist Kunststoffe) ist heute noch eingeschränkt, erweitert sich aber laufend.

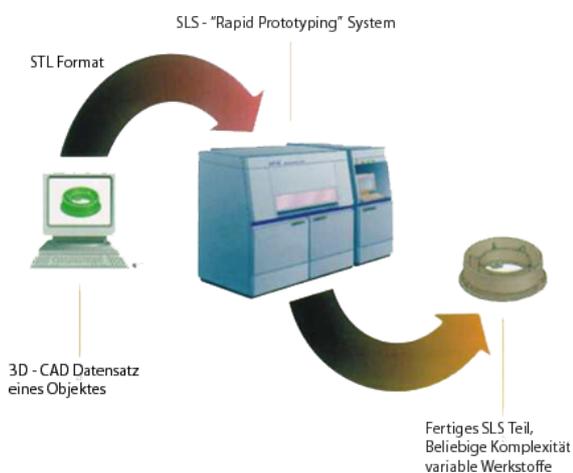


Bild (B067gesZ) Beispiel eines Fertigungsverfahrens des Rapid Prototyping
(Quelle FH St. Gallen)

Die Verwendung dieser im RP-Verfahren hergestellten Teile ist vielfältig:

- Design-Modell: Formgebung, Handlichkeit, Farbe etc. werden verifiziert.
- Funktions-Modell: Einzelne Funktionen des Produktes können in einem frühen Stadium getestet werden (z. B. Schnappmechanismus eines Gehäuses).
- Prototypen: Die einzelnen Teile, teilweise durch RP-Verfahren hergestellt, werden montiert und das Gesamtprodukt wird geprüft. Solche Prototypen können sogar schon bei ausgewählten Kunden (Key-Customer) zum Einsatz kommen.

6.3.3 Schwachstellenanalyse, Fehlerpotential ermitteln

Zu jedem Zeitpunkt während des Gestaltens wird die Lösung auf Schwachstellen oder Fehlerpotentiale hin überprüft. Vor dem „inneren Auge“ geht man eine Unmenge von Fragen automatisch durch, wie:

- Ist das Teil herstellbar, montierbar, ... (siehe „design for x“-Richtlinien)?
- Was sind die möglichen Belastungsarten (blockieren des Getriebes, Sturmböen, fallen lassen etc.)? Hält es diese aus?
- Was passiert bei falscher Bedienung (siehe Grundregeln)?
- Etc.

Es lohnt sich, ergänzend zu dieser permanenten, unbewussten Überprüfung (durch Erfahrung), eine systematische Schwachstellenanalyse an klar definierten Entwurfsprozess-Zeitpunkten vorzunehmen.

Folgende Methoden können dazu eingesetzt werden:

Fehlerbaumanalyse

In der Fehlerbaumanalyse werden mögliche, ev. unerwünschte Ereignisse (z. B. klemmende Lagerung) gesucht, einzeln näher betrachtet und ihre Ursache wird eruiert. Um zur grundlegenden Ur-Ursache zu gelangen, müssen teilweise mehrere Ursachen-Wirkungsstufen durchlaufen werden. Es gilt immer die Fragestellung:

- Was ist die Ursache (Ursachen) für das Ereignis?
 - Ursache 1, 2, 3, ...
- Was ist die nächst tiefere Ursache?
 - Ursache1.1, 1.2, ...

Auf tiefster Stufe wird versucht, durch verbesserte Gestaltung diese Ursache zu eliminieren.

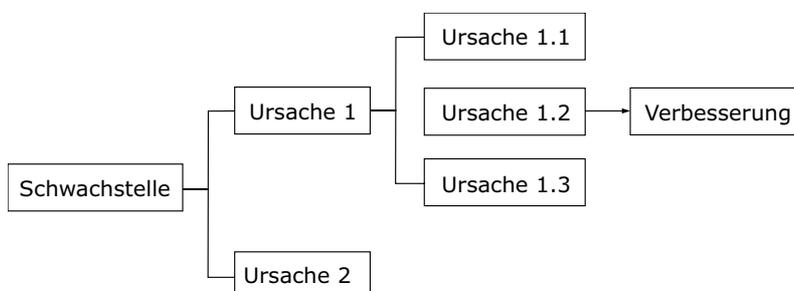


Bild (B026gesZ) Fehlerbaumanalyse

Beispiel:

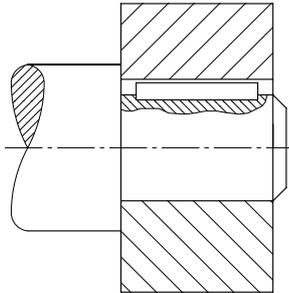


Bild (B065entZ) Passfeder

Schwachstelle: Passfeder versagt

- Ursache 1: zu klein dimensioniert
- Ursache 1.1: falsche Lastenannahme (Anfahrmoment hoch)

Verbesserung:

- nicht optimale Verbesserung: grössere Dimensionierung
- optimale Verbesserung: Reduktion der Anfahrmomente durch Kupplung

FMEA

Eine noch systematischere Methode ist die **FMEA**-Methode. Auf der Basis der Fehlerbaumanalyse werden die Ursachen, die Auswirkung und die Erkennbarkeit der Schwachstelle bewertet und Verbesserungsmaßnahmen festgelegt.



Bild (B032konZ) Durchführung einer FMEA [Scintilla]

Gespräche, Diskussion

„Mehr Augen sehen mehr!“ Immer lohnt es sich, Entwürfe mit erfahrenen Kollegen oder Mitarbeitern aus der Fertigung, bzw. Montage, kritisch zu diskutieren und gemeinsam Fehlerpotentiale zu finden.

6.3.4 Überprüfen der Lösungen in Bezug auf die Anforderungsliste

Selbstverständlich, aber trotzdem wichtig genug, hier nochmals erwähnt zu werden, ist die stetige Validierung der Lösung in Bezug auf die Anforderungsliste.

Erfüllt die Lösung die Forderungen aus dem Anforderungskatalog vollständig?

Entsprechend werden schon in frühen Phasen Lösungen verworfen, welche in dieser Frage versagen.

6.4 Bewerten und entscheiden

Das Bewerten und Entscheiden kleiner Teilschritte findet während des Gestaltens zusammen mit dem Analysieren permanent statt.

Anlässlich grösserer Zwischentappen oder beim Abschluss des Entwurfsprozesses liegen meist mehrere Lösungsalternativen vor, die systematisch beurteilt werden müssen um die beste Lösung auszuwählen (entscheiden).

Als Basis der Beurteilung dient selbstverständlich wieder die Anforderungsliste. Wie bei der Beurteilung im Rahmen des Konzeptprozesses

ses, können weitere Kriterien wie Risiko-Abschätzung, Kundenakzeptanz etc. hinzugezogen werden.

Jede Bewertung ist subjektiv. Beurteilende Personen sehen unterschiedliche Schwerpunkte in den Kriterien. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn eigene bevorzugte Lösungen dem Beurteiler nahe stehen (**not-invented-here-syndrom**). Deshalb ist es sehr wichtig, die Gewichtung der Kriterien gemeinsam vor dem Bewerten festzulegen.

Methoden, die sich zur systematischen Bewertung eignen, sind:

- Nutzwertanalyse,
- Paarvergleich,
- Conjoint-Analyse und
- **Benchmarking**.

Zur Visualisierung der Qualität der Lösungen können z.B. Fieberkurven oder Matrix-Darstellungen eingesetzt werden.

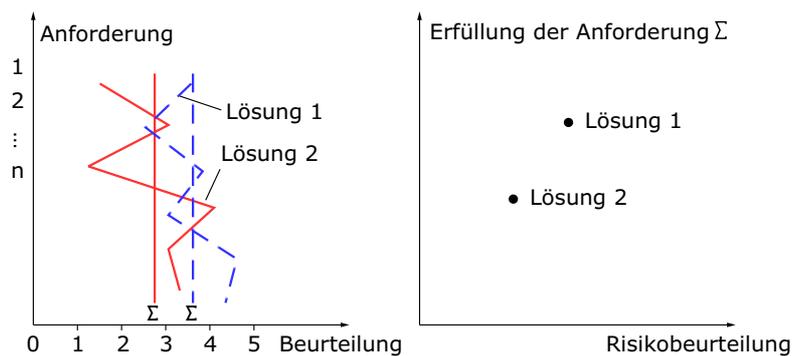


Bild (B027gesZ) Beispiel von Bewertungsdarstellungen. Links: Fieberkurve der Erfüllung der Anforderungen, rechts: 2-dimensionale Darstellung der gesamthaften Erfüllung der Anforderungen in Bezug auf das Risiko.

Eine Bewertung und Entscheidung ist umso bedeutender,

- je grösser die Konsequenz der Entscheidung ist,
- je weniger das Ergebnis später korrigiert werden kann.

Weniger bedeutend ist sie, wenn

- die Konsequenz klein ist,
- eine spätere Korrektur möglich ist (Joker im Sack!),
- eine Lösung sich eindeutig abhebt,
- die Alternativen sich nur marginal unterscheiden.

Die Grundlage einer korrekten und aussagekräftigen Bewertung und Entscheidung liegt in der fundierten Informationsbasis und den Validierungsergebnissen.

Merke: Eine Beurteilung und ein Entscheid sind nur so gut, wie ihre Informations- und Validierungsbasis.

Es ist aber ebenso klar, dass jede Bewertung mit einem gewissen Anteil von Unsicherheiten behaftet ist. Die Konkretisierungsstufe des Produktes hat bei weitem noch nicht die Höhe, um alle Fragen zu beantworten. Mit diesem Restrisiko in der Entscheidung leben Entwickler ständig.

7 Regeln, Prinzipien und Richtlinien des Gestaltens

Entwürfe hoher Güte zeichnen sich dadurch aus, dass sie anerkannte Regeln, Prinzipien und Richtlinien des Gestaltens berücksichtigen und diesen entsprechen. Diese Empfehlungen wurden über Jahre gesammelt, in eine strukturierte Form gebracht und liegen dem Entwickler nun als Kompass vor.

In einem ersten groben Überblick sind dies

- Einhalten von Regeln bedeutet, dass die Konstruktion
 - einfach,
 - eindeutig und
 - sicher ist.
- Prinzipien sind berücksichtigt, wenn vertieft Gedanken und Optimierungen in Bezug auf
 - Kraftfluss in der Konstruktion,
 - Funktionsvereinigung, -auftrennung und Integral-, Differentialbauweise durchgeführt wurden.
- Die Richtlinien umfassen alle zu erfüllenden Kriterien der „Gerechtheiten“ bzw. der „design for x“, wie
 - fertigungsgerecht,
 - montagegerecht,
 - korrosionsgerecht,
 - belastungsgerecht,
 - normgerecht
 - etc.

7.1 Regeln des Gestaltens

Die übergeordneten Grundregeln der Konstruktion sind in den Begriffen eindeutig, einfach und sicher zusammengefasst.

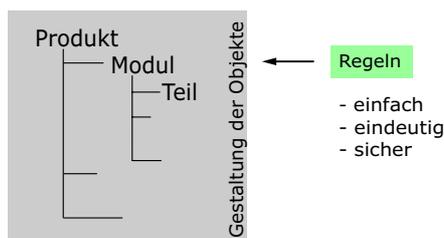


Bild (B913entZ) Regeln des Gestaltens im Überblick

7.1.1 Eindeutige Konstruktion

Eine wesentliche Anforderung an eine Konstruktion ist die Eindeutigkeit. Was damit gemeint ist, soll anhand von folgenden Beispielen gezeigt werden:

- **Statische Bestimmtheit**

Die Kräfteverteilung in den Beinen eines Dreibein-Stuhls ist eindeutig. Mit der Methode der statischen Kräftebestimmung können die Einzelkräfte der Beine berechnet werden. Mit diesen eindeutigen Kräften können die Querschnitte eindeutig dimensioniert werden. Bei einem Vierbein-Stuhl ist die **Kraft** nicht mehr eindeutig, das System ist statisch überbestimmt. Damit wird es auch schwieriger, die Querschnitte optimal zu dimensionieren. Es muss die Annahme getroffen werden, dass nur drei Beine den Stuhl tragen.

In die Thematik der Eindeutigkeit fallen auch die Lösungsprinzipien der Wellenlagerung. Eine Welle, welche durch zwei Festlager (Lager nimmt radiale und axiale Kräfte auf (**Lagerkräfte**)) gelagert wird (Bild B028gesZ), ist überbestimmt, weil die Verteilung der axialen Kräfte (z. B. bei **Wärmeausdehnung** der Welle) auf die beiden Lager unbestimmt ist. Der Lösungsweg durch die Kombination **Fest-Los-Lager** (Loslager nimmt nur radiale Kräfte auf) verschafft die Eindeutigkeit der Lastaufnahme.

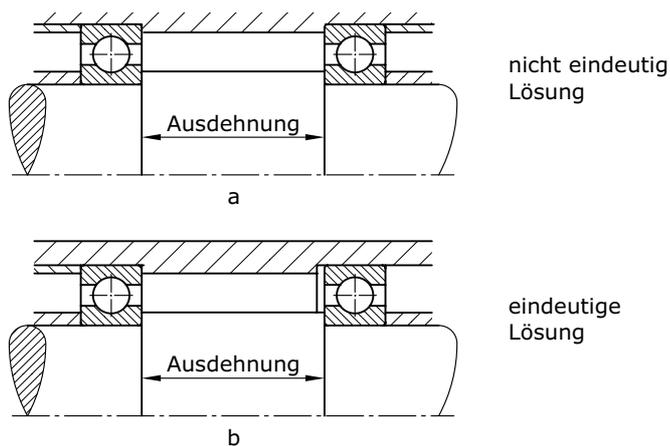


Bild (B028gesZ) a: Kombination Fest-Los-Lager, b: Kombination Fest-Fest-Lager (aus Pahl+Beitz).

Zum Beispiel im Bild B028gesZ: Bei **Fertigungstoleranzen** oder Längenänderungen durch Erwärmung ergeben sich axiale

Kräfte, welche in der Lösung a eindeutig vom linken Lager übernommen werden. [3]

- **Material Handling**
Innerhalb des „Material Handlings“ (Handhabung von Bauteilen in der Automation) ist es in der Lösungsfindung immer wieder verlockend, das Teil von einer Position abzuwerfen und im freien Fall in eine zweite Position zu bringen. Beispielsweise können Bleche, fertig gestellt in einer Maschine, auf einen Stapel abgeworfen werden. Die Flugbahn des Teiles ist jedoch nie eindeutig, es kann in Schräglage gelangen, „abschmieren“, beim Landen verrutschen usw.
Eindeutig ist nur, wenn das Teil in der Position 1 durch ein weiteres Transportmittel definiert übernommen und eindeutig geführt zu Position 2 transportiert wird.

Merke: Eindeutig beschreibbare Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung anstreben.

- **Schraubensicherungen:**
Eine Verschraubung kann sich z. B. durch Schläge oder Vibration lockern und lösen. Das Verbleiben in der angezogenen Position ist nicht eindeutig. Dieses Beispiel hat auch einen Anspruch auf „sicher“.

Eindeutig sollen aber auch alle erarbeiteten Dokumente sein:

- **Bedienungsanleitung,**
- Fabrikations-, Montage- und Prüfunterlagen, wie Zeichnungen, **Toleranzen,** Stücklisten usw.

Frappant erkennt man hier die Diskrepanz zwischen der Anforderung nach Eindeutigkeit und der realisierten Wirklichkeit. Trotzdem existieren in der Praxis Abweichungen von dieser Grundregel, beispielsweise:

- Es gibt mehrheitlich Stühle mit 4 Beinen (was auf die bessere Stabilität der Stühle zurück zu führen ist). Die Elastizität der Füße gleicht die Kräfte aus.
- Es existieren gut funktionierende Lösungen mit Fallbewegungen (die Lösung ist viel kostengünstiger).

Das Streben nach Eindeutigkeit erhöht jedoch die Chance, z. B.

- optimal dimensionierte (minimale Grösse und minimales Gewicht) Teile zu erhalten (statische Bestimmtheit),
- viele nachträgliche Verbesserungen zu vermeiden (z. B. Begrenzungsführungen bei freiem Fall) und
- Rückfragen zu minimieren (nicht eindeutige Zeichnungsunterlagen).

Also genügend wichtige Gründe, die Eindeutigkeit wo immer sinnvoll, anzustreben. Eine Checkliste hilft bei der Überprüfung.

7.1.2 Einfache Konstruktion

Stehen wir nicht immer wieder verblüfft vor einem überraschend einfach gestalteten Produkt? Einfach bezogen auf Funktionalität, Bedienung, Störungsfreiheit, Wartung, und günstige Herstellung etc.

Der Fachbegriff „einfach“ ist eine weitere Grundregel einer Konstruktion. Unsere heutigen technischen Produkte sind technologisch meist komplex. Deshalb ist diesem Begriff spezielle Beachtung zu schenken. Es ist erschwerend, wenn zu dieser technologischen Komplexität auch noch unnötige Schwierigkeiten beim Montieren, Bedienen usw. hineinkonstruiert sind. Einfachheit hat viele Facetten:

- Ein Produkt mit vielen Funktionen, die klar und übersichtlich zugeordnet sind und einfachen Gesetzmässigkeiten unterliegen - das definiert „einfach“.
- Oft zeigt sich, dass einfache Lösungen auch weniger Teile benötigen. Das zieht gleichzeitig weniger Logistik- und Montageaufwand nach sich.
- Die einzelnen Bauteile sollen auch so ausgelegt sein, dass sie mit wenig Operationen und wenig Rüstaufwand „einfach“ herstellbar sind.
- Ihre Formen sind, falls möglich, so zu wählen, dass Festigkeitsberechnungen „einfach“ durchführbar sind.
- Die Binsenwahrheit „Erfinde das Rad nicht ein zweites Mal!“ gehört auch an diese Stelle. Einfachheit wird häufig erreicht, indem bereits auf dem Markt erhältliche Komponenten eingesetzt werden und nicht partout neue Lösungen erzwungen werden. Existente Lösungen sind erprobt und ergeben weniger Probleme und sind unter dem Strich meist auch günstiger.
- Auch bei der Montage des Produktes ist diese Forderung einzuhalten, d. h. die Montage soll einfach und kostengünstig sein, die Einstellungen einmalig und mit wenig Aufwand verbunden und die Anweisungen für die Prüfung übersichtlich.
- Häufig werden Maschinen und Anlagen ab Bedienkonsole bedient, deren Monitore schönste graphische Oberflächen haben. Dies ist nur dann sinnvoll, wenn die Bedienvorgänge einfach, übersichtlich und an das Verständnis des Bedieners bzw. der Bedienerin angepasst sind. Alles was darüber hinausgeht erschwert die Bedienbarkeit und das Verständnis.
- Gelangen wir an das Ende des Produkt-Lebenszyklus. Auch für die abschliessende Demontage, die Entsorgung und das Recycling muss auf Einfachheit und damit niedrige Kosten geachtet werden.

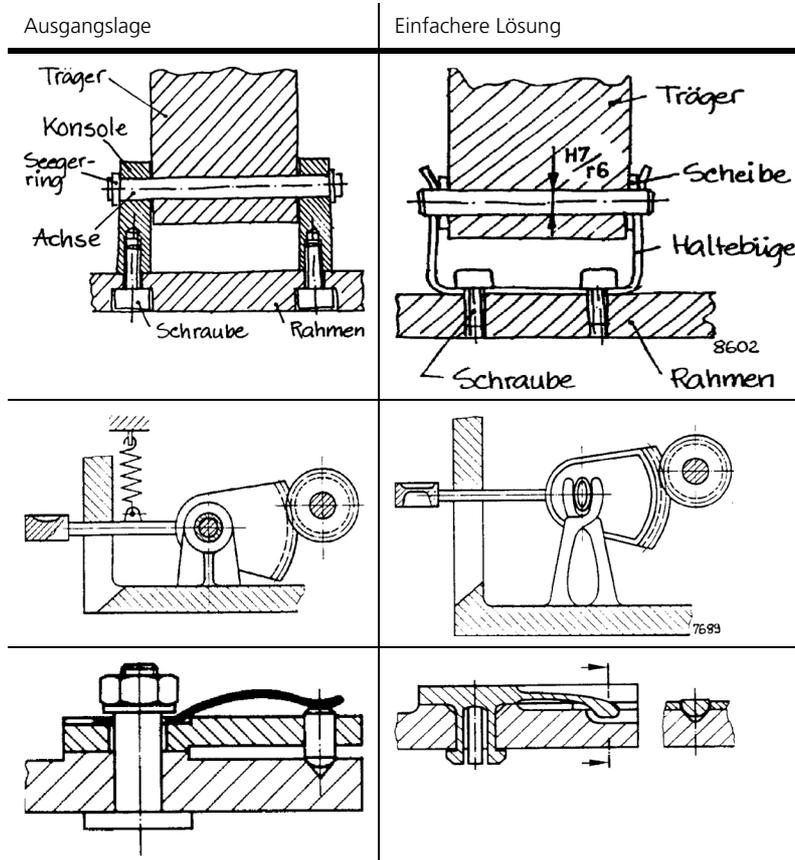


Tabelle (T004entZ) Unterschiedliche Beispiele von Vereinfachungen in der Gestaltung. Oben: Schwenkverbindung aus einfacher Blechkonstruktion; Mitte: Klingel für Kinder-telefon mit einfachem Lagerungs- und Federmechanismus. Unten: einfacher Niederhalte-Mechanismus durch ein Kunststoffteil [1]

7.1.3 Sichere Konstruktion

Der Aspekt der Sicherheit ist vielschichtig und äusserst komplex, aber auch von höchster Wichtigkeit. Das Thema logisch zu gliedern und in die entsprechenden Kapitel abgegrenzt zu verteilen, ist schwierig. Der Aspekt der Sicherheit begleitet die Entwickler während dem ganzen Prozess.

Um es vorweg zu nehmen, Sitzungen zum Thema der Sicherheit gestalten sich häufig endlos. Der Grund dazu ist einfach - es gibt keine absolute Sicherheit. Um den Sicherheitsanforderungen annähernd gerecht zu werden, müssen mehr oder weniger wahrscheinliche Szenarien „erdacht“ werden, für die entsprechende konstruktive Massnahmen getroffen werden. Es ist und bleibt dem Konstrukteur,

bzw. dem Entwicklungsteam, die anspruchsvolle Aufgabe überlassen, mit Verantwortung, aber auch gesundem Menschenverstand, die Lösung auf ein Minimum aller Risiken auszurichten. Hierher gehört auch der Begriff des Grenzsikos:

Definition: Das Grenzsisiko stellt das grösste, nach zeitgemäßem Verständnis noch vertretbare Risiko eines technischen Vorganges oder Zustandes dar.

Die Abschätzung dieses Risikos erfolgt immer über die zwei Koordinaten:

- Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit des Schadenseintritts?
- Wie gross ist der voraussichtliche Schadensumfang?

Gliederung des Sicherheitsaspektes

Zur Erhaltung des Überblicks über die Gesamtthematik soll hier eine logische Gliederung des Sicherheitsaspektes durchgeführt werden:

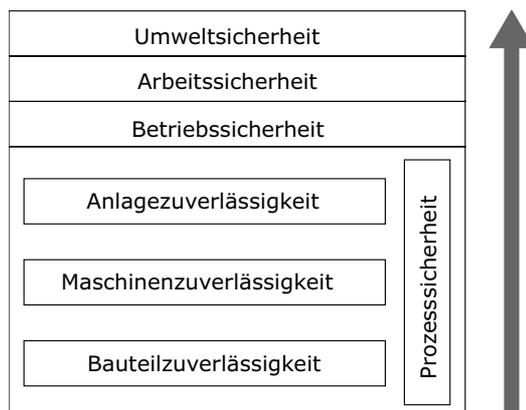


Bild (B029gesZ) Gliederung des Sicherheitsaspektes

Definition: Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit des Systems, die definierten Anforderungen zu erfüllen.

- **Bauteilzuverlässigkeit:**
Unter den Begriff Bauteilzuverlässigkeit fallen die richtige Formgebung, sichere Auslegung und Dimensionierung, sowie die richtige Auswahl des Materials in verschiedenster Hinsicht, wie Festigkeit, Korrosion, Kriechen, Alterung usw., mit dem Ziel, die erforderliche Lebensdauer für das Bauteil unter den festgelegten Betriebsbedingungen sicher zu stellen.
- **Maschinenzuverlässigkeit:**

Sicheres Zusammenwirken aller Bauteile und Komponenten in Bezug auf die geforderten Leistungen und die erwartete Zuverlässigkeit während der gesamten Lebensdauer.

- **Anlagenzuverlässigkeit:**
Sicheres Zusammenwirken der verschiedenen Maschinen, Vorrichtungen und peripheren Komponenten, wie z. B. den Robotern während der gesamten Lebensdauer.

Überlagert zu den drei beschriebenen Zuverlässigkeitskategorien liegt die

- **Prozesssicherheit:**
Die Beherrschung des Prozesses innerhalb der Leistungsgrenzen bildet den Sicherheitssockel für jede Maschine. Ausgiebige Grundlagenversuche, nicht nur unter Labor-Bedingungen, sondern mit realen äusseren Gegebenheiten, müssen einen stabilen Prozess aufzeigen. Physikalisch ausgedrückt muss die Wirkkette bekannt sein und der Einfluss der Randbedingungen sowie der Störgrössen beherrscht werden.

Die Basiszuverlässigkeiten ergeben dann folgerichtig die:

- **Betriebssicherheit:**
Verminderung des Schadenrisikos für die Einrichtung selbst, wie auch für die unmittelbare Umgebung.
- **Arbeitssicherheit:**
Verminderung des Unfallrisikos für den Menschen bei der Benutzung der Maschine oder im unmittelbaren Umfeld (Nahbereich).
- **Umweltsicherheit:**
Verminderung des Schadenrisikos für die gesamte Umwelt (Fernbereich).

Die Massnahmen zum Erreichen der geforderten Sicherheit können gegliedert werden in

- **unmittelbare,**
- **mittelbare und**
- **hinweisende Sicherheit.**

Definition: Sicherheit insgesamt ist die angestrebte Sachlage, bei der das Risiko des Vorganges oder Zustandes kleiner als das Grenzkrisiko ist.

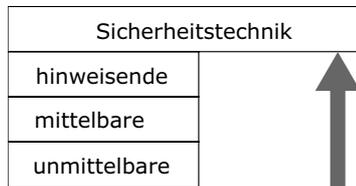


Bild (B030gesZ) Hierarchie der Sicherheitstechnik

Für den Entwickler hat diese Gliederung auch hierarchischen Charakter. Er muss der unmittelbaren Sicherheit erste Priorität einräumen.

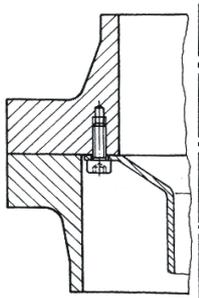
Unmittelbare Sicherheit

Für die unmittelbare Sicherheit müssen die Produkte so gestaltet sein, dass keine Gefährdung entstehen kann (direkte Sicherheit durch geeignete Gestaltung in das Produkt konstruiert). Unmittelbare Sicherheit wird weiter gegliedert in:

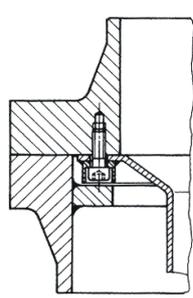
- **Sicheres Bestehen:**
Die Bauteile und deren Zusammenhang sind so zu gestalten, dass alle wahrscheinlichen Zustände ohne Versagen überstanden werden (**safe-life**). Dies erfolgt durch:
 - Klärung der **Belastung** (Art, Grösse, Dauer),
 - Klärung aller möglichen ausserordentlichen Einflüsse und Zustände (Methode: z. B. FMEA),
 - Auslegung der Teile und Baugruppen nach bewährten Hypothesen und Verfahren (Literatur- und Normenstudien) und
 - Erstellung von Funktionsmuster und Messaufbauten.
- **Beschränktes Versagen:**
Die Bauteile und deren Zusammenhang sind so zu gestalten, dass bei Versagen keine schwerwiegenden Folgen auftreten (**fail-safe**). Dies erfolgt durch:
 - frühzeitige Erkennbarkeit des Schadenseintrittes,
 - langsamer, gestützter Schadensverlauf und
 - Reproduzierbarkeit des Schadenseintrittes
- **Redundanz:**
Die Bauteile und deren Zusammenhang sind so zu gestalten, dass bei Versagen die Funktion von anderen Bauteilen oder -gruppen übernommen wird. Dies erfolgt durch:
 - aktive Redundanz, wie z.B. gespiegelte Festplatten oder mehrere kleinere Energieaggregate anstelle eines grossen Systems,

- passive Redundanz, wie z.B. externe Backup-Laufwerke oder Notstromaggregate und
- parallele oder serielle Anordnung der redundanten Systeme.

Konstruktionsbeispiel



unsichere Konstruktion



unmittelbare Sicherheit
durch passive, serielle Redundanz

Bild (B031gesZ) Einfaches Beispiel [3]:

Das innere dünnere Rohrteil soll sich nicht vollständig vom Gesamtsystem lösen können.

Mittelbare Sicherheit

Erst in zweiter Priorität ist die mittelbare Sicherheit, welche z.B. mit Abschränkungen, Türen oder Lichtschranken vorhandene Risikobereiche schützt, anzuwenden,.

Definition: Schutzsysteme (aktiv, wie z.B. Lichtschranken) und Schutzeinrichtungen (passiv, wie z.B. ein Zaun) sind mittelbare Massnahmen, welche die notwendigen Sicherheiten ergeben, wo unmittelbare Techniken den erforderlichen Schutz ungenügend erfüllen.

Beispiele: Airbag, Überdruckventil, Schutzräume.

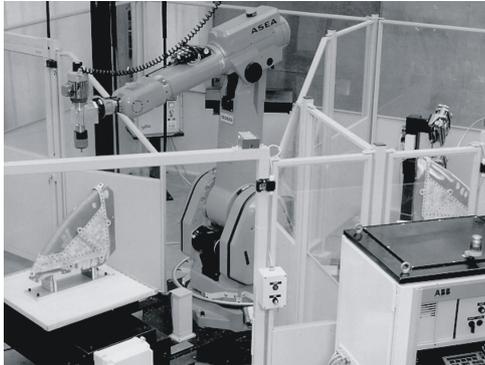


Bild (B033gesZ) Mittelbare Sicherheitstechnik: Schutzzaun um Roboterzelle

Mittelbare Sicherheiten müssen so gestaltet werden, dass sie zuverlässig, zwangsläufig und unumgehbar sind.

Hinweisende Sicherheit

Falls beide Möglichkeiten nicht realisierbar sind oder aber das Risiko verantwortbar klein ist, können, wie häufig angewendet, hinweisende Sicherheitsmassnahmen getroffen werden (hinweisende Sicherheit).

Letzteres gilt auch, wenn für die Möglichkeiten der unmittelbaren und mittelbaren Sicherheit unverantwortbar hohe Kosten (Aufwendungen) bei abschätzbar geringem Risiko entstehen.

Definition: Schutz ist die Verringerung der Schadens-Eintrittshäufigkeit oder des resultierenden Schadensumfanges.

Beispiele: Warnschilder, Hinweisschilder und Hinweise innerhalb von Betriebs- und Wartungsanweisungen.



Bild (B032gesZ) Hinweisendes Warnschild

Fassen wir zusammen: Bei jedem Konstruktionsschritt und -entscheid muss die Lösung in Bezug auf

- Funktion und Wirkungsprinzip,
- Auslegung und Dimensionierung,
- Fertigung und Kontrolle,
- Montierbarkeit, Prüfbarkeit und Demontierbarkeit,
- Ergonomie, Bedienbarkeit und Unterhalt,
- etc.

überprüft werden. Man untersucht inwiefern sie

- eindeutig (gibt es eindeutige Lösungen?),
- einfach (existieren einfachere Lösungen?) oder
- sicher (wurden alle Aspekte bedacht?) ist.

Diese Überlegungen begleiten uns, parallel im Kopf ablaufend, während jedes Teilschritts der Gestaltung.

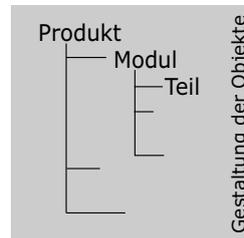
7.2 Prinzipien des Gestaltens

Gestaltungs-Prinzipien sind bewährte Strategien, welche zu einer hochwertigen Lösung führen. Hochwertig im vorliegenden Sinne bedeutet u.a.

- bessere Funktionserfüllung,
- minimale Herstellkosten durch weniger Teile oder kleinere Bauart,
- minimaler Platzbedarf und kleines Gewicht,
- höhere Zuverlässigkeit und unmittelbare Sicherheit,
- etc.

Eine mögliche Gliederung von Prinzipien erfolgt in:

- Prinzipien der Funktionsvereinigung, -Auftrennung,
- Prinzipien der Bauteilvereinigung, -Auftrennung (Integral-, Differentialbauweise),
- Prinzipien der Kraftleitung und
- Prinzipien der Selbsthilfe.



Prinzipien

- Funktionsvereinigung/-auftrennung
- Integral-/Differentialbauweise
- Kräfte/Momente leiten
 - Eindeutigkeit
 - Kraftfluss
 - Lastausgleich
 - konstante Beanspruchung
- Selbsthilfe

Bild (B914entZ) Prinzipien des Gestaltens im Überblick

7.2.1 Funktionsvereinigung, Funktionstrennung

Die Mehrheit von Geräten, Vorrichtungen oder allg. Produkten muss viele Funktionen erfüllen. Betrachten wir z. B. ein Fahrrad. Dieses muss grundsätzlich fahren, aber auch antreibbar, bremsbar, beleuchtbar etc. sein. Dem Konstrukteur stellt sich nun die Frage, wieweit verschiedene Funktionen in einem Funktionsträger zu vereinen (Funktionsvereinigung) oder klar in einzelne Funktionsträger aufzutrennen (Funktions-trennung) sind. Bevor dazu die Vor- und Nachteile behandelt werden, hier einige Beispiele:

- Bedienhebel im Auto:
Viele Fahrzeuge haben Bedienhebel, welche viele Funktionen vereinen:
 - Licht: Abblendlicht, Fernlicht (Impuls, permanent)
 - Blinker
 - Tempomat
- Halogenlampen:
Heutige Leuchtkörper erfüllen einige Funktionen mehr als früher:
 - Tragen
 - Strom leiten
 - Höhe verstellen

Ein entsprechendes Beispiel sehen wir im folgenden Bild: rechts eine moderne 12V-Halogenlampe, bei welcher die Aufhängung das Gewicht, die flexible Höheneinstellung und die Stromübertragung übernimmt; links eine ältere Beleuchtung, wo die Funktionen Tragen und Stromleiten getrennt sind.

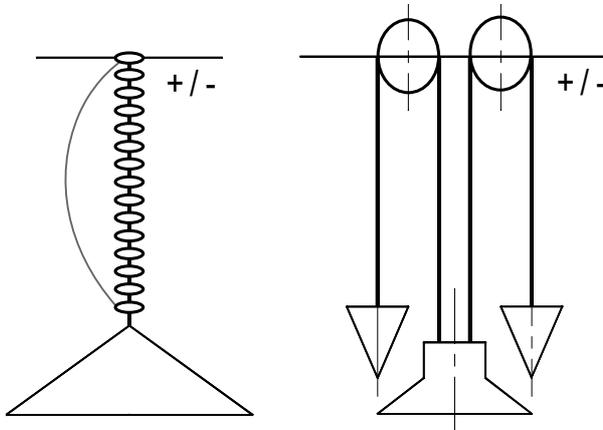


Bild (B034gesZ) Beispiel von Funktionsvereinigung (tragen, leiten, verstellen), links getrennt, rechts vereint

- **Zahnriemen:**

Die Umsetzung einer Rotationsbewegung von einer Welle zu einer nächsten kann durch z.B. durch Zahnräder, Ketten, flexible Wellen, aber auch Zahnriemen erfolgen:

Heutige Zahnriemen übernehmen gegebenenfalls mehrere Funktionen:

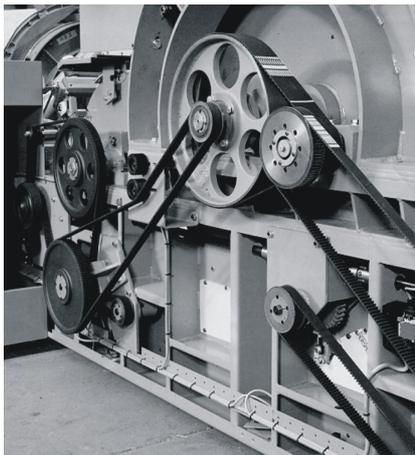


Bild (B035gesZ) Einsatz von Zahnriemens (Uiker)

Der Riemen kann die Antriebskräfte mittels Stahl- und Aramidfasern, die im Polyurethan eingelegt sind, übertragen. Das Rie-

menmaterial ist sehr biegsam, so dass der Riemen auch räumlich beschränkt die Funktion des Verdrehens übernimmt.

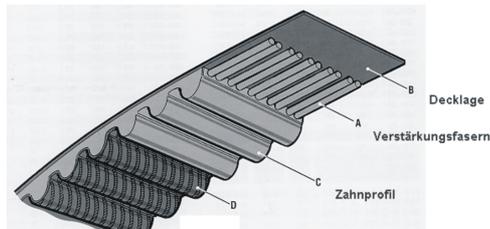


Bild (B036gesZ) Aufbau eines verstärkten Zahnriemen (Uiker)

Dieses für den Maschinenbau sehr nützliche Maschinenelement kann u. U. noch weitere Transportfunktionen übernehmen. So können, meist an der glatten Fläche, noch Mitnehmer beliebiger Formgebung integriert werden.

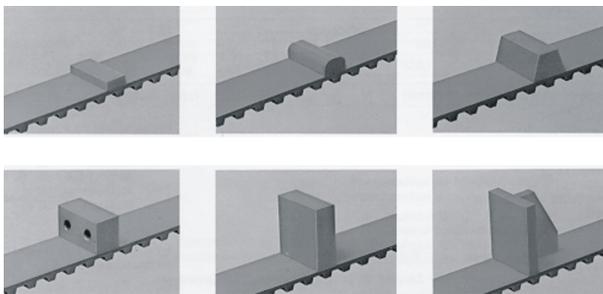


Bild (B037gesZ) Zusätzliche Funktionsvereinigung durch integrierte Mitnehmer (Uiker)

- **Alu-Profil:**

Dass Funktionsvereinigung gut überlegtes Vorgehen der Konstruierenden ist, zeigt folgendes Beispiel:

Maschinengestelle, ob aus geschweissten Profilen oder aus Alu-Profilen (wie hier im Bild gezeigt), können nicht nur als Gestelle eine tragende Funktion übernehmen, sondern auch als Hohlkanäle zum Führen von Leitungen verwendet werden. Es gibt Lösungen, bei welchen diese Hohlräume sogar ohne zusätzliche Rohre als Druckluftleitung oder als Druckspeicher eingesetzt wurden. Eine weitere Funktion übernehmen die Nuten in den Alu-Profilen zum Befestigen weiterer Bauteile.

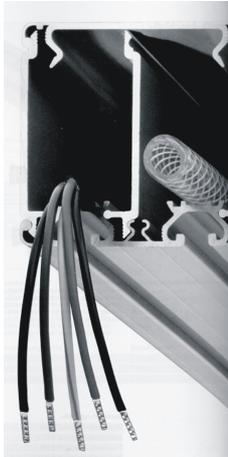


Bild (B038gesZ) Funktionsvereinigung durch Integration von Leitungen in ein Gestell-Profil (Item)

- Anlaufkupplung:
Das Übertragen der Motorleistung auf die Abtriebswelle erfolgt vorteilhaft erst beim Erreichen der **Nenn Drehzahl** des Motors. Dadurch kann der Motor schwächer ausgelegt werden, weil er beim Hochfahren das **Moment** aufbauen kann, bevor die Schwungmasse angehängt wird. Eine mögliche **Kupplung**, welche die Funktionen:
 - Drehmomentübertragen bei höherer Drehzahl und
 - gummielastischer Ausgleich für nicht exakt fluchtende Wellenachsen
 gewährleistet, ist die dargestellte elastische Anlaufkupplung.

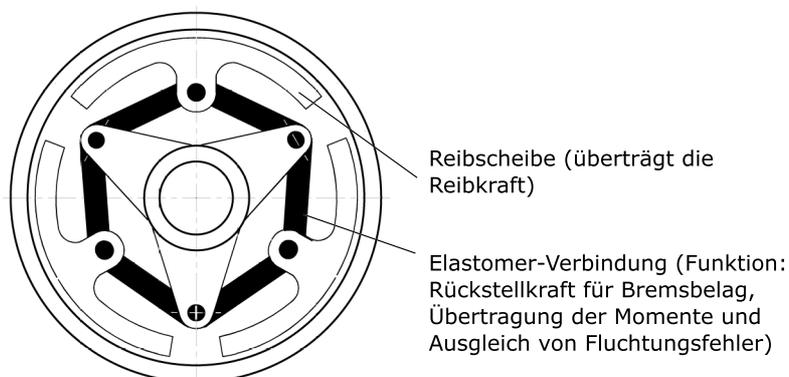


Bild (B039gesZ) Prinzip einer Anlaufkupplung [2]

Die Motorenwelle ist an der inneren Welle befestigt. Bei einer bestimmten Nenndrehzahl werden die „Bremsbacken“ durch die Fliehkraft, entgegen der rückziehenden Kraft des Gummiring, nach aussen gedrückt und die Reibbelage über das Drehmoment auf den Aussenring übertragen, was dieser weiter auf die Abtriebswelle leitet. Unterschreitet der Motor eine feste Drehzahl, zieht die Fliehkraft den Gummiring zurück und die Übertragung wird unterbrochen.

Vor- und Nachteile der Funktionsvereinigung

Die Funktionsvereinigung bringt offensichtlich eine leichtere, platzsparendere Konstruktion mit meist weniger Teilen mit sich, was häufig eine kostengünstigere Lösung bedeutet. Nachteilig ist, dass die funktionsvereinten Bauteile schwieriger dimensionierbar sind. Dieser Nachteil zeigt sich klar am Beispiel der elastischen Kupplung, wo der Gummiring zwei Funktionen, Drehmoment übertragen und radialer Ausgleich von **Fluchtfehlern**, erfüllen muss. Das sind zwei diametral unterschiedliche Forderungen, einerseits eine Anforderung an hohe Steifigkeit und Festigkeit für die Momentübertragung und andererseits eine **Elastizität** für den geometrischen Ausgleich. Hier müssten mit Sicherheit auch vertiefte Tests (siehe „Experimentieren“) durchgeführt werden.

Funktionsvereinigung kann auch erschwerte Montage- und Service-Aufgaben zur Folge haben. Unter anderem kann das gezeigte Einführen von Leitungen in die Maschinenprofile (z. B. bei Kabelbruch) Probleme beim Auswechseln bereiten. Man sieht, dass die Funktionsvereinigung häufig der notwendigen Einfachheit und teilweise auch der Eindeutigkeit zuwider läuft.

Eine generelle Empfehlung kann, wie in vielen Fragestellungen der Konstruktion, nicht gegeben werden. Die Antwort wird stark von der Aufgabenstellung geprägt. Eingrenzend kann aber gelten:

- Funktionstrennung:
Bewährt sich innerhalb von einmaligen Sonderkonstruktionen zur Steigerung der Eindeutigkeit und Sicherheit.
- Funktionsvereinigung:
Bewährt sich bei Serienprodukten mit der Möglichkeit eingehender Berechnungs- und Testphasen. Dies steigert meist die Einfachheit durch den Gebrauch von wenigen Teilen.

7.2.2 Bauteilvereinigung, Bauteilauftrennung (Integral- und Differentialbauweise)

Dieses Konstruktionsprinzip ist mit dem vorangegangenen verwandt, betrachtet die Aufgabe jedoch nicht von der Funktion aus, sondern von der Seite der Anzahl Bauteile, ob zwei oder mehr Teile zu einem einzigen Teil vereint werden können. Aus dem Ansatz der Funktionsvereinigung folgt häufig auch eine Bauteilvereinigung.

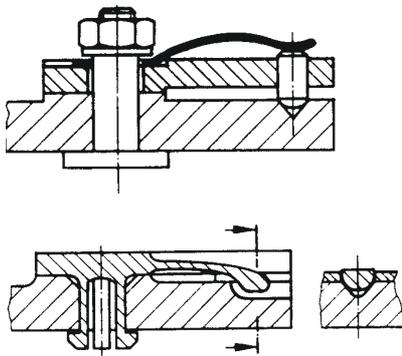


Bild (B040gesZ) Bauteilvereinigung: 7 Einzelteile (oben) auf 2 Teile (unten) reduziert [1]

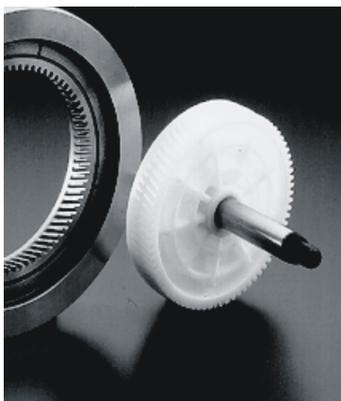


Bild (B041gesZ) Insert Spritzgiessteil. Das Kunststoff-Zahnrad wird direkt auf die Stahlwelle gespritzt (Mikron)

Beispiel: Armatur, Fliese

Die Funktion der Fliese ist schützen und dekorieren und die Funktion der Armatur ist Wassermenge und -Temperatur regeln. Die **Integralbauweise** vereint die Funktionen und die Bauteile.



Bild (B042gesZ) Funktions- und Bauteilvereinigung

Das Unternehmen INAX vereint damit auch seine beiden Kompetenzen (Keramik, Armaturen). Der Kommentar des Designers (DROG Design) lautet: „... schliesst man Dekoration aus, landet man automatisch bei der Funktion ...“.

Vor- und Nachteile der Bauteilvereinigung

Vorteile der Bauteilvereinigung:

- weniger Einzelteile
- weniger Bestellungen
- weniger Lieferanten
- weniger Lagerpositionen
- weniger Einzelteilrechnungen
- Reduktion der Fügstellen und Toleranzen
- reduzierte Montagezeit
- weniger Einstellarbeit.

Nachteile der Bauteilvereinigung:

- Umkehrung der Vorteile
- komplexere Teile, meist werden Werkzeug-Formen und Modelle benötigt.
- längere Entwicklungszeit, aufwändigere Testphasen
- bei grossen Maschinen: Transport teilweise verunmöglicht
- höheres Entwicklungsrisiko
- aufwändigeres Änderungswesen
- schwierige Bauteil- bzw. Materialtrennung bei der Entsorgung.

Die Bauteilvereinigung eignet sich eher für Serienprodukte mit genügend zur Verfügung stehender Entwicklungszeit.

Leider werden Kostenanalysen, für oder gegen eine Bauteilvereinigung, nur selten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauteiles

durchgeführt. Die Betrachtungsweise muss alle anfallenden Kosten z. B. für Zeichnungserstellung, Zeichnungsverwaltung, Bestellwesen, Rechnungswesen, Lagerhaltung, Änderungswesen, Entsorgung, usw. umfassen. Die vollständige **Kostenrechnung** über den Produkt-Lebenszyklus, umfassend erstellt, ergibt vielfach einen Vorteil für die Reduktion der Teilezahl, auch wenn die Erstbeschaffungskosten im Moment ein gegenteiliges Bild zeigen.

Beispielsweise haben Untersuchungen eines Motorenherstellers gezeigt, dass die **Gemeinkosten** eines Teils (ohne die eigentlichen Beschaffungskosten) über seine gesamte Lebensdauer mehr als 3500 EUR betragen. Sogar die sogenannten „billigen“ Produkte, wie z. B. Schrauben, deren Beschaffung einige Rappen kosten, werden in den Gesamtkostenberechnungen um ein Mehrfaches teurer (bei Schrauben ein Faktor von rund 8).

7.3 Prinzip der Kraftleitung (Kraftfluss)

Wodurch zeichnen sich gute konstruktive Lösungen aus? Wieso sind die einen viel „leichter“ gebaut als andere und trotzdem erfüllen beide dieselben Anforderungen?

Neben den gezeigten Aspekten liegt die Antwort in der konstruktiven Beherrschung der Kräfte (und Momente). Kräfte sind in fast jedem Produkt vorhanden und werden von aussen eingebracht und von Bauteil zu Bauteil weitergeleitet. Das Erkennen der Kräftebeziehungen und optimale Nutzen derselben wie Einleitung, Transport und Ableitung sowie besonders das Schliessen der Kräfte führen zu guten Konstruktionen.

In der Mechanik werden die Grundlagen über Kräfte und ihre Wirkung (Spannungen, **Dehnungen**) behandelt (Prinzip der Kraftleitung). Hier eine grobe Zusammenfassung für das Verständnis des Kraftflusses:

- Kräfte und Momente werden von aussen oder innen durch Belastungen, Gewichte und dynamische Effekte (z.B. Beschleunigung) auf Bauteile eingebracht.
- Die Bauteile übertragen diese Kräfte und Momente auf ihre Umgebung. Dies erfolgt über Fügestellen und Lagerungen, sogenannten Wirkflächen.
- Im betrachteten, abgegrenzten Teilsystem sind alle Kräfte und Momente im Gleichgewicht (actio = reactio).
- Die Kräfte und Momente bewirken Spannungen innerhalb der Bauteile. Spannungen sind Kräfte pro Fläche (infinitesimale Kräfte).

- Spannungen erzeugen Dehnungen im Material (infinitesimale Verformungen).
- Ein Material kann nur begrenzt Spannungen ertragen, danach kommt es zum Versagen durch plastisches Verformen oder Bruch.
- Die über das ganze Bauteil integrierten Dehnungen entsprechen den Verformungen des Bauteiles (Längsverformungen, Torsionen etc.).

Hier vorerst als Überblick eine Gliederung der Regeln zur konstruktiven Beherrschung und Optimierung der Kräfte (und Momente) im Hinblick auf „gute“ Konstruktionen.

Regeln

1. Eindeutigkeit in den Kräften und der Kräfteführung anstreben.
2. Kräfteübertragung:
 - Für steife Konstruktionen kurze Kraftwege gestalten. Zug- und Druckkräfte bevorzugen.
 - Für weiche Konstruktionen lange Kraftwege gestalten. Biege- und Torsionsmomente bevorzugen.
3. Starke **Kräfteumleitungen** und **-verengungen** vermeiden (Minimierung der Kerbwirkung).
4. Lastausgleich anstreben durch
 - Schliessen von **Kräftekreisen**.
 - Elimination von Nebenkräften.
5. Gleiche **Beanspruchung** innerhalb eines Bauteils anstreben.

7.3.1 Eindeutigkeit der Kräfte und Kräfteführung

Innerhalb einer Konstruktion müssen die eingebrachten Kräfte und Belastungen bekannt sein. Unsicherheiten erfordern entweder Versuche oder Simulationen und im ungünstigsten Fall Annahmen. Um bei Annahmen den Unsicherheitsfaktor möglichst klein zu halten, fallen die entsprechenden Entscheide immer auf die konservative, sichere Seite und so werden ganze Konstruktionen überdimensioniert, schwerer und ergeben infolge der mächtigeren Konstruktion selber wieder grössere Kräfte. Eine unschöne Spirale öffnet sich. Es lohnt sich, Zeit in die Analyse der Kräfteverhältnisse zu stecken.

Auch das Fest-Fest-Lager ist ein Beispiel von **Überbestimmtheit**. Weil nicht festgelegt ist, welches Lager die **Axialkraft** übernimmt, müssen beide Lager für die gesamte Kraft dimensioniert werden. Äussere Kräfte werden durch die Bauteile „geleitet“ und auf die benachbarten Teile übertragen, z.B. über Befestigungen oder Lagerungen. Statische Bestimmtheit wird bevorzugt, nur dann kann eine einfache

Aussage über die Reaktionskräfte gemacht werden. Ansonsten muss von konservativer Annahme ausgegangen werden. Als Beispiel der Unbestimmtheit der Kräfte wurde der Vierbein-Stuhl erwähnt. Bei dessen Dimensionierung muss konservativ angenommen werden, dass ein Bein unbelastet ist und nur drei Beine tragen. Konkret bedeutet dies, dass das Gewicht und der Platz eines Beines überzählig ist und die Herstellkosten um $\frac{1}{4}$ verteuert.

Merke: Die Belastungen auf das Produkt müssen bekannt (Lastfälle) und die Kräfteeinleitung im Produkt muss eindeutig sein.

Anschaulich sind die Unterschiede auch im folgenden Bild einer Lagerung. Der Kraftfluss der radialen Kräfte erfolgt eindeutig über das Zylinderrollenlager; die axialen Kräfte werden über das Rillenkugellager geleitet.

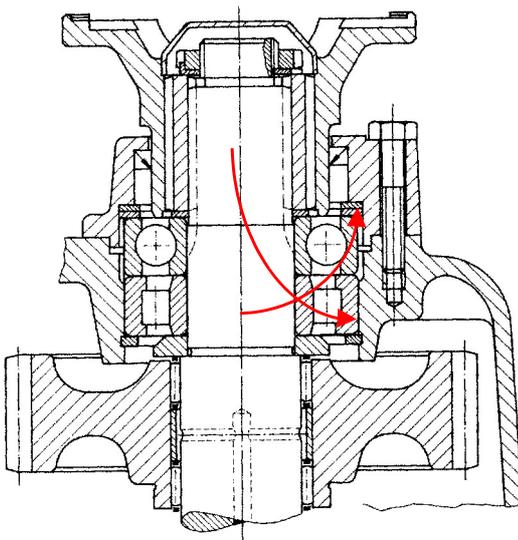


Bild (B045gesZ) Kräfteübertragung am Beispiel Wellenlagerung. Radiale Kräfte werden durch Zylinderrollenlager, axiale Kräfte nur durch Rillenkugellager übertragen.

7.3.2 Kräfteübertragung

Kräfte werden innerhalb der Konstruktion unterschiedlich übertragen, zum Beispiel über Zug-, Druck-, Biege- oder Torsionsbelastung. Vielfach auch eine Kombination dieser Belastungsarten. Bauteile verhalten sich, bei identischer Last, unterschiedlich steif, abhängig von der Beanspruchungsart.

- Kräfteübertragung durch reine Zugbeanspruchung hat die grösste Steifigkeit.

- Übertragung durch Druckbeanspruchung ist identisch steif, birgt aber eine Knickgefahr in sich.
- Biege- und vor allem Torsionsbeanspruchung ergeben weiche Strukturen.

Ein eindrückliches Beispiel dazu stellt ein Profilstab aus Stahl dar, mit dem Quadrat-Querschnitt 10×10 mm und der Länge 100 mm, der mit 100 N belastet wird. Wir betrachten nun zwei Fälle. Einmal ist der Stab in einer Wand eingespannt und horizontal herausragend. Im zweiten Fall hängt der Stab vertikal von der Decke. In beiden Fällen wirkt die Kraft vertikal nach unten am freien Ende angreifend.

Wie die Rechnung ergibt, biegt sich der Biegestab 0.19 mm durch, während der Zugstab bei derselben Belastung sich nur 0.0005 mm dehnt (um Faktor 380 weniger).

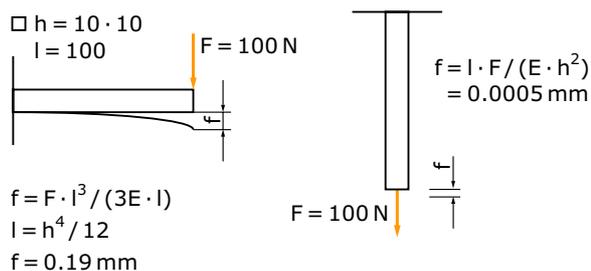


Bild (B043gesZ) Vergleichsrechnung: Formänderung bei Biege- und Zugbeanspruchung unter gleicher Belastung.

Oder umgekehrt betrachtet könnten wir die Kantenlängen des Zugstab auf 0.5×0.5 mm reduzieren, um eine identische Dehnung von 0.19 mm zu erhalten. Noch anschaulicher ist der Vergleich zwischen den beiden Stäben in Bezug auf das Gewicht. Bei gleicher Auslenkung (0.19 mm) wiegt der dafür notwendige Biegestab 79 g und der Zugstab 0.2 g, also wieder der 380-fache Gewichtsunterschied bei identischer Bauteil-Steifigkeit.

Was erkennen wir daraus? Um weiche Strukturen zu erhalten, werden Kräfte über eine möglichst lange Strecke mittels Biegung oder Torsion geleitet. Das wohl typischste Beispiel ist die Spiralfeder. Hier wird die Kraft über einen weiten Weg von der Einleitung oben zur Ausleitung unten geleitet.

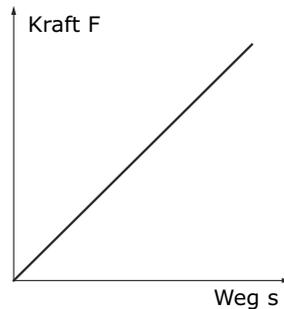


Bild (B044gesZ) Sehr weiche Struktur durch weite Leitung der Kräfte bei der Spiralfeder

Um steife Strukturen zu erhalten, werden die Kräfte über möglichst kurze Strecken mittels Zug oder Druck übertragen. Ein Beispiel ist die konventionelle Schraubenverbindung.

7.3.3 Kräftefluss

Kräfte werden im Bauteil von der Stelle des Kräfteintritts zu jener des **Kraftaustritts** geleitet. Dabei kann die Beanspruchungsart (Zug, Biegung oder Torsion) wechseln.

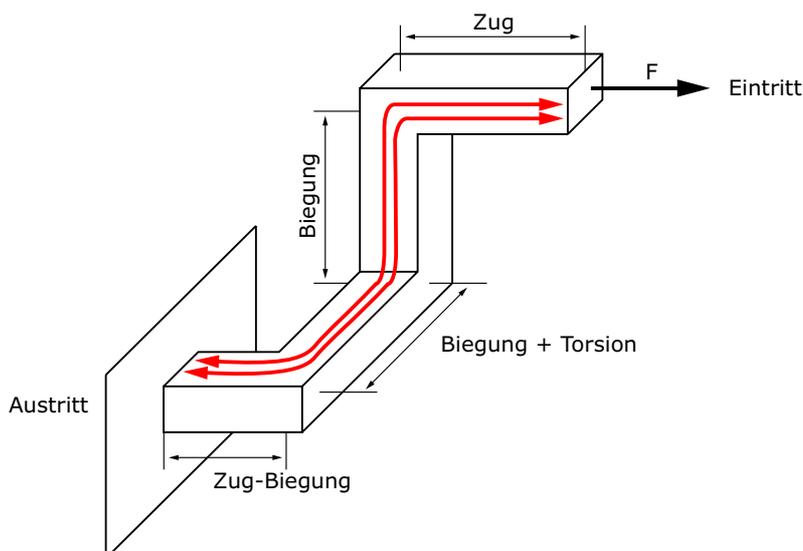


Bild (B046gesZ) Kombinierte Belastung

Zum besseren Verständnis bedient sich der Konstrukteur einer Hilfsvorstellung, eines Gedankenmodells aus der Strömungslehre. Darin wird ausgesagt, dass Beanspruchungen (zwischen Kräften und Momenten wird nicht unterschieden) wie eine Flüssigkeit das Bauteil „durchfließen“. Beim Kräfteintritt „strömt“ der Kraftfluss ein und bei der Lagerung aus. Scharfe Umlenkungen und Verengungen erhöhen die Flussgeschwindigkeit. Die sich in dieser Betrachtung ergebenden Strömungsgeschwindigkeiten widerspiegeln in der Modellanalogie die Beanspruchungsintensität im Bauteil. Eine theoretische Formulierung dieses Modells existiert nicht, weshalb das hier Gesagte nur als praktische aber sehr anschauliche Hilfsvorstellung zu verstehen ist.

Ein Beispiel von Kraftflussüberlegungen soll an einer Presse durchgeführt werden.

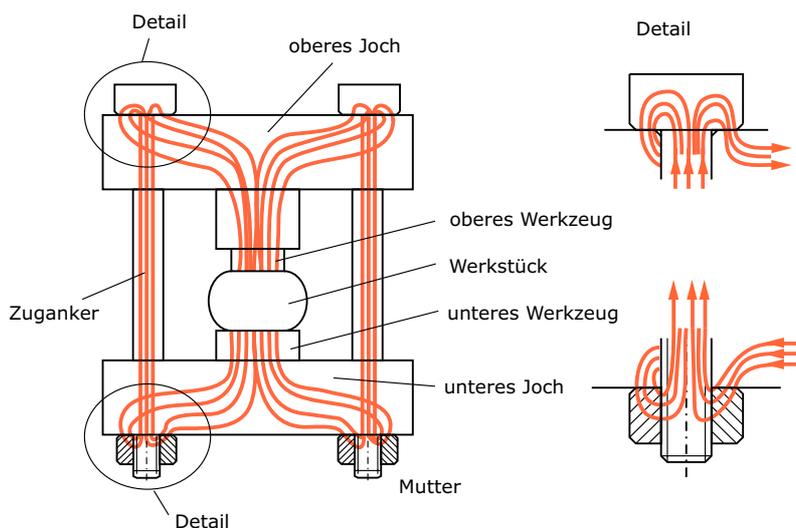


Bild (B047gesZ) Kraftfluss, dargestellt am Beispiel einer Presse [1]

Die Kräfte des oberen Werkzeuges werden über das Werkstück auf das untere Werkzeug übertragen und fließen als Druckspannungen durch den unteren Tisch. Dort verteilen sich die Beanspruchungen in die Breite. Im unteren **Joch** werden sie stark umgelenkt und über Bieungsbeanspruchung nach links und rechts geleitet. Die Beanspruchungen werden beim Mutterkopf ringförmig in die Mutter geleitet, dort stark umgelenkt, auf die Gewindegänge der Schraube umgelenkt und von dort als Zugspannungen durch die Schraube nach oben geführt. Oben im Schraubenkopf werden die Spannungen wieder

über den Schraubenkopf in das obere Joch umgelenkt und auf den Kolben im oberen Werkzeug geleitet.

Auch wenn diese Betrachtung nur als Anschauung dient, ergeben sich daraus doch die Forderungen an den Konstrukteur, wie Spannungsüberhöhungen bzw. Spannungsspitzen vermieden werden,:

- Sanfte Kraftumlenkungen realisieren.
- Verengungen im Kraftfluss verhindern.
- Kraftfluss auf das ganze Bauteil gleichmässig verteilen.

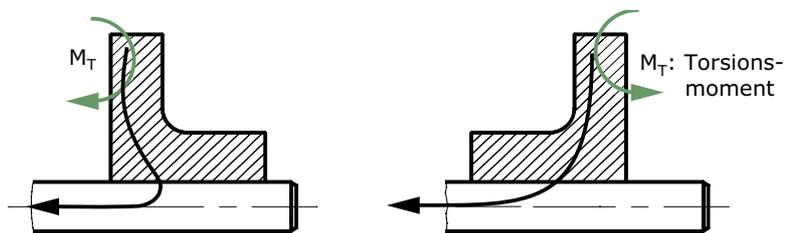


Bild (B048gesZ) links: scharfe Momentumlenkung, rechts: sanfte Umlenkung [2]

Mit der heutigen Finite-Elemente-Berechnung von Bauteilen können die Modellvorstellungen der „Strömung“ verifiziert werden. Hier am Beispiel eines flachen Zugstabes mit zentralem Loch als Verengung.

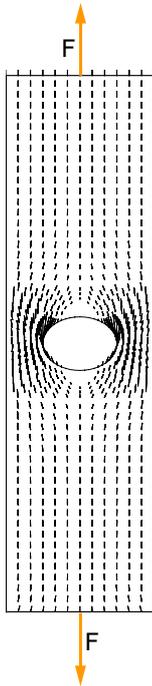


Bild (B049gesZ) FE-Berechnung einer Zugprobe. Die kleinen Pfeile zeigen die erhöhte Beanspruchung infolge Umlenkung um das Loch.

Eine krasse Umlenkung der Kräfte erkennt man bei Schraubenverbindungen.

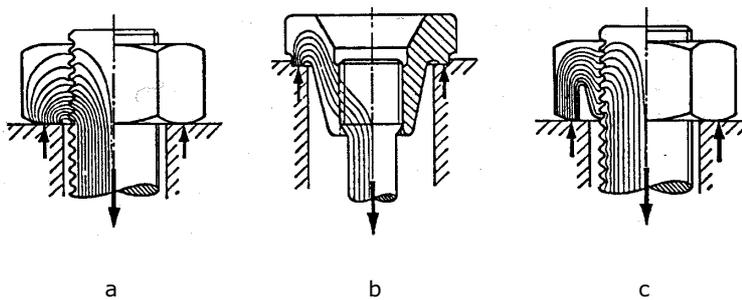


Bild (B050gesZ) Kraftfluss- und Kraftumlenkung am Beispiel der Schraubenverbindung.
a: Mutter mit überhöhter Belastung in den ersten Gewindegängen,
b: Zugmutter mit optimaler Kraftverteilung und -Einleitung,
c: Mutter mit Entlastungskerbe für vorteilhafte Krafteinleitung und -Vertiefung [1]

Im Bild (B050gesZ) (a) sieht man die krasse Umlenkung der Kräfte und die Konzentration der Strömungslinien bei den ersten Gewindegän-

gen. Bei einer **Zugmutter** (b) oder **Nutmutter** (c) ist die Umlenkung sanfter und der erste Gewindengang wird weniger stark belastet.

7.3.4 Prinzip des Lastausgleichs

Diese Prinzipien werden gegliedert in:

- Elimination von Nebenkräften
 - Lastausgleiche
 - Symmetrieanordnungen
 - Schliessen von Kräftekreisen
- Vorgehen bei statischer Überbestimmtheit
 - statische Bestimmtheit erreichen
 - Auswirkungen der Unbestimmtheit verringern

Viele für die Funktion notwendige Kräfte, nennen wir sie die Hauptkräfte, ergeben durch die Art der **Krafteinleitung** bzw. durch das physikalische Prinzip unerwünschte Nebenkräfte.

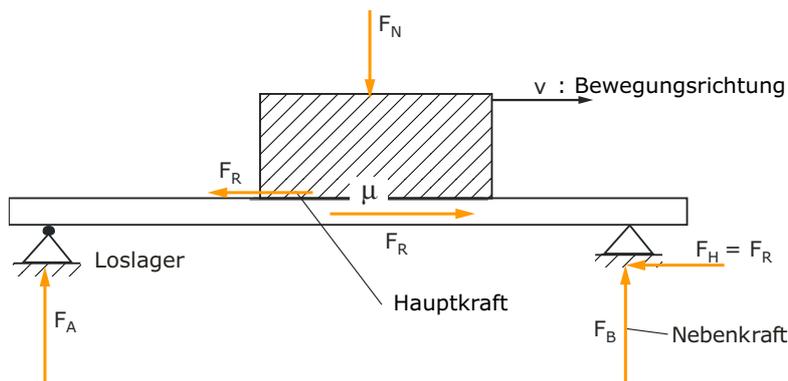


Bild (B051gesZ) Kräfteerzeugung beim Abbremsen eines Körpers auf einer Unterlage.

Betrachten wir dies an einem anschaulichen Problemfall. Ein bewegter Körper auf einer Ebene soll abgebremst werden. Funktionsnotwendig ist die **Reibkraft** F_R . Um diese zu erzeugen, wenden wir das Gesetz der Reibkraft an:

$$F_R = \mu \cdot F_N \quad (2)$$

Wir benötigen demnach eine **Normalkraft** F_N . Diese Normalkraft F_N erzeugt Lagerkräfte F_A , F_B die für die Reibung F_R eigentlich „unnötig“ sind. Die Reibung fordert nur die axiale Lagerkraft F_H als Reaktions-

kraft. Konstruktiv gibt es die Möglichkeit, die Kräfte F_A und F_B zu verhindern, indem zwei Bremsklötze symmetrisch angeordnet werden:

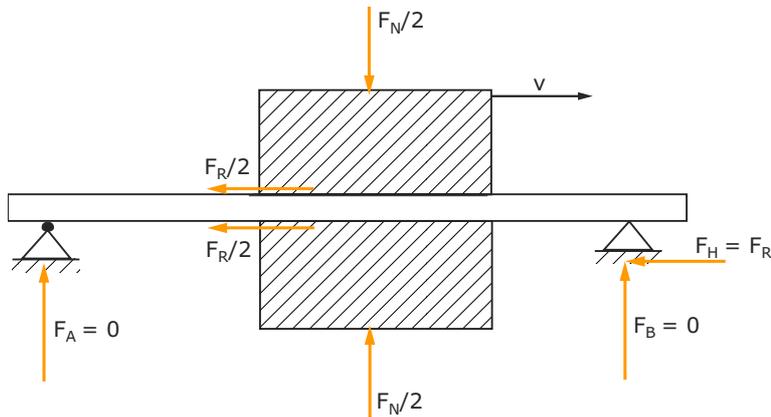


Bild (B052gesZ) Symmetrische Anordnung zur Verhinderung der Nebenkräfte.

So ergibt sich bei nur halben Normalkräften dieselbe Reibkraft F_R mit dem konstruktiven Unterschied, dass keine Lagerkräfte F_A und F_B auftreten, weil diese sich gegenseitig aufheben. Die Lager sind viel schlanker zu Gestalten!

Dies kann man als Symmetrieprinzip bezeichnen und findet auch Anwendung z. B. bei:

- schrägverzahnten Zahnrädern,
- Bremsbacken und
- Kupplungen.

Beim genauen Betrachten der Lösungen erkennt man, dass die Kraft nicht von beiden Seiten aktiv eingeleitet werden müsste, sondern eine einseitige Krafteinleitung ausreicht, falls die Gegenkraft über eine Reaktionskraft eines geschlossenen Kraftkreises eingeleitet wird.

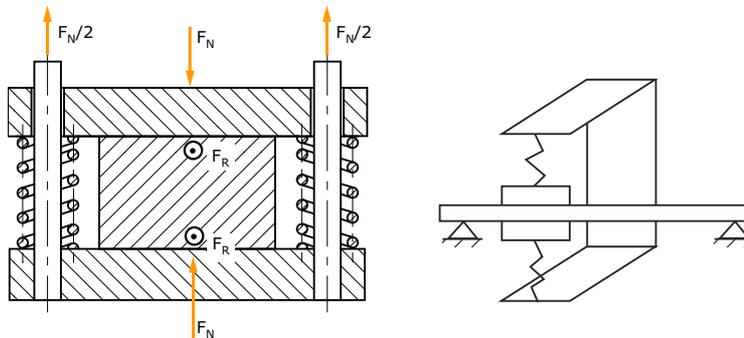


Bild (B053gesZ) Konstruktiv geschlossene Lösung.

Dies wird als Prinzip des Kräfteschlusses bezeichnet. Nur die im Kraftkreis betroffenen Bauteile müssen dimensioniert werden. Benachbarte Teile, wie z. B. die Aufhängung der Schiene, sind vollständig entlastet und es entstehen „leichte“ Konstruktionen.

Ein Beispiel, bei welchem die Kräfte auf kurzem Weg geschlossen sind und somit die Konstruktion von Nebenkräften entlastet ist, zeigt das folgende Bild einer **Reibkupplung**.

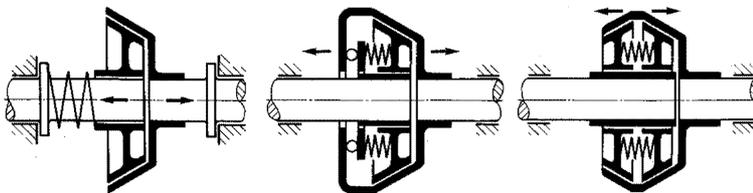


Bild (B054gesZ) Verschiedene Ausführungen von Reibkupplungen. [2]

Links wird die Reibkraft durch eine Feder an der linken Lagerstelle abgestützt (Nebenkraft). Im mittleren Bild wird die Kraft am rechten Teil „über Kopf“ abgestützt. Im rechten Bild wird diese Abstützkraft zusätzlich als Reibkraft genutzt.

7.3.5 Vorgehen bei statischer Überbestimmtheit

Statische Überbestimmtheit (Regel der Eindeutigkeit) sollte vermieden werden. Bei technischen Systemen ist dies jedoch schwierig erreichbar. Als Resultat davon treten **Verspannungen** auf. Um diese zu mindern müssen genauere und somit kostspieligere Fertigungstoleranzen eingehalten werden. Konstruktiv bestehen Möglichkeiten, die Überbe-

stimmtheit in erster Priorität zu beseitigen oder aber, falls dies nicht möglich ist, die negativen Auswirkungen wie Verspannung und erhöhte Kräfte zu minimieren.

Betrachten wir dies an einem einfachen Beispiel. Ein Stab ist vierfach aufgelegt und somit statisch unbestimmt. Die Beseitigung der Überbestimmtheit kann rein mechanisch erfolgen. Durch das Einbringen weiterer Gelenke wird das Gesamtsystem bestimmt (mittleres Bild).

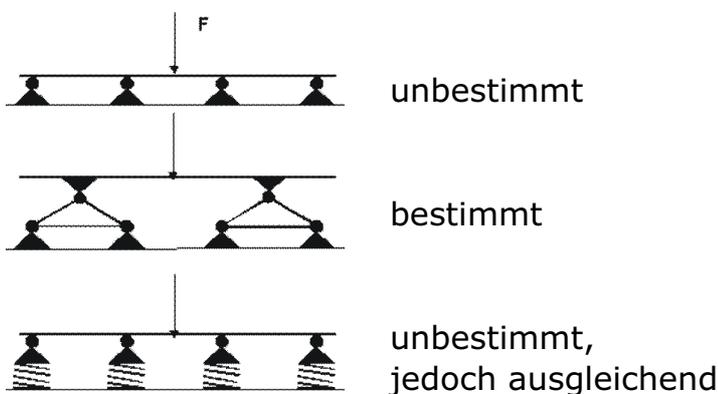


Bild (B056gesZ) Möglichkeiten zur Elimination unbestimmter Lagerungen.

Die Auswirkung der Unbestimmtheit kann jedoch auch reduziert werden, indem z. B. Federelemente eingelegt werden, wie dies die untere Prinzipskizze zeigt. Diese Methoden werden z.B. auch bei Welle-Nabe-Verbindungen zum Ausgleich von Fluchtfehlern angewendet.

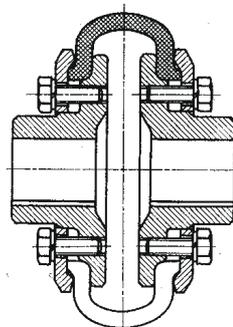


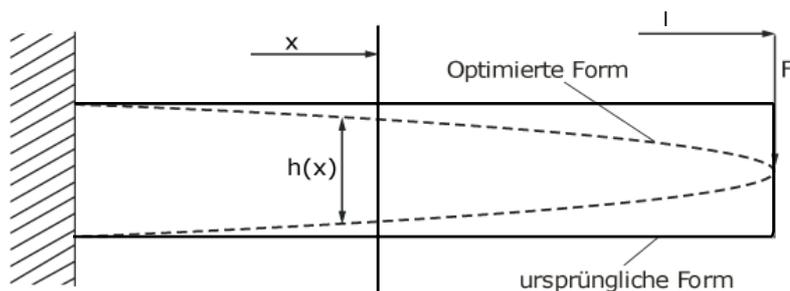
Bild (B057gesZ) Kupplungen zum Verbinden von achsversetzten Wellen.
links: statisch bestimmt, für grossen Achsversatz (Güdel/INKOMA),
rechts: mit Elastomer, statisch unbestimmt, verspannt (Biegung), für geringen Achsversatz

Links sehen wir den Ausgleich durch zusätzliche Gelenke, rechts eine Lösung mit elastischem Ausgleich. Trotz der prinzipiellen Verspanntheit ist auch die Elastomer-Kupplung eine erprobte Lösung: der „Einfachheit“ wird hier der Vorrang gegeben.

7.3.6 Prinzip der konstanten Beanspruchung

Das Prinzip der konstanten Beanspruchung soll der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Das strömungstechnische Modell der Kräfteleitung durch das Bauteil zeigt auch Zonen, die nicht oder weniger beansprucht (durchströmt) sind (siehe bei der Presse die äusseren Bereiche der Joche). Eigentlich überschüssiges oder überdimensioniertes Material. Um eine leichte Konstruktion zu erreichen, besteht die Zielsetzung, diese Zonen einzusparen. Häufig widerspricht diese Forderung jedoch dem Ziel einer kostengünstigen (einfachen) Fertigung. Die Elimination unbeanspruchter Zonen erfordert vielfach komplexere Werkzeuge oder zusätzliche Bearbeitungsschritte. Verschiedene moderne Fertigungsmethoden erlauben komplexe Formen ohne Kostennachteil.

Als einfaches Beispiel sei hier ein eingespannter Biegestab mit einer Einzellast am freien Ende erwähnt. Von der Angriffsstelle ausgehend nimmt das Moment linear zu und erreicht das Maximum an der Einspannung. Das Prinzip gleicher Festigkeit ist beim Biegestab mit konstantem Querschnitt verletzt. Im optimierten Fall sollte sich der Querschnitt in Richtung der Einspannstelle vergrössern.



$$\sigma_B(x) = \text{const.}$$

$$\Rightarrow h(x) = c \cdot \sqrt{l-x}$$

Bild (B058gesZ) Gestaltoptimierung für Bauteil gleicher Belastung.

7.3.7 Prinzip der Selbsthilfe

Im Prinzip der Selbsthilfe vereinigen sich konstruktive Lösungen, die sich physikalische Effekte zunutze machen. Das ergibt „gratis“ bessere, leichtere Lösungen.

Wer kennt ihn nicht, den Seilknoten, der sich trotz grossen Zugkräften nicht löst, sondern im Gegenteil noch stärker anzieht. Ähnliche Lösungen existieren auch in der Konstruktion.

Betrachten wir dies an der **Konus-Verbindung**: Je grösser F wird, desto grösser wird die Konus-Normalkraft und desto mehr wird der Zugstab geklemmt. Die Schulter auf der Welle könnte nach Aufbau der Kraft weggelassen werden.

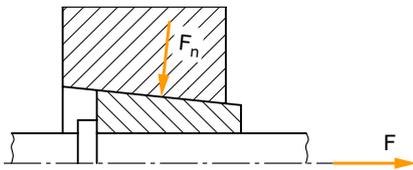


Bild (B059gesZ) Konus-Verbindung

Viele Selbsthilfe-Lösungen sind in Dichtungsaufgaben realisiert. Der Druck wird dazu verwendet, die Dichtung noch zu verstärken. Ein Beispiel ist die **Manschettendichtung**: Der Innendruck wirkt auf den elastischen Ring, so wird die **Dichtlippe** noch stärker an die zu dichtende Zone gepresst.

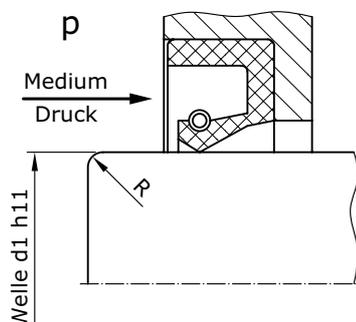


Bild (B060gesZ) Manschettendichtung: verstärkte Dichtwirkung unter Druck

Auch in Produkten, welche Sicherheitsaspekten unterliegen, wird das Prinzip der Selbsthilfe benutzt, wie z. B. bei der Deckelanordnung von Druckbehältern. Gleichzeitig ist hier der Aspekt „sicher“ berücksichtigt.

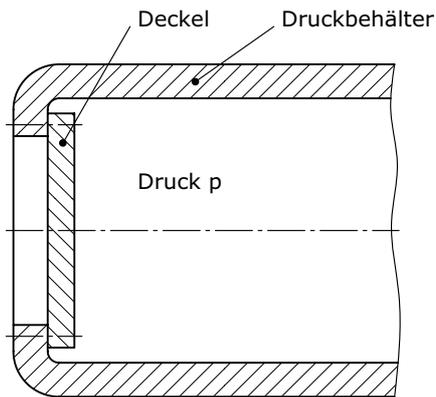


Bild (B063gesZ) Deckelordnung von Druckbehälter von innen.

7.4 Gestaltungsrichtlinien (design-for-x)

Unter Gestaltungsrichtlinien, auch „design-for-x“ oder Konstruktionsregeln bzw. Gerechtheiten genannt, summiert man zweckmässige Gestaltungs-Empfehlungen, welche sich vielfach bewährt haben und damit eine allgemeine Gültigkeit erhalten.

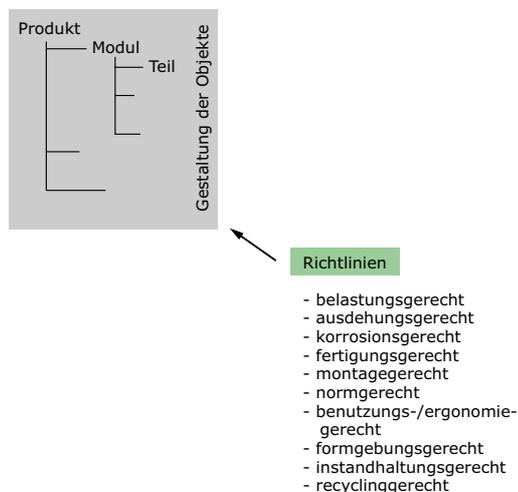


Bild (B915entZ) Gestaltungsrichtlinien im Überblick

Die Einhaltung dieser Empfehlungen bewirkt, dass

- günstigere Teile resultieren,
- die Montage oder Handhabung erleichtert wird,
- die Zuverlässigkeit erhöht wird,
- die Umwelt geschont wird,
- etc.

Vor allem bei fehlender Konstruktionserfahrung können diese Richtlinien auf Verbesserungspotentiale hinweisen.

Erschwert wird die Anwendung der Richtlinien dadurch, dass sich die Anweisungen häufig widersprechen (z. B. korrosionsgerecht und kostengerecht). Dies bedeutet, dass eine eigene Priorität gesucht und ein Optimum angestrebt werden muss.

Im Folgenden soll eine Auflistung der Richtlinien erfolgen und dabei auf die vertiefende Literatur verwiesen werden. Dort finden sich diese Richtlinien in einem geordneten Kontext.

Wichtige Gestaltungsrichtlinien sind:

- belastungsgerecht (Festigkeit, Verformung, Stabilität und Schwingung)
- ausdehnungsgerecht
 - Temperatur-Ausdehnung
 - kriechen
- korrosionsgerecht
- fertigungsgerecht
- montagegerecht
- normgerecht
- benutzungsgerecht, ergonomiegerecht
- formgebungsgerecht, designorientiert
- instandhaltungs- und wartungsgerecht
- recyclinggerecht

8 Management und Methoden im Entwurfsprozess

Neben den rein gestaltenden Tätigkeiten sind während des Entwurfsprozesses auch verschiedenste Managementaufgaben zu erfüllen. Das qualitative Gesamtziel, welches es zu erreichen gilt, ist zu gliedern in:

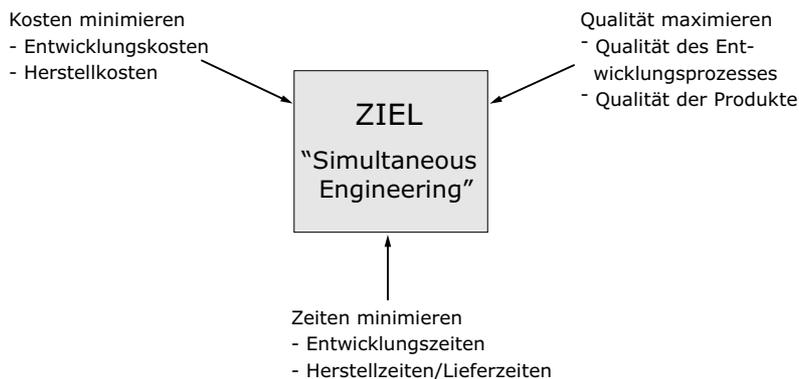


Bild (B061gesZ) Ziele des „Simultaneous Engineering“

Damit ist der Qualitätsbegriff breit abgestützt und umfasst nicht nur Qualität in engerem Sinne, sondern auch Kosten, Zeit etc. Häufig wird in Bezug auf diesen gesamtheitlichen Qualitätsanspruch auch der Begriff „Simultaneous Engineering“ oder „Null-Fehler-Ansatz“ verwendet. Damit wird ausgedrückt, dass alles Handeln darauf abzielt, Fehler zu verhindern, frühzeitig zu erkennen und zu beheben.

Bemerkung: In der Literatur wird der Begriff des „Simultaneous Engineering“ doppelt belegt. Einmal als Synonym für „Concurrent Engineering (paralleles Arbeiten) und einmal im gesamtheitlichen Kontext wie hier beschrieben.

Qualität in übergeordneter Bedeutung ist bestmögliche Erfüllung der Kunden/Marktbedürfnisse und der Unternehmensziele.

Die Methoden und organisatorischen Empfehlungen, mit welchen die Arbeit und Zielerreichung unterstützt werden, sind unter anderem

- Projektmanagement
- Teamorganisation
- QFD (Quality Funktion Deployment)

Die QFD-Methode wurde schon vor geraumer Zeit in Japan entwickelt, hat sich bei uns aber erst in den letzten Jahren verbreitet. Die Methode hat folgende Zielsetzungen:

- Korrelationen zwischen den Kundenanforderungen und Produktmerkmalen erkennen.
- Klassifizierung der Bedeutung von Produktmerkmalen in Bezug auf die Kundenanforderungen.
- Korrelation der Merkmale untereinander erkennen.

Anders ausgedrückt vermittelt das Resultat der QFD dem Team einen Überblick, welchen Produktmerkmalen welche Bedeutung beigemessen werden kann. Grundsätzlich ermöglicht die QFD ein intensives Auseinandersetzen des Teams mit dem Spannungsfeld der Anforderungen und der Merkmale.

- FMEA (Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluss-Analyse/Failure Mode and Effect Analysis)

Die FMEA-Studie dient zum Lokalisieren der Risiken in Bezug auf den Prozess, die Funktionalität, die Langlebigkeit, die Sicherheit usw. des Produktes. Existieren neuralgische Punkte, wo sich Fehler oder Probleme im allgemeinen Sinn verstecken können? Mit Hilfe der FMEA werden Massnahmen festgehalten, um die lokalisierten Risiken zu eliminieren bzw. zu vermindern. Es sei hier noch auf einen rechtlichen Aspekt hingewiesen. Bei einer Produkt-Haftpflichtklage gegen einen Hersteller dienen durchgeführte und belegte FMEA-Studien als Entlastung, fehlende Studien hingegen können belasten.

- DFMA (Design for Manufacturing and Assembling)

In den 80er Jahren erarbeiteten die amerikanischen Forscher Boothroyd und Dewhurst die Grundlage dieser Methode. Teilmethoden sind entsprechend der Bedeutung der Buchstaben unter DFM und DFA bekannt.

Das primäre Ziel der Methode ist die Reduktion der Teilezahl des Produktes. (Bauteilvereinigung/-trennung). Jede Bauteilreduktion ändert auch die Randbedingungen für die Herstellung der Teile und die spätere Montage.

Die Methode DFMA behandelt das Beziehungsfeld zwischen Teileanzahl, Montage- und Fertigungsaufwand.

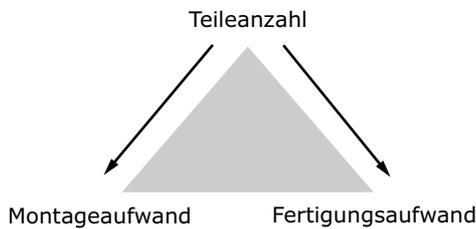


Bild (B062gesZ) Beeinflussung des Montage- und Fertigungsaufwandes durch die Anzahl der Teile

Methodisch setzen wir uns in der DFMA immer mit den folgenden Fragen auseinander:

- Müssen sich zwei miteinander in Verbindung stehende Bauteile relativ zueinander bewegen und ist die Bewegung nicht durch ein elastisches Material möglich?
- Müssen zwei miteinander in Verbindung stehende Teile aus unterschiedlichen Materialien bestehen?
- Muss ein Teil lösbar sein, damit die Zugänglichkeit zu anderen Teilen für Montage oder Demontage erhalten bleibt?

Falls eine der Fragen mit einem eindeutigen „Ja!“ beantwortet werden kann, handelt es sich um ein notwendiges Teil. Falls alle Antworten „Nein!“ lauten, handelt es sich um „verdächtige“ Teile und eine Bauteilvereinigung muss untersucht werden. Die verbleibende Anzahl notwendiger Teile ist die „theoretisch minimale Teilezahl“.

Die Methode stellt als Betrachtungszentrum die Lösung mit der minimalen Teilezahl als die optimalste hin. Die darauf basierte konstruktive Lösung wird nun in Bezug auf Herstellbarkeit und Montierbarkeit grundsätzlich analysiert und in einem zweiten Schritt optimiert.

Die aus dieser Studie resultierende Lösung wird nochmals analysiert, um

- gesamtheitlich zu verifizieren, dass die neue Lösung kostengünstiger ist und
- sich keine zusätzlichen Probleme eingeschlichen haben.

Verschiedenste Firmen wenden die Methode mit Erfolg an. Teilereduktionen von über 30% sind in verschiedenen Projekten erzielt worden und damit verbunden markante Senkungen der Herstellungskosten.

Für alle hier vorgestellten Methoden existiert am Markt leistungsfähige Software. Diese nimmt die Fleissarbeit ab, das Abwägen von Kriterien usw. ist jedoch ausschliesslich vom Team zu erledigen.

- Target Costing

Mittels der Regeln des Target Costing werden Kosten des Produktes während der Entwicklung strukturiert und überwacht. Ausgehend von den Gesamtkosten eines Produktes (Zielkosten) werden die maximalen Teilkosten für jedes Modul bestimmt. Während der Entwurfsphase werden die prognostizierten Kosten jedes Moduls überwacht und bei Abweichungen Massnahmen definiert.

- Design Review

Design Reviews dienen dazu, an fixen terminlichen Meilensteinen die Zielerfüllung gemäss Anforderungen in Bezug auf

- Funktion,
- Qualität,
- Kosten und
- Termin

zu überprüfen und zu entscheiden, ob

- das Projekt gemäss Terminplan weitergeführt wird,
- das Projekt abgebrochen werden muss für das Projekt eine Iterationsschleife eingeführt werden soll, welche die fehlenden Informationen oder sonstigen Erkenntnisse bringt oder

Die Anzahl und der Zeitpunkt der Design Reviews werden vom Projektleiter festgelegt. Meist werden Design Reviews zwischen dem Team und dem Lenkungsausschuss durchgeführt.

9 Dokumentation des Entwurfsprozesses

Die Abgrenzung des Entwurfsprozesses vom anschliessenden Dokumentationsprozess ist nicht eindeutig geregelt. Sie ist stark überlappend und auch abhängig vom

- Produkt das entwickelt wird,
- der Arbeitsweise des Teams und
- dem Werkzeugeinsatz.

Deshalb ist es auch schwierig zu definieren, welche Ergebnisdokumente im Anschluss an den Entwurfsprozess vorliegen müssen. Die folgende Aufstellung ist demnach als Vorschlag zu verstehen und geht davon aus, dass moderne Arbeitsmittel und -methoden eingesetzt wurden.

- CAD-Modell:
Es liegt ein vollständig in 3D-CAD modelliertes Produktmodell vor. Die Bauteile sind räumlich exakt dargestellt. Die Funktionsweise und Wirkstruktur sind eindeutig erkennbar. Formelemente, welche im Zusammenhang eine untergeordnete Rolle spielen und keinen Einfluss auf die anderen Elemente ausüben, sind u. U. noch nicht in jedem Detail erfasst, sondern erst symbolisiert (z. B. als Hüllelement).
- Produkt-Struktur:
Im PDM oder CAD ist die Produkt-Struktur vorliegend. Für Varianten, Baugruppen oder Bauteile, welche noch nicht entworfen sind, besteht schon ein Platzhalter. Die Eigenschaften der Bauteile (Material, Lieferant etc.), soweit bekannt, sind erfasst.
- Projektplanung:
Die Terminplanung ist aktualisiert und die nachfolgenden Prozesse sind geplant.
- Kosten:
Die aktuelle Kalkulation der Herstellungskosten ist, mit den abgeklärten und aktualisierten Werten ergänzt. Wo noch nicht vorhanden, sind noch die Zielwerte eingetragen.
- Projekt-Dokumentation:
Alle Modulordner, bzw. die vollständige Projekt-Dokumentation, d. h. Sammlung aller relevanten Unterlagen wie Berechnungen, Lieferantenabsprachen, Offerten, Abklärungen etc., sind geordnet und abgelegt (u. U. im PDM).

10 Zusammenfassung

Der Entwurfsprozess liegt zwischen Konzeptprozess und Dokumentationsprozess. Ein Grossteil der Eigenschaften des Produkts und der Modelle wird im Entwurfsprozess gestaltet und festgelegt. Strategien der Vorgehensweise dienen dazu, diesen komplexen, interaktiven Prozess qualitativ und effizient durchzuführen.

Modulgliederung, Bauraumaufteilung und Konkretisierungsstrategien helfen dabei. Im weiteren bestehen viele Regeln und Richtlinien für das Konstruieren, so dass einfache, eindeutige und sichere Produkte entstehen. Ein wichtiger Aspekt besteht in der Beherrschung und Optimierung der Kräfte innerhalb einer Konstruktion. Verschiedene Methoden, z. B. auch Managementwerkzeuge wie das Projektmanagement, sichern die Einhaltung der Qualität im Bezug auf Funktionalität, Kosten und Zeit.

Verständnisfrage 1

Wo ordnet sich der Entwurfsprozess in den Entwicklungsprozess ein? Womit startet der Entwurfsprozess, welches sind die Ziele und wie sieht der Output aus?

Verständnisfrage 2

Welches sind die wichtigsten Strategien beim Entwerfen? Zählen Sie diese auf und erläutern Sie eine davon genauer.

Verständnisfrage 3

Zeigen Sie die einzelnen Module eines PC's auf und nennen Sie Gründe, wieso dies in diesem konkreten Fall sinnvoll ist.

Verständnisfrage 4

Welche Gründe gibt es dafür, dass Stühle trotz Unbestimmtheit meistens 4 Beine haben?

Verständnisfrage 5

Während einer Schwachstellenanalyse erkennt man die Gefahr, dass ein Kugellager wegen Erwärmung versagt. Eine Massnahme besteht darin, ein grösseres Lager herzustellen.

Wie lautet Ihre kritische Bemerkung zu diesem Entscheid?

Verständnisfrage 6

Eine Welle-Nabe-Verbindung wurde mittels Passfeder gestaltet.

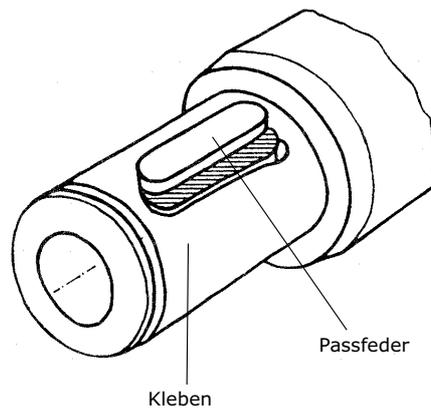


Bild (B999entZ) Eine Welle-Nabe-Verbindung mit Passfeder

Der Entwurf wird auf Schwachstellen und Versagenspotentiale untersucht; die Analyse ergibt, dass diese Verbindung wegen der Belastung der Passfeder kritisch ist.

Eine vorgeschlagene Massnahme ist, Welle und Nabe auf der Umfangsfläche der Welle zusätzlich zu kleben.

Was halten Sie davon?

Verständnisfrage 7

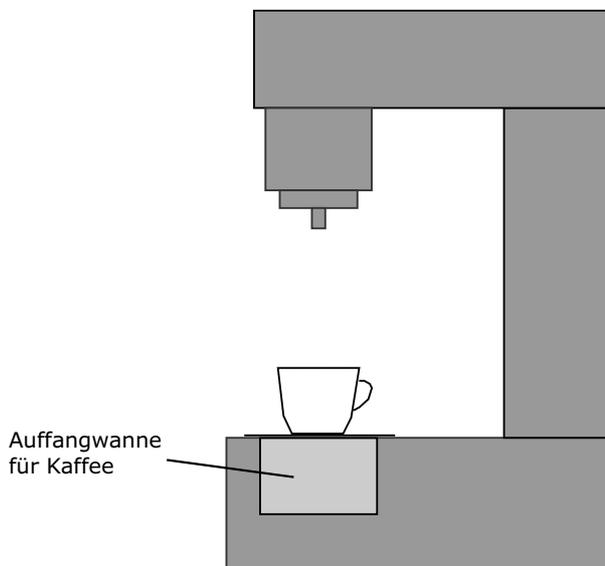


Bild (B916entZ) Kaffeemaschine mit Auffangwanne

Eine neue Kaffeemaschine soll entwickelt werden. Das Konzept sieht vor, dass unter der Tasse eine Auffangwanne für Wasser und Kaffeebrühe entwickelt werden soll.

Die Anforderungsliste legt fest, dass der Füllstand dieser Wanne sicher überwacht und dem Benutzer sichtbar gemacht werden soll. Die gestalterische Lösung dafür ist noch frei.

Suchen Sie eine einfache, kostengünstige Lösung, welche diese Anforderungen erfüllt, skizzieren Sie die Lösung/Lösungsmöglichkeiten.

Verständnisfrage 8

Innerhalb des Kapitels „sicher“ wurde das Grenzkrisiko als „das grösste, nach zeitgemäsem Verständnis noch vertretbare, gesamtgesellschaftliche Risiko, das ein System beinhaltet“ definiert.

Versuchen Sie zu erklären, wieso hier „nach zeitgemäsem Verständnis“ steht, und erläutern Sie dies anhand der Sicherheitsaspekte in heutigen und früheren Personenwagen.

Verständnisfrage 9

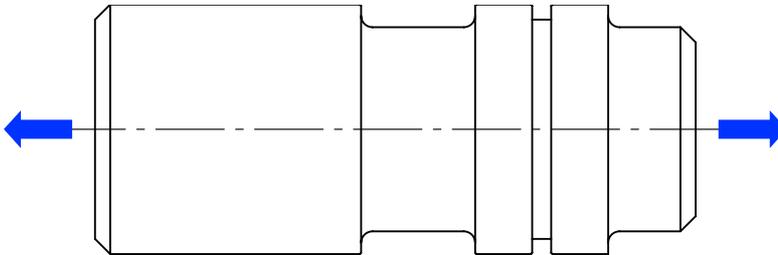


Bild (B923entZ) Eine auf Torsion belastete Welle

Die Welle ist auf Torsion belastet.

Skizzieren Sie den Kraftfluss (Momentfluss) ein!

Verständnisfrage 10

Zeigen Sie in der folgenden Nietverbindung den Kraftfluss einer Zugbeanspruchung.

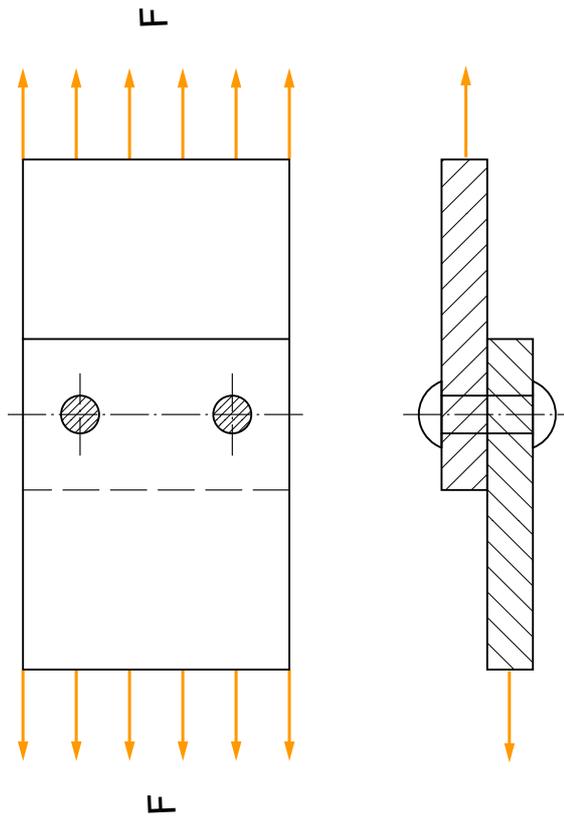


Bild (B073entZ) Nietverbindung

Verständnisfrage 11

In der folgenden Konstruktion wird von der rechten Seite her ein Torsionsmoment auf die untere Welle geleitet.

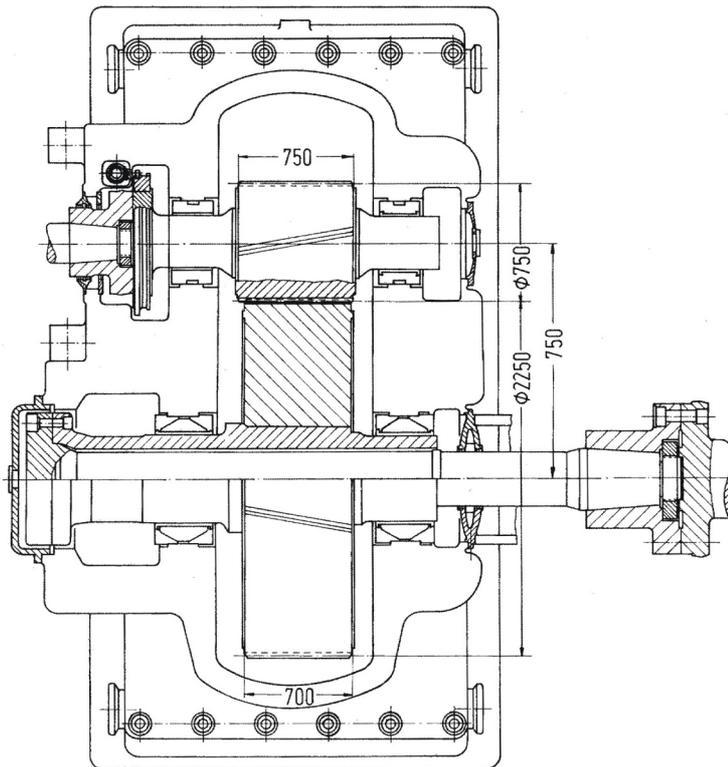


Bild (B921entZ) Konstruktion mit Torsionsmoment [2]

Versuchen Sie die Konstruktion zu verstehen, erklären Sie das Prinzip und zeigen Sie den Kraftfluss durch die Konstruktion und auf die Abgangswelle oben links.

Verständnisfrage 12

Erklären Sie in kurzer Form, was ein Target Costing ist.

Antwort 1

- Der vorausgehende Prozess ist der Konzeptprozess. Dessen Ergebnisse: Prinzipielle Lösung, Prinzipskizzen, Funktionsmuster, Projektplan, Anforderungsliste bilden den Input.
- Das Ziel besteht in der Gestaltung des Projektes und in der Festlegung der meisten Eigenschaften. Oft werden auch Designmodelle und weitere (einfache) Prototypen erstellt, um das Resultat zu verifizieren.
- Der Output besteht im Wesentlichen aus:
 - Produktstruktur, Stückliste
 - massstäblichem Entwurf
 - Teilergebnissen der Verifikation, Modellen, Berechnungen, Simulation
 - Projektplan (Termine, Kosten).

Antwort 2

- Modulgliederung
- Bauraumaufteilung
- von Hauptfunktion zu Nebenfunktion
- von Bekanntem zu Unbekanntem
- von innen nach aussen
- von abhängig zu unabhängig
- von grob zu fein, von abstrakt zu konkret

Details siehe Skript!

Antwort 3

Module:

- Rechner mit Gehäuse, CPU, Graphikkarten, Laufwerke, ...
- Monitor
- Tastatur
- Kabel

Gründe:

- individuelle Konfigurationsmöglichkeit beim Kauf
- Möglichkeit zum Auswechseln von Einheiten, wie z.B. neue Graphikkarte, neuer Monitor
- Entwicklung und Herstellung der Komponenten in unterschiedlichen Werken
- einfache Montage, Demontage
- klare Schnittstellen

Antwort 4

- Damit ein Kippen des Stuhles verhindert werden kann, muss der Schwerpunkt innerhalb der Verbindungslinie der Beine liegen; vier Beine ergeben ein grösseres stabiles Feld.
- aus Symmetriegründen
- aus Designgründen
- aus Akzeptanzgründen

Antwort 5

In der Fehleranalyse sollten wir zu den eigentlichen Ursachen vorstossen. In diesem konkreten Fall könnte das heissen:

- Wieso wird es zu warm?
 - zu grosse Reibung
 - zu grosse Kraft
 - schlechte Wärmeabfuhr.
- Wieso ist die Reibung zu hoch?
 - falsches Schmiermittel.
- Wieso ist die Kraft zu gross?
 - Kräfte besser verteilen.
- Wieso ist die Wärmeabfuhr schlecht?
 - Wärmeleitfähigkeit des umliegenden Materials ungenügend.

Bevor grössere Lager gestaltet werden (höhere Kosten), lohnt es sich demnach, zuerst andere Schmiermittel zu suchen oder eine verbesserte Wärmeleitung zu gestalten.

Antwort 6

Zuerst muss die Ursache für die Schwachstelle gesucht werden.

- Antriebsmoment zu gross, Schläge beim Anlauf; eventuell könnten diese gemildert werden → Lösung hier suchen.
- Falsch dimensionierte Passfederverbindung → neu gestalten.

Bei der Neugestaltung ist eine Verbindung von Kleben und Passfeder nicht eindeutig (trägt die Feder oder die Klebung?) und widerspricht auch sonst sicher den Anforderungen:

- Passfederverbindungen werden für wieder lösbare Wellen-Nebenverbindungen eingesetzt.
- Kleben gehört zu den „nichtlösbaren“ Verbindungen.

Somit kommen nur gestalterische Lösungen in Frage.

- Grössere Dimensionen (Durchmesser oder Länge)
- zwei Passfedern
- anderes Material.

Antwort 7

Alle Sensor basierten Lösungen sind wahrscheinlich aufwändig und teuer.

Eine Lösung könnte eine mechanische sein: ein Schwimmer im Behälter zeigt den Füllstand an.

Eine solche Lösung hat Solis realisiert: Ein Schwimmer mit rotem Stift, in der Wanne eingelegt, wird durch das Wasser angehoben und ragt, wenn der Wasserstand zu hoch ist, über die Wannenoberfläche hinaus. Interessant ist auch der Ort des Zapfens, nämlich dort, wo die Tasse hingestellt werden soll. Die Benutzenden werden „sicher“ und „eindeutig“ auf den vollen Behälter hingewiesen.



Bild (B917entZ) Wasserstandsfühler mittels Schwimmer unterhalb Tasse

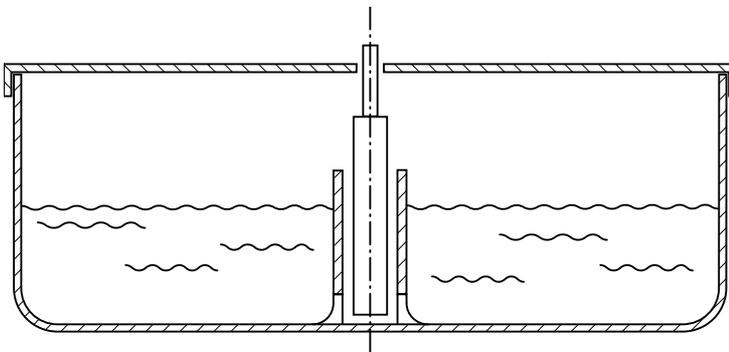


Bild (B918entZ) Auffangwanne mit Schwimmereinrichtung

Antwort 8

Das Verständnis, was Sicherheit ist, hat sich mit der Zeit stark gewandelt.

Noch vor 20 Jahren beinhaltete sicheres Autofahren ein völlig anderes Grenzrisiko als heute. Ausserdem waren auch die Rahmenbedingungen andere: weniger Verkehr, langsamere Fahrzeuge, weniger Hektik! Innerhalb der vergangenen Jahre wurden zuerst die Sicherheitsgurten eingeführt. Dann entstanden verbesserte Knautschzonen, Airbags kamen dazu, zuerst nur vorn auf Fahrerseite, dann beidseitig und neu auch seitlich. Der Sicherheitsgedanken ist weiterhin im Wandel: neue Technologien, wie Abstandssensoren, GPS für die Übermittlung des Unfallortes usw. Jeder dieser Schritte wird unser Selbstverständnis über Grenzrisiken verändern.

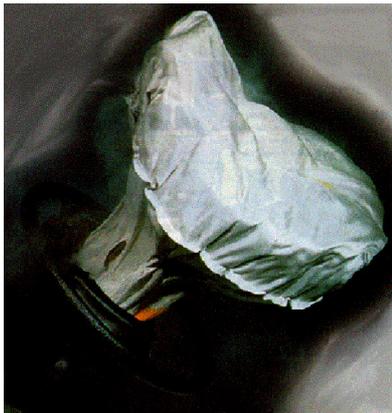


Bild (B920entZ) Airbag bei der Entfaltung

Antwort 9

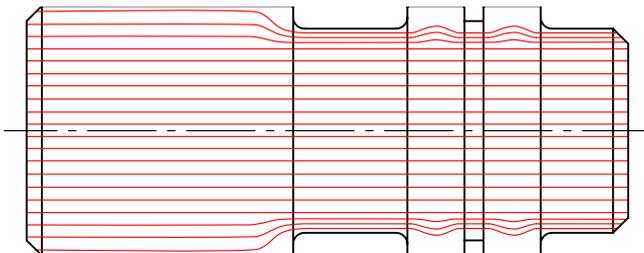


Bild (B924entZ) Kraftfluss in einer Welle

Der Kraftfluss ist im linken Teil schwächer (breiterer Durchfluss) als rechts; in Bezug auf die Spannungen zeigt dies, dass die Spannungen (Schubspannungen infolge Torsion) grösser sind. Bei der Wellenschulter spüren die äusseren Strömungen die bruske Umlenkung und rücken näher zusammen (Kerbwirkung!)

Antwort 10

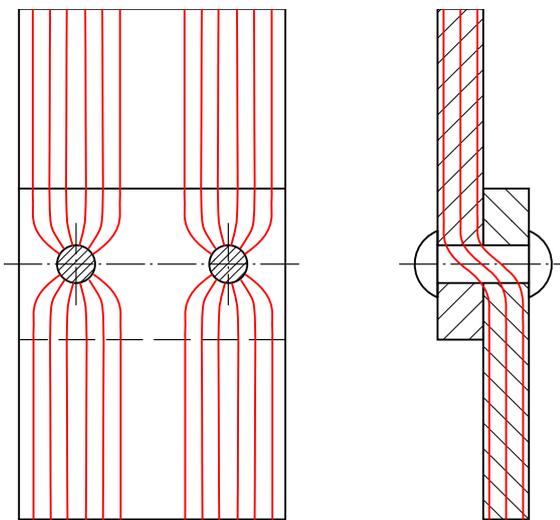


Bild (B919entZ) Kraftfluss bei Zugbeanspruchung

Die Kraftlinien konzentrieren sich in der Blechebene auf die Niete. Senkrecht dazu existiert ebenfalls eine starke Umlenkung.

Antwort 11

Die Antriebswelle ist mit einer starren Kupplung mit der Eintrittswelle verbunden (1). Diese Welle besteht aus einer inneren Vollwelle und einer äusseren Hohlwelle. Diese beiden Wellen sind nur links am Ende miteinander verbunden (2). Die Hohlwelle ist beidseits in der Nähe des grossen Zahnrads gelagert (3). Das grössere Zahnrad (4) überträgt das Torsionsmoment auf das kleinere Zahnrad (5) oben. Beide sind schrägverzahnt. Die obere Welle ist auch zweifach gelagert (6) und links geht das Torsionsmoment über eine Konusverbindung (7).

Der Fluss des Torsionsmoments vom Eintritt über die innere Welle nach links und umgeleitet über die äussere Hohlwelle auf das grosse Zahnrad zum kleinen Rad in die Abgangswelle ist im folgenden Bild dargestellt (rote Pfeile).

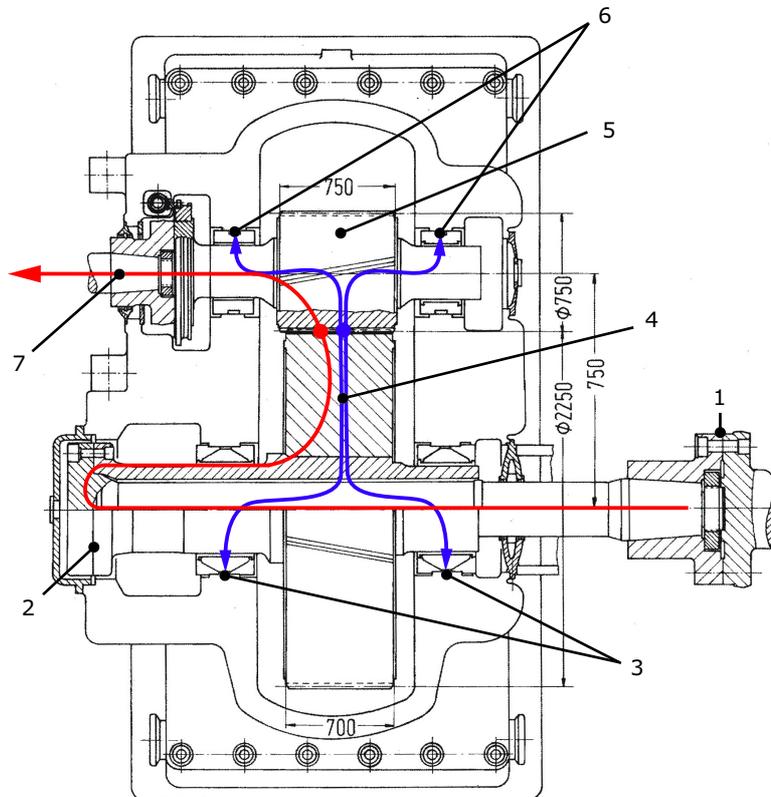


Bild (B922entZ) Der Fluss des Torsionsmoments

- Die Begründung liegt im langen Kraftfluss, der die Antriebswelle weicher gestaltet und somit Schläge mindert.
- Durch die Kraftübertragung des Torsionsmoments über eine Kraft zwischen dem grossen und kleinen Rad ergeben sich auch weitere Kraftflüsse (blau gezeichnet).
- Je eines der Lager muss die axialen Kräfte aufnehmen (**Schrägverzahnung**). Dies ist in der Konstruktion nicht ersichtlich.
- Man sieht, dass der rechte Teil der oberen Welle kein Torsionsmoment überträgt; demnach könnte dieser Teil schlanker gestaltet werden?

Antwort 12

Target Costing ist eine Methode, die zu verschiedenen Zeitpunkten des Entwicklungsprozesses eingesetzt werden kann. Ein Schwerpunkt liegt im Entwicklungsprozess selber.

Ausgehend von den zulässigen Kosten des gesamten Produkts (Zielkosten) werden die maximalen Kosten jedes Modells bestimmt und ständig überwacht. Abweichungen erfordern Massnahmen.

Relevante Cases

- „[Verbrennungsanlage](#)“
- „[Motorhaube](#)“

Publikationsverzeichnis – Literatur

- [1] Birkhofer, H.: Skriptunterlagen der TU-Darmstadt
- [2] Ehrlenspiel, K. (1995): Integrierte Produktentwicklung; Carl Hanser Verlag, München
- [3] Pahl, G. und Beitz, W. (1993): Konstruktionslehre – Handbuch für Studium und Praxis; 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin

Publikationsverzeichnis – Weblinks

- [Online Project Collaboration](#)

Publikationsverzeichnis – weitere relevante Dokumente

- [Checkliste Eindeutigkeit](#)