

# Methoden der Produktentwicklung

Prof. Dr.-Ing. W. Engeln



## Literatur

---

### 1 Einführung

---

- 1.1 Ziel eines Unternehmens
- 1.2 Notwendigkeit zur Entwicklung neuer und Weiterentwicklung vorhandener Produkte

### 2 Grundbegriffe der Produktentwicklung

---

- 2.1 Wert eines Produktes aus Unternehmens- und Kundensicht
- 2.2 Merkmale eines Produktes
- 2.3 Phasen des Produktentwicklungsprozesses
- 2.4 Methodische Entwicklung von Produkten
- 2.5 Projektplanung in der Produktentwicklung

### 3 Produktdefinition

---

- 3.1 Analyse und Dokumentation der Anforderungen
  - 3.1.1 Methoden zur Analyse der Kundenanforderungen
  - 3.1.2 Dokumentation der Anforderungen
    - 3.1.2.1 Anforderungsliste
    - 3.1.2.2 Lastenheft und Pflichtenheft
- 3.2 Wettbewerbsanalyse
  - 3.2.1 Bewertung der Wettbewerbsprodukte
  - 3.2.2 Informationsbeschaffung
  - 3.2.3 Darstellung der Wettbewerbssituation
- 3.3 Bewertung der Anforderungen
- 3.4 Zielkosten des Produktes – Target Costing
  - 3.4.1 Festlegung der Zielkosten
  - 3.4.2 Vom Marktpreis zu den Funktionenkosten

### 4 Entwicklung von Produktkonzepten - Produktkonzeption

---

- 4.1 Produktfunktionen.
  - 4.1.1 Definition des Begriffs „Funktion“
  - 4.1.2 Beschreibung von Funktionen
  - 4.1.3 Klassifizierung von Funktionen

- 4.1.4 Durchführung einer Funktionsanalyse
- 4.1.5 Darstellung der Funktionen in einer Funktionsstruktur
- 4.1.6 Funktionsanalyse am Beispiel einer Armbanduhr
- 4.1.7 Vorteile einer funktionsorientierten Vorgehensweise bei der Produktentwicklung
- 4.2 Verknüpfung von Produktfunktionen und Kundenanforderungen
- 4.3 Funktionskosten
  - 4.3.1 Ermittlung der Funktionskosten
  - 4.3.2 Funktionen-Kosten-Matrix
- 4.4 Kreativitätstechniken
  - 4.4.1 Einführung
  - 4.4.2 Komponenten der Kreativität
  - 4.4.3 Kreativitätshemmende Einflüsse
  - 4.4.4 Methoden zur Ideenfindung
    - 4.4.4.1 Intuitive Methoden zur Ideensuche
    - 4.4.4.2 Systematische Methoden zu Ideensuche
- 4.5 Klassifizierung und Bewertung von Lösungsideen
  - 4.5.1 Klassifizierung
  - 4.5.2 Auswahl von Lösungskonzepten anhand von Bewertungskriterien

## **5 Strukturierung und Gestaltung des Produktes**

---

- 5.1 Einführung
- 5.2 Baureihen und Baukästen
- 5.3 Fertigungs- und montagegerechte Gestaltung

## **6 Quality Function Deployment - QFD**

---

- 6.1 QFD als Marketing-Technik-Matrix
- 6.2 Aufbau des House of Quality - Arbeitsschritte bei der Erstellung
- 6.3 Beispiele
- 6.4 Vor- und Nachteile der Methode QFD
- 6.5 Weitere Anwendung des House of Quality bei der Produktrealisierung

## **7 Fallbeispiele**

---

**Anhang      Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung**

---

- A.1      Kosten im Zusammenhang mit der Produktentwicklung
- A.2      Definition des Begriffs Wirtschaftlichkeit und Ziele der Wirtschaftlichkeitsrechnung
- A.3      Klassifizierung der Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsrechnung
- A.4      Beschreibung ausgewählter Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung
- A.5      Tilgungsdiagramm

---

Ehrlenspiel, K.	<b><i>Integrierte Produktentwicklung</i></b>	Hanser-Verlag
<hr/>		
Gausmeier, J. Ebbesmeyer, P. Kallmeyer, F.	<b><i>Produktinnovation</i></b>	Hanser-Verlag
<hr/>		
Smith, P. G. Reinertsen, D. G.	<b><i>Developing products in half the time</i></b>	John Wiley & Sons Inc.
<hr/>		
Meffert, H.	<b><i>Marketing</i></b>	Gabler-Verlag
<hr/>		
Ehrlenspiel, K.; Kiewert A., Lindemann, U.	<b><i>Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren</i></b>	Springer-Verlag
<hr/>		
Pahl, G.; Beitz W.	<b><i>Konstruktionslehre – Methoden und Anwendungen</i></b>	Springer-Verlag
<hr/>		
Koller, R.	<b><i>Konstruktionslehre für den Maschinenbau</i></b>	Springer-Verlag
<hr/>		
Jürgens, U. (Ed.)	<b><i>New Product Development and Production Networks</i></b>	Springer-Verlag
<hr/>		
Nöllke, M.	<b><i>Kreativitätstechniken</i></b>	Verlag STS Standard
<hr/>		
De Bono, E.	<b><i>Serious Creativity</i></b>	Verlag Harper Collins Publishers Inc;
<hr/>		
Warnecke, H.J.; Bullinger, H.-J., Hichert, R., Voegelé A.	<b><i>Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure</i></b>	Hanser Fachbuchverlag

---

# 1 Einführung

## 1.1 Ziel eines Unternehmens

---

Das Produkt stellt das Kernelement in einem Unternehmen dar. Seine Produkte bietet ein Unternehmen am Markt an, durch den Verkauf seiner Produkte nimmt ein Unternehmen Geld ein. „Geld zu verdienen“, ist das eigentliche Ziel eines Unternehmens. Alle Tätigkeiten in einem Unternehmen dienen diesem Ziel.

**Ziel eines Unternehmens ist es, Geld zu verdienen. Dazu produziert das Unternehmen Produkte, die am Markt Nachfrager finden die bereit sind, mehr für das Produkt zu zahlen, als das Unternehmen für die Produktgestehung aufwendet.**

Alle Tätigkeiten in einem Unternehmen sind auf dieses Ziel ausgerichtet, egal ob eine Tätigkeit direkt wertschöpfend, indirekt wertschöpfend oder nicht wertschöpfend ist.

## 1.2 Notwendigkeit zur Entwicklung neuer und Weiterentwicklung vorhandener Produkte

Warum aber entwickeln Unternehmen neue Produkte oder entwickeln die vorhandenen weiter? Die Notwendigkeit Produkte zu entwickeln ergibt sich aus Veränderungen. Veränderungen können unterschiedliche Gründe haben. Man kann grundsätzlich unterscheiden zwischen Ursachen, die im Markt begründet sind, und Ursachen die im Unternehmen selbst begründet sind.

Was verändert sich?	Technologien	Neue Technologien für vorhandene oder neue Produkte	Technologien für Märkte, des eigenen Unternehmens
		Technologien für neue Ziele/Strategien	Technologien für die eigenen Produkte Technologien für neue Ziele/Strategien
	Anforderungen	Unternehmensziele und -strategie	Wettbewerbssituation
		Kosten der Produkt-herstellung Personalqualifikation	Kundenbedürfnisse Lieferantenbeziehung Gesetzliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen
		im Unternehmen	am Markt
<b>Wo findet die Veränderung statt?</b>			

### Gründe für die Entwicklung von Produkten

Betrachtet man diese Matrix genauer, so lassen sich zwei prinzipiell unterschiedliche Ansätze der Produktentwicklung ableiten.

1. Das **Unternehmen reagiert** im Wesentliche **auf Veränderungen**. Veränderungen der Kundenbedürfnisse werden aufgenommen und in neue Produkte umgesetzt. Die Aufgabe der Produktentwicklung besteht darin, die Bedürfnisse in kundengerechte Produkte umzusetzen. Bei dieser Vorgehensweise ist eine intensive Marktbeobachtung notwendig. Voraussetzung ist natürlich

auch, dass die Kunden in der Lage sind ihre wirklichen Bedürfnisse auch zu artikulieren. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, und schafft das Unternehmen die Umsetzung der Bedürfnisse in Produkte, so ist das Risiko eines Misserfolges am Markt eher gering. Allerdings können auch alle Wettbewerber entsprechend die Kundenbedürfnisse erfassen und in Produkte umsetzen.

2. Das **Unternehmen entwickelt** aus sicher heraus **neue, innovative Produkte**, und versucht darüber beim Kunden **neue Bedürfnisse** zu **wecken**. Über die geweckten Bedürfnisse schafft sich das Unternehmen seinen Markt. Entsprechend ist das Risiko einer solchen Entwicklung höher, als bei einer an den Kundenbedürfnissen orientierten. In der Praxis kommt es häufig vor, dass der Kunden das Produkt nicht annimmt oder das Produkt einfach zum falschen Zeitpunkt in den Markt kommt. Aber es ergeben sich auch höhere Gewinnchancen. Es gibt eine Vielzahl von Produkten, die von Unternehmen nach diesem Ansatz entwickelt wurden, und die für diese Unternehmen sehr erfolgreich waren. Beispiele sind der PC, Gameboy, 3M Post-it.

Die meisten Unternehmen versuchen einen Mix zwischen den beiden Ansätzen, um erfolgreiche Produkte in den Markt zu bekommen.

# 2 Grundbegriffe der Produktentwicklung

## 2.1 Wert eines Produktes aus Unternehmens- und Kundensicht

---

Der Wert eines Produktes lässt sich allgemein definieren als:

$$\text{Wert} = \text{Nutzen} / \text{Aufwand}$$


Aus dieser allgemeinen Definition ergibt sich nun für den Hersteller folgende Definition, mit Blick auf das eingangs definierte Ziel eines Unternehmens:

Wert aus Sicht des Herstellers

$$\text{Wert} = \text{Erlös} / \text{Kosten}$$

$$\text{Erlös} = \text{Menge} \times \text{Preis (besser noch: Deckungsbeitrag)}$$

Das heißt, für den Hersteller drückt sich der Wert eines Produktes durch den mit ihm erzielten Erlös aus.

Auf der Kundenseite ist die Definition schwieriger. Als Nutzen soll hier allgemein die **Fähigkeit** eines Produktes verstanden werden, **Bedürfnisse zu befriedigen**. Dabei ist der Nutzen für den Kunden sehr stark Abhängig ist von der Art des Produktes. Drei Arten von Produkt sollen hier unterschieden werden:

- Gebrauchsgüter** (langlebige Wirtschaftsgüter):  
Gebrauchsgüter sind materielle Produkte, die in der Regel viele Einsatzfälle überdauern, z.B. Werkzeugmaschinen, Autos, Software, Kühlschränke, Kleidung.
- Verbrauchsgüter** (kurzlebige Wirtschaftsgüter):  
Verbrauchsgüter sind materielle Produkte, die konsumiert werden, z.B. Bier, Seife, Salz.
- Dienstleistungen**:  
Dienstleistungen sind immaterielle Produkte, z.B. Service, Beratung, Finanzierung, Haarschnitt, die in einem engen Verbund von Leistungsnehmer und Leistungserbringer erfolgen, und eines besonderen Vertrauensverhältnisses bedürfen.

Mit dieser Begriffsbestimmung für den Nutzen des Kunden lässt sich der Wert eines Produktes aus Kundensicht wie folgt definieren:

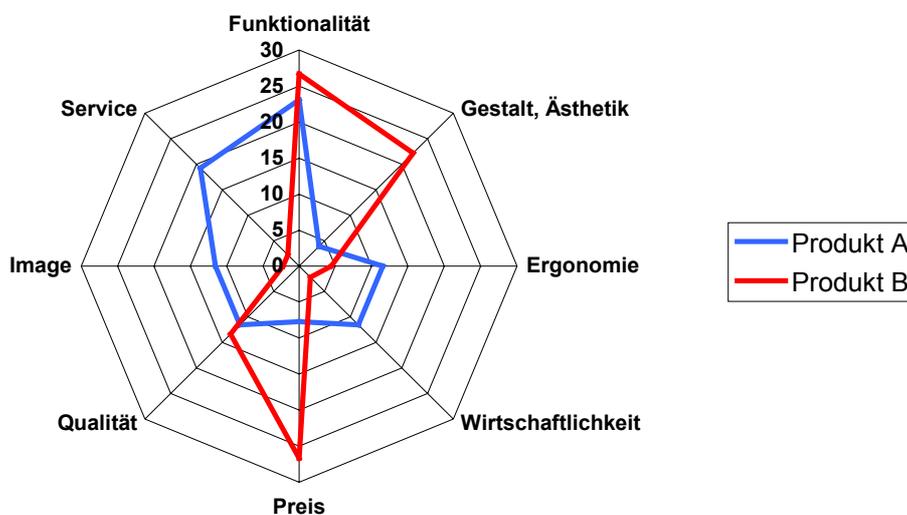
Wert aus Sicht des Kunden

$$\text{Wert} = \text{Bedürfnisbefriedigung} / \text{Aufwand}$$

Die Aufgabe der Produktentwicklung besteht nun darin, Produkte zu entwickeln, die den Wertvorstellungen des Unternehmens und den Wertvorstellungen der Kunden entsprechen.

## 2.2 Merkmale eines Produktes

Um die Bedürfnisse der Kunden zu befriedigen, müssen Produkte heute mehrere Merkmale erfüllen. Dabei hängt die notwendige Ausprägung der einzelnen Merkmale vom Produkt ab. Hier gibt es natürlich Unterschiede in Abhängigkeit von der Güterart. Die Ausprägung der Produktmerkmale muss zu den Kaufentscheidungskriterien der Kundenzielgruppe passen. Aber selbst bei Investitionsgütern reicht die Funktionalität allein heute nicht mehr aus.

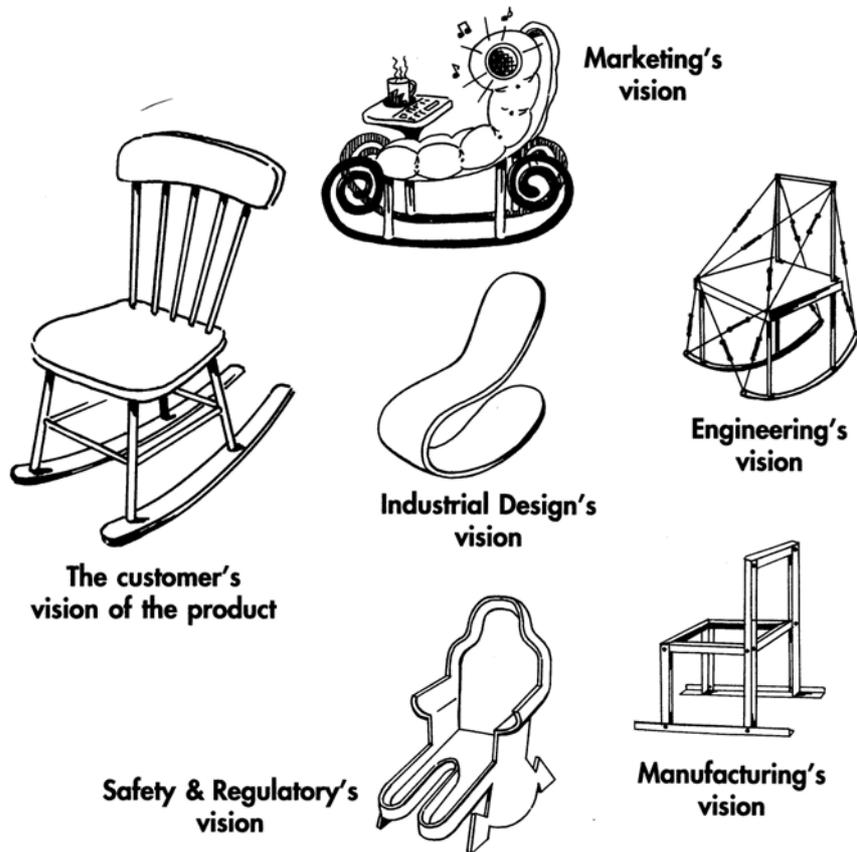


*Merkmale eines Produktes*

Fragen des Designs, des Images, der Qualität aber auch der immateriellen Zusatzleistungen – Dienstleistungen – werden immer wichtiger für Produkte.

Die **Aufgabe des Ingenieurs** in der Produktentwicklung besteht nun darin, im Team mit Mitarbeitern/Innen aus den Bereichen Design, Produktion, Vertrieb und Marketing diese Merkmale eines Produktes (teilweise auch als Produktsprache bezeichnet)

net) zu realisieren. Dabei gibt es natürlich unterschiedliche Sichtweisen auf das Produkt und unterschiedliche Schwerpunkte, die jeder Bereich in dem Produkt realisiert sehen möchte, wie nachfolgendes Bild zeigt.



*Unterschiedliche Vorstellungen über die Gestaltung eines Stuhl*

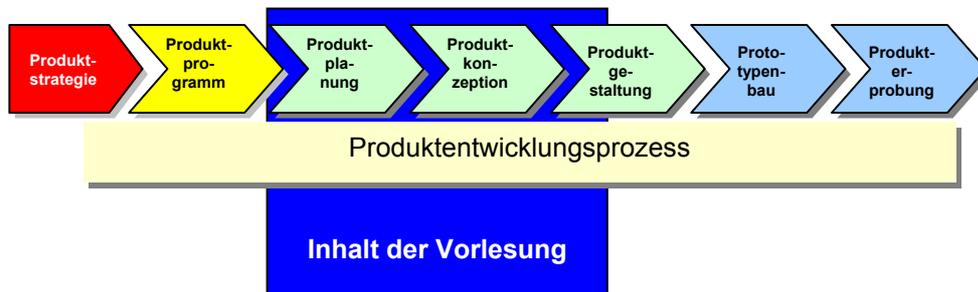
[Quelle: Preston, G.S.; Reinertsen, D.G. *Developing products in half the time*; Verlag John Wiley Sons Inc.]

Erfolgreich kann die Produktentwicklung nur in Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Disziplinen sein. Eine einseitige Sichtweise bzw. das Übergewicht eines Bereiches führt in der Regel zu einem Produkt, welches der Kunde nicht akzeptiert.

### 2.3 Phasen des Produktentwicklungsprozesses und Einordnung der Vorlesungsinhalte

Der Prozess der Produktentwicklung beginnt eigentlich mit der Festlegung der Produktstrategie. Die Produktstrategie ist ein wesentliches Element der Unterneh-

mensstrategie zur Erreichung der Unternehmensziele. Deren Festlegung erfolgt durch die Unternehmensführung.

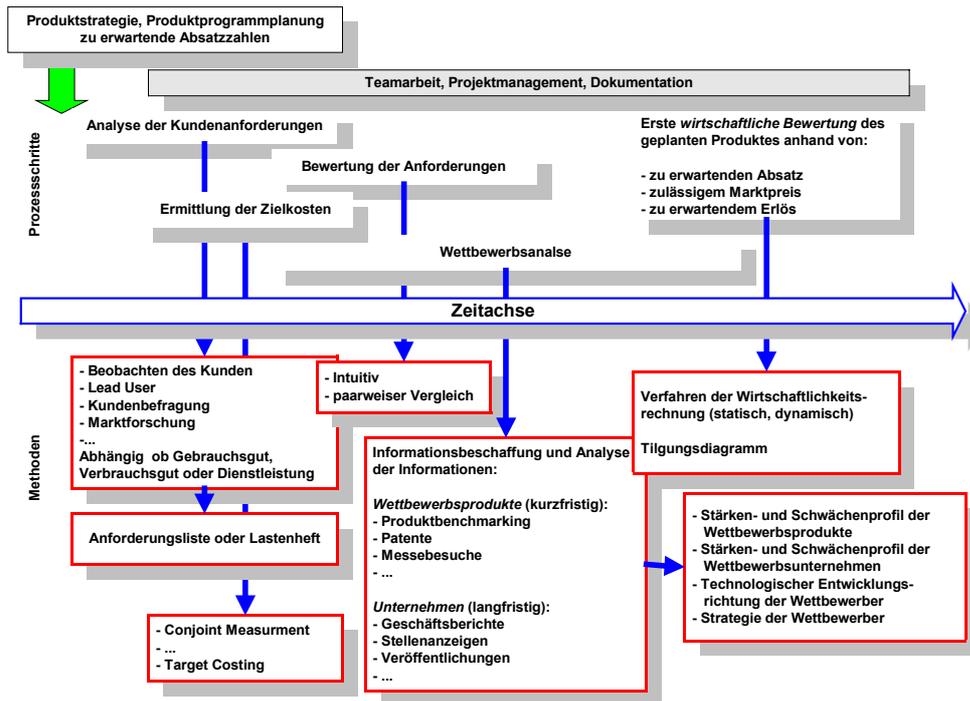


Phasen der Produktentwicklung

Auf der Basis der Produktstrategie wird dann das Produktprogramm geplant. Darin wird festgelegt, welche Produkte das Unternehmen für welche Märkte anbieten wird. Neben der Produktstrategie sind dabei die Potenzial in den Zielmärkten sowie die Wettbewerbssituation mit zu berücksichtigen.

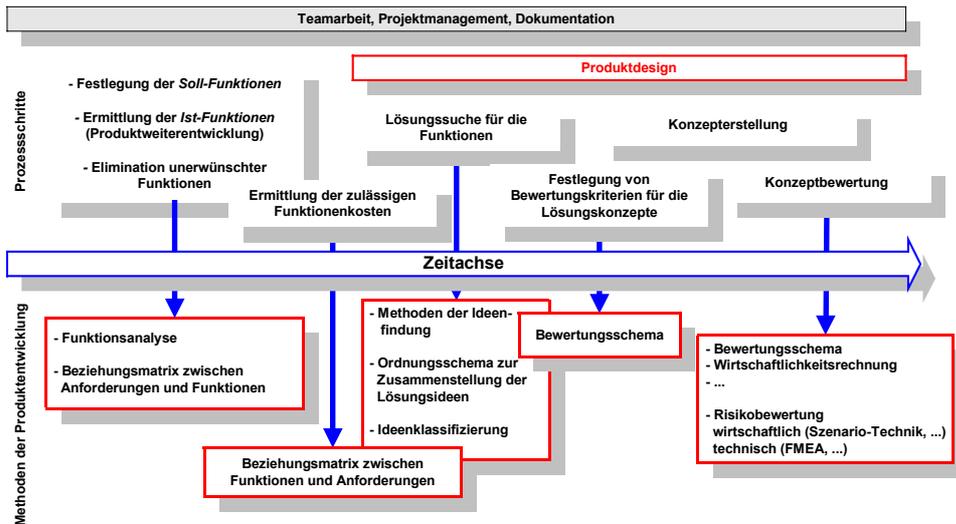
Danach folgen die Produktplanung, auch als Produktdefinition bezeichnet, die Produktkonzeption und Produktgestaltung. Diese werden als Inhalt der Vorlesung in den nächsten Bildern detaillierter aufgeschlüsselt.

Bereits während der Produktgestaltung beginnt der Aufbau eines oder mehrerer Prototypen. Trotz der heute vorhandenen Möglichkeit, digitale Prototypen sehr früh im Produktentwicklungsprozess aufzubauen, kann man auf die Realisierung realer Prototypen nur sehr selten verzichten, da die Nachbildung aller Produkteigenschaften im Rechner zu aufwendig ist, und nur am realen System letztendlich eine aussagefähige Erprobung durchgeführt werden kann. Deren Ergebnisse fließen dann wieder zurück in den Produktentwicklungsprozess.



Arbeitsschritte sowie Methoden der **Produktdefinition (Produktplanung)**

Die **Produktdefinition**, auch als **Produktdefinition** bezeichnet, umfasst alle Arbeitsschritte die notwendig sind, um auf der Basis des festgelegten Produktprogramms die für dieses notwendigen Produkte genau zu definieren. Dazu zählt die Analyse der Kundenanforderungen, eine systematische Wettbewerbsanalyse sowie die Ermittlung des Preises, den der Kunden für die geplante Leitungskombination zu zahlen bereit ist. Diese Phase schließt ab mit einer ersten Wirtschaftlichkeitsberechnung. Damit wird auf der Basis der bis dahin vorliegenden Daten eine Abschätzung vorgenommen, ob die Entwicklung des Produktes für das Unternehmen sinnvoll ist, und was die Entwicklung als solche, inklusive aller Nebenkosten, kosten darf.



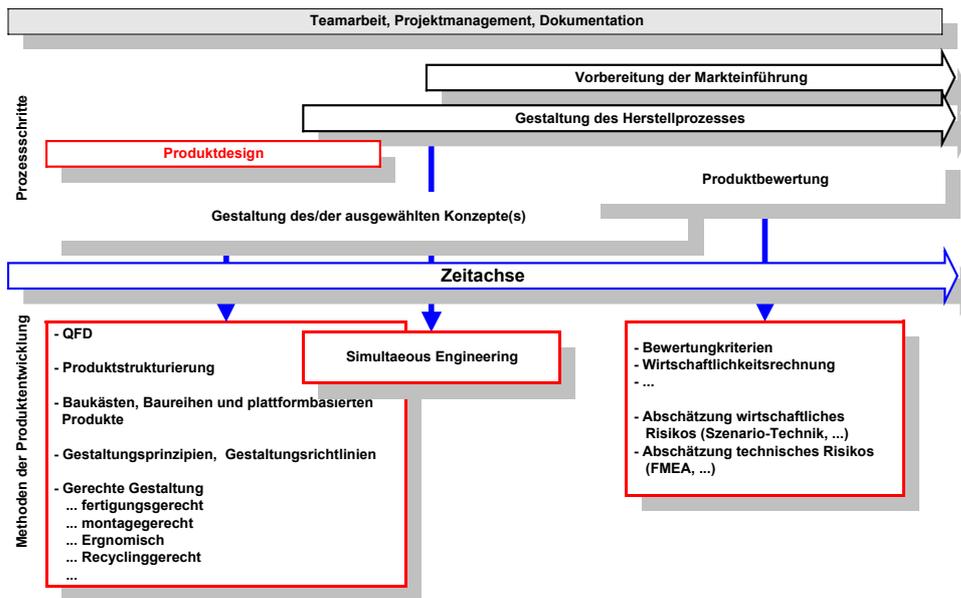
### Arbeitsschritte sowie Methoden der **Produktkonzeption**

In dieser Phase wird das **Produktkonzept** erstellt, d.h. es werden für das Produkt in der Regel mehrere, prinzipielle Lösungen erarbeitet. Mehrere Lösungen deshalb, weil Vor- und Nachteile einzelner Lösungen zu diesem Zeit meist nicht abgeschätzt werden können. So eröffnet sich zudem die Möglichkeit, später im Entwicklungsprozess die jeweils besten Elemente der unterschiedlichen Lösungen zu einer optimalen neuen Lösung zusammenfassen.

Diese Phase wird wesentlich geprägt von der Suche nach Lösungen für die gewünschten Produktfunktionen. Entsprechend spielen die Methoden der Ideenfindung eine herausragende Rolle, um hier den Weg zu neuen Lösungen zu öffnen. Häufig wird in der Praxis die erstbeste Lösung genommen, die einem Mitarbeiter einfällt. Erfahrungen zeigen, dass dieses nur ganz selten die beste Lösung für die Aufgabenstellung ist.

Die gefundenen Lösungen für die einzelnen Funktionen sind systematische zusammenzustellen. Hier empfehlen sich Ordnungsschemata. Aus unterschiedlichen Kombinationen der Wirkprinzipien für die einzelnen Funktionen werden Prinziplösungen für die Gesamtfunktion zusammengestellt. Die Auswahl geeigneter Lösungen, die in die nächste Phase der Entwicklung übergehen, soll systematisch und anhand von festgelegten Bewertungskriterien erfolgen.

Parallel dazu, teilweise auch schon vor der Konzepterstellung, wird das Produktdesign festgelegt. Produktdesign spielt heute mit Blick auf den Erfolg eines Produktes am Markt ein sehr wichtige Rolle. Sicher ist der Einfluss des Designs abhängig von der Güterart, aber selbst bei den meisten Investitionsgütern (z.B. Industrieroboter, Bohrmaschine, Werkzeugmaschine, Fördertechnik) ist Design heute ein unverzichtbares Element für den Produkterfolg.



Arbeitsschritte sowie Methoden der **Produktgestaltung**

„Als **Gestalten** oder Entwerfen soll das Überführen einer Prinziplösung in ein dreidimensionales (körperliches) technisch herstellbares Gebilde bzw. Bauteile und Baugruppen verstanden werden.“ [Koller – *Konstruktionslehre für den Maschinenbau*; Springer Verlag].

Entsprechend der **VDI-Richtlinie 2221** sind mit dem Gestalten folgende Schritte verbunden:

- ◆ Gliedern in realisierbare Module. Hieraus ergibt sich die **Modulare Struktur** des Produktes.
- ◆ Gestalten der maßgebenden Module. Ergebnis dieses Arbeitsschrittes sind die **Vorentwürfe**.
- ◆ Gestalten des Gesamtproduktes. Ergebnis ist hier der **Gesamtenwurf**.

Für den Fall, dass die Fertigung auch im Unternehmen selbst erfolgt, werden während der Gestaltung in enger Abstimmung mit der Fertigung – Simultaneous Engineering - die Herstellprozesse festgelegt. Dabei haben die Herstellprozesse sowohl Einfluss auf die Produktstruktur wie auch auf die Gestaltung einzelner Bauteile und deren Werkstoffe. Stellt das Unternehmen das Produkt nicht selbst her, oder sollen letztendlich nur Baugruppen montiert werden, so besteht während der Gestaltung eine wichtige Aufgabe des Entwicklers darin, in enger Abstimmung mit dem Einkauf, geeignete Lieferanten für benötigten Bauteil oder Baugruppen zu suchen.

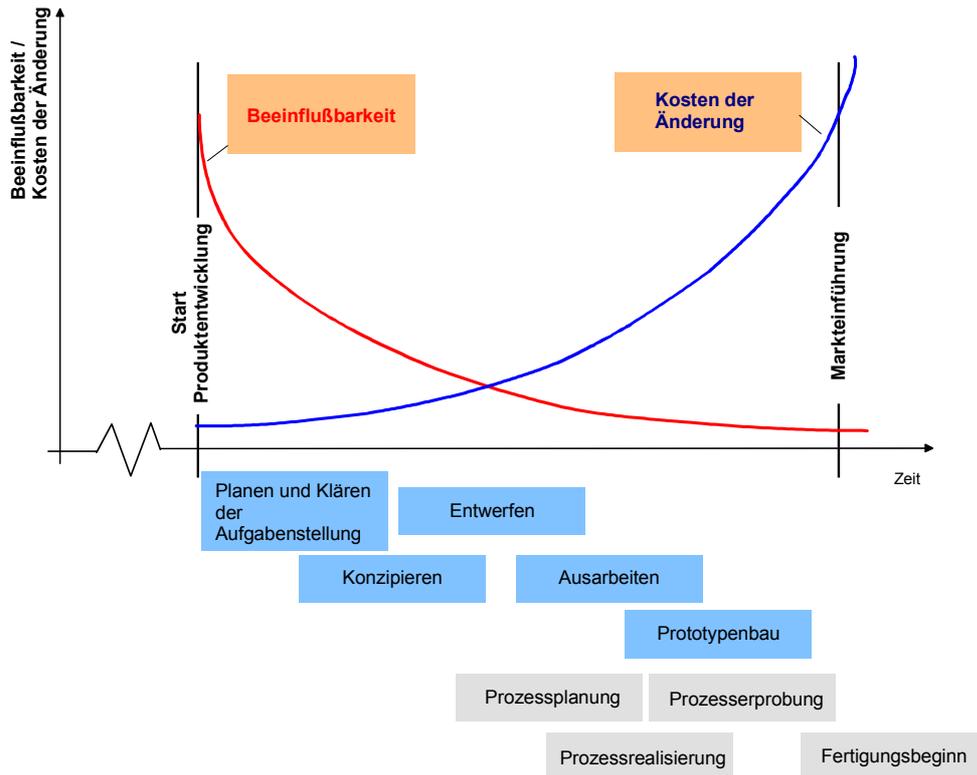
Zu einem etwas späteren Zeitpunkt beginnt die Vorbereitung zur Vermarktung des neuen Produktes. Hier ist die Produktentwicklung beteiligt, in dem sie Informationen über Produkteigenschaften und Differenzierungsmerkmale zu Wettbewerbsprodukten liefern muss.

## 2.4 Methodische Entwicklung von Produkten

Fehler bei der Entwicklung neuer Produkte können selten durch Maßnahmen bei den nachfolgenden Prozess-Schritten wieder aufgefangen werden, oder aber nur zu sehr hohen Kosten. Aus praktischen Erfahrungen wurde die sogenannte **Rule of Ten** formuliert, die das exponentielle Wachstum der Kosten verdeutlicht. Danach kostet ein Änderung während der:

◆ Aufgabenklärung	1 €
◆ Entwicklung/Konstruktion	10 €
◆ Fertigungsvorbereitung	100 €
◆ Fertigung	1.000 €
◆ nach Auslieferung	10.000 €

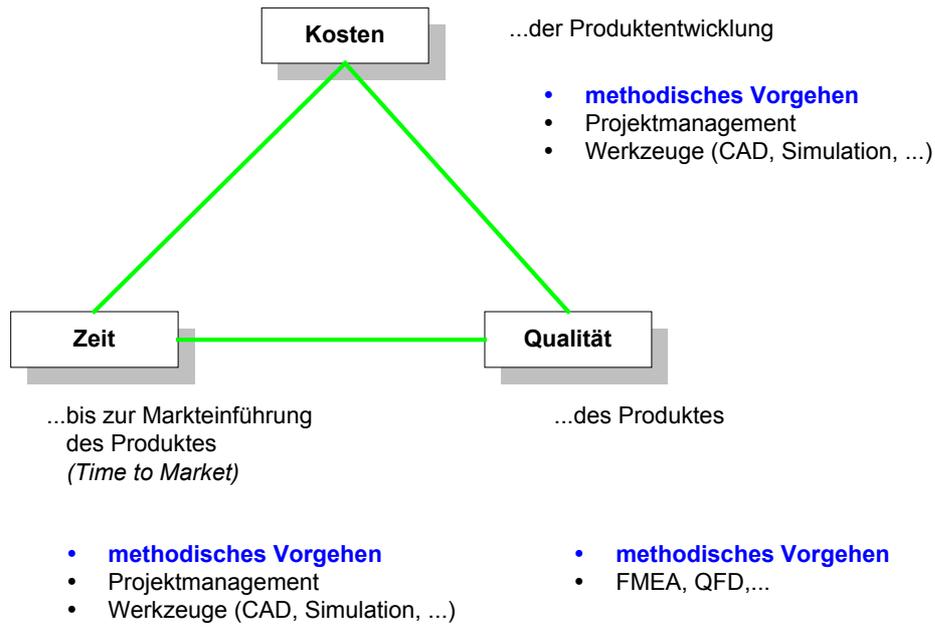
Nachfolgendes Bild verdeutlicht den Zusammenhang nochmals.



*Beeinflussbarkeit der Produktmerkmale und Kosten von Änderungen im Verlauf der Produktentwicklung*

Allerdings gilt auch für die Produktentwicklung, wie für die meisten anderen Prozesse in einem Unternehmen, dass diese sehr stark durch Zeit- und Kostendruck beeinflusst werden, was sich zwangsläufig auf das Ergebnis des Prozesses auswirkt.

Dabei ist in den letzten Jahren durch sich verändernde Wettbewerbsbedingungen der **Zeitdruck deutlich größer** geworden. Die meisten Unternehmen bewegen sich in **gesättigten Märkten** und sie können nur überleben, wenn sie ständig neue Produkte auf den Markt bringen, um die Aufmerksamkeit der Kunden zu gewinnen.



*Magisches Dreieck der Produktentwicklung*

Welche Auswirkungen es haben kann, wenn die systematisch, methodische Vorgehensweise nicht konsequent angewendet wird, zeigt der nachfolgende Artikel, der im April 2001 in *Spiegel-Online* veröffentlicht wurde.

## R Ü C K R U F W E L L E

## Zwischen Produktionsfehlern und Pkw-Optimierungen

**Die Rückrufquote der Autohersteller steigt steil an: Waren es Mitte der neunziger Jahre durchschnittlich 50 Rückrufe im Jahr, sind es mittlerweile fast 100. Arbeiten die Autoproduzenten schlampig?**

Allein im vergangenen Jahr haben die Autoanbieter in Deutschland nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) in Flensburg 94 mal Briefe mit der Aufforderung zum Werkstattbesuch verschickt. Auch 2001 wurden viele tausend Fahrzeuge zurückgerufen. Dabei handelt es sich nicht nur um Lappalien wie Flugrost am Fahrzeugrahmen der Mercedes M-Klasse oder quietschende Türen bei VW. Häufiger geht es um sicherheitsrelevante Mängel wie Bremsverlust bei der Mercedes A-Klasse oder beim Renault Espace, Gurtprobleme beim Opel Corsa oder Lenkungsausfall beim BMW X5. Weil die Pkw-Hersteller jedoch gerade bei riskanten Defekten sehr schnell reagieren, bleiben fatale Folgen in den meisten Fällen aus.



Rückruf wegen möglichen Lenkungsausfalls: BMW

X5

Den Grund für die steigende Zahl der Rückrufe sehen Experten wie Hans-Klaus Strupp, Leiter der Abteilung Technik beim KBA, vor allem in der gestiegenen Komplexität moderner Fahrzeuge. Außerdem machen sich laut Strupp verkürzte Entwicklungszeiten und hoher Kostendruck beim Hersteller negativ bemerkbar. Eine Einschätzung, die auch Renault-Sprecher Thomas May-Englert teilt. Er verweist dabei auch auf die Zulieferer, bei denen der Druck überproportional gestiegen sei.

Auch die Einstellung der Unternehmen habe sich - nicht immer ganz freiwillig - geändert, so Strupp. Auslöser war ein neues Produktsicherungsgesetz, das es dem KBA seit 1997 erlaubt, die Werke bei gravierenden Fällen zu einem Rückruf zu zwingen. Zwar ist es laut Strupp so weit noch nie gekommen. Doch der "warnende Zeigefinger" aus Flensburg werde viel ernster genommen.

Außerdem empfinden immer mehr Hersteller den Rückruf nicht mehr als Schande, sondern als vertrauensbildende Maßnahme, mit der das Werk sein Verantwortungsbewusstsein unterstreichen kann. Deshalb werden viele Fälle nicht "unter der Hand" beim regulären Besuch in der Werkstatt abgewickelt, sondern offiziell bekannt gegeben.

Häufig handelt es sich dabei laut Mercedes-Sprecher Peter Thul nicht um technische Mängel, sondern um nachträgliche Optimierung. Wenn ein Modell verbessert würde, könnten so auch frühe Kunden auf den neuesten Stand gebracht werden. Dass es dafür mitunter des Rückrufs bedarf, führt Thul auch auf verlängerte Wartungsintervalle zurück. Während man früher oft schon nach 5000 Kilometern in die Werkstatt musste, sehen die Hersteller die Fahrzeuge heute oft erst nach 30.000 Kilometern oder zwei Jahren wieder.

Ist ein Rückruf entschieden, kommt das Kraftfahrtbundesamt ins Spiel. Gerade bei älteren Modellen, die den Besitzer gewechselt haben, sind die Automobilwerke laut Strupp auf die Adressdaten aus Flensburg angewiesen. Weil dabei aber trotz der umfangreichen KBA-Register im ersten Durchlauf oft nur 70 bis 80 Prozent der betroffenen Kunden erreicht würden, verlangt die Behörde in Flensburg oft noch einen zweiten oder gar dritten Durchgang.

Welch großer Aufwand mitunter betrieben werden muss, zeigt das Beispiel des Renault Kangoo. Von ihm wurden laut Renault-Sprecher Thomas May-Englert über 200.000 Exemplare zurückgerufen, weil bei wenigen hundert Reifen ein möglicher Defekt vermutet wurde.

Wer den Rückruf ignoriert, setzt sich laut Strupp meist einem doppelten Risiko aus: Zum einen droht ihm möglicherweise ein Unfall und zum anderen eine juristische Niederlage. Denn wer den Werkstattbesuch verweigert, hat nach Angaben Strupps später auch keinen Anspruch auf Schadenersatz.

Über die Kosten solcher Rückrufaktionen schweigen sich die Hersteller in der Regel aus. Doch bei spektakulären Fällen wie zuletzt dem Reifendilemma bei Bridgestone/Firestone in den USA lassen sich die Zahlen oft kaum geheim halten. So kursieren Gerüchte, wonach das Unternehmen sich die Aktion bis zu 650 Millionen Dollar kosten lassen muss. Von der Umrüstaktion der Mercedes A-Klasse nach dem Elchtest heißt es inoffiziell, dass sie den Gewinn der ersten Modelljahre beinahe aufgezehrt habe. Mitunter jedoch ist der Autohersteller fein raus: Denn, so Michelin-Sprecher Thomas Bicki, wenn sich der Fehler am Bauteil eines Zulieferers festmachen lässt, werden die Kosten oftmals geteilt oder komplett durchgereicht.

Thomas Geiger,gms



🔍 Rückruf wegen defekter Pneu: Renault Kangoo



© DaimlerChrysler

🔍 Rückruf nach nicht erreichtem Klassenziel: Im Elch-Test durchgefallene A-Klasse von DaimlerChrysler

## 2.5 Projektplanung in der Produktentwicklung

---

Bei der Entwicklung eines Produktes oder dessen Weiterentwicklung handelt es sich klassisch um ein **Projekt**. Die Aufgabe besitzt eine gewisse Einmaligkeit, ist zeitlich begrenzt und es stehen nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung.

Ein wesentlicher Schritt zu einem erfolgreichen Produkt ist ein **systematisches Projektmanagement**. Dieses verlangt vor Beginn des Entwicklungsprojektes eine systematische Projektplanung mit der Festlegung der genauen Sach-, Kosten- und Zeitzielen der Entwicklung.

Dabei ist es sinnvoll, zuerst die wichtigsten Meilensteine für das Projekt zu definieren. Sinnvoll ist hier eine Rückwärtsterminierung, d.h. ausgehend von der Markteinführung des Produktes wird anhand wichtiger Meilensteine der Projektstart festgelegt. Einige wichtige Meilensteine im Verlaufe eines Produktentwicklungsprojektes sind nachfolgend aufgeführt:

1. Wann soll das neue Produkt im Markt vorgestellt werden?
2. Ab wann - in Wochen nach der Marktvorstellung - soll das Serienprodukt verkauft werden?
3. Wann beginnt der Serienanlauf? Benötigter Zeitraum?
4. Wann beginnt die Nullserienfertigung? Benötigter Zeitraum?
5. Wann ist der Prozessaufbau abgeschlossen? Benötigter Zeitraum?
6. Wann sind alle benötigten Prozesselemente - Werkzeuge, Maschinen, Gebäude, .... Fertig? Benötigter Zeitraum?
7. Wann muss die Prototyperprobung beginnen? Zeitraum?
8. Wann muss die Prototypfertigung beginnen? Zeitraum?
9. Wann muss mit der Erstellung der endgültigen Fertigungszeichnungen begonnen werden? Zeitraum?
10. ...

Des weiteren kommt hier natürlich die in der Vorlesung *Projektmanagement* erarbeiteten Vorgehensweise zum Einsatz.

# 3 Produktdefinition

## 3.1 Analyse und Dokumentation der Anforderungen

Anforderungen stellen die Schnittstelle zwischen den Kunden und dem Unternehmen dar, weil über die Anforderungen die Bedürfnisse der Kunden definiert werden. Deshalb ist die **genaue Klärung** der Anforderungen bei kundenorientierter Produktentwicklung **ausschlaggebend** für den späteren Erfolg des Produktes.

## "Wir haben zu wenig auf die Kunden gehört"

### Audi findet viel zu wenig Käufer für den Kleinwagen A2. Die Verantwortlichen üben Selbstkritik.



Düsseldorf - Den potenziellen Kunden des kleinsten Audis müssten die Vorzüge noch klar gemacht werden, sagte Audi-Vertriebsvorstand Georg Flandorfer. "Wir haben zu wenig auf die Kunden gehört", zitiert ihn das "Handelsblatt". Audi habe gehofft, dass diese besonders leichte Bauweise neue Kunden anziehen würde.

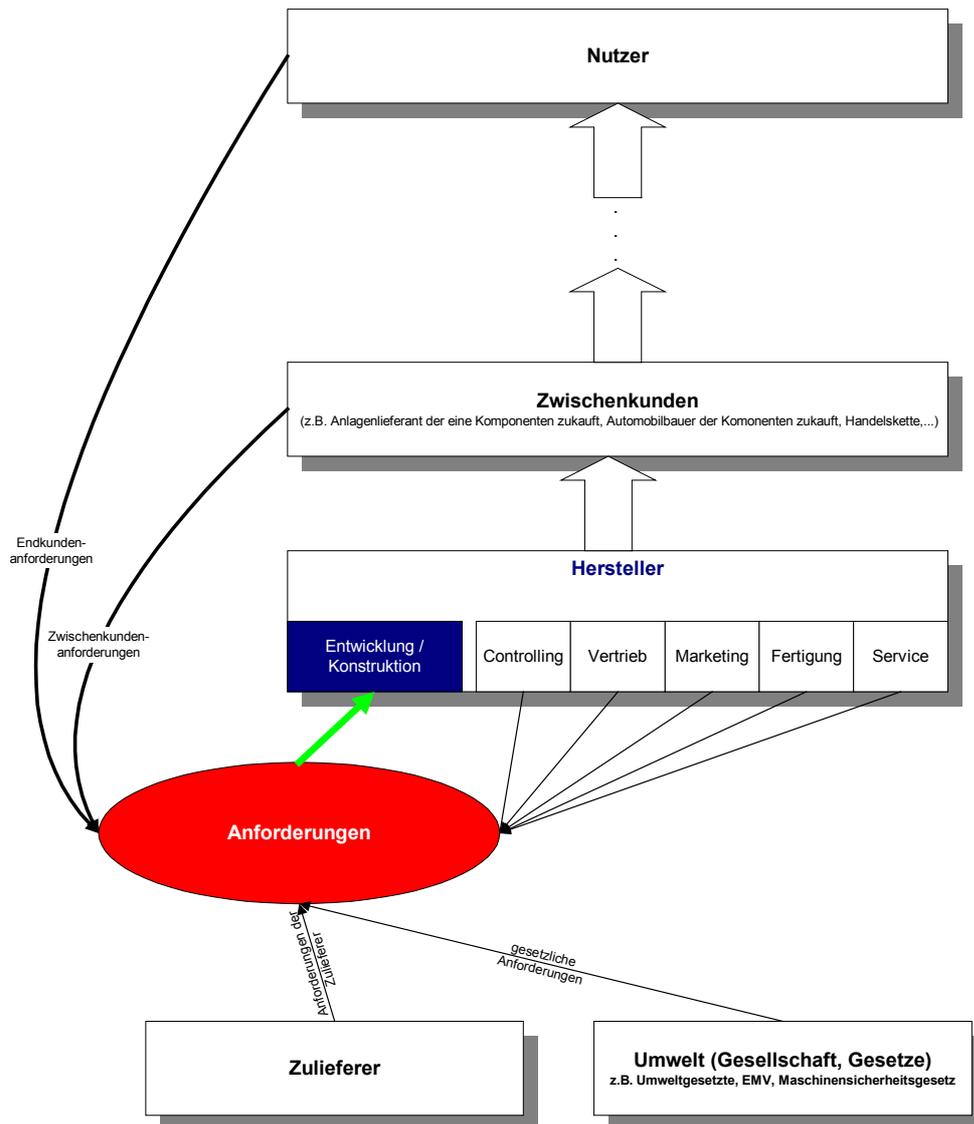
Im vergangenen Jahr hat das Flensburger Kraftfahrtbundesamt gerade 10.000 Neuzulassungen des A2 verzeichnet. Der Preis mit mehr als 30.000 DM gilt als zu hoch.

Quelle: Spiegel-Online, März 2001

*Audi A2 – Kundenwünsche nicht ausreichend berücksichtigt  
Einstellung der Produktion für 2004 geplant.*

Vielfach werden als Kunden nur die eigentlichen Nutzer des Produktes angesehen. Natürlich spielt dieser bei der Erfassung der Anforderungen eine wichtige Rolle. Aber bei vielen Produkten ist nicht nur die Erfüllung der Anforderungen des Nutzer für den Produkterfolg notwendig, sondern auch die **weitere „Kunden“**, deren Anforderungen berücksichtigt werden müssen. Zu den weiteren „Kunden“ zählen:

- ◆ **Absatzmittler** wie beispielsweise Zwischenhändler, Handelsorganisationen.
- ◆ **Einkäufer** in Unternehmen, die Investitionsgüter einkaufen. Der eigentliche Nutzer beispielsweise einer neuen Fertigungseinrichtung ist aber eine andere Person, Abteilung.
- ◆ **Unternehmensumwelt**, welche in Form von Gesetzen, Richtlinien Anforderungen definiert,
- ◆ **Bereiche des eigenen Unternehmens**, beispielsweise Fertigung und Montage aber auch
- ◆ **Zulieferer**, die Anforderungen bezüglich des Einbaus ihrer Komponenten haben.



Anforderungen an die Produktentwicklung

Wichtig für die Produktentwicklung ist nun die Frage, wie können die Kundenanforderungen überhaupt erfasst werden. In der Art, wie diese Kundenanforderungen erfasst werden können, gibt es Unterschiede, die abhängig davon sind, ob es sich um einen

- eher **anonymen Kunden** handelt, der nicht in direktem Kontakt zum Unternehmen steht (z.B. bei Massengüter wie Pkw, Haushaltsgeräte, ...)
- **bekannten Kunden** handelt, mit dem das Unternehmen in direktem Kontakt steht und der direkt seine Bedürfnisse artikuliert (z.B. bei Investitionsgüter wie Werkzeugmaschinen, Anlagen,...).
- der **Absatz** des Produktes auf **direktem Weg** vom Unternehmen zum Kunden geht (z.B. bei Pkw, Werkzeugmaschinen, ...) oder

- sogenannte **Absatzmittler** (Gross- und Einzelhandel) zwischengeschaltet sind, die neben dem eigentlichen Nutzer Anforderungen an das Produkte stellen.

		Absatzmittler	
		JA	NEIN
Kunden	ANONYM	<b>Anforderungen von Absatzmittler + Endkunden</b>  <i>Marktforschung</i>  z.B. Haushaltsgeräte	<b>Anforderungen der Endkunden</b>  <i>Marktforschung</i>  z.B. Pkw(VW, DC), Industrieroboter
	BEKANNT	<b>Anforderungen des einzelnen Kunden + Absatzmittler</b>  <i>Befragung des Kunden</i>	<b>Anforderungen des einzelnen Kunden</b>  <i>Befragung des Kunden</i>  z.B. Sondermaschinenbau, hochwertige Investitionsgüter

Klärung der Kundenanforderungen in Abhängigkeit vom Absatzweg

Neben den Anforderungen von Seiten der Kunden gibt es noch weitere Anforderungen, die bei der Entwicklung eines Produktes zu berücksichtigen sind. Dazu zählen:

- Anforderungen **aus dem Unternehmen** heraus (siehe Wert des Produktes für ein Unternehmen).
- **Gesetzliche Anforderungen** (Produkthaftungsgesetz, Maschinensicherheitsrichtlinie, EMV-Vorschriften, Abgasvorschriften, Rücknahmeverpflichtung für Altfahrzeuge,...),
- **Anforderungen** von Seiten der **Zulieferer** (Bauraum, Schnittstellen, ...)

Im ersten Schritt der Produktentwicklung sind die Anforderungen genau zu klären, zu erfassen und zu dokumentieren. Eine nachlässige oder fehlerhafte Klärung führt mit großer Wahrscheinlichkeit zu einem vom Markt nicht akzeptierten Produkt.

### 3.1.1 Methoden zur Analyse der Kundenanforderungen

---

Nachfolgend dargestellt die wichtigsten Arten zur Ermittlung der Kundenanforderungen, die je nach Art des Produktes und Marktzugang anzuwenden sind.

- ❑ **Sekundärforschung** (Beschaffung, Zusammenstellung und Auswertung bereits vorhandenen Datenmaterials, z.B. Statistiken, Internet, ...)
  
- ❑ **Primärforschung**
  - ◆ **Beobachten** (Beobachtung von sinnlich wahrnehmbaren Sachverhalten wie z.B. physische Aktivitäten, Verhaltensweisen, ..., Japanische Autohersteller haben auf Parkplätzen vor Supermärkten das Beladen von Autos beobachtet und so die niedrige Ladekante am Kofferraum eines Pkw erfunden)
  - ◆ **Befragen** (schriftlich, mittels Fragebogen, mündlich telefonisch)
    - *Im Investitionsgüterbereich erfolgt eine Klärung der Anforderungen meist durch direkte Gespräche mit dem Kunden, oder der Kunde stellt bereits ein Lastenheft mit den wichtigsten Anforderungen zur Verfügung.*
    - *Viele Unternehmen befragen heute ihre Kunden, so dass es für den Kunden teilweise schon lästig wird.*
  - ◆ **Experiment** (Wiederholbare, unter kontrollierten, vorher festgelegten Umweltbedingungen durchgeführte Versuchsanordnung – z.B. extra eingerichteter Test-Super-Markt)
  
- ❑ **Zusammenarbeit mit ausgewählten Kunden**, die
  - ◆ einen Querschnitt der Kunden im Marktsegment darstellen,
  - ◆ in der Lage sind, Anforderungen präzise zu formulieren,
  - ◆ in gewisser Weise als Trendsetter in ihrem Bereich dienen (Lead User).
  
- ❑ **Sammlung der Anforderungen in interdisziplinäre Teams:**
  - ◆ In einem interdisziplinär *zusammengesetzten Team* (Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, Marketing, Fertigung, Service, ..., Kunden) ist vielfach ein hinreichendes Wissen über Anforderungen der Kunden vorhanden. Deshalb lassen sich in einem solchen Team relativ schnell und einfach die Kundenanforderungen sammeln und bewerten.

- ◆ Um nichts zu vergessen helfen **Checklisten**, die auf der Erfahrung früherer Projekte aufbauen können bzw. auf Anregungen aus der Literatur, z.B. *Ehrlenspiel*.

Die für den Maschinenbau wichtigste Herangehensweise ist die Beobachtung und die Befragung von Kunden, die Zusammenarbeit mit ausgewählten Kunden sowie die Ermittlung der wesentlichen Anforderungen im Team. Als **verlässlichsten Methode** gilt die **Beobachtung** von Kunden. Deshalb sollten auch Mitarbeiter/Innen in der Produktentwicklung jede Gelegenheit nutzen, vor Ort beim Kunden sich den Umgang mit den eigenen Produkten oder denen der Wettbewerber ansehen.

#### **Anmerkungen zur Analyse der Kundenanforderungen:**

- ❑ Nicht übersehen werden dürfen **nutzerselbstverständliche Anforderungen**, die dieser nicht mehr artikuliert, da er diese für selbstverständlich hält, weil er es so gewohnt ist (z.B. Pkw-Käufer verlangt nicht extra ein Ersatzrad, Kunde hält Anschlagösen für eine stationäre Maschine für selbstverständlich)
- ❑ Von der Zahl der Kriterien zeigt die Praxis, dass in der Regel mit 10 – 20 Anforderungen alle wesentlichen Anforderungen erfasst sind.
- ❑ Unbedingt wichtig ist eine **QUANTISIERUNG** der Anforderungen, d.h. die Anforderungen müssen mit überprüfbaren (messbaren) Größen beschreiben werden. Dabei wird unterschieden zwischen Festforderungen, bei denen ein bestimmter Wert eingehalten werden muss (z.B. Kraft  $F = 1000 \text{ N}$ ) und Mindestforderungen, die einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten dürfen (z.B. Geräuschentwicklung  $L \leq 80 \text{ dB(A)}$ ).
- ❑ Dokumentiert werden die Ergebnis der Sammlung von Kundenanforderungen in einer **ANFORDERUNGSLISTE** oder in einem **LASTENHEFT**. Diese ist während der Entwicklung des Produktes ständig zu aktualisieren und zu ergänzen.

### 3.1.2 Dokumentation der Anforderungen

#### 3.1.2.1 Anforderungsliste

<b>Projekt:</b>		<i>firmenspezifische Merkmale</i>			
Verantwortlich für Umsetzung:		<i>(Welches Team, welche Gruppe oder Abteilung oder welcher Mitarbeiter ist für die Realisierung der aufgeführten Anforderungen verantwortlich.)</i>			
Verantwortlich für die Anforderungsliste:		<i>(Wer führt die Liste, hält diese aktuell, sorgt für die Verteilung, ist Ansprechpartner, wenn in der Liste etwas geändert werden muß)</i>			
Verteiler :	<i>(Wer bekommt die jeweils aktuelle Anforderungsliste - in Unternehmen, außerhalb des Unternehmens)</i>				
Anforderung	Quantifizierung	Klassifizierung	Wichtigkeit / Punkte	Genauigkeit der Anforderungen / Häufigkeit der Änderung	Änderung (Datum)
Stand: (Datum)					
Ersetzt Anforderungsliste vom: (Datum)					

Beispiel für den Aufbau einer Anforderungsliste

Die Anforderungsliste kann um weitere Punkte ergänzt werden, so z.B. um die Zielkosten des Produktes. In der Praxis ändern sich Anforderungen häufig während der Produktentwicklung. Besonders sich ändernde Marktsituationen verlangen vielfach eine kurzfristig Änderung in den Anforderungen, so z.B. als Reaktion auf ein neues Wettbewerbsprodukt. Deshalb ist es sinnvoll schon bei der Erfassung der Anforderungen zu vermerken, welche davon genau bekannt sind und sich auch während der laufenden Entwicklung nicht verändern werden, oder ob es sich um eine Anforderung mit Unsicherheit handelt, die sich in der Entwicklungszeit noch ändern kann.

Sind die Anforderungen nur ungenau bekannt oder Änderungen im Verlaufe der Projektlaufzeit zu erwarten, so ist das Produkt von seiner Struktur so zu gestalten und das Entwicklungsprojekt so aufzubauen, dass Funktionen, die von diesen Ungenauigkeiten betroffen sind, möglichst spät realisiert werden.

### 3.1.2.2 Lastenheft und Pflichtenheft

---

Während bei kleineren Entwicklungsprojekten die Zusammenstellung der Anforderungen in Form einer Anforderungsliste meist ausreichend ist, bedarf es bei größeren Projekten einer detaillierten Spezifikation, die auch die jeweiligen Randbedingungen beinhaltet als Basis für die Produktentwicklung. In der Praxis haben sich dabei das Lastenheft und das Pflichtenheft durchgesetzt, wobei die Erstellung des Pflichtenheftes das Vorhandensein eines Lastenheftes voraussetzt.

#### Definition Lastenheft

---

*Zusammenstellung aller Anforderungen des Auftraggebers hinsichtlich Liefer- und Leistungsumfang.*

Im Lastenheft wird definiert **WAS** und **WOFÜR** zu lösen ist.

Im Lastenheft sind alle Anforderungen aus Anwendersicht einschließlich aller Randbedingungen zu beschreiben. Diese sollten quantifizierbar und prüfbar sein. Es wird vom Auftraggeber oder in dessen Auftrag erstellt. Es dient als Ausschreibungs-, Angebots und/oder Vertragsgrundlage.

## Inhalt des Lastenheftes

- ◆ Einführung in das Projekt
- ◆ Beschreibung der Ausgangssituation
- ◆ Aufgabenstellung (Sollzustand)
- ◆ Schnittstellen
- ◆ Anforderungen an die Systemtechnik
- ◆ Anforderungen für die Inbetriebnahme
- ◆ Anforderungen an die Qualität
- ◆ Anforderungen an die Projektabwicklung (Projektorganisation)

## Definition Pflichtenheft

---

*Beschreibung der Realisierung aller Anforderungen des Lastenheftes.*

Im Pflichtenheft wird definiert **WIE** und **WOMIT** die Anforderungen realisiert sind. Es wird eine definierte Aussage über die Realisierung des Produktes gemacht.

Der Auftragnehmer prüft bei der Erstellung des Pflichtenheftes die Widerspruchsfreiheit und Realisierbarkeit der im Lastenheft genannten Anforderungen. Das Pflichtenheft bedarf der Genehmigung durch den Auftraggeber. Nach der Genehmigung durch den Auftraggeber wird das Pflichtenheft die verbindliche Vereinbarung für die Realisierung und Abwicklung des Projektes für Auftraggeber und Auftragnehmer.

Das **Pflichtenheft enthält das Lastenheft**. Im Pflichtenheft werden die Anwendungsvorgaben detailliert und die Realisierungsanforderungen beschrieben.

## Inhalt des Pflichtenheftes

- ◆ Inhalt des Lastenheftes sowie
- ◆ Systemtechnische Lösungen
- ◆ Systemtechnik (Ausprägung)

Lastenheft und Pflichtenheft sind von besonders großer Bedeutung bei der Vergabe von Entwicklungsaufträgen für Produkte oder Teilsysteme von Produkten an

Zulieferer. Sie bilden meist die Grundlage für den Abschluss eines Entwicklungsvertrages.

In Fachbüchern findet sich wenige Informationen über den korrekten Aufbau eines Lasten- und Pflichtenheftes. In nachfolgend genannten VDI-Richtlinien werden genauere Hinweise zur Erstellung eines Lasten- und Pflichtenheftes gegeben.

#### Literatur zu Lastenheft / Pflichtenheft:

---

VDI-Richtlinie 2519 Blatt 1

*Vorgehensweise bei der Erstellung von Lasten-/Pflichtenheften*

Verein Deutscher Ingenieure, Dezember 2001

VDI-Richtlinie 2519 Blatt 2

*Lasten- / Pflichtenheft für den Einsatz von Förder- und Lagersystemen*

Verein Deutscher Ingenieure, Dezember 2001

VDI / VDE-Richtlinie 3694

*Lastenheft/Pflichtenheft für den Einsatz von Automatisierungssystemen*

Verein Deutscher Ingenieure / Verein Deutscher Elektrotechniker, 1991

## 3.2 Wettbewerbsanalyse

---

*„Wenn Du den Feind kennst und Dich selbst,  
musst Du auch hundert Schlachten nicht fürchten.*

*Wenn Du Dich selbst kennst, aber den Feind nicht,  
wirst Du für jeden Sieg auch eine Niederlage einstecken.*

*Wenn Du weder den Feind kennst noch Dich selbst,  
wirst Du in jeder Schlacht unterliegen.“*

Sun TZU, Die Kunst des Krieges.; China 500 v Chr.

Übertragen auf die Situation im wirtschaftlichen Wettbewerb heißt das, dass es für den Erfolg eines Unternehmens im Markt von grundlegender Bedeutung ist, die Wettbewerber in den Zielmärkten genau zu kennen, denn kaum noch ein Unternehmen agiert im Markt ohne Wettbewerber. Um aber selbst erfolgreich zu sein im

Markt ist es von **sehr großer Wichtigkeit**, die eigenen Stärken und Schwächen aber auch die der Wettbewerber genau zu kennen. Dabei ist es wichtig, sowohl die **Produkte** wie auch die **Unternehmen** selbst zu kennen.

*Deshalb ist für die erfolgreiche Entwicklung von Produkten eine systematische und gezielte Wettbewerbsanalyse unbedingt erforderlich.*

Dabei gilt es im Rahmen der Wettbewerbsbeobachtung sowohl die **Produkte** als solche zu beobachten, wie auch die **Unternehmen** selbst. Die Produktbeobachtung ermöglicht **kurz- bis mittelfristige** Aussagen über den Wettbewerb, die Beobachtung der Unternehmen ermöglicht **mittel- bis langfristige** Aussagen über das Verhalten der Unternehmen. Bei der Wettbewerbsanalyse darf nicht vergessen werden, auch über das Feld der eigenen Branche hinaus zu schauen, ob nicht in anderen Branchen gänzlich neue Lösungen entstehen, die dem Kunden einen besseren Nutzen bringen und so die eigenen Produkte und die der bekannten Wettbewerber vom Markt verdrängen.

- ◆ **Informationen zu den Produkten der Wettbewerber (Produkt-benchmarking)**
  - Welche Produkte haben die Wettbewerber?
  - Wie sind die Produkte des Wettbewerbs zu beurteilen bezüglich Funktionen, Design, Image, Qualität, Dienstleistungen, etc.?
  - Wie erfüllen die Produkte der Wettbewerber die Anforderungen der Kunden?
  - Preise der Produkte?
  - Realisierung der Funktionen der Produkte – Zukaufteile nach Anzahl und Art, gewählte Fertigungsverfahren, Werkstoffe, ...
  - In welche Richtung geht die Entwicklung der Produkte bei den Wettbewerbern.
  
- ◆ **Informationen zu den Wettbewerbsunternehmen**
  - Welche Unternehmen bieten relevante Produkte im Markt an?
  - Welche Produkte werden angeboten von den Wettbewerbern?
  - Umsatz, Mitarbeiterzahl.
  - Niederlassungen.
  - Vertriebswege.
  - Kernkompetenzen, d.h. was kann dieses Unternehmen besonders gut.

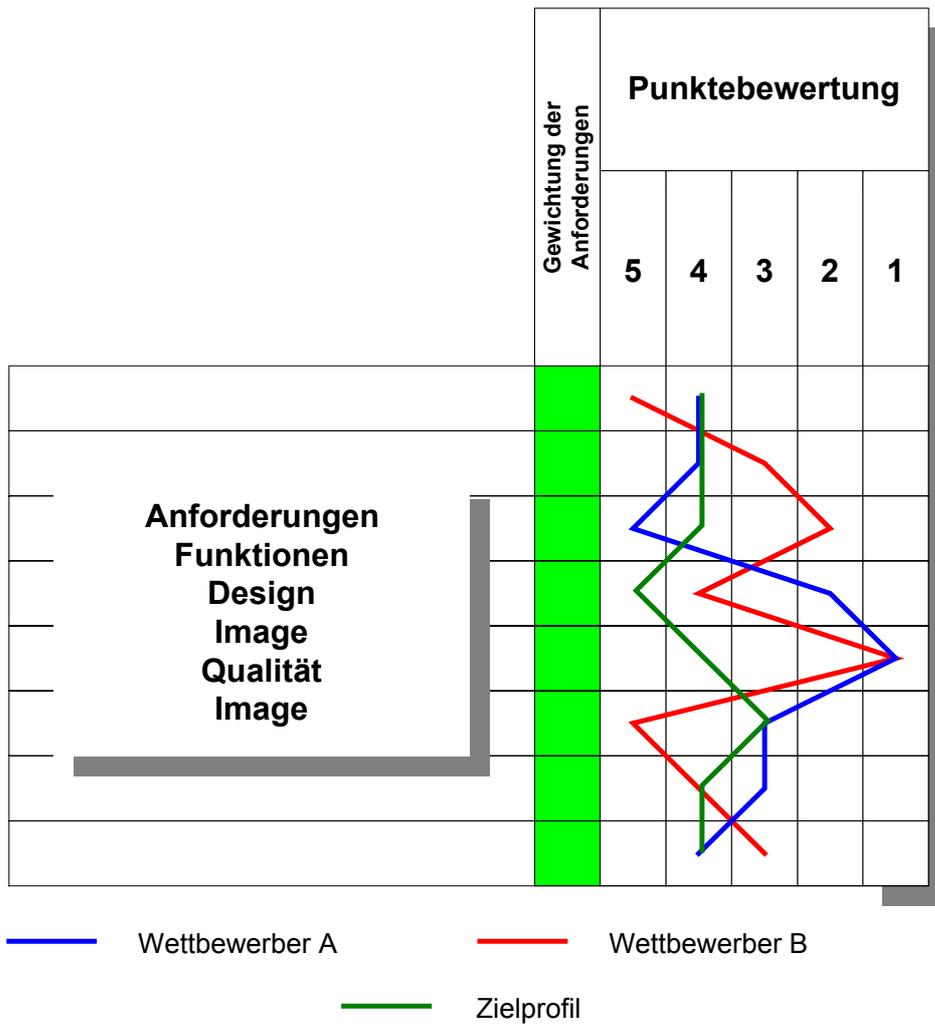
### 3.2.1 Bewertung der Wettbewerbsprodukte

---

Wichtig für eine verlässliche Aussage über die Stärken und Schwächen der Wettbewerbsprodukte ist eine systematische Bewertung. Dazu ist es sinnvoll, die Erfüllung der einzelnen Merkmale, die ein Produkt ausmachen, durch die Vergabe von Punkten oder Noten zu bewerten. Merkmale die zu bewerten sind:

- ◆ Wie werden die Kundenanforderungen erfüllt?
- ◆ Welche Funktionen besitzen die Wettbewerbsprodukte?
- ◆ Wie sind die einzelnen Funktionen der Produkte realisiert, wie viele Bauteile werden zur Realisierung benötigt?
- ◆ Qualität der Produkte?
- ◆ Beurteilung des Produktdesigns?

Weitere Merkmale können bei Bedarf hinzugezogen werden. Daraus ergibt schließlich ein klares **Stärken** und **Schwächen-Profil** der Wettbewerbsprodukte.

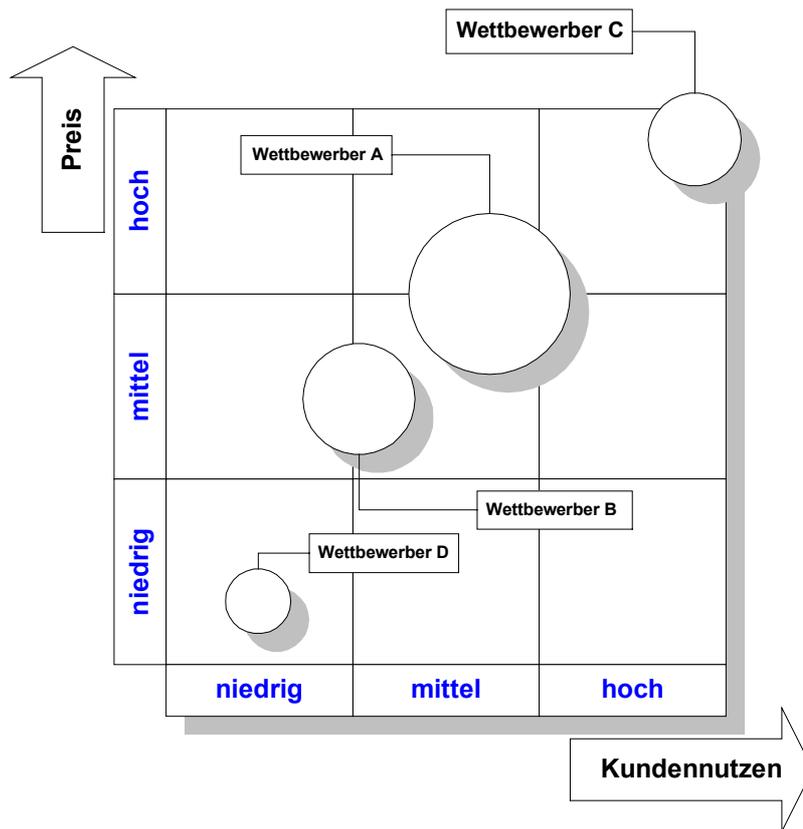


Schema zur Bewertung von Anforderungen, Funktionen, Design, Qualität und Image eines Produktes (1...sehr schlecht, 5...sehr gut)

Dieses Stärken und Schwächen-Profil kann nun dazu genutzt werden, **Ziele für das eigene Produkt frühzeitig festzulegen**, um eine sichere Positionierung im Markt zu erreichen.

Geht man nun hin, und addiert die erreichten Punkte bei den einzelnen Bewertungen auf, so ergibt sich daraus ein Wert der als **Kundennutzen** bezeichnet wird. Je höher der Wert, um so höher der Kundennutzen.

Nimmt man nun noch den Preis mit in den Vergleich auf, so wird eine neue Form der Darstellung notwendig. Am weitesten verbreitet ist in der Praxis die sogenannte **Portfolio-Darstellung**, die im nachfolgenden Bild zu sehen ist.

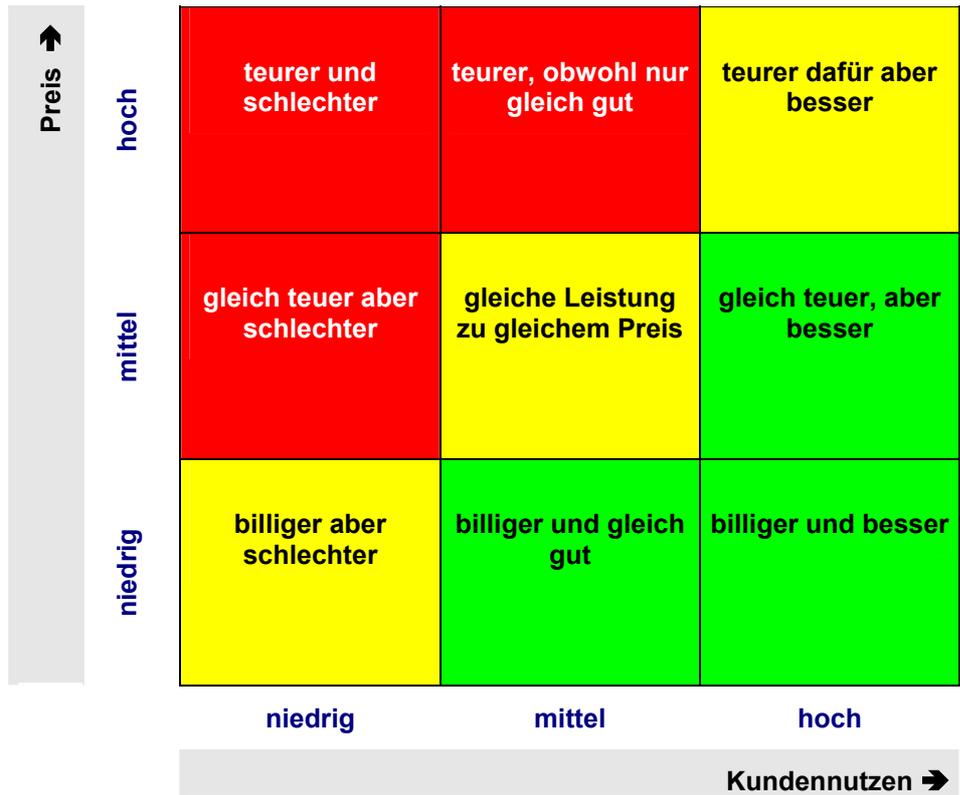


*Darstellung der Wettbewerbssituation in einem Portfolio.  
Die Größe der Kreise macht hierbei eine Aussage über den  
Marktanteil der einzelnen Wettbewerber*

Der Preis als numerischer Wert sollte bei einem Wettbewerbsvergleich immer vorhanden sein, so dass dieser als Wert sehr einfach einzutragen ist. Hat man einen ausführlichen Wettbewerbsvergleich durchgeführt, so liegt entsprechend auch ein numerischer Wert für den Kundennutzen vor, so dass das Portfolio dargestellt werden kann. Häufig reicht zur Erstellung aber auch schon eine Abschätzung des Kundennutzen in der Abstufung niedrig, mittel, hoch, so dass ein solches Portfolio sehr schnell erstellt werden kann.

Welche Aussagen lassen sich nun aus diesem Portfolio gewinnen?

- Wie sind die Produkte des Wettbewerbs im Markt einzuordnen?
- Wo ist das eigene Produkt einzuordnen?
- Ist die geplante Preis-Leistungs-Kombination sinnvoll aufgrund der Wettbewerbssituation?
- Wo befinden sich noch frei oder wenig besetzte Felder?



nur in Ausnahmefällen erfolgreich
  unter bestimmten Bedingungen erfolgreich
  erfolgsversprechende Marktposition

*Portfolio mit erfolgsversprechenden und nicht erfolgsversprechenden Preis-Leistungs-Kombination*

Es gibt allerdings nur wenige wirklich erfolgsversprechende Felder in einem solchen Portfolio. Obiges Bild zeigt ein Portfolio mit der Kennzeichnung erfolgsversprechender und nicht erfolgsversprechender Felder. Ein Produkt wird nur dann erfolgreich sein können, wenn es Felder belegt, die nicht bereits durch andere Wettbewerber belegt sind.

*Aufgabe der Produktentwicklung ist nun die Entwicklung eines Produktes, mit einer für das Unternehmen erfolgsversprechenden Preis-Kundennutzen-Kombination.*

### 3.2.2 Informationsbeschaffung

---

Wo können nun die benötigten Informationen zur Beurteilung der Wettbewerbsprodukte und –unternehmen herkommen? Viele Quellen mit Informationen über Wettbewerbsprodukte sind frei zugänglich.

- ◆ Patentrecherche  
(z.B. Internet: *Deutsches Patentamt*: [www.depatistnet.de](http://www.depatistnet.de);  
*US Patent and Trademark Office* [www.uspto.gov/patft/](http://www.uspto.gov/patft/))
- ◆ Produktprospekte
- ◆ Messebesuche
- ◆ Analyse des Wirtschaftsteils von Tageszeitungen (FAZ, Handelsblatt, etc.) und von Zeitschriften (Wirtschaftswochen, Managermagazin, ...).
- ◆ Stellenanzeigen in Tageszeitungen
- ◆ Internet
- ◆ Firmenbesuche

Durchaus üblich ist heute auch der **Kauf und die detaillierte Analyse von Wettbewerbsprodukten** - **Produktbenchmarking**. Allerdings gibt es gerade im Maschinenbau die Situation, das aufgrund sehr teurer Produkte (teure Investitionsgüter wie Werkzeugmaschinen, Sondermaschinen ...) oder der Nichtverfügbarkeit am Markt diese Vorgehensweise nicht möglich ist. Hier ist produktspezifisch nach geeigneten Lösungen zu suchen.

Für alle gesammelten Informationen zu den Produkten und Unternehmen des Wettbewerbs gilt, das diese **Informationen** in der Regel wie ein **Mosaik** zusammengetragen werden müssen. Hier ist ein entsprechendes **Wissensmanagement** mit zentraler Sammlung und Analyse der Informationen erforderlich.

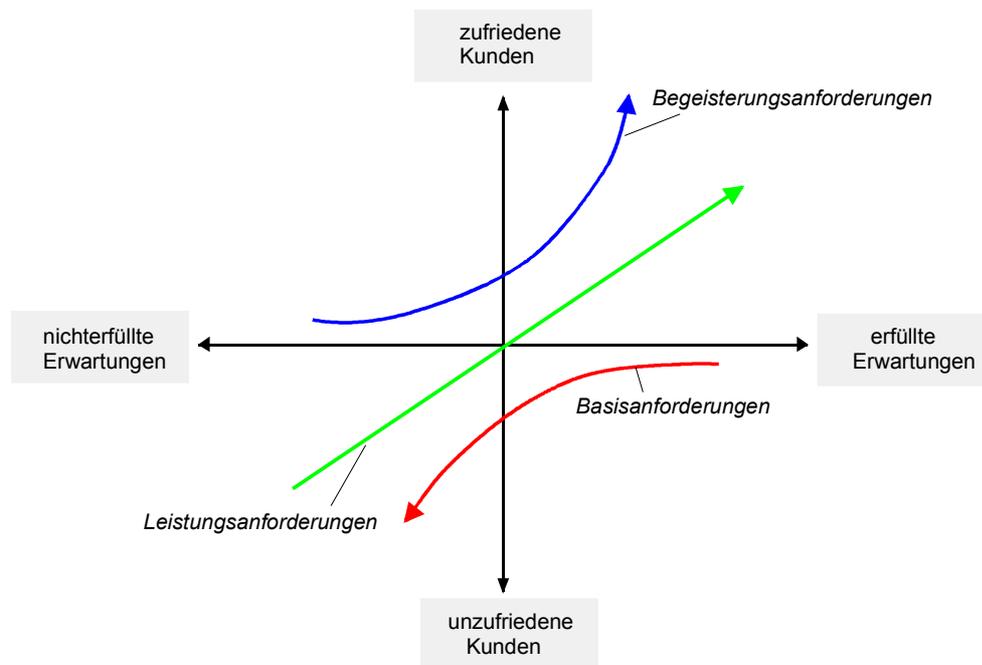
### 3.3 Klassifizierung und Bewertung von Anforderungen

---

Vor der Bewertung der Anforderungen empfiehlt es sich, diese zu **klassifizieren**. Sinnvoll ist dabei das *Kano-Modell*, bei dem die Anforderungen in drei Gruppen unterteilt werden:

- **Basisanforderungen:** Diese Anforderungen müssen unter allen Umständen erfüllt werden. Werden diese nicht erfüllt, so führt das zu Unzufriedenheit beim Kunden (Beispiel: Airbag im Pkw).

- ❑ **Leistungsanforderungen:** Dabei handelt es sich um Anforderungen, bei denen sich die Zufriedenheit proportional mit dem Erfüllungsgrad entwickelt., beispielsweise Prozessorleistung eines PC, Serienausstattung eines Pkw, Gewicht eines Mobiltelefons - je leichter um so besser.
- ❑ **Begeisterungsanforderungen:** Hierbei handelt es sich um Leistungen, die der Kunden nicht erwartet, deren Erfüllung ihn positiv überrascht, beispielsweise zusätzliche Software auf einem PC.



Anforderungsklassen und Kundenzufriedenheit nach Kano

Allerdings ist darauf zu achten, dass sich die Anforderungen der Kunden ändern. Begeisterungsanforderungen werden schnell zu Basisanforderungen und es müssen neue, begeisternde Leistungen im Produkt realisiert werden. Hierbei spielt auch der Zeitpunkt der Markteinführung eines Produktes eine wesentliche Rolle. Bringt ein Wettbewerbsunternehmen ein ähnliches Produkt, bevor das eigene Unternehmen in den Markt gehen kann, so werden Begeisterungsanforderungen von Kunden schnell zu Basisanforderungen, die im eigenen Produkt dann auf jeden Fall realisiert werden müssen, so beispielsweise das ESP-System bei Pkw.

Im Anschluss an die Klassifizierung sind **Leistungsanforderungen** und **Begeisterungsanforderungen** zu bewerten, da nicht alle Anforderungen an ein Produkt gleich wichtig sind. Eine solche Bewertung ist in einem **interdisziplinär** zusammengesetzten **Team** durchzuführen, damit unterschiedliche Sichtweisen berücksichtigt werden. Bei einer engen Zusammenarbeit mit einem **Kunden** ist es auch sinnvoll,

diesen in eine solche Bewertung einzubeziehen.

Es gibt dabei verschiedene Ansätze der Bewertung.

- Direktbewertung durch ein Team (Punkte 0, 3, 6, 9).  
Dabei legt das Team fest, welche der Anforderungen sehr wichtig (9) bis hin zu unwichtig (0) sind. Häufig führt eine solche Bewertung zu langen Diskussionen, ohne dass am Ende die Anforderungen bewertet wurden, da jeder eine andere Vorstellung hat, welche Anforderung nun wichtig ist, welche weniger wichtig ist.
- Paarweiser Vergleich  
Bei diesem Verfahren erfolgt die Bewertung über mehrer Arbeitsschritte. Bei jedem Arbeitsschritt werden jeweils immer nur zwei Anforderungen miteinander verglichen. Alle anderen Anforderungen werden in diesem Augenblick ausgeblendet. Bei n Anforderungen ergeben sich so insgesamt

$$\frac{n^2 - n}{2}$$

Zweierbewertungen. Der Vorteil besteht eindeutig darin, dass jeweils nur zwei Anforderungen miteinander verglichen werden, über deren Wichtigkeit zueinander meist schnell Einigkeit besteht.

	Anforderungen					Summe	Rang
	Anf. 1	Anf. 2	Anf. 3	Anf. 4	Anf. 5		
Anforderung 1	--	2	2	0	1	5	1
Anforderung 2	0	--	2	2	0	4	2
Anforderung 3	0	0	--	2	2	4	2
Anforderung 4	2	0	0	--	1	3	3
Anforderung 5	1	2	0	1	--	4	2

Beispiel für die Bewertung von fünf Anforderungen mittels paarweisem Vergleich

**Vorgehensweise:**

- Es werden immer nur zwei Anforderungen miteinander verglichen. Dadurch bleibt dieses Verfahren übersichtlich. Nachteil: Zeitaufwand bei vielen Anforderungen.
- Die Bewertung kann zeilen- oder spaltenweise erfolgen. (in obigen Beispiel zeilenweisen)

- Die eigentliche Bewertung erfolgt durch die Vergabe von Punkten (2, 1, 0). Ist die Anforderung  $m$  (Zeile) wichtiger als  $m+1$  (Spalte), so wird in das Matrixfeld  $[m; m+1]$  eine 2 eingetragen, sind beide Anforderungen gleich wichtig eine 1 und ist  $m$  weniger wichtig als  $m+1$  so wird eine 0 eingetragen.
- Die Gesamtpunktzahl ergibt sich aus der Summe der Punkte einer Zeile, das Ranking aus der Anzahl der Punkte.

---

## 3.4 Zielkosten des Produktes – Target Costing

---

### 3.4.1 Festlegung der Zielkosten

---

Vielfach wird heute in Unternehmen der Marktpreis eines Produktes auf der Basis der zu erwartenden Herstellkosten ermittelt. Es wird also der aus Sicht des Unternehmens erforderliche Preis definiert, damit mit dem Produkt ein Gewinn erwirtschaftet wird – Bottom Up Preisfestlegung, siehe nächstes Bild.

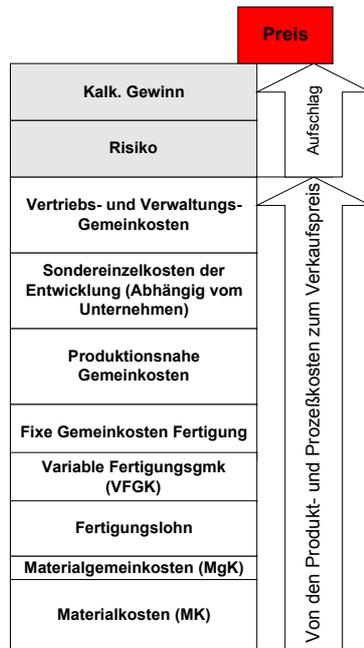
Diese Vorgehensweise orientiert sich nicht am Markt, sondern am Bedarf des Unternehmens. In einem so kalkulierten Preis sind enthalten

- Kosten für Produktfunktionen, welche die Kunden eventuell gar nicht benötigt,
- Kosten für schlecht funktionierende Prozesse im Unternehmen (Vertriebs-, Entwicklungs- Herstell- und Führungsprozess),
- Overheadkosten im Unternehmen durch eine zu große Verwaltung, etc.

**Das Unternehmen definierte einen notwendigen Preis, um seine Kosten zu decken.**

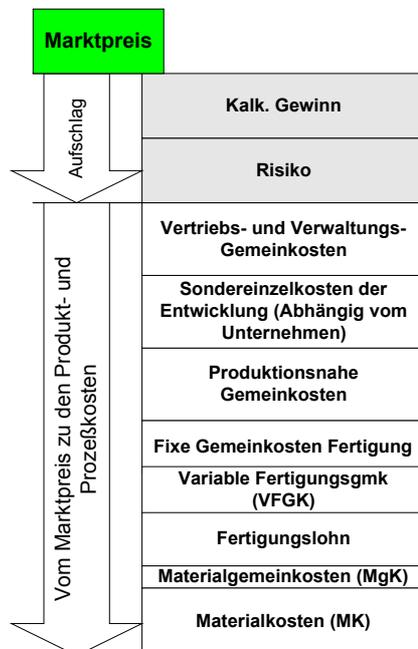
Als Konsequenz daraus ergibt sich dann, dass die Kunden lieber Produkte von Wettbewerbern kaufen, weil die eigenen Produkte am Markt zu teuer sind. Der Absatz und damit der Umsatz sinkt.

Dieser Ansatz, den Preis aufgrund der Kosten zu definieren führt in der Produktentwicklung häufig zum sogenannten **Over-Engineering**. Dabei werden Funktionen in ein Produkt integriert oder technische Lösungen für Funktionen erarbeitet, die für den Markterfolg des Produktes nicht relevant sind, die aber Kosten verursachen.



Preisfestlegung auf der Basis der im Unternehmen erwarteten Herstellkosten (Zuschlagskalkulation)

Aus diesem Grund setzt sich in Unternehmen immer stärker die **zielkostenorientierte Produktentwicklung**, auch als **Target Costing** oder **Design to Cost** bezeichnet, durch. Dabei orientiert sich die gesamte Entwicklung an einem vor Beginn der Entwicklung festgelegten Marktpreis.



Zielkosten als Basis für die Entwicklung eines Produktes

Der Marktpreis wird dabei festgelegt:

- ausgerichtet an den Preisen der Wettbewerber,
- aufgrund von Marktanalysen (z.B. mittels der Methode des Conjoint Measurements)
- strategische Entscheidung des Unternehmens,

In der betriebswirtschaftlichen Literatur gibt es eine Vielzahl von Definitionen für das Target Costings. Nach *Horvath* lautet die Definition für das Target Costing:

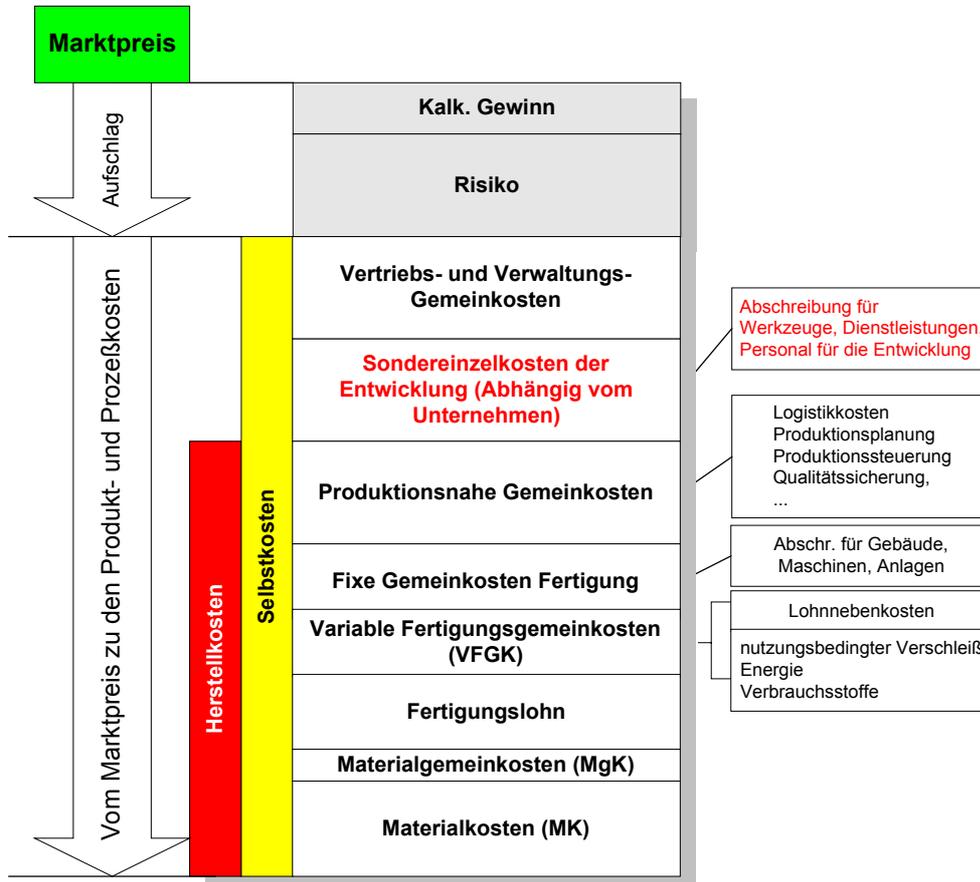
**Target Costing ist ein umfassendes Bündel von**

- ◆ Kostenplanungs-,
- ◆ Kostenkontroll-, und
- ◆ Kosten-Management-Instrumenten,

die schon in frühen Phasen der Produkt- und Prozessgestaltung zum Einsatz kommen, um Kostenstrukturen frühzeitig mit Blick auf die Marktanforderungen gestalten zu können. Der Target-Costing-Prozeß verlangt die kostenorientierte Koordination aller am Produktentstehungsprozess beteiligten Bereiche.

### 3.4.2 Vom Marktpreis zu den Funktionenkosten

Die zu Beginn einer Entwicklung definierten Zielkosten sind in Form des Marktpreises für die Produktentwicklung zu abstrakt. Für die Produktentwicklung ist die entscheidende Frage, was darf die Realisierung einer Funktion bzw. was darf ein Bauteil kosten.



*Herstell- und Selbstkosten eines Produktes ermittelt mittels Zuschlagskalkulation*

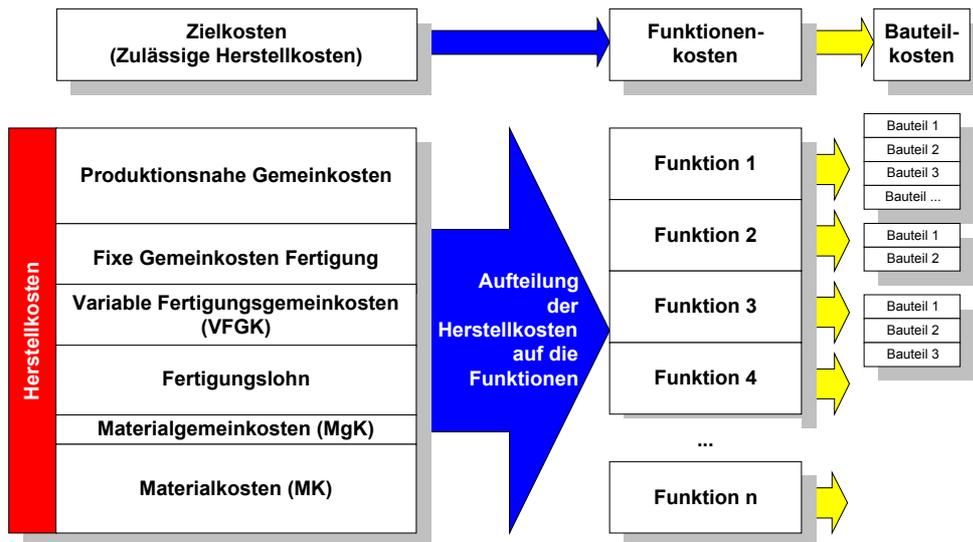
Wie aus der Darstellung zur Preisermittlung hervorgeht, setzt sich der Marktpreis aus einer Vielzahl unterschiedlicher Kostenarten zusammen. Dabei lassen sich die Selbstkosten noch sehr einfacher ermitteln.

$$\text{Selbstkosten} = \text{Marktpreis} - \text{kalk. Gewinn} - \text{Risiko.}$$

Aus diesen lassen sich bei bekannten Vertriebs- und Verwaltungsgemeinkosten sowie den Sondereinzelkosten der Entwicklung (die zulässige Investition für die Entwicklung des Produktes kann aufgrund von Marktzahlen und erwartetem Gewinn zumindest schon sehr früh im Entwicklungsprozess abgeschätzt werden) die Herstellkosten schon relativ genau abschätzen. Problematisch ist aber die weitere **Aufteilung der Herstellkosten**. Es gibt bisher keinen geschlossenen Ansatz, um von

den Selbstkosten zu den Funktionenkosten oder gar zu den Bauteilkosten zu kommen. Dieses hängt auch damit zusammen, dass die in Unternehmen angewendeten Verfahren der Kostenkalkulation sehr unterschiedlich sind.

Es lässt sich aber aufgrund der unterschiedlichen Kostenarten erkennen, dass die Realisierung der Zielkosten für das Produkt nicht nur von der Produktentwicklung erbracht werden kann, sondern in enger Zusammenarbeit mit der Produktion und dem Controlling im Unternehmen.



Aufteilung der Herstellkosten auf die Funktionen und Bauteile

Ein Ansatz zur Aufteilung der Zielkosten, auch als Zielkostenspaltung bezeichnet, bis hin zu den Funktionen- und Bauteilkosten wird im Kapitel 5, *Produktkonzeption*, ausführlich behandelt.

Die Ergebnisse der Zielkostenspaltung werden in eine **Funktionen-Kosten-Matrix** eingetragen. Diese ist wie nachfolgend dargestellt aufgebaut.

	Funktion 1		Funktion 2		Funktion 3		...		Summe Bauteilkosten
	%	€	%	€	%	€	%	€	
Bauteil A									
Bauteil B									
Baugruppe I									
Bauteil ...									
Summe Funktionen-Kosten									

Prinzipielle Aufbau einer Funktionen-Kosten-Matrix

In den Spalten stehen die Funktionen des Produktes, in den Zeilen die Bauteile oder Baugruppen, auch Funktionsträger genannt, die zur Realisierung der Funktionen erforderlich sind. Die Summe der Funktionen-Kosten ergibt sich aus der Zielkostenspaltung.

Die einzelnen Bauteile oder Baugruppen dienen meist nicht nur zur Realisierung einzelner Funktionen, sondern realisieren häufig mehrere Funktionen. Über eine prozentuale Zuordnung wird in der Funktionen-Kosten-Matrix abgeschätzt, wie hoch der Anteile eines Bauteils bzw. einer Baugruppe an der Realisierung einer bestimmten Funktion ist. Über diese prozentuale Zuordnung und bei bekannten Bauteil- bzw. Baugruppenpreisen können so die Kosten einer Funktion abgeschätzt werden.

### **Vorteile der Anwendung der Funktionen-Kosten-Matrix**

- ◆ Abgleich der Kostenziele und der tatsächlichen Kosten von Funktionen.
- ◆ Durch Eintragen der Bauteil- bzw. Baugruppenkosten kann sehr schnell und in einem sehr frühen Stadium der Produktentwicklung erkannt werden, ob die Zielkosten für die einzelnen Funktionen eingehalten werden.
- ◆ Es wird offensichtlich, welche Bauteile bzw. Baugruppen zu teuer sind.

Im Rahmen der Produktweiterentwicklung oder einer geplanten Kostensenkung bei einem Produkt ergeben sich aus der Anwendung weitere Vorteile:

- ◆ Loslösung von der Kostenbetrachtung der Bauteile.
- ◆ Unterstützt den systematischen Kosten-/Nutzenvergleich von Produkten im Rahmen der Wettbewerbsanalyse (**Produkt-Benchmarking**)
- ◆ Aufzeigen vorhandener Rationalisierungspotentiale
- ◆ Bewertung der Werthaltigkeit der einzelnen Funktionen.

Im Kapitel 5 wird nochmals auf das Thema Funktionen-Kosten-Matrix eingegangen.

# 4 Entwicklung von Produktkonzepten - Produktkonzeption

## 4.1 Produktfunktionen

---

### 4.1.1 Definition des Begriffs „Funktion“

---

Die funktionale Beschreibung eines zu entwickelnden oder weiterzuentwickelnden Produktes spielt in der Produktentwicklung eine sehr große Rolle. Die funktionale Beschreibung hilft dabei:

- ◆ sich über die Aufgabenstellung Klarheit zu verschaffen,
- ◆ den Entwicklungsprozess zu versachlichen,
- ◆ die Basis für die kreative Lösungssuche zu schaffen.

Zuerst soll nun geklärt werden, was eine Funktion eigentlich ist. Hierzu finden sich

verschiedenen Definitionen in der Literatur.

<b>Funktion</b>	"...beschreibt die Wirkung eines Produktes und seiner Bestandteile..." <i>Europäische Norm EN 12973 Value Management (Deutsche Fassung)</i>  "Zusammenhänge, die zwischen Eingang und Ausgang eines Systems bestehen, nennt man Funktion." <i>Dubbel, Springer-Verlag</i>
<b>Ist-Funktionen</b>	Funktionen eines existierenden Produktes.
<b>Soll-Funktionen</b>	Funktionen, die ein Produkt haben soll.

Im Zusammenhang mit der funktionalen Betrachtungsweise wichtig ist der Begriff des Funktionenträgers.

<b>Funktionenträger</b>	Bei technischen Produkten versteht man unter Funktionenträger Elemente, wie Teile und Baugruppen durch die Funktionen realisiert werden, um eine Wirkung zu erzeugen.  <i>Anmerkung: Betrachtet man Unternehmen oder Organisationen, so sind Funktionenträger aber auch Personen.</i>
-------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Eine der Hauptaufgaben des Ingenieurs im Bereich der Entwicklung und Konstruktion ist die Umsetzung von Funktionen in konkrete Bauteile (Funktionenträger).

## 4.1.2 Beschreibung von Funktionen

---

Die Beschreibung von Funktionen erfolgt kurz und prägnant. Sie werden beschrieben durch



**Substantiv** Beschreibt **Wo** oder **Womit** etwas geschieht (Ausgangsort der Wirkung)

**Verb** Beschreibt **Was** geschieht (die Wirkung)

Unbedingt zu berücksichtigen bei der Beschreibung von Funktionen ist:

- ◆ Funktionen sind lösungsneutral zu beschreiben. Nur so besteht die Möglichkeit, im Rahmen der Ideenfindung auch neue und innovative Lösungen zu kreieren.
- ◆ Funktionen dürfen nicht mit Anforderungen verwechselt werden. Beispielsweise ist die Beschreibung und Funktion für die Bedienung eines Gerätes oder einer Maschine in der Form **Einhandbedienung ermöglichen** nicht korrekt, da hierbei sofort die Forderung nach der Einhandbedienung in der Funktionsbeschreibung enthalten ist. Wird die Einhandbedienung gefordert, so handelt es sich um eine Anforderung, die entsprechend auch in der Anforderungsliste oder dem Lastenheft enthalten sein muss. Die korrekte Funktionsbeschreibung muss deshalb lauten: **Bedienung ermöglichen!**

### 4.1.3 Klassifizierung von Funktionen

---

Funktionen können klassifiziert werden nach ihrer Wichtigkeit für das Objekt, nach ihrer Position in einer Funktionsstruktur und nach ihrer Art.

#### Einteilung der Funktionen nach ihrer Wichtigkeit:

<b>Hauptfunktionen</b>	...Diese dienen unmittelbar dem Zweck des betrachteten Objektes.
<b>Nebenfunktionen</b>	...Diese dienen mittelbar dem Zweck des betrachteten Objektes.
<b>unnötige Funktionen</b>	...Vermeiden / Weglassen.
<b>unvermeidbare / unerwünschte Funktionen</b>	...z.B. Wärmeentwicklung beim Overheadprojektor, Abgase bei einem Verbrennungsmotor

#### Einteilung der Funktionen nach ihrer Position in einer Funktionsstruktur:

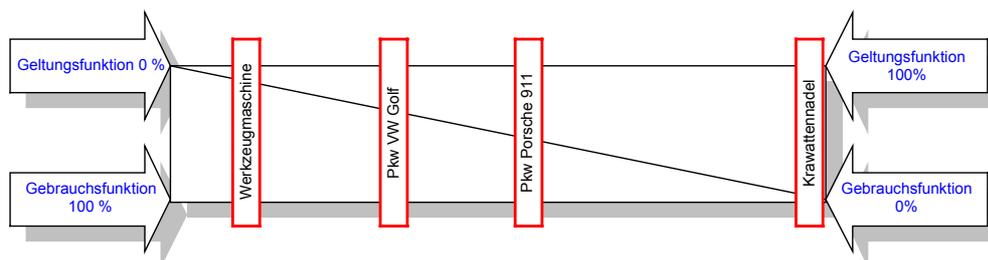
<b>Gesamtfunktion</b>	Wirkung des Objektes, die den eigentlichen Zweck angibt. Der Gesamtfunktion sind in der Funktionsstruktur alle anderen Funktionen untergeordnet.
<b>Teilfunktionen</b>	Beschreiben die Wirkung von Teilen des Objektes. Aus dem Zusammenwirken der Teilfunktionen ergibt sich die Gesamtfunktion.
<b>Elementarfunktion</b>	Dieses sind Funktionen, die sich nicht mehr weiter in Teilfunktionen zerlegen lassen. Hierbei handelt es sich um meist um physikalische Grundoperationen

### Einteilung der Funktionen nach ihrer Art:

Hierbei werden zwei Arten unterschieden:

<b>Gebrauchsfunktionen</b>	Diese dienen dazu, eine gewünschte Anwendung oder Arbeit, oder technische und wirtschaftliche Nutzung des Objektes sicherzustellen.
<b>Geltungsfunktionen</b>	Dieses sind Funktionen/Wirkungen, die unabhängig von den Gebrauchsfunktionen erfüllt werden und äußere Merkmale des Objektes beschreiben. Sie hängen zusammen mit dem Image des Produktes und/oder seiner Gestalt und Ästhetik. Geltungsfunktionen spielen bei Produkten eine immer wichtigere Rolle.

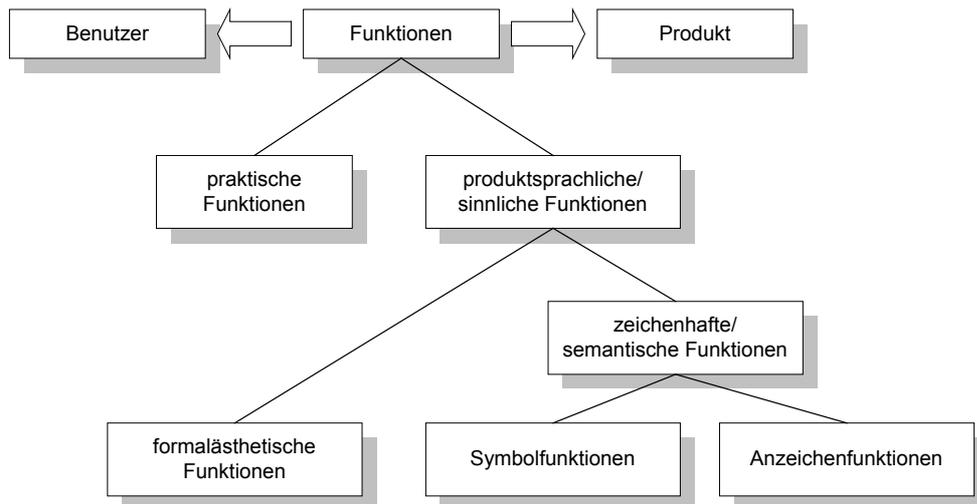
Bei fast allen Produkten gibt es einen Mix von Gebrauchs- und Geltungsfunktionen. Es gibt sehr viele Gegenstände, die keine oder nur sehr geringe Gebrauchsfunktion haben, z.B. Krawattennadel, Krawatte, andere. Wiederum, die im Wesentlichen nur Gebrauchsfunktionen besitzen, wie beispielsweise Werkzeugmaschinen. Allerdings auch bei diesen ist in den letzten Jahren ein verstärkter Trend in Richtung auf mehr Geltungsfunktionen zu beobachten, ohne allerdings die bei Investitionsgütern notwendigen Gebrauchsfunktionen zu vernachlässigen. Diese werden vom Kunden bei allen Wettbewerbern vorausgesetzt, die Kaufentscheidung als solche wird dann durch die Geltungsfunktionen mit beeinflusst.



### Einordnung verschiedener Produkte nach ihrem Anteil an Gebrauchs- und Geltungsfunktionen

Anmerkung:

Eine etwas andere Art der Klassifizierung von Funktionen findet man in der designorientierten Literatur. Die produktsprachlichen/sinnlichen Funktionen entsprechen dabei den Geltungsfunktionen bei der Gliederung der Funktionsarten.



Quelle: Steffen, D.; Design als Produktsprache; Verlag form theorie

### Designorientierte Klassifizierung von Funktionen

#### 4.1.4 Durchführung einer Funktionsanalyse

Mit Hilfe der Funktionsanalyse werden für ein Produkt die erforderlichen Funktionen festgelegt, um die Anforderungen des Kunden zu erfüllen, oder um neue Kundenbedürfnisse zu wecken.

Dazu ist ein ständiger Abgleich mit den Anforderungen an das Produkt notwendig. Es ist darauf zu achten, dass das Produkt die Funktionen enthält, die zur Erfüllung der Kundenanforderungen (Kano-Modell) notwendig sind. Funktionen, die der Kunde nicht wahrnehmen kann oder dieser nicht wünscht, sind unbedingt zu vermeiden. Sie verursachen zusätzliche, in der Regel höhere Kosten bei der Entwicklung und der Herstellung, die aber vom Kunden nicht getragen werden.

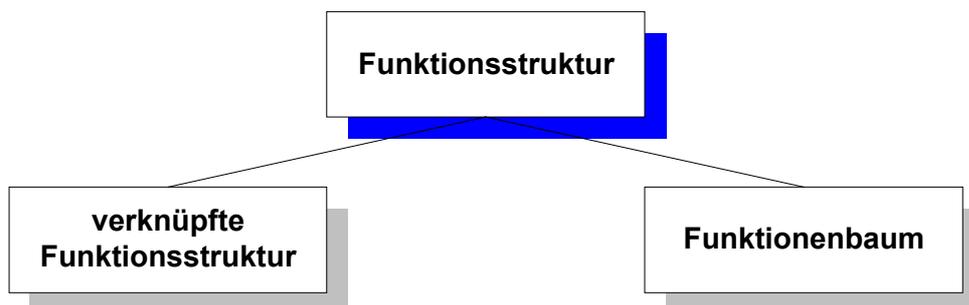
Die Funktionsanalyse wird in den folgenden Schritten durchgeführt:

Ziele des Arbeitsschrittes	Inhaltes des Arbeitsschrittes
1. Funktion erkennen	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Was tut das System?</li> <li>◆ Was bewirkt das System?</li> </ul> <p>Hierbei wird festgelegt, welche Funktionen ein System besitzen soll bzw. ein vorhandenes System besitzt.</p>

- |                              |                                                                             |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 2. Funktionen beschreiben    | ◆ Hauptwort + Tätigkeitswort                                                |
|                              | ◆ Quantifizierung festlegen                                                 |
| 3. Funktionen klassifizieren | ◆ Bestimmen von Haupt- und Nebenfunktionen                                  |
|                              | ◆ Fragen Hauptfunktion → Nebenfunktion: WIE?                                |
|                              | ◆ Fragen Nebenfunktion → Hauptfunktion: WOZU?                               |
| 4. Funktionen gliedern       | Funktionsbaum erstellen                                                     |
| 5. Funktionsart bestimmen    | Unterscheidung der Funktionen in Gebrauchsfunktionen und Geltungsfunktionen |

Zur übersichtlichen Darstellung der Funktionen und zur Veranschaulichung des Zusammenwirkens von Funktionen werden diese anschließend in einer Funktionsstruktur dargestellt.

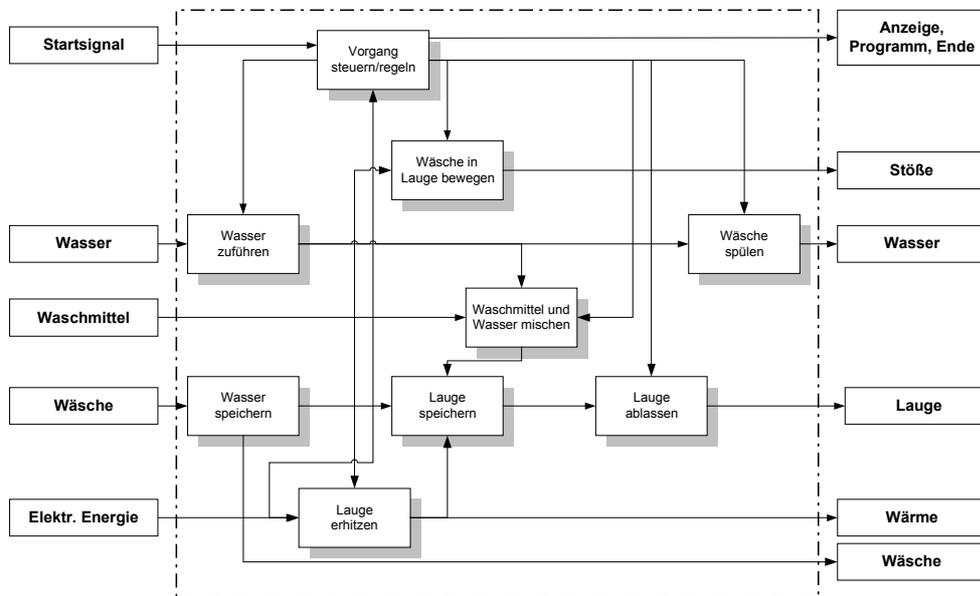
#### 4.1.5 Darstellung der Funktionen in einer Funktionsstruktur



*Prinzipielle Möglichkeiten zur Darstellung der Funktionsstruktur*

## Verknüpfte Funktionsstruktur

In einer verknüpften Funktionsstruktur werden die verschiedenen Eingangs- und Ausgangsgrößen eines Objektes, Energie-, Stoff- und Informationsfluss, zusammen mit ihren jeweiligen Verknüpfungen dargestellt.



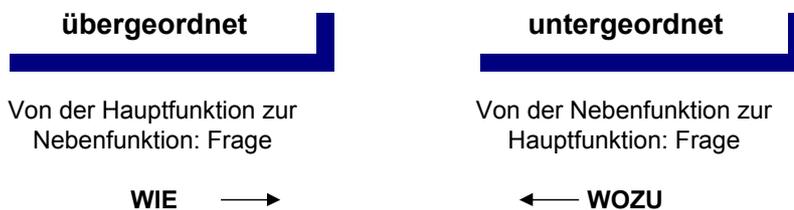
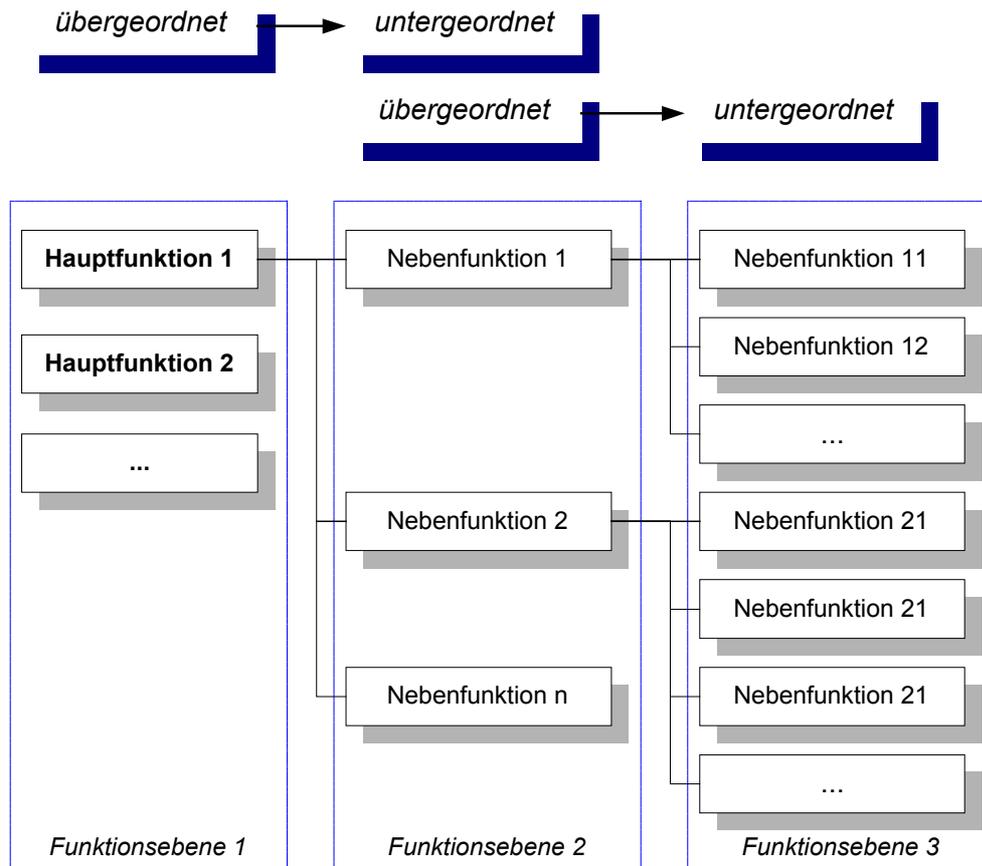
Beispiel einer verknüpften Funktionsstruktur

[Quelle: VDI-Richtlinie 2222, Blatt 1, 1977]

Wichtig für die Aufstellung der verknüpften Funktionsstruktur ist es, Funktionen gleicher Hierarchie zu definieren. Aus der Funktionsstruktur wird das Zusammenwirken der einzelnen Funktionen erkennbar. Nicht erkennbar ist die mögliche Baustruktur des Produktes.

## Funktionsbaum

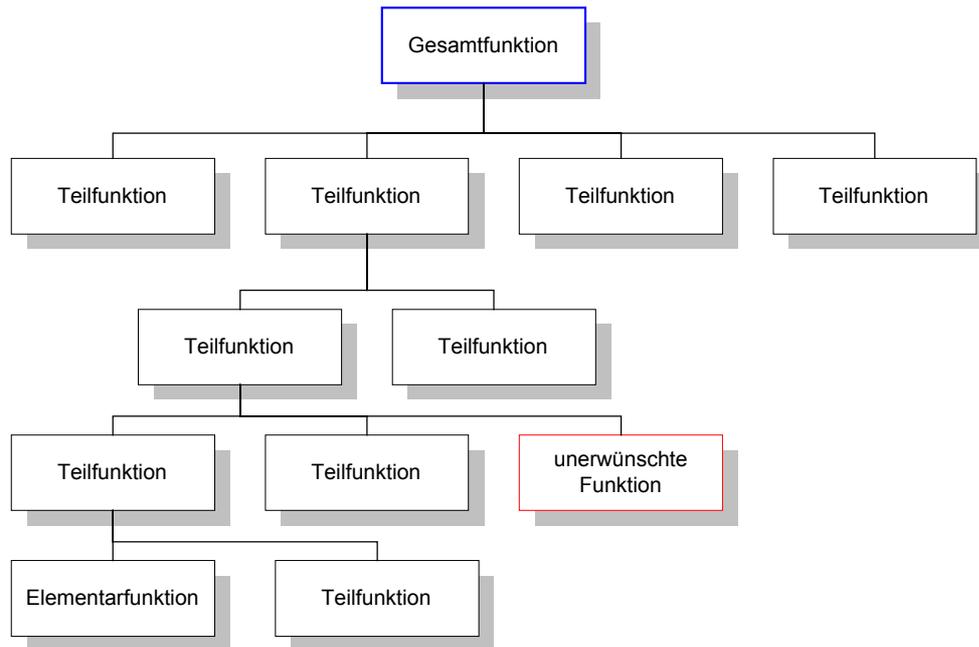
Im Funktionsbaum werden die Funktionen eines Objektes in verschiedenen Hierarchiestufen dargestellt. Ausgehend von der Gesamtfunktion werden die Teilfunktionen ermittelt, die als Hauptfunktionen unmittelbar dem Zweck des Objektes dienen. Die anderen Teilfunktionen dienen als Nebenfunktionen zur Erfüllung der Hauptfunktionen.



Prinzipdarstellung eines Funktionenbaums von links nach rechts

Um eine Einteilung in Haupt- und Nebenfunktionen vornehmen zu können, hat sich eine Fragetechnik bewährt. Von einer übergeordneten Funktion zu einer untergeordneten Funktion wird gefragt:

- ◆ WIE wird die übergeordnete Funktion realisiert? Durch die untergeordnete Funktion ...
- ◆ WOZU dient die untergeordnete Funktion? Zur Realisierung der Funktion ...

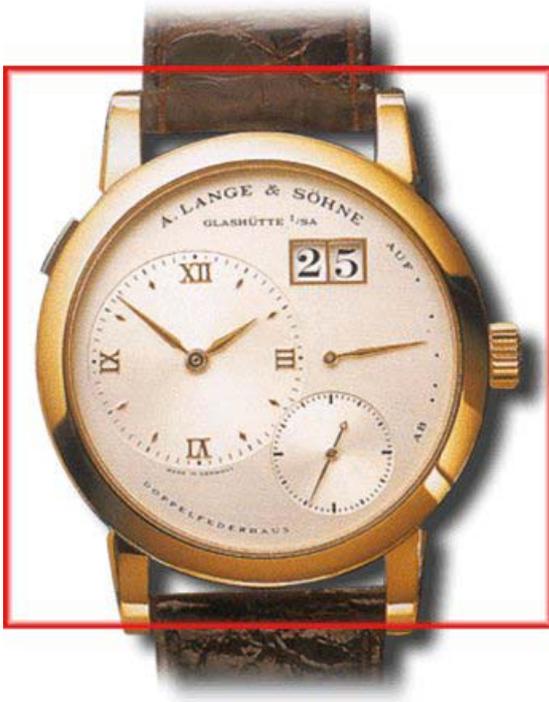


*Funktionsbaum aufgebaut von oben nach unten*

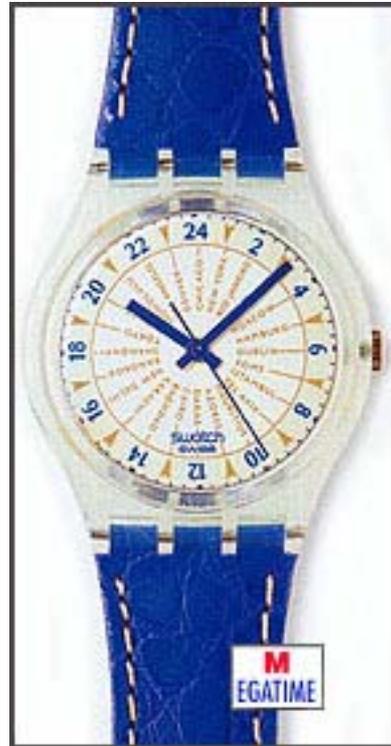
Im Funktionsbaum können Funktionen unterschiedlicher Hierarchiestufe zusammen dargestellt werden. Dadurch lässt sich aus dem Funktionsbaum schon die mögliche **Baustruktur des Objektes (Produktstruktur)** erkennen.

## 4.1.6 Funktionenanalyse am Beispiel einer Armbanduhr

In Anlehnung an Krehl & Partner Unternehmensberatung, Karlsruhe; St. Gallen



Werksbild: Firma Lange & Söhne



Werksbild: Firma Swatch

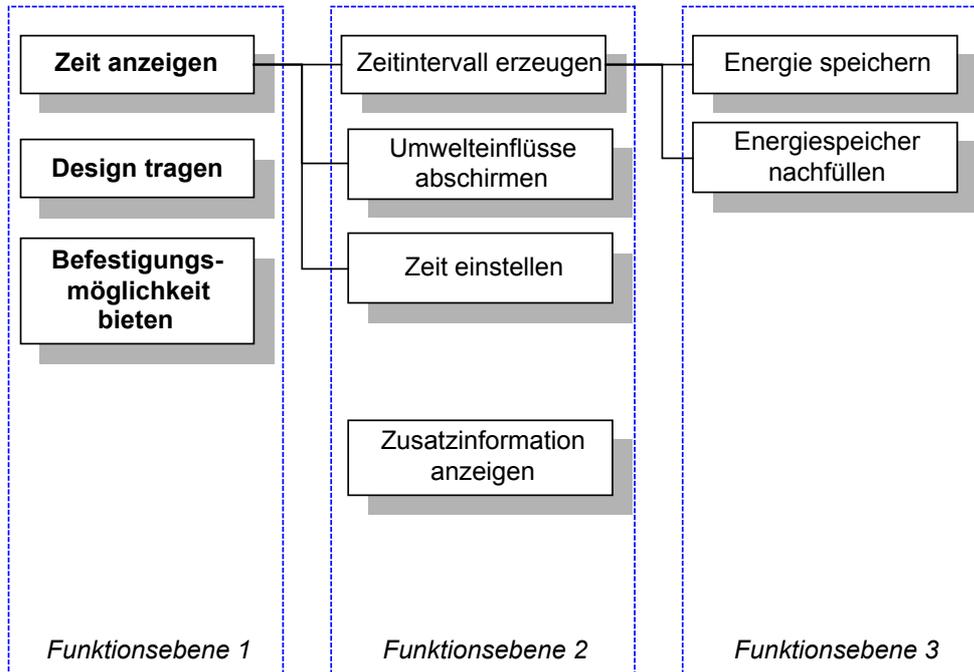
### 1. Funktionen erkennen

- ◆ zeigt die Zeit an
- ◆ Zeit ist einstellbar
- ◆ besitzt einen Energiespeicher
- ◆ Energiespeicher muss nachgefüllt werden können
- ◆ zeigt Zusatzinformationen an (Datum, Mondphasen, ...)
- ◆ lässt sich am Arm befestigen
- ◆ besitzt eine Gestalt
- ◆ besitzt ein Uhrwerk, welches das Zeitintervall erzeugt
- ◆ Gehäuse schützt vor Verschmutzung, Feuchtigkeit und Stößen

**2.+3. Funktionen beschreiben (Hauptwort + Tätigkeitswort) und Funktionen klassifizieren**

Funktionsbeschreibung	Hauptfunktion	Nebenfunktion	unerwünschte Funktion
Zeit anzeigen	X		
Zeit einstellen		X	
Zeitintervall erzeugen		X	
Zusatzinformationen anzeigen		X	
Design tragen	X		
Befestigungsmöglichkeit bieten	X		
Energie speichern		X	
Energiespeicher nachfüllen		X	
Umwelteinflüsse abschirmen		X	

4. Funktionen gliedern



5. Funktionsarten bestimmen

Funktion	Gebrauchsfunktion	Geltungsfunktion
Zeit anzeigen	X	
Zeit einstellen	X	
Zeitintervall erzeugen	X	
Zusatzinformationen anzeigen	X	
Design tragen		X
Befestigungsmöglichkeit bieten		
Energie speichern	X	
Energiespeicher nachfüllen	X	
Umwelteinflüsse abschirmen	X	

#### 4.1.7 Vorteile einer funktionsorientierten Vorgehensweise bei der Produktentwicklung

---

- ◆ Verfremdung möglicher vorliegender Lösungen und lösungsneutrale Beschreibung des Produktes.
- ◆ Erkennen von Wirkstrukturen und deren Abhängigkeiten.
- ◆ Trennung von Wesentlichem und Unwesentlichem.
- ◆ Versachlichung der Projektarbeit.
- ◆ Erleichterung von Wettbewerbsvergleichen bei Produkten durch lösungsneutrale Darstellung.
- ◆ Unterstützung der Lösungssuche (Beispielsweise durch Zusammenfassung und Trennung von Funktionen, Modifikation der Funktionsstruktur, ...)

## 4.2 Verknüpfung von Funktionen und Anforderungen

		Funktionen							
		Fkt. 1	Fkt. 2	...	...	...	...	Fkt. n	
Anforderungen	Anf. 1	Gewichtung	$G_1$						
	Anf. 2		$G_2$						
	...		...						
	...		...						
	...		...						
	Anf. m		$G_k$						

Beziehungsziffer  $B_{22}$

Beziehungsmatrix zur Verknüpfung von Funktionen und Anforderungen

- ❑ Die Gewichtung der Beziehung erfolgt über **Beziehungsziffern**.
  - 0...keine Beziehung (Funktion trägt nicht zur Erfüllung der Anforderung bei)
  - 3...schwache Beziehung (Funktion trägt wenig zur Erfüllung der Anforderung bei)
  - 6...starke Beziehung (Funktion trägt viel zur Erfüllung der Anforderung bei)
  - 9...sehr starke Beziehung (Funktion trägt sehr viel zur Erfüllung der Anforderung bei)
- ❑ Wichtige Anforderungen benötigen unbedingt Funktionen, mit denen sie in einer sehr starken oder mindestens starken Beziehung stehen.
- ❑ Funktionen, die nur in schwacher oder keiner Beziehung zu den Anforderungen stehen können ggf. weggelassen werden.
- ❑ Fehlen für eine Anforderungen Funktionen mit Beziehungsziffern 6 bzw. 9, so ist das Produktkonzept bezüglich der Funktionen nochmals zu überarbeiten.
- ❑ Die dargestellte Vorgehensweise kann fortgesetzt werden, bis hin zu einzelnen Bauteilen.
- ❑ Sie ist anwendbar sowohl bei der Entwicklung neuer Produkte wie auch bei der Optimierung bestehender Produkte.
- ❑ Die Verfahrensweise kann auch auf Prozesse angewendet werden, z.B. Qualitätskosten.

## 4.3 Funktionenkosten

### 4.3.1 Ermittlung der Funktionenkosten

Als Basis zur Ableitung der Funktionenkosten dient die **Beziehungsmatrix** zur Verknüpfung von Funktionen und Anforderungen sowie die **Zielkosten** für das Produkt.

		Funktionen							
		Fkt. 1	Fkt. 2	...	...	...	...	Fkt. n	
Anforderungen	Anf. 1	Gewichtung	$G_1$						
	Anf. 2		$G_2$						
	...		...						
	...		...						
	...		...						
	Anf. m		$G_k$						
				Summe Beziehungsziffern * Gewichtung					
				Relative Wichtigkeit der einzelnen Funktionen [%]					
Summe [€] = 100%				→ Abschätzung der zulässigen Funktionenkosten					
= Zielkosten									

*Beziehungsmatrix zur Verknüpfung von Anforderungen und Produktfunktionen*

- Die Zielkosten werden anhand der Wichtigkeit der einzelnen Funktionen auf diese verteilt.
- Anschaulich dargestellt werden kann die Aufteilung der Zielkosten mit Hilfe des **Zielkostendiagramms**.
- Das Zielkostendiagramm dient in den weiteren Schritten zur Kontrolle der Einhaltung der vorgegebenen Kostenzielen.
- Die dargestellte Vorgehensweise kann fortgesetzt werden, bis hin zu den Bauteilkosten → **Funktionen-Kosten-Matrix**.

### 4.3.2 Funktionen-Kosten-Matrix

Die **Funktionen-Kosten-Matrix** schafft den Zusammenhang zwischen *Funktionen*, *Funktionsträgern* und *Funktionsträgerkosten*. Mit Hilfe der Funktionen-Kosten-Matrix kann abgeschätzt werden, was die Realisierung einzelner Funktionen an Kosten verursacht. Eingesetzt werden dazu die Herstellkosten Kosten einzelner Teile oder Baugruppen. Dienen einzelne Bauteile oder Baugruppen nur dazu, eine der Produktfunktionen zu erfüllen, so ist die Zuordnung der Herstellkosten zu den Funktionen einfach. Trägt aber ein Bauteil/eine Baugruppe dazu mehrere Funktionen zu erfüllen, so muss der jeweilige Anteil abgeschätzt werden, um so eine Aufteilung der einzelnen Kosten auf die Funktionen zu erreichen.

Funktion / Funktionsträger	HK	Zeitintervall erzeugen		Zeitintervall anzeigen		Befestigung zulassen		vor Umwelt schützen		für Gestalt aufweisen	
	[DM]	[%]	[DM]	[%]	[DM]	[%]	[DM]	[%]	[DM]	[%]	[DM]
Uhrwerk	80	90	72	-	-	-	-	-	-	10	8
Ziffernblatt m. Zeiger	30	-	-	60	18	-	-	-	-	40	12
Gehäuse m. Glas	400	-	-	-	-	10	40	40	160	50	200
Armband	100	-	-	-	-	20	20	-	-	80	80
<b>Summe</b>	610	12	72	3	18	10	60	26	160	49	300



**Quelle:** Krehl & Partner Unternehmensberatung, Grundseminar Wertanalyse  
*Beispiel einer Funktionen-Kosten-Matrix für eine Uhr*

## 4.4 Kreativitätstechniken zur Suche nach neuen Lösungen

---

### 4.4.1 Einführung

---

#### Ziel

Der kreative Prozess hat das Ziel, neue Ideen, Lösungsansätze und Lösungen für einzelne Funktionen, Funktionsgruppen oder ganze Produkte zu erzeugen.

#### Definition des Begriffs Kreativität:

Kreativität ist die entwickelbare Fähigkeit zu Denkabläufen, die durch die **Kombination** von **bekanntem Lösungen** und **Lösungselementen** zu einer **neuen Lösung** führen.

#### Aspekte der Kreativität:

- Die Fähigkeit, verfestigte Strukturen zu überwinden.
- Vorhandenes Wissen und Erfahrungen Beteiligter und Betroffener anzunehmen, zu akzeptieren und neu zu kombinieren. Bisher getrennt gesehene Informationen verknüpfen.
- Eine kreative Leistung baut auf Vorhandenem auf. Sie resultiert niemals aus dem Nichts.
- Neue Lösungsansätze können systematisch entwickelt werden.
- Voraussetzung kreativer Arbeit ist die genaue Kenntnis des Problems.

## 4.4.2 Komponenten der Kreativität

---

### *Dynamische Komponenten der Kreativität*

- Phantasie
- Unvoreingenommenheit / Aufgeschlossenheit
- Kombinationsfähigkeit
- Intuition

Die dynamischen Komponenten der Kreativität sind subjektive Fähigkeiten, die dem einzelnen Menschen zuzurechnen sind. Sie sind maßgeblich beeinflusst durch Umgebungsfaktoren in einer Arbeitsgruppe, Abteilung oder größeren sozialen Gebilden und geformt durch die soziale Entwicklung des Menschen und seinen Erfahrungen (Elternhaus, Schule, Beruf, ...)

### *Statische Komponenten der Kreativität*

- Kenntnisse
- Erfahrungen
- Vorbilder
- Informationen.

## 4.4.3 Kreativitätshemmende Einflüsse

---

Häufig wirken hemmende Einflüsse der freien kreativen Entfaltung entgegen. Sie wirken als Kreativitätsbremse und haben ihren Ursprung in langjährigen Gewohnungen oder im emotionalen Bereich.

### **"Gewöhnungsbremse"**

- Überbewertung von Fachwissen und Erfahrung,
- Bequemlichkeit,
- Konformitätsdruck,
- Informationsselektion.

Phantasie und freie Entfaltung werden durch solche Gewohnheiten gebremst. Nur ein Ausbrechen aus gewohnten Strukturen im Denkansatz gibt den Weg frei für grundlegend neue Ideen. Diese sind aber Voraussetzung dafür, neu Kombinationen und Abwandlungen anzunehmen, sie weiterzuentwickeln und zu akzeptieren.

**"Emotionale Bremse"**

- Autoritätsfurcht,
- Erfolgssensuren,
- Gesellschaftliche Verhaltensnormen.

Emotionale Bremsen wirken als Filter im Unterbewußtsein. Sie behindern und zerstören nachhaltig das Entstehen des Ideenflusses. Dadurch wird eine als Kombination vieler Einzelelemente entstehende neue Idee bereits im Keim erstickt. "Emotionale Bremsen" hemmen nicht nur den Einzelnen, sie erzeugen ein gebremstes Kreativitätsklima.

**Verbale Ausdrucksformen Emotionaler- und Gewohnheitsbremsen sind die Killerphrasen.**

Aus Neid oder Konkurrenzfurcht werden Ideenansätze emotional bewertet und nicht wie gewünscht positiv aufgegriffen und weiterentwickelt.

Besonders die Gewohnheitsbremse führt bei der Ideensuche bereits häufig zu einer Bewertung der vorgebrachten Ideen und Lösungsvorschläge besonders mit Argumenten wie:

- "Das haben wir vor x Jahren schon einmal versucht, ist aber nicht realisierbar."
- "Das ist viel zu teuer."
- "Das hat Konkurrent y auch versucht und die sind auch daran gescheitert."

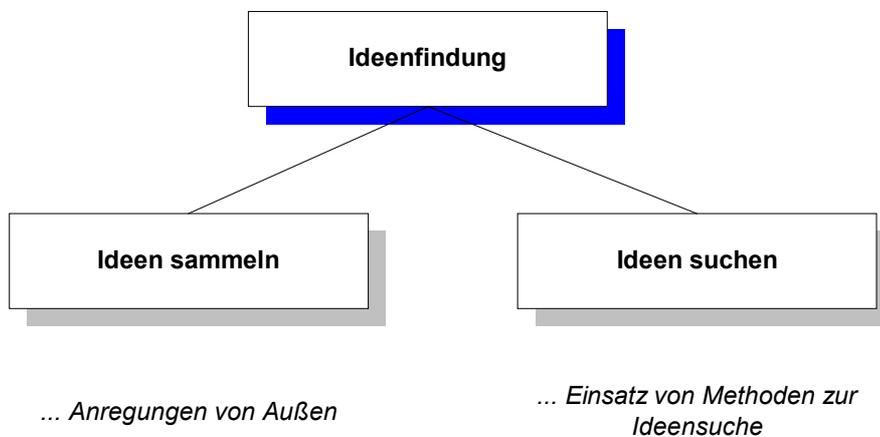
Besonders hier muß der Moderator ansetzen, und mit Überzeugungsarbeit solche Killerphrasen unterbinden.

Um nun hemmende und bremsende Einflüsse zu umgehen wurden die sogenannten **Kreativitätstechniken** entwickelt. Sie sollen Helfen, neue Ideen hervorzubringen und im Zusammenhang mit der Produktentwicklung zu neuen, innovativen Produkten führen.

#### 4.4.4 Methoden zur Ideenfindung

Die Wege zu neuen Ideen für Produkte oder einzelne Merkmale von Produkten, wie Funktionen, Gestalt, Dienstleistungen rund um das Produkt können sehr vielfältig sein. Für ein Unternehmen ist es insbesondere in der Produktentwicklung sehr wichtig, dass jederzeit ein oder mehrere Weg beschriften werden können, um mit Produkten mit neuen Merkmalen auf den Markt kommen zu können.

Nachfolgend sollen aus der Vielzahl der Methoden zur Ideenfindung einige ausgewählte Verfahren näher erläutert. Prinzipiell lassen sich die Methoden zur Ideenfindung solche zur **Ideensammlung** und solche zur **Ideensuche** einteilen.



*Prinzipielle Wege zur Ideenfindung*

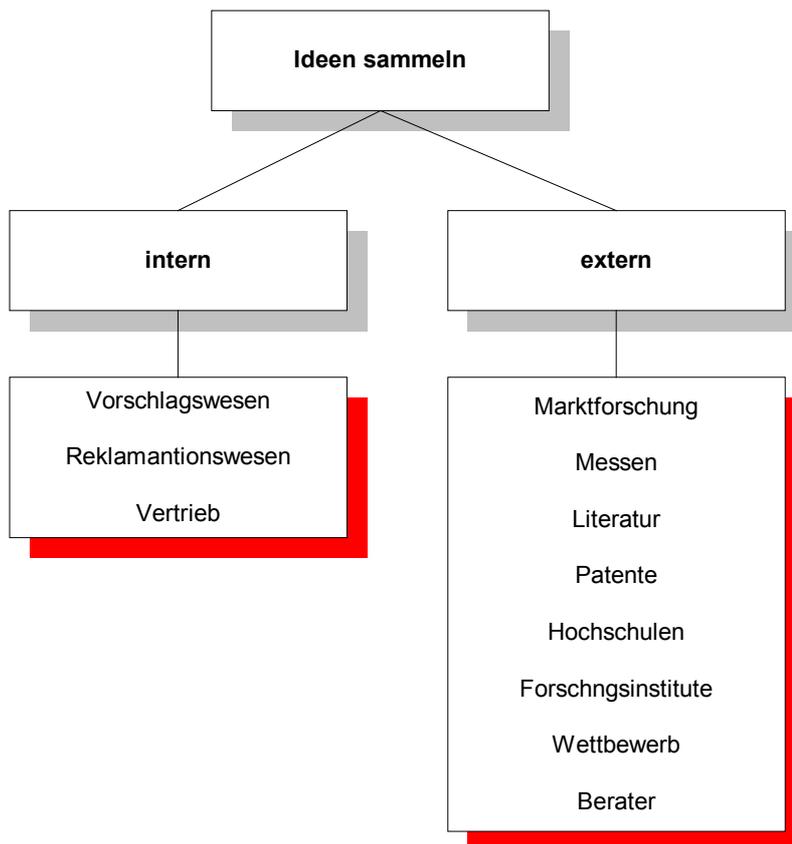
Ziel des **Sammelns von Ideen** es, sich Anregungen für die Weiter- oder Neuentwicklung eines Produktes im eigenen Unternehmen oder außerhalb zu holen.

Im **eigenen Unternehmen** sind Quellen solcher Ideen das Vorschlagwesen, Reklamationswesen oder der Vertrieb, der den engsten Kontakt zu den Kunden hat. Voraussetzung hierzu ist eine entsprechende Organisation im Unternehmen und die systematische Sammlung der Ideen. Dazu gehört insbesondere das Erfassen von Problemen, die Kunden mit den eigenen Produkten haben, bzw. der Wünsche, die von den Kunden an das Unternehmen herangetragen werden. Zudem gehört dazu eine intensive Kommunikation der Entwicklungsabteilung mit den anderen Bereichen im Unternehmen.

Das weitaus größere Feld zur Sammlung von Ideen befindet sich **außerhalb** des Unternehmens. Dabei sind von besonderer Wichtigkeit:

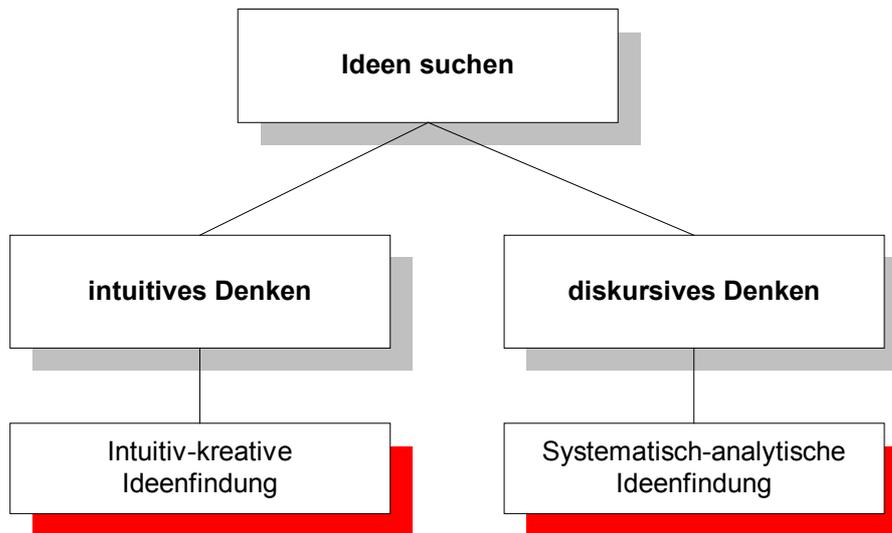
- ◆ Die **Analyse des Marktgeschehens** (insbesondere Kundenwünsche und Änderungen des Marktverhaltens).

- ◆ Die **systematische Analyse** von Produkten der Wettbewerber (**Produktbenchmarking**). Dabei kann auf der Basis einer solchen Analyse ermittelt werden, wo der Wettbewerber besondere technische Lösungen realisiert, andere Fertigungsverfahren einsetzt, Bauteile besser gestaltet, Materialien die verwendet werden, Anzahl der Teile, etc. Diese Betrachtung ist **kurzfristig** und erlaubt nur eine Aussage über am Markt vorhandene Lösungen.
- ◆ Die Sammlung von **Informationen über die Wettbewerbsunternehmen** als solche (Mitarbeiter, Umsatz, Wertschöpfung, Kern-Know-how, Entwicklungstendenzen, Stellenanzeigen, ...). Daraus lassen sich häufig Schlüsse über mittel- und langfristige Produktrends frühzeitig erkennen.
- ◆ **Analyse von Produkten anderer Branchen.** Erfahrungen zeigen, dass in anderen Branchen Lösungen vorhanden sind und Technologien eingesetzt werden, die in dieser Form in der eigenen Branche noch keine Anwendung finden. Hieraus lassen sich eine Vielzahl von Anregungen aufnehmen und auch Erfahrungen übernehmen, die bei den eigenen Produkten dann zu einem Innovationsschub führen.



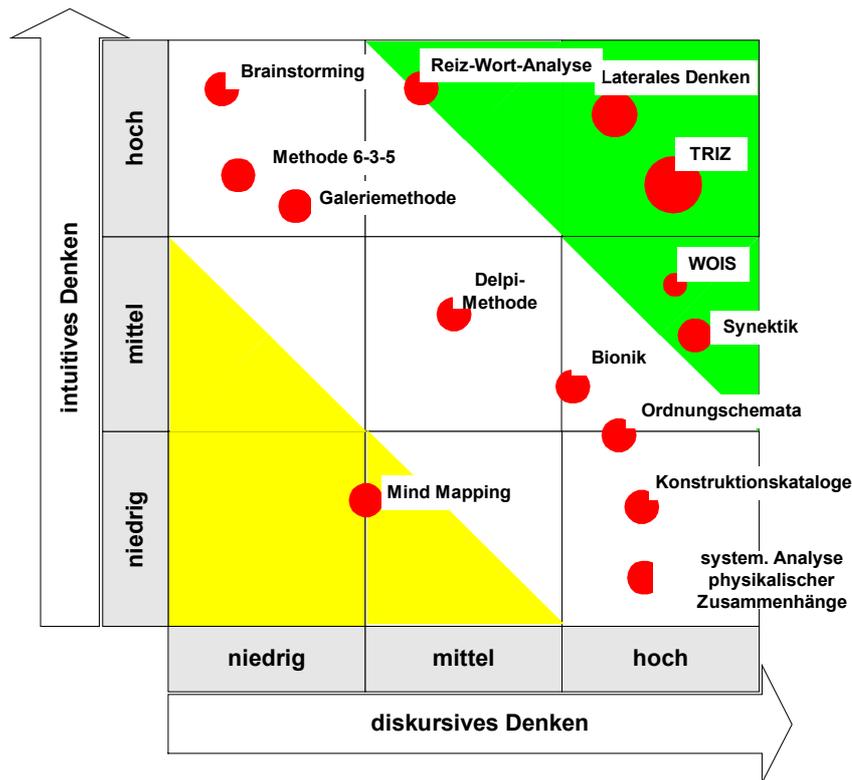
*Anregung für neue Produktideen durch das Sammeln von Ideen*

Bei der **Ideensuche** hingegen versucht man eigene Wege zu gehen und mit Hilfe von Kreativitätstechniken neue Lösungen zu suchen. Dabei gibt es heute eine Vielzahl von Techniken, welche die Ideensuche unterstützen. Diese können prinzipiell unterschieden werden in Methoden, die durch intuitives Denken zu neuen Lösungen führen und solchen, die durch diskursives Denken neue Ideen hervorbringen sollen.



*Anregung für neue Produktideen durch intuitives und diskursives Denken*

Die meisten Methoden beinhalten sowohl intuitive wie auch diskursive Anteile. Nachfolgend finden sie die wichtigsten Methoden in einem Portfolio zusammengestellt.



Portfoliodarstellung der wichtigsten Methoden zur Ideensuche

Auf den folgenden Seiten werden einige der gebräuchlichsten Methoden genauer beschrieben. Für einen vollständigen Überblick sei hier auf entsprechende Fachliteratur verwiesen.

In der industriellen Praxis werden heute meist beide Wege - Ideensuche und Identifizierung - in Kombination eingesetzt.

#### 4.4.4.1 Intuitive Methoden zur Ideensuche

##### Methode 6-3-5 (auch als Brainwriting bezeichnet)

Diese Methode stellt eine Weiterentwicklung des Brainstormings dar. 6-3-5 steht für 6 Teilnehmer erstellen jeweils 3 Lösungsvorschläge, die im Umlauf dann 5-mal ergänzt werden. In der praktischen Anwendung hat es sich gezeigt, dass es sinnvoll ist, die Zeit, die eine Person jeweils zur Ergänzung der Lösungsvorschläge hat, zu begrenzen. Sinnvoll sind hier fünf Minuten, so dass auch der zeitliche Aufwand für einer Brainwriting-Sitzung begrenzt wird.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Tragende Idee wird systematisch ergänzt und weiterentwickelt</li> <li>◆ Urheber der zum Erfolg führenden Lösung ist annähernd zu ermitteln.</li> <li>◆ Keine Gruppenleitung erforderlich.</li> <li>◆ Methode kann bei räumlicher und zeitlicher Trennung angewendet werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Eine geringe Kreativität des Einzelnen durch die Isolierung und mangelnde Stimulierung, weil die Gruppe nicht unmittelbar Ausdruck findet</li> </ul>

##### Galerie-Methode

Die Galerie-Methode verbindet die Elemente der Gruppenarbeit aus dem Brainstorming und der Einzelarbeit des Brainwritings. So soll der stimulierende Effekt der Gruppe mit der konzentrierten Einzelarbeit zusammengeführt werden. Die Vorgehensweise bei der Galeriemethode ist wie folgt:

- Einführungsphase:* Erläuterung der Problemstellung durch Teamleiter.
- Ideenbildung I:* Intuitive und vorurteilsfreie Lösungssuche durch die einzelnen Teammitglieder mit Hilfe von Skizzen
- Assoziationsphase:* Ergebnisse werden in der Galerie ausgehängt, erfasst und diskutiert.
- Ideenbildung II:* Weiterentwicklung der aus der Assoziationsphase gewonnenen Einfälle und Erkenntnisse.
- Selektionsphase:* Sichten, ordnen und ggf. vervollständigen. Lösungen auswählen.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Intuitives Arbeiten in der Gruppe ohne ausrufende Diskussionen.</li> <li>◆ Wirksame Vermittlung mittel Skizzen.</li> <li>◆ Individuelle Leistung bleibt erkennbar.</li> <li>◆ Gute auswertbare und dokumentenfähige Lösungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Schlecht für Mitarbeiter, die nicht zeichnen können.</li> </ul>

### Synektik

Synektik ist ein aus dem griechischen abgeleitetes Kunstwort, welches *Zusammenfügen verschiedener, scheinbar voneinander unabhängiger Begriffe* bedeutet. Es handelt sich bei der Synektik um eine anspruchsvolle Methode zur Ideenfindung. Dabei entfernt man sich über drei bis vier Verfremdungsschritte immer stärker von der eigentlichen Problemstellung.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Besonders geeignet für schwierige Problemstellungen.</li> <li>◆ Insbesondere für die Suche nach neuen Produkten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Für Anfänger grundsätzlich ungeeignet.</li> </ul>

Synektik-Sitzungen werden am besten durchgeführt von einer Gruppe von vier bis acht Teilnehmern unter Anleitung eines erfahrenen Moderators. Wichtig ist, dass zu der Sitzung ein Protokoll geschrieben wird. Eine Synektik-Sitzung erfordert einen halben bis zu einem ganzen Tag. Die Vorgehensweise ist nachfolgend beschrieben.

**Zur Verfremdung: Synektik-Sitzung**

Der Amerikaner *Gordon* entwickelte das Werkzeug der *Synektik-Sitzung*. Das Prinzip ist die Übertragung von fremden Strukturen auf die eigene Problemstellung. Dabei werden zwei Prinzipien verfolgt:

- Das Fremde vertraut machen.
- Das Vertraute fremd machen.

Der Name dieser Methode stammt aus dem Griechischen von *synechein* = verknüpfen, in Verbindung bringen.

Es ist ein intuitives Problemlösungswerkzeug, das für Konstellationsprobleme eingesetzt wird. Der Ablauf entspricht den Phasen des Kreativen Prozesses.

**Nutzen**

Durch die Verfremdung bekannter Tatbestände soll verhindert werden, daß Personen, die als Problemlöser fungieren, voreingenommen gegenüber bestimmten Lösungen und Lösungsschemata sind und so möglicherweise Lösungsmöglichkeiten übersehen werden. Das Werkzeug stellt allerdings hohe Anforderungen an den Moderator und den Protokollanten einer Gruppenarbeit. Für die Durchführung einer *synektischen Sitzung* sollte mindestens ein halber Tag eingeplant werden.

**Vorgehensweise**

Den Ablauf läßt sich durch den sog. *Synektischen Trichter* darstellen. Er besteht aus zehn Schritten

**Phase 1: Vorbereitungsphase**

1. **Einleitung, Problemanalyse:**  
Die Vorgehensweise von synektischen Sitzungen wird den Teilnehmern erläutert. Die Problemstellung wird vom Moderator erörtert, Verständnisfragen werden diskutiert, Informationen werden gesammelt. Dadurch ergeben sich häufig schon neue Aspekte des Problems (etwa 30 min).
2. **Spontane Lösungen erfassen:**  
Die Teilnehmer sollen z.B. mit Hilfe des *Brainstorming* alle ihnen einfallenden Lösungsideen nennen, um unbelastet in den anschließenden Synektikprozeß gehen zu können (etwa 10 min). Die Lösungsvorschläge werden z.B. auf einem Flipchart dokumentiert.
3. **Neuformulierung des Problems:**  
Damit alle Sitzungsteilnehmer das gleiche Problemverständnis bekommen, kann es sinnvoll sein, das Problem im Anschluß an die Ideensammlung neu zu formulieren.

**Phase 2: Inkubationsphase**

4. **Bildung einer direkten Analogie zum Problem:**  
Beispielsweise aus der Natur in Form eines *Brainstorming* (etwa 20 min).
5. **Bildung einer persönlichen Analogie:**  
Eine gefühlsbetonte Projektion soll eine starke Identifikation mit der ausgewählten Analogie erreichen. Frage: Wie fühle ich mich als ... Rosenknope? (etwa 20 min).
6. **Bildung einer symbolischen Analogie:**  
Verdichtung des Hauptgefühls; weitere Problemfernung; Bildung einer möglichst paradoxen Analogie aus einem Adjektiv und einem Substantiv (etwa 10 min).
7. **Zweite direkte Analogie:**  
Verknüpfung der symbolischen Analogie mit einem weiteren Bereich (z.B. aus der Technik) (20 min)
8. **Analyse der direkten Analogie:**  
Mit Merkmalen und Funktionsprinzipien werden die Analogiebegriffe analysiert (20 min).

**Phase 3: Illumination/Geistesblitz**

9. **Force-Fit: Übertragung auf das Problem:**  
Zurückführungen der Lösungen aus Schritt 8 auf das in Schritt 3 formulierte Ausgangsproblem (etwa 30 min).

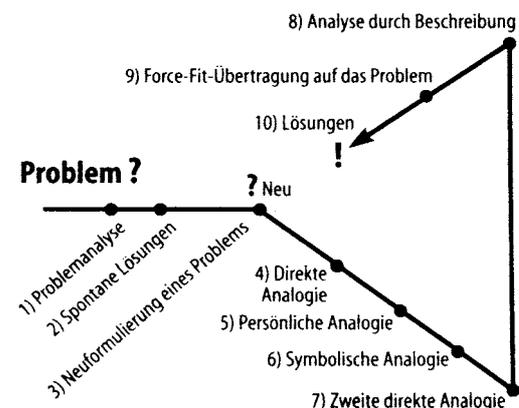
**Phase 4: Verifikation****10. Entwicklung von Lösungsansätzen:**

Im Anschluß werden die gefundenen Lösungsansätze weiterentwickelt.

Mit dieser Methode sollen entfernte Wissens Elemente zu neuen Ergebnissen kombiniert werden. Das wird durch einen vierfachen Verfremdungsprozeß erreicht, in dem völlig neue Sachbereiche in Verbindung mit dem bekannten Problem gebracht werden. Dadurch wird ein wesentlich größerer Wissensbereich in die Problemlösung eingebracht, als dies mit herkömmlichen Werkzeugen zur Problemlösung möglich ist. Die eigentliche Verbindung zwischen den fremden Strukturen und dem eigentlichen Problem wird im 9. Schritt erreicht. Dieser Schritt wird „Force-Fit“ oder „Erzwungene Eignung“ genannt.

**Tips für die Anwendung**

- Liegen keine Erfahrungen mit dieser Methode vor, sollte ein erfahrener Synektik-Moderator engagiert werden.
- Der gesamte Ablauf, auch die Phasen der Verfremdung, sollte für alle Teilnehmer sichtbar notiert werden – beispielsweise auf Flipchart.
- Die Anwendung des Werkzeugs sollte in Pilotprojekten trainiert werden, bevor es auf ein reales Problem angewendet wird.
- Der Moderator kann die 1. und 4. Analogie frei wählen. Es können Bereiche der Kunst, Geschichte, Wirtschaft, Politik, Mythologie u.a. gewählt werden. Es sollte darauf geachtet werden, daß bereits in der ersten Analogiestufe eine möglichst große Verfremdung auftritt.
- Lassen Sie sich durch anfängliche Hürden nicht abschrecken. Wenden Sie diese Methode an, wenn Sie zuvor trotz Anwendung anderer Kreativitätstechniken bisher zu keinen befriedigenden Lösungen gekommen sind.
- Achten Sie darauf, daß die Sitzung in einem ungestörten Rahmen stattfindet, losgelöst von Alltagsorgen. Entspannung und Ruhe bei der Verfremdung sind wesentliche Erfolgsfaktoren.



Quelle: Linneweh, K.: Kreatives Denken, Rheinbaden 1984

**Der Synektische Trichter**

Quelle: Pahl; Beitz: Konstruktionslehre

## Beispiel zur Synektik

<b>Problemanalyse</b>	Für Kinder besteht ein Gefährdung, aus Neugier oder Verwechslung mit Süßigkeiten greifbare Medikamente in schädigender Menge einzunehmen. Dieses soll durch eine kindersichere Verpackung verhindert werden. Die Packung soll für alle möglichen Arten von Arzneimitteln (Pillen, Pulver, Flüssigkeiten,...) geeignet sein und nicht oder nur unwesentlich teurer sein als herkömmliche Packungen
<b>Spontanreaktion</b>	(BRAINSTORMING) Intelligenz als Sicherheitsfaktor einbauen, z.B. Tablettenröhrchen mit Zahlenschloß, Verpackung die nur mit speziellen Werkzeugen zu öffnen ist (z.B. Münze), Packungsreize für Kinder mindern (Inhalt darf nicht klappern, unauffällige Form- und Farbgebung)
<b>Neuformulierung des Problems</b>	Die GRUPPE möchte sich auf mechanische Lösungen beschränken, d.h. Lösungen, bei denen Chemikalien oder elektrischer Strom eingesetzt werden, kommen nicht in Frage.
<b>Bildung einer direkten Analogie zum Problem (z.B. aus der Natur)</b>	Mit welchen Lösungen schützt sich die Natur vor unerwünschten Zugriffen: <ul style="list-style-type: none"> <li>.. Muscheln schließen ihre Schalen,</li> <li>.. Maulwurf gräbt sich ein,</li> <li>.. Igel igelt sich ein,</li> <li>.. Chamäleon tarnt sich durch Farbanpassung an die Umgebung,</li> <li>.. Kastanien haben eine Stachelschale,</li> <li>.. Küken schlüpfen unter die Glucke,</li> <li>.. Rosen sind durch Stacheln geschützt.</li> </ul> <p>VON DER GRUPPE WIRD NUN EINE ANALOGIE AUSGEWÄHLT, DIE FÜR DEN WEITEREN PROZEß VERWENDET WIRD. Hier wählte die Gruppe die Analogie <b>Kastanie</b>.</p>
<b>Persönliche Analogiebildung</b>	Wie fühle ich mich als Kastanie? <ul style="list-style-type: none"> <li>.. Bin Stolz auf meine Stacheln.</li> <li>.. Habe Angst beim Fallen aufzuplatzen.</li> <li>.. Möchte einem Mann auf die Glatze fallen.</li> <li>.. Ich erstickte.</li> <li>.. Fürchte innerlich zu verfaulen.</li> </ul> <p>DIE GRUPPE WÄHLT DIE ANALOGIE AUS, DIE IHR AM BESTEN GEFÄLLT. Ausgewählt wurde in diesem Fall: "Ich möchte einem Mann auf die Glatze fallen".</p>
<b>Symbolische Analogiebildung</b>	Hierzu werden folgende symbolischen Analogien gebildet: <ul style="list-style-type: none"> <li>.. Halsbrecherische Freude.</li> <li>.. Morbide Lebenslust. (<i>morbid...lat. krank[haf]</i>)</li> <li>.. Spannende Gelassenheit.</li> <li>.. Harmlose Gefährdung.</li> <li>.. usw.</li> </ul> <p>DIE GRUPPE WÄHLT DIE ANALOGIE AUS, DIE IHR AM BESTEN GEFÄLLT. Ausgewählt wurde in diesem Fall: "Morbide Lebenslust".</p>
<b>Zweite direkte Analogie</b>	Auf welche technischen Geräte, Verfahren usw. könnte der Ausdruck "morbide Lebenslust" zutreffen? <ul style="list-style-type: none"> <li>.. Alte Dampflok.</li> <li>.. Rennwagen</li> <li>.. Nitroglycerinbehälter.</li> <li>.. Skalpell</li> <li>.. Achterbahn</li> <li>.. Tiefsee-Tauchkugel</li> <li>.. Feuerwerk</li> <li>.. Fallschirm</li> </ul> <p>Ausgewählt wurde von der Gruppe die Analogie "Alte Dampflok".</p>

<b>Analyse und Force-Fit</b>	<p>Analyse der gefundenen Analogiebegriffe, z.B. "Alte Dampflok", nach Merkmalen und Funktionsprinzipien. Übertragung der gefundenen Antworten auf das Problem (vgl. Schritt Neuformulierung des Problems). Für den Begriff "alte Dampflok" in Bezug auf eine ausschließlich mechanische Lösung bedeutet das:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fährt langsam.</li> <li>2. Auf schwere Lasten abgestimmt.</li> <li>3. Hat viele Bedienungshebel.</li> <li>4. Pleuelstangen bewegen sich hin und her.</li> <li>5. Verwirrendes System von Leitungen.</li> <li>6. Bremsst durch Blockieren.</li> <li>7. Kohlefeuerung.</li> <li>8. Stinkt nach Ruß.</li> <li>9. Fährt nach Fahrplan.</li> </ol>
<b>Entwicklung von Lösungsansätzen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aus "fährt langsam" ergibt sich: Drehverschluß, der sich erst bei bestimmter Drehgeschwindigkeit öffnen läßt (etwa nach dem Zentrifugalprinzip)</li> <li>2. Aus "auf schwere Lasten abgestimmt" ergibt sich: Verschluß der gegen einen Widerstand niedergedrückt werden muß, bevor das Gewinde greift.</li> <li>3. Aus "hat viele Bewegungshebel" ergibt sich: Packung mit mehreren Tastknöpfen; von welchen eine bestimmte Anzahl gedrückt werden muß, damit sie geöffnet werden kann.</li> <li>4. Aus "Pleuelstange bewegt sich hin und her ergibt sich: an einem Röhrchen muß eine Längslasche in eine bestimmte Position verschoben werden. Erst dann kann der Deckel abgeschraubt werden.</li> <li>5. Aus "verwirrendes System von Leitungen" ergibt sich: Pillendose mit Innenlabyrinth. Nur ein definierter Bewegungsablauf führt eine Pille aus dem Labyrinth.</li> <li>6. Aus "bremst durch Blockieren" ergibt sich: Verschluß wird durch lösbaren Stift blockiert.</li> <li>7. Aus "Kohlefeuerung" ergibt sich: Verschluß durch Thermo-elemente.</li> <li>8. Aus "stinkt nach Ruß" ergibt sich: Pillen mit bitterer oder übelriechender Kaschierung versehen, die mit einer separaten Substanz vor dem Einnehmen neutralisiert wird.</li> <li>9. Aus fährt nach Fahrplan ergibt sich: Pillenspender, der an eine Schaltuhr gekoppelt ist.</li> </ol>

Quelle: O.V.: Die Batelle-Studie, Frankfurt/Main 1993

### Reizwort-Analyse

Bei dieser Technik versucht man zu neuen Ideen für die Problemstellung zu kommen, in dem man ein zufälliges Wort mit dem vorhandenen Problem in Verbindung bringt. Es handelt sich bei der Reizwort-Analyse um eine verbreitete Kreativitätstechnik, die in vielen Bereichen Anwendung findet. Sie kann sowohl im Team wie auch einem Einzelnen angewendet werden.

Durch diese Methode wird das Denken aus der eingefahrenen Bahn förmlich herausgeschleudert, was allerdings auch häufig zu Spannungen in einem Team führen kann.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kann sowohl in der Gruppe wie auch von einer einzelnen Person eingesetzt werden.</li> <li>◆ Führt zu originellen Lösungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kann in Gruppensitzungen Spannungen auslösen.</li> <li>◆ Forciert exzentrische Lösungen.</li> </ul>

Ablauf einer Reizwortanalyse

*Reizwort finden:*

Schlagen Sie eine beliebige Seite in einem Wörterbuch auf, und tippen Sie ohne hinzusehen auf ein beliebiges Wort. Dieses gefundene Wort ist das Reizwort für die weiteren Schritte. Die Reizwortsuche muss ein zufällig sein.

*Reizwort analysieren:*

Nun wird das Reizwort analysiert.. Fragen in diesem Zusammenhang können sein:

- ◆ Wozu kann man es gebrauchen?
- ◆ Was sind seine Merkmale?
- ◆ Welche Eigenschaften besitzt es?
- ◆ Woraus besteht es?
- ◆ Was sagt es aus?
- ◆ Was bedeutet es?
- ◆ ...

Die Antworten müssen mitgeschrieben werden, wobei es notwendig ist, mindest fünf unterschiedliche Antworten aufzuführen.

*Schaffung der Verbindung zu eigentlichen Problem:*

Hier erfolgt jetzt die Inspiration zur Lösung des eigentlichen Problems. Wie lassen sich die gefundenen Aussagen zum Reizwort auf das zu lösende Problem übertragen? Wie muss die zu suchende Lösung aussehen, damit die gefundenen Merkmale, Eigenschaft des Reizwortes zur Lösung passen?

#### 4.4.4.2 Systematische Methoden

---

##### Ordnungsschemata

Unter einen Ordnungsschema versteht man allgemein eine Matrix, in welche Ideen für die Lösung einer Aufgabenstellung eingetragen werden können. Dabei können bei einem solchen Ordnungsschema entweder nur die Zeilen (Spalten) oder Zeilen und Spalten mit Ordnungskriterien versehen werden.

Das wohl bekannteste Ordnungsschema ist der **Morphologische Kasten**. Hierbei handelt es sich um ein Ordnungsschema, bei dem nur Zeilen oder Spalten beschreiben sind. Bei der funktionsorientierten Vorgehensweise in der Produktentwicklung werden die einzelnen Spalten (Zeilen) mit den Funktionen des Produktes gekennzeichnet. In die Felder der Matrix werden Lösungen für die einzelnen Funktionen eingetragen. Die Ideen zur Realisierung der einzelnen Funktionen können sich dabei ergeben aus:

- ◆ Ergebnissen intuitiver Arbeit,
- ◆ Wettbewerbsanalysen,
- ◆ Patentanalysen,
- ◆ Konstruktionskatalogen,...

Die neue Gesamtlösung für ein Produkt ergibt sich nun aus der Kombination unterschiedlicher Lösungen der einzelnen Funktionen. Aufgrund der Kombinationsmöglichkeiten lassen sich eine Vielzahl unterschiedlicher Gesamtlösungen auf diese Weise generieren, wobei sicher nicht immer alle Kombinationsmöglichkeiten zu einem sinnvollen Produkt führen.

Nachfolgend dargestellt ist der Morphologische Kasten für eine Armbanduhr.

	Funktionen				
	Zeitintervall erzeugen	Zeitintervall anzeigen	Befestigungsmöglichkeit bieten	vor Umwelt schützen	Design tragen
1	Selbstaufzug	digital	Lederarmband	Dichtverschraubung	anatomische Form
2	Quarzwerk mit Batterie	analog	Metallarmband	Verkleben	rundes Gehäuse
3	mech. Federspeicher	Farbsegmente	Kunststoffband	Glas, Kunststoff	eckiges Gehäuse
5	Quarzwerk mit Solarenergie	LCD		Saphirglas	integrale Bandanbindung
Lösungsansatz <b>BLAU</b> : Teure High-Tech Uhr			Lösungsansatz <b>ROT</b> : Billige (Wegwerf-) Uhr		

Beispiel: Morphologische Kasten für eine Armbanduhr

[Wertanalyse Grundseminar; Krehl & Partner Unternehmensberatung, Karlsruhe]

Betrachtet man jetzt einmal nur eine Funktion, so können Ordnungsschemata auch als Hilfsmittel zur Lösungssuche eingesetzt werden, in dem man die Zeilen (Spalten) mit entsprechenden **Ordnungskriterien** versieht, siehe nachfolgende Tabellen:

Ordnungskriterien für <u>Energiearten</u>	
Merkmal	Beispiel
Mechanisch	Gravitation, Trägheit, Fliehkraft
Hydraulisch	hydrostatisch, hydrodynamisch
Pneumatisch	aerostatisch, aerodynamisch
Elektrisch	elektrostatisch, elektrodynamisch, induktiv, kapazitiv, piezoelektrisch, Transformation, Gleichrichtung
Magnetisch	ferromagnetisch, elektromagnetisch
Optisch	Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz, Polarisierung, infrarot, sichtbar, ultraviolett

Ordnungskriterien für <u>Energiearten</u>	
Thermisch	Ausdehnung, Bimetalleffekt, Wärmespeicher, Wärmeübertragung, Wärmeleitung, Wärmeisolation
Chemisch	Verbrennung, Oxidation, Reduktion, auflösen, binden, umwandeln, Elektrolyse, exotherme, endotherme Reaktion
Biologisch	Gärung, Verrottung, Zersetzung
<b>Quelle:</b> Pahl, Beitz; Konstruktionslehre, Springer-Verlag	

Ordnungskriterien für <u>Wirkgeometrie</u>	
<i>Merkmal</i>	<i>Beispiel</i>
Art	Punkt, Linie, Fläche, Körper
Form	Rundung, Kreis, Ellipse, Hyperbel, Parabel, Dreieck, Quadrat, Rechteck, Fünf-, Sechs-, Achteck Zylinder, Kegel, Rhombus, Würfel, Kugel, symmetrisch, asymmetrisch
Lage	Axial, radial, tangential, vertikal, horizontal, parallel, hintereinander
Größe	Klein, groß, schmal, breit, niedrig, hoch
Zahl	einfach, doppelt, mehrfach, ungeteilt, geteilt
<b>Quelle:</b> Pahl, Beitz; Konstruktionslehre, Springer-Verlag	

Ordnungskriterien für <u>Wirkbewegung</u>	
<i>Merkmal</i>	<i>Beispiel</i>
Art	ruhend, translatorisch, rotatorisch
Form	gleichförmig, ungleichförmig, oszillierend, sowie eben und räumlich
Richtung	in x, y, z-Richtung und/oder Drehung um die x,y,z-Achse
Zahl	eine oder mehrere zusammengesetzte Bewegungen
<b>Quelle:</b> Pahl, Beitz; Konstruktionslehre, Springer-Verlag	

<b>Ordnungskriterien für die <u>Stoffeigenschaften</u></b>	
<i>Merkmal</i>	<i>Beispiel</i>
Zustand	fest, flüssig, gasförmig
Verhalten	starr, elastisch, plastisch, zähflüssig
Form	Festkörper, Körper, Pulver, Staub
<b>Quelle:</b> Pahl, Beitz; Konstruktionslehre, Springer-Verlag	

	<b>Funktion <i>Zeitintervall</i> erzeugen</b>				
	<b>Mechanisch</b>	<b>Elektrisch</b>	<b>Magnetisch</b>	<b>Optisch</b>	<b>...</b>
<b>1</b>					
<b>2</b>					

*Beispiel für den Aufbau eines Ordnungsschemas zur Lösungssuche für eine Funktion*

### **Konstruktionskataloge**

Konstruktionskataloge sind eine Sammlung bekannter und bewährter Lösungsprinzipien für bestimmte konstruktive Aufgaben oder Funktionen / Teilfunktionen. Es sind in Buchform mittlerweile eine Vielzahl von Lösungskatalogen verfügbar, so zu den Themen:

- ◆ Verbindungen,
- ◆ Führungen,
- ◆ Lager,
- ◆ Antriebstechnik,
- ◆ Kinematik, Getriebe,
- ◆ Sicherheitstechnik.

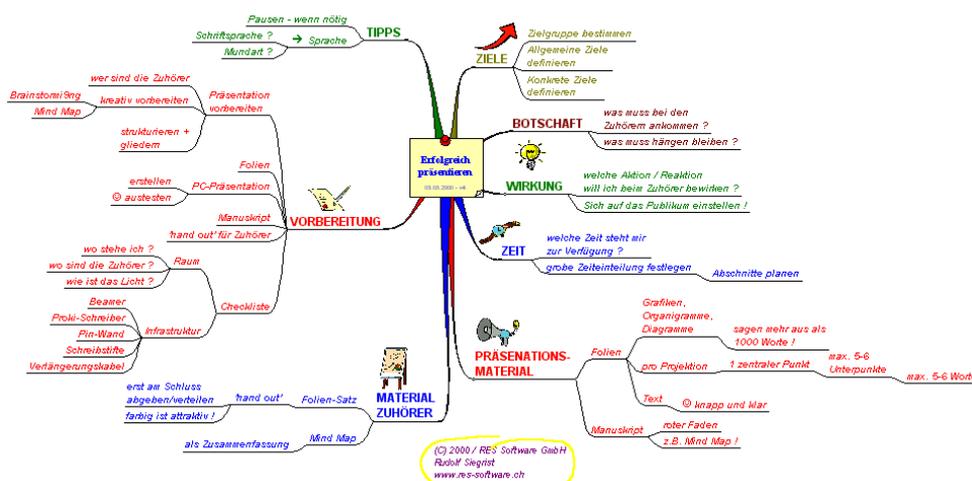
Dargestellt sind in den Katalogen in der Regel nur Prinzipskizzen, die ein bestimmtes Wirkprinzip verdeutlichen sollen. Neben den Konstruktionskatalogen gibt es heute Software-Tools, die in Form einer Datenbank eine Vielzahl von Effekten enthalten. In einer solchen Datenbank sind die Effekte systematische abgelegt und

über verschiedene Kriterien zu suchen. Vielfach wird die Beschreibung der Effekte durch eine animierte Darstellung verdeutlicht. Software-Tools mit einer solchen Effekten-Datenbank sind

- ◆ *TechOptimizer* der Firma Invention Machine Inc. ([www.invention-machine.de](http://www.invention-machine.de)) und
- ◆ *Innovation WorkBench* (IWB) der Ideation International Inc. ([www.ideationtriz.com](http://www.ideationtriz.com)).

## Mindmapping

Mindmapping ist eine einfach zu erlernende, für unterschiedliche Aufgaben einsetzbare Methode. Die Methode hilft, Dinge zu strukturieren, eine Übersicht zu verschaffen und neue Ideen zu generieren. Nachfolgend sehen Sie ein Beispiel für ein Mindmap.



[Quelle: RES Software GmbH]

Wie geht man vor, ein solches Mindmap zu erstellen? Man beginnt grundsätzlich in der Mitte des Blattes mit dem zentralen Begriff oder dem zentralen Bild. Ausgehend davon zeichnet und benennt man abzweigende Linien, die mit dem zentralen Begriff im Zusammenhang stehen. Hierbei sollte man ohne langes überlegen vorgehen. Von den einzelnen Hauptlinien, die direkt vom zentralen Begriff ausgehen, gehen weitere Linien in Form von Ästen ab. Jeder Ast trägt wiederum einen Begriff, der mit dem vom größeren Ast in Verbindung steht.

Die Methode eignet sich vor allem für jemanden, der alleine arbeitet, und auf der Suche nach Ideen ist. Durch die Art der Darstellung, die auch sehr stark mit Farben und Symbolen arbeitet, werden gezielt beide Gehirnhälften angesprochen. Die

sich daraus ergebenden Synergieeffekte, helfen die Leistung des Gehirns zu verbessern. Denkprozesse sind sehr komplexe Prozesse, bei denen das Gehirn ständig zwischen verschiedenen Gedankengängen hin- und herspringt. Dabei ist das Gehirn in der Lage Dinge miteinander zu verknüpfen, und so neue Ideen zu generieren. Diese Abfolge ist nicht linear, so dass sie gezielt nicht in Form eines Fließtextes geschrieben werden können. Der menschliche Art zu denken kommt das Mindmapping durch seine Art der Darstellung entgegen.

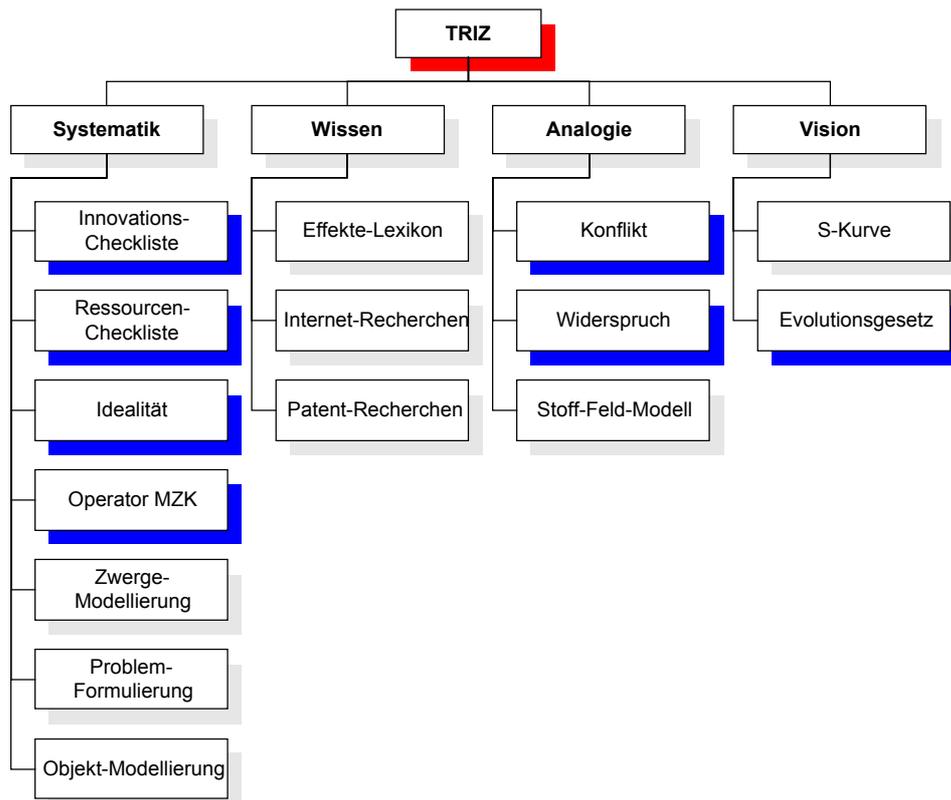
## TRIZ

**TRIZ** ist die Abkürzung der kyrillischen Formulierung „Teoriya Resheniya Izobretatelskih Zadach“, was ins englische übersetzt soviel bedeutet wie „theory of inventive problem solving“. Hierbei handelt es um eine Vorgehensweise, die ähnlich der in diesem Skript beschriebenen Methode, einen systematischen Weg zu Entwicklung von Produkten vorgibt. Die Vorgehensweise stützt sich ähnlich der hier behandelten auf mehrere Säulen, wie im nachfolgenden Bild ersichtlich ist.

Entwickelt wurde sie von *G.S. Altschuller* [\*1926; †1998], der eine Antwort auf die Frage suchte, ob der Weg zu einer Erfindung nicht bestimmten Gesetzmäßigkeiten oder Regeln folgt. Dazu wurden von ihm und seinen Mitarbeitern eine Vielzahl von Patenten analysiert und Gesetzmäßigkeiten gefunden. Vier Grundregeln wurden bei der Analyse von über 2,5 Millionen Patente gefunden [siehe : *Herb H.*; *Herb T.*; *Kohnhauser*: TRIZ]:

- ◆ Die präzise Beschreibung des Problems alleine führt häufig schon zu kreativen Problemlösungen.
- ◆ Viele Probleme wurden schon in anderen Branchen unter anderem Namen, aber durchaus inhaltlich vergleichbar gelöst.
- ◆ Der Widerspruch ist das zentrale, immer wieder Innovationen provozierende Element tausender von Patentschrift.
- ◆ Die Weiterentwicklung technischer Systeme folgt bestimmten Grundregeln,

Diese Erkenntnisse wurden umgesetzt in eine Entwicklungsmethodik, die auch hilfreiche Techniken zur Ideenfindung enthält. Die wichtigsten Techniken der Ideenfindung in der TRIZ-Methodik sind in nachfolgendem Schaubild gekennzeichnet und werden anschließend kurz beschrieben.



Die Säulen der TRIZ-Methodik und die dazu gehörigen Werkzeuge

[Herb H.; Herb T.; Kohnhauser: TRIZ]

### Innovationscheckliste:

Ein klare Formulierung der Aufgabenstellung ist immer schon großer Schritt in Richtung auf die Lösung. Die Innovationschecklist soll helfen, das zu lösende Problem präzise zu beschreiben. Sie umfasst die folgenden wichtigen Punkte:

- ◆ Informationen über das zu verbessernde System und dessen Umfeld.
- ◆ Derzeitige Systemstruktur.
- ◆ Arbeitsweise des Systems.
- ◆ Verfügbare Ressourcen.
- ◆ Detailinformationen zum Problem.
- ◆ Grenzen der Systemänderung.
- ◆ Analoge Lösungsansätze.
- ◆ Auswahlkriterien für die Lösungskonzepte.

Diese Checkliste kann in dieser Form auch bei anderen Kreativitätstechniken zum Einsatz kommen, da bei allen Verfahren grundsätzlich gilt, dass zu Beginn das Problem klar und detailliert beschreiben sein muss.

**Ressourcencheckliste:**

Heute werden im Rahmen der Produktentwicklung Probleme meist gelöst, in dem zusätzliche Baugruppen oder Bauteile integriert werden, Das aber widerspricht dem Idealitätsprinzip (wird nachfolgend beschreiben), welches mit möglichst wenigen Teilen auskommen will. Dieses Prinzip führt auf neue Lösungen, in dem es verlangt, mit den Ressourcen, die vorhanden sind auszukommen, d.h. keine zusätzlichen Bauteile zu integrieren. Ein Beispiel für eine so gefundene Lösung wird im US-Patent 5911529 beschrieben. Hier wird nämlich eine Lösung vorgeschlagen, wie man die Energie des Tastendruck bei Notebooks Nutzen kann, das Notebook als solche mit Energie zu versorgen, ohne auf langen Fahrten zusätzliche Akkus mitnehmen zu müssen.

**Idealität:**

Unter einem idealen Produkt versteht man ein Produkt, in dem alle erwünschten Funktionen verwirklicht sind, aber keine unerwünschten Nebenwirkungen mehr vorhanden sind. Die Idealität wird als Faktor definiert:

$$\text{Idealität} = \frac{\text{Summe der erwünschten Funktionen}}{\text{Summe der unerwünschten Nebenwirkungen}}$$

Für die Praxis heißt das, dass die Weiterentwicklung eines Produktes immer zu einer Steigerung der Idealität führen muss, ohne dass der Faktor der Idealität als mathematische Größe im engeren Sinne betrachtet wird.

Zur Verbesserung der Idealität werden insgesamt sechs Möglichkeiten vorgeschlagen. Die beiden wichtigsten Möglichkeiten sind:

- ◆ Elemente, bzw. Funktionen, die Probleme verursachen sind **wegzulassen**.
- ◆ Das Problem ist am ideellsten gelöst, wenn die **Funktion**, auch Gesamtfunktion des Systems, **nicht mehr benötigt wird**. Beispiel hierfür wäre, wenn eine Hersteller von Reinigungsgeräten sich die Frage stellt, was zu tun ist, damit zukünftig keine Reinigungsgeräte mehr gebraucht werden.

Im Sinne der Idealität ist die Lösung eines Problems durch Hinzufügen von etwas Zusätzlichem der falsche Weg.

**Operator Material-Zeit-Kosten:**

Diese Methode beruht basiert auf der Provokation des Unterbewusstseins. Durch überzogene, bewusst realitätsferne Forderungen bezüglich der klassischen Grenzen bei der Entwicklung eines Produktes (Material, Zeit, Kosten) sollen kreative Denkanstöße provoziert werden. Technische Lösungen, Konstruktionen und Prozesse sollen so bis an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit untersucht werden. Ziel ist es, mit Hilfe dieser Methode Denkblockaden abzubauen. Bei dieser Methode wird gefragt, wie sieht die Lösung aus wenn:

- ◆ Material, Zeit und Kosten (jeweils einzeln betrachtet) absolut limitiert bzw. null sind ( $M \rightarrow 0, Z \rightarrow 0, K \rightarrow 0$ )
- ◆ Material, Zeit und Kosten (jeweils einzeln betrachtet) unlimitiert bzw. unendlich groß ( $M \rightarrow \infty; Z \rightarrow \infty; K \rightarrow \infty$ ) sind.

**Konflikt:**

Die Ideenfindung mittels Synektik hat einen Weg aufgezeigt, Lösungen zu finden, über mehrere Stufen der Abstraktion. Am Schluss wird die gefundene, abstrakte Lösung, auf das eigentliche Problem übertragen. Einen solchen indirekten Weg zur Lösungssuche bietet auch die Methode der **Konflikte** innerhalb der TRIZ-Methodik. Grundelement der Methode ist die Rückführung der konkreten Aufgabenstellung auf einen von 39, in der Methodik definierten, technischen Parameter. Der Ablauf der Methode im Einzelnen ist wie folgt:

- ◆ Beschreibung des konkreten Problems
- ◆ Abstraktion des Problems auf einen der 39 technischen Parameter, der verbessert werden soll und einen dieser 39 Parameter, die sich nicht verändern soll.
- ◆ Im Schnittpunkt dieser beiden Parameter finden sich ein oder auch mehrere Innovationsprinzipien, die zur Lösung der Aufgabe beitragen.
- ◆ Übertragung der in den Innovationsprinzipien beschriebenen Lösung auf das konkrete Problem.

Die 39 technischen Parameter und die 40 innovativen Prinzipien sind in der Tabelle weiter unten dargestellt.

technische Parameter, die verbessert werden sollen ↓	Technische Parameter, die nicht verändert werden sollen					
	10	11	...	19	20	21
	Kraft	Druck oder Spannung	...	Energieverbrauch eines bewegten Objektes	Energieverbrauch eines stationären Objektes	Leistung
9 Geschwindigkeit	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	...	8, 15, 35, 38		19, 35, 38, 2
10 Kraft	---	18, 21, 11	...	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37
11 Druck oder Spannung	36, 35, 21	---	...	14, 24, 10, 37		10, 35, 14
12 Form	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	...	2, 6, 34, 14		4, 6, 2
13 Stabilität eines Objektes	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	...	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31

**Innovationsprinzipien**



Ausschnitt aus der Tabelle der Konflikte mit innovativen Prinzipien zur Lösung

die 39 technischen Parameter		die 40 innovativen Prinzipien	
1	Gewicht eines bewegten Objektes	1	Segmentierung und Zerlegung
2	Gewicht eines stationären Objektes	2	Abtrennung
3	Länge eines bewegten Objektes	3	örtliche Qualität
4	Länge eines stationären Objektes	4	Asymmetrie
5	Fläche eines bewegten Objektes	5	Vereinen
6	Fläche eines stationären Objektes	6	Universalität
7	Volumen eines bewegten Objektes	7	Verschachtelung
8	Volumen eines stationären Objektes	8	Gegengewicht
9	Geschwindigkeit	9	vorgezogene Gegenreaktion
10	Kraft	10	vorgezogene Aktion
11	Druck oder Spannung	11	Vorbeugemaßnahmen
12	Form	12	Äquipotenzial
13	Stabilität eines Objektes	13	Umkehr
14	Festigkeit	14	Krümmung
15	Haltbarkeit eines bewegten Objektes	15	Dynamisierung
16	Haltbarkeit eines stationären Objektes	16	partielle oder überschüssige Wirkung
17	Temperatur	17	höhere Dimension
18	Helligkeit	18	mechanische Schwingungen
19	Energieverbrauch eines bewegten Objektes	19	periodische Wirkung
20	Energieverbrauch eines stationären Objektes	20	Kontinuität
21	Leistung	21	Durcheilen und überspringen
22	Energieverschwendung	22	Schädliches in Nützlichem verwandeln
23	Materialverschwendung	23	Rückkopplung
24	Informationsverlust	24	Mediator, Vermittler
25	Zeitverschwendung	25	Selbstversorgung und Selbstbedienung
26	Materialmenge	26	Kopieren
27	Zuverlässigkeit	27	billige Kurzlebigkeit
28	Messgenauigkeit	28	Mechanik ersetzen
29	Fertigungsgenauigkeit	29	Pneumatik und Hydraulik
30	äußere negative Einflüsse auf das Objekt	30	flexible Hüllen und Filme
31	negative Nebeneffekte des Objektes	31	poröse Materialien
32	Fertigungsfreundlichkeit	32	Farbveränderung
33	Benutzerfreundlichkeit	33	Homogenität
34	Reparaturfreundlichkeit	34	Beseitigung und Regeneration
35	Anpassungsfähigkeit	35	Eigenschaftsänderung
36	Komplexität in der Struktur	36	Phasenübergang
37	Komplexität in der Kontrolle und Steuerung	37	Wärmeausdehnung
38	Automatisierungsgrad	38	starkes Oxidationsmittel
39	Produktivität	39	inertes Medium
		40	Verbundmaterialien

*Tabelle der 39 technischen Parameter und der 40 innovativen Prinzipien der TRIZ-Methode*

**Widerspruch:**

Häufig treten bei der Lösung von Fragestellung in der Produktentwicklung Widersprüche auf, die sich scheinbar nicht lösen lassen. Beispielsweise soll ein Bügeleisen möglichst schwer sein, damit die Wäsche beim Bügeln glatt wird, andererseits soll das Bügeleisen aber möglichst leicht sein, damit es sich leichter handhaben lässt. Der TRIZ-Methodenkasten bietet hier als Hilfe die vier Separationsprinzipien an, die in nachfolgender Tabelle dargestellt sind und anhand eines Beispiels erläutert werden sollen.

*Beispiel:*

Ein Fahrzeug-Airbag soll sich mit hoher Geschwindigkeit und Kraft öffnen, aber sobald ein Körper darauf auftrifft, sich mit geringer Geschwindigkeit und angepasster Kraft verändern. Dadurch sollen Verletzung der Insassen, insbesondere von Kindern, vermieden werden.

Prinzip	Erläuterung	Beispiel
Separation im Raum	Die sich widersprechenden Erfordernisse werden räumlich getrennt	Kinder auf einen Sitz setzen, an dem kein Airbag auslöst.
Separation in der Zeit	Sich widersprechende Funktionen werden zeitlich getrennt.	Airbag öffnet schnell und mit hoher Kraft. Ab dem Moment des Aufpralls wird er Airbag über elektronisch gesteuerte Ventile langsam entlüftet.
Separation innerhalb eines Objektes und seiner Teile	Trennung gegensätzlicher Anforderungen innerhalb eines Objektes oder seiner Teile.	Mehrere, der Körperform angepasste Airbags. Kleine Airbags bremsen zuerst den Aufprall bevor ein großer Airbag die Restenergie aufnimmt.
Separation durch Bedingungswechsel	Hier werden sich widersprechende Anforderungen erfüllt durch Modifikation der Bedingungen, unter denen zeitgleich ein nützlicher und ein unnötiger Prozess ablaufen.	Sensorisch gesteuert passt sich die Expansionskraft des Airbags der Sitzposition sowie Gewicht und Größe des Fahrers an.

*Die vier Separationsprinzipien zur Lösung von Widersprüchen*

[in Anlehnung an: Herb H.; Herb T.; Kohnhauser. TRIZ]

Zwischen den oben beschriebenen innovativen Prinzipien und den Separationsprinzipien besteht eine inhaltliche Korrelation, die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt ist.

Prinzip	Innovative Prinzipien
Separation im Raum	1, 2, 3, 4, 7, 17, 24, 26
Separation in der Zeit	9, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 29, 34
Separation innerhalb eines Objektes und seiner Teile	13, 28, 32, 35, 36, 38, 39
Separation durch Bedingungswechsel	1, 27, 5, 22

*Inhaltliche Korrelation zwischen Separationsprinzipien und innovativen Prinzipien*

[in Anlehnung an: Herb H.; Herb T.; Kohnhauser. TRIZ]

### Evolutionsprinzip:

Bei der Betrachtung von technischen Systemen lässt sich leicht feststellen, dass sich diese im Laufe der Zeit immer weiterentwickelt haben. Betrachten wir einen Pkw, so hat sich dieser im Laufe seiner Geschichte in Stufen bis zum heutigen Fahrzeug entwickelt. Die Entwicklung verlief über eine Vielzahl von Evolutionsstufen. Gleiches gilt beispielsweise auch für einzelne Komponenten in einem Fahrzeug. Altschuller hat bei seiner Analyse der Patente herausgefunden, dass sich die Technik-Evolution in insgesamt **8 Schritten** vollzieht.

Evolutionsprinzip	Beschreibung
1 Evolutionsstufen	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Jedes technische System entwickelt sich in vier Lebensphasen: Kindheit, Wachstum, Reife und Sättigung – S-Kurve( Produktlebenszyklus).</li> <li>◆ Der evolutionäre Übergang zum nächsten System, zur Folgetechnologie findet immer statt, wenn: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Bedarf vorhanden ist (Market Pull).</li> <li>- Möglichkeiten (Technologien) bestehen, ihn zu befriedigen (Technology Push).</li> </ul> </li> </ul>

Evolutionsprinzip	Beschreibung
<p>2 zunehmende Idealität (siehe oben)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Jedes System birgt außer nützlichen Funktionen auch schädliche Funktionen.</li> <li>◆ System entwickeln sich immer in Richtung zunehmender Idealität.</li> <li>◆ Nur Verbesserungen, die zur Erhöhung der Idealität beitragen, sind sinnvoll.</li> </ul>
<p>3 Ungleiche Entwicklung von Systemen und/oder Teilen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Jede Komponente eines Systems (z.B. eines Pkw's) hat ihre eigene S-Kurve mit eigene Zeitskala.</li> <li>◆ Jede Komponente erreicht ihre Grenzen zu einem anderen Zeitpunkt.</li> <li>◆ Die Komponente, die zuerst die Reifephase überschreitet, limitiert die Gesamtsystem-Performance.</li> <li>◆ Maximaler Fortschritt für das System ergibt sich, wenn die Grenze der Komponente beseitigt wird.</li> </ul>
<p>4 Zunehmende Dynamisierung und Regelbarkeit</p> <p>a) Übergang zu multifunktionaler Performance</p> <p>b) Zunehmende Zahl an Freiheitsgraden</p> <p>c) Zunehmende Steuer- und Regelbarkeit</p> <p>d) Erhöhung der Stabilität.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Zunehmende System-Dynamisierung gestattet es, Funktionen mit größerer Flexibilität oder Vielfalt zu erfüllen.</li> <li>◆ Zunehmende Dynamisierung erfordert ansteigende Steuer- und Regelbarkeit.</li> <li>◆ Steuer- und Regelbarkeit kulminiert in selbststeuernden Systemen.</li> </ul>
<p>5 Über Komplexität zum genial Einfachen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Technische Systeme entwickeln sich zunächst in Richtung zunehmender Komplexität und werden dann genial einfach.</li> <li>◆ Mono-Systeme entwickeln sich über Bi- und Polysysteme zu neuen Mono-Systemen, die die Funktionsvielfalt des vorherigen Poly-Systems beinhalten.</li> </ul>
<p>6 Gezielte Übereinstimmung und Nichtübereinstimmung/Diskrepanz von Teilen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Systemelemente entwickeln sich zu gezielter Übereinstimmung oder gezielter Nichtübereinstimmung, um die Performance zu verbessern oder schädliche Effekte zu kompensieren. (z.B. Pkw-Getriebe: Entwicklung vom schlecht synchronisierten Getriebe hin zum genau synchronisierten Getriebe mit lauten Resonanzschwingungen. Diese wiederum werden kompensiert durch gezielte Asymmetrien.)</li> <li>◆ Aktionen und Rhythmen werden zunehmend koordiniert und verschachtelt.</li> </ul>
<p>7 Übergang zur Mikro-Ebene und Einsatz von Feldern</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Technische Systeme entwickeln sich aus der Makro-Ebene in die Micro-Ebene (Miniaturisierung)</li> <li>◆ Dieser Übergang wird durch immer perfekteren Einsatz von Feldern (elektrische Felder z.B. zur Informationsübertragung) und durch Segmentierung unterstützt.</li> </ul>

Evolutionsprinzip	Beschreibung
8 Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Technische Systeme entwickeln sich in Richtung reduzierte menschlicher Interaktion.</li><li>◆ Ausführung, Kontrolle, Entscheidung des Menschen werden in dieser Reihenfolge ersetzt.</li><li>◆ Schließlich entsteht ein automatisierter Prozess, der den Menschen nicht mehr nachahmt, sondern konsequent auf Erfüllung von Funktionen ausgelegt ist.</li></ul>

*Evolutionsprinzipien der TRIZ-Methodik als Hilfsmittel zur Ideenfindung*

[in Anlehnung an: Herb H.; Herb T.; Kohnhauser. TRIZ]

Weitere Informationen zur TRIZ-Methodik finden sich auf der Internet-Seite [www.triz-online.de](http://www.triz-online.de). Dort werden auch entsprechende Software-Tools zur Unterstützung dieser Methodik vorgestellt, sowie Literaturhinweise gegeben.

## Widerspruchorientierte Innovationsstrategie (WOIS)

Die Widerspruchorientierte Innovationsstrategie ist abgeleitet aus den Methoden von TRIZ. Sie wird als eigenständiges Werkzeug in der Industrie eingesetzt.

Die Methode basiert darauf, dass bewusst ein „Notsituation“ erzeugt wird, bei der sich im ersten Ansatz keine Lösung zeigt. Man macht sich die alte Weisheit zu Nutze die lautet:

*Not macht erfinderisch.*

Unter dieser Notsituation versteht man einen Konflikt, ähnlich dem in der TRIZ-Methodik beschriebenen. Erst wenn diese „Notsituation“ klar formuliert ist, was in einem mehrstufigen Prozess erfolgt, wird das „Problem zur Lösung freigegeben“.

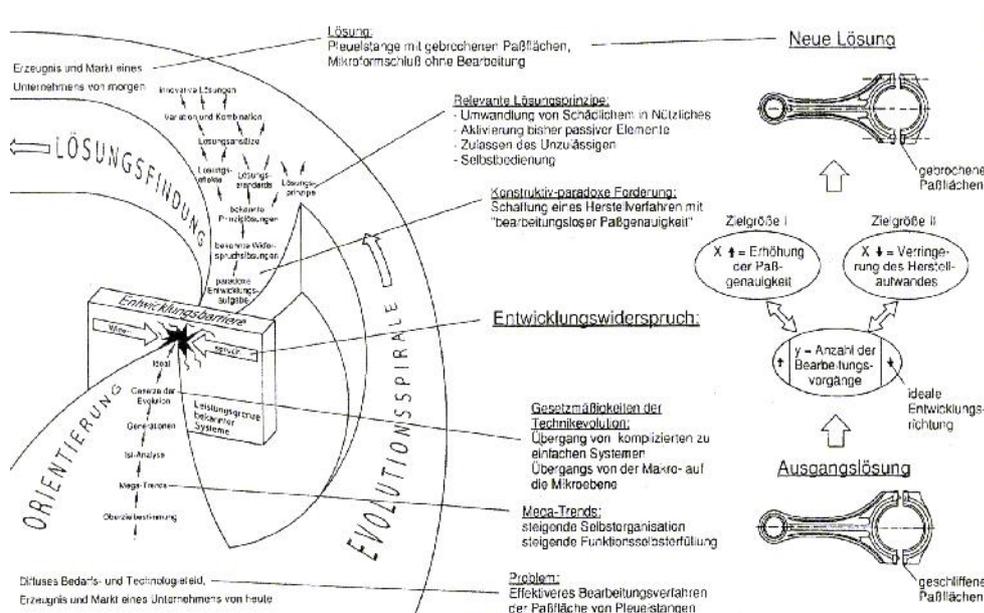
### Kernelemente von WOIS :

- ◆ Künstliche Erzeugung von Not durch bewußtes Hochschrauben der Zielsetzung bis widersprüchliche Anforderungen an einzelne Effektivitätsfaktoren entstehen.
- ◆ Freigabe zur Lösungssuche erst dann, wenn dieses Aufgabenniveau erreicht ist.

Nachfolgend soll die Formulierung des Konfliktes anhand der Entwicklung eines **Betriebsbremssystems für einen Pkw's** beschrieben werden.

Arbeitsschritt	Erhöhung der Fahrsicherheit
Relevante Megatrends erfassen ↓	Wie entwickeln sich die Umgebungsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunde erwartet höheren Komfort</li> <li>• Lebenserwartung an das Fahrzeug steigt</li> <li>• Werterhaltung des Fahrzeugs</li> <li>• Reduzierung der Belastung des Fahrers</li> </ul>
Analyse des Ist-Zustands ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stand der Technik mit den vorhandenen Schwachstellen der vorhandenen Systeme</li> <li>• Literaturrecherche</li> <li>• Patentrecherche</li> </ul>
Generationenbetrachtung ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung früherer Systeme betrachten</li> <li>• Analoge Funktionsweisen in der Natur zur Ideenfindung heranziehen</li> </ul>

Arbeitsschritt	Erhöhung der Fahrsicherheit
Untersuchung von Evolutionsgesetzen in der Natur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gesetzmäßigkeiten der Technikevolution mit ihren wesentlichen Elementen : Entstehung, Optimierung, Dynamisierung und Obersystembildung</li> </ul>
↓	
Entwicklungsbarrieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aufstellung der Matrix der Entwicklungswidersprüche. Zeilen : Zielgrößen / Spalten : Führungsgrößen</li> </ul>
↓	
Innovative Lösungsfindung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lösungsfindung durch die Definition von des Entwicklungskonfliktes : z.B. :  <b>„Entwicklung einer Bremse mit raumbedarfs-senkender Temperaturverringering“</b></li> </ul>



Quelle: Vorgehensmodell mit Beispiel Pleuel (© Prof. Dr.-Ing. Linde, FH Coburg)

Beispiel für den erfolgreichen Einsatz von WOIS: Cracking von Pleueln

## 4.5 **Klassifizierung und Bewertung von Lösungsideen**

---

### 4.5.1 **Klassifizierung**

---

Mit Hilfe der genannten Kreativitätsmethoden können innerhalb kurzer Zeit eine Vielzahl von Lösungsideen generiert werden. Nicht alle der gefundenen Lösungsansätze sind für die konkrete Aufgabenstellung verwendbar. Deshalb ist es wichtig, in einem ersten Schritt die gefundenen Lösungsideen zu klassifizieren. Dabei hat sich folgende einfache Klassifizierungsmethode in der Praxis bewährt.

**X... Völlig unrealistisch (einstimmig im Team)**

zu teuer, Funktionen nicht erfüllt, technisch nicht realisierbar, etc.

**A... Gehört nicht zur gestellten Aufgabe**

würde die Aufgabe verändern, sprengt den Rahmen, Randbedingungen können mit diesem Lösungsansatz nicht erfüllt werden.

---

**1... Neues Konzept**

noch unbekannt, Informationen fehlen, Verändert den IST-Zustand wesentlich, hat Einfluss auf wesentliche Funktionen.

**2... Veränderung im Detail**

bestehendes Konzept bleibt unbeeinflusst, hat keine Auswirkungen auf späteres Konzept,

Im Rahmen einer Produktentwicklung werden dabei die Lösungsideen mit der **Klassifizierung 1 und 2 weiterverfolgt**. Die Ideen mit der Klassifizierung A und X werden dokumentiert. Ideen mit der Klassifizierung A können dabei ggf. für eine spätere Produktüberarbeitung genutzt werden. Dazu kann es notwendig sein, diese in der Zwischenzeit weiter zu erforschen.

In der Regel ergeben die mit 1 und 2 gekennzeichneten neuen Lösungsideen eine zu große Anzahl um diese alle detailliert zu untersuchen. Deshalb sind aus den mit 1 und 2 bewerteten Lösungen **10 bis 15 Ideen subjektiv auszuwählen** (welche erscheinen am interessantesten)

Die weiteren Schritte sind dann:

1. Konkretisierung der Ideen, so dass erkennbar ist, ob und wie die Ideen realisierbar ist. Dabei sind nur konzeptionelle Dinge (Funktion, Technologie, Verfahren, Konstruktives Konzept, etc., ) zu klären, keine Details!!  
(Frage: Wie lässt sich die Idee realisieren! *Nicht*: Warum geht die Idee nicht).
2. Auswahl der Lösungskonzepte, die machbar erscheinen und die geforderten Funktionen erfüllen.
3. Grobkalkulation der Kosten für die machbaren Konzepte (Was kostet die Lösung)
4. Die jetzt noch übrig gebliebenen Ideen im K.O.-Verfahren gegeneinanderstellen. Ggf. müssen die einzelnen Ideen weiter konkretisiert werden.
5. Entscheidung im Team welche der Ideen weiter verfolgt werden soll. Kann keine Entscheidung getroffen werden, müssen eventuell mehrere Konzepte weiterverfolgt werden.

#### 4.5.2 Auswahl von Lösungskonzepten anhand von Bewertungskriterien

---

Die Bewertung der ausgearbeiteten Lösungen muss objektiv und rational erfolgen. Sind psycho-soziale Effekte zu bewerten, so können auch subjektiv-pauschalierte Bewertungskriterien angewendet werden.

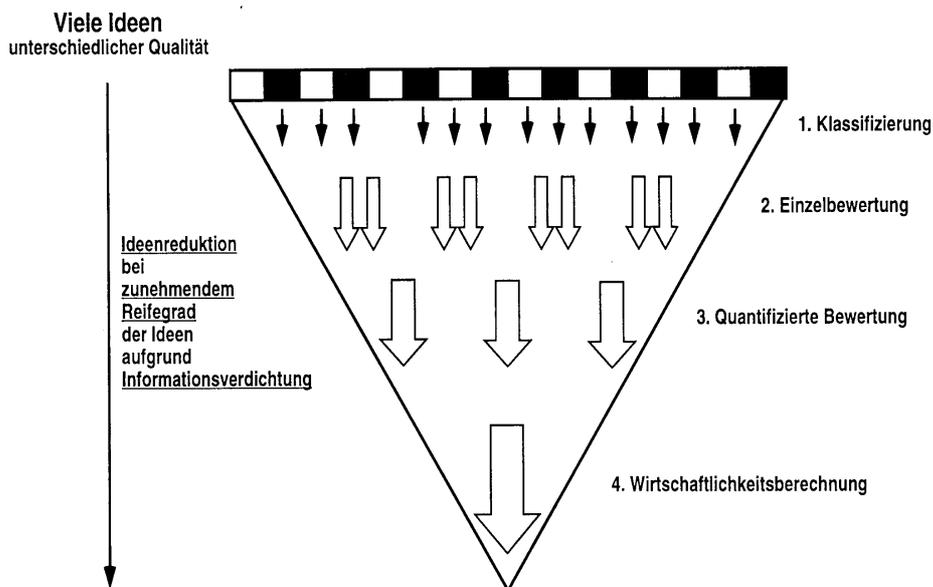
##### Entscheidungskriterien können sein:

- Sind die Sollfunktionen realisiert?
- Wie werden die Kundenanforderungen erfüllt?
- Vergleich der Lösung mit Produkten der Wettbewerber? (Ist das Produkt besser als die Wettbewerbsprodukte? Wie groß ist der Abstand?)
- Herstellkosten?
- Lässt sich das Produkt mit unseren Kernkompetenzen sicher herstellen?
- Deckungsbeitrag? (Bei Produktweiterentwicklung Vergleich mit dem vorhandenen Produkt)

- Notwendige Investitionen?
- Terminsituation, mögliche Markteinführung?
- Risikobewertung
- ...

Ein **Ranking** der einzelnen Kriterien kann mittels **paarweisem Vergleich** erarbeitet werden. Alle Kriterien sollen untereinander vergleichbar sein und zu quantifizierbaren Aussagen führen.

- Geldeinheit
- Zeit
- Deckungsbeitrag
- ...



Vorgehensweise zur Bewertung von Ideen

[Quelle: Krehl & Partner Unternehmensberatung; Karlsruhe; St. Gallen]

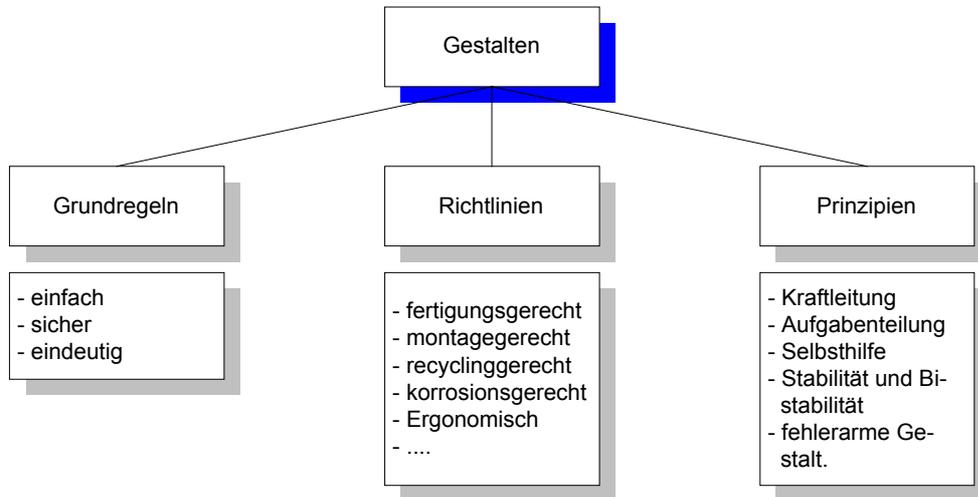
# 5 Strukturierung und Gestaltung des Produktes

## 5.1 Einführung

---

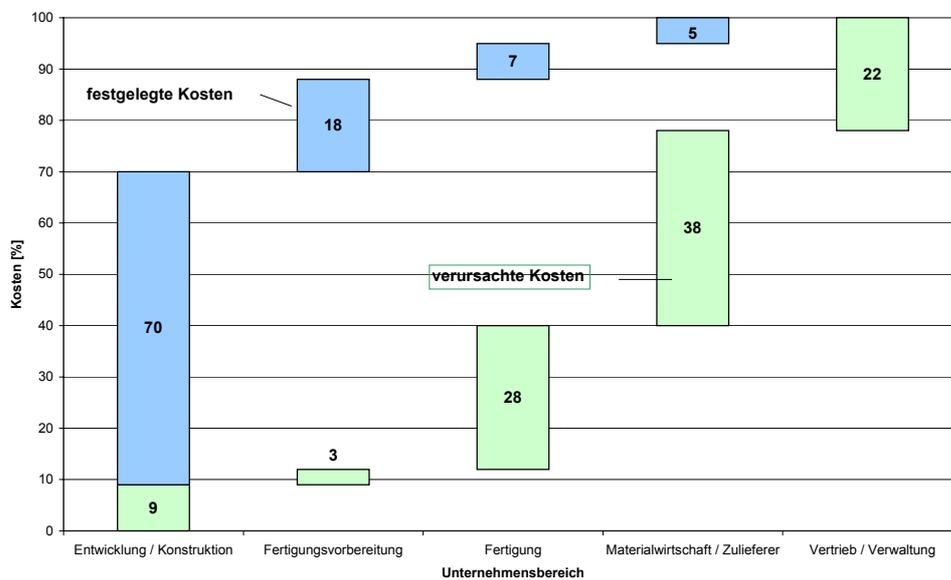
Im Rahmen der Produktstrukturierung wird die Baustruktur (Architektur) des Produktes festgelegt. Während der Produktgestaltung werden Form und Abmessung der einzelnen **Funktionsträger** (Bauteile, Baugruppen, Produkt) festgelegt, sowie die geeigneten Werkstoffe gewählt. Mit der Gestaltung werden gleichzeitig die **Fertigungsverfahren** und Anzahl der **Fertigungsschritte** und die **Montageverfahren** sowie die Anzahl der **Montageschritte** definiert.

In dieser Phase gilt es, die im Rahmen der *Konstruktionslehre* erarbeiteten Grundregeln, Richtlinien und Prinzipien anzuwenden und die geeigneten Methoden und Werkzeuge einzusetzen.



Grundregeln, Richtlinien und Prinzipien des Gestaltens

Wie bereits von der Konstruktionslehre her bekannt, werden in dieser Phase des Entwicklungsprozesses auch der wesentliche Teil der **Herstellkosten** des Produktes festgelegt.



[VDI-Richtlinie 2235 – Wirtschaftliche Entscheidung beim Konstruieren – Methoden und Hilfsmittel, VDI-Verlag 1987 / VDMA – Kennzahlenkompass 1994, Frankfurt/M. Maschinenbau-Verlag 1995]

Um nun die in den vorhergehenden Phasen definierten Kostenziele tatsächlich auch einhalten zu können, sind bei der Produktgestaltung spezielle Ansätze erforderlich. Die wichtigsten Ansätze sind:

- Integralbauweise** (Zusammenfassung von mehreren Funktionen in einem Bauteil)
- Gleichteile** (möglichst viele gleiche Teile in einem Produkt verwenden),
- Wiederholteile** (Teile in unterschiedlichen Produkten verwenden),
- Teilefamilien** (Teile gleicher Funktion standardisieren),
- Baukastensystem** (Mehrfachverwendung von Teilen und Baugruppen),
- Baureihen** (Produkte, welche dieselbe Funktion mit der gleichen Lösung, in mehreren Größenstufen bei möglichst gleicher Fertigung erfüllen),
- Normteile** (Verwendung von Normteilen),
- Kaufteile** (Verwendung von Zukaufteilen, da diese vielfach günstiger zu beziehen sind, als eigengefertigte Teile).

Eine detaillierte Behandlung der einzelnen Ansätze erfolgt hier nicht. Baureihen und Baukästen sowie die fertigungs- und montagegerechte Gestaltung werden nur kurz beschrieben. Eine ausführliche Behandlung findet im Rahmen der Vorlesung **Kostenorientierte Produktentwicklung / Variantenmanagement** statt, die im 7/8 Semester angeboten wird. Hier werden dann auch entsprechende Verfahren der Kostenrechnung und Kurkalkulation behandelt.

## 5.2 Baureihen und Baukästen

---

### **Baureihen**

**Funktionsgleiche**, technischen Produkte, die systematisch der Größe nach gestuft sind, werden als Baureihe bezeichnet. Die Produkte unterscheiden sich in:

- den Leistungsdaten
- Abmessungen und den davon abhängig in Größen wie Gewicht, Kosten, ...

Die Produkte sind gleich:

- in ihrer Funktion,
- in der konstruktiven Lösung,
- möglichst den Werkstoffen,
- möglichst der Fertigung.

**Baukasten**

Bei einem Baukasten werden gleiche Bauteile und/oder Baugruppen zu Produkten mit **unterschiedlicher Gesamtfunktion** zusammengesetzt.

### 5.3 Fertigungs- und montagegerechte Gestaltung

Über die Gestaltung der Werkstücke (Geometrie und Werkstoff) und damit der Festlegung des Fertigungsverfahrens legt die Produktentwicklung die **Fertigungskosten** (Hauptzeiten, Nebenzeiten, Rüstzeiten) beeinflusst.

Unterschiedliche Herstellverfahren erfordern natürlich unterschiedliche Ansätze zur gerechten Gestaltung von Bauteilen. Nachfolgende Tabelle fasst die wichtigsten Gestaltungsansätze, abhängig vom Fertigungsverfahren, ohne im Detail darauf einzugehen. Dieses erfolgt in der Vorlesung „Kostenorientierte Produktentwicklung“.

Fertigungsverfahren	Fertigungsverfahren
<p><b>Urformen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- modell- und formgerechte Gestaltung</li> <li>- gießgerechte Gestaltung,</li> <li>- bearbeitungsgerechte Gestaltung</li> </ul> <p><b>Trennen (Drehen, Fräsen, Bohren, ...)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- werkzeuggerechte Gestaltung</li> <li>- spangerechte Gestaltung</li> <li>- schneidgerechte Gestaltung</li> </ul>	<p><b>Umformen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- werkzeuggerechte Gestaltung</li> <li>- schmiedegerechte Gestaltung</li> <li>- bearbeitungsgerechte Gestaltung</li> <li>- bieggerechte Gestaltung</li> </ul> <p><b>Fügen: (Schweißen)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vorbearbeitungsgerechte Gestaltung</li> <li>- schweißgerechte Gestaltung</li> <li>- nachbearbeitungsgerechte Gestaltung</li> </ul>

*Ansätze zur fertigungsgerechten Gestaltung von Bauteilen*

Für die **montagegerechte** Gestaltung der Produkte lassen sich einige Grundregeln definieren:

- möglichst wenige Teile,
- lineare Fügebewegungen,

- Fügeprozesse senkrecht von oben,
- keine beigeschlaffen Teile,
- keine separaten Verbindungselemente,
- vormontierbare Baugruppen schaffen.

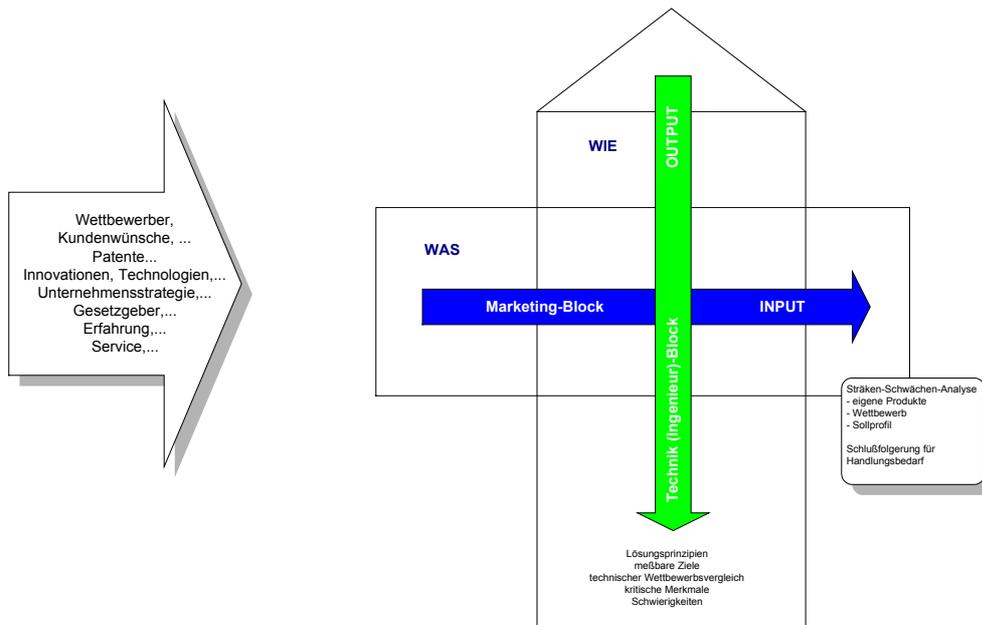
# 6 Quality Function Deployment - QFD

## 6.1 QFD als Marketing – Technik - Matrix

---

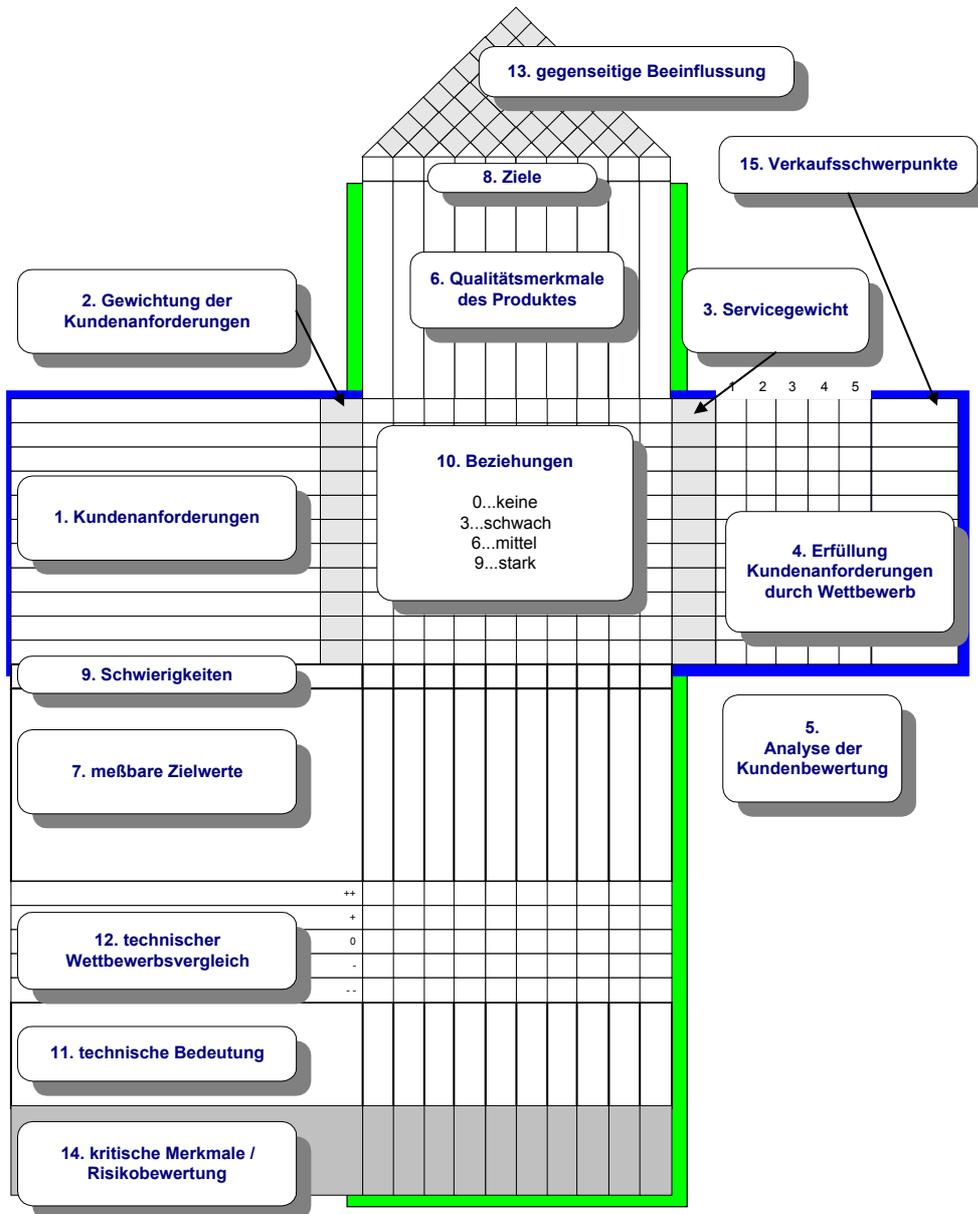
QFD ist eine Methode zur Unterstützung einer kundenorientierten Entwicklung, mit dem Ziel, Produkte hoher Qualität zu realisieren. Damit gilt QFD als eines der wichtigsten Werkzeuge im Rahmen eines Total Quality Management's (TQM). Die Methode setzt in der Produktentwicklung an, und kann bis hin zur Prozess- und Prüfplanung und Planung des Fertigungs- und Montageprozesses eingesetzt werden.

Erstmals eingesetzt wurde QFD 1966 bei der Firma Bridgestone Kurume Factory in Japan eingesetzt. Es kam dann über die USA (Anwendung bei Ford Motor Company als Erstanwender) nach Europa. Im Laufe der Jahre wurde die Methode immer wieder leicht modifiziert. Die heute bekannteste Darstellung des QFD ist das **House of Quality**. Ziel der Anwendung von QFD ist die Umsetzung von Kundenanforderungen in Produkte. Dazu verbindet das House of Quality Marktanforderungen (Marketing-Block) und die technische Lösung (Ingenieur-Block) miteinander.



QFD als Instrument zur Verbindung von Markt und Technik

## 6.2 Arbeitsschritte zur Erstellung des HOUSE OF QUALITY



*Arbeitsschritte und deren Reihenfolge bei der Erstellung des House of Quality*

1. **Kundenanforderungen** eintragen
2. **Gewichtung** der Kundenanforderungen eintragen
3. Schwerpunkte des **Services**
  - ◆ Vergleich der größten Anforderungen des Kundendienst mit den wichtigsten Kundenanforderungen.

- ◆ Hauptaufmerksamkeit muss sich auf wichtigste Kundenanforderungen richten.
- 4. Wettbewerbsvergleich (Produktbewertung)**
- ◆ Wie erfüllt der Wettbewerb die Kundenanforderungen?
  - ◆ **Bewertung mit 1 (ungenügend) bis 5 (sehr gut erfüllt).**
  - ◆ Eintragung des eigenen Produktes bzw. Festlegung der Ziele für das eigene Produkt.
  - ◆ Darstellung eines Stärke-Schwäche-Profil der Wettbewerbsprodukte und des eigenen Produktes.
- 5. Analyse der Kundenbewertung**
- ◆ Ermittlung des Kundennutzens der einzelnen Produkte des Wettbewerbs.
  - ◆ Numerische Berechnung **Anforderungsgewicht \* Bewertung** aus dem Wettbewerbsvergleich.
  - ◆ Das Produkt mit der höchsten Punktzahl erfüllt die Kundenanforderungen am besten.
- 6. Qualitätsmerkmale des Produktes**
- Eintragung wichtiger Merkmale des Produktes auf der Basis des geplanten **Produktkonzeptes** (Wie werden die Kundenwünsche umgesetzt), die zur Erfüllung der Kundenanforderungen beitragen. Es kann durchaus notwendig sein, diese Produktmerkmale im Verlaufe der Entwicklung nochmals zu verändern, wenn sie nicht ausreichen, um die Kundenanforderungen zu erfüllen.
- 7. Festlegung messbarer Zielwerte** (Leistungsmerkmale) für die Produktmerkmale.
- 8. Ziele**
- ◆ Reichen die Produktmerkmale (Schritt 4) und die Zielwerte (Schritt 5) als Bestimmungsgröße für das vom Kunden gewünschte Produktmerkmal aus?
  - ◆ ↑.....Zielvorgabe zu niedrig, sollte angehoben werden,  
↓.....Zielvorgabe zu hoch, sollte abgesenkt werden  
0.....Zielvorgabe richtig.
- 9. Schwierigkeiten** der technischen Realisierung (Bewertung 10 für sehr schwierig bis nicht erreichbar, 1 für leicht erreichbar).

## 10. Beziehungen zwischen Kundenanforderungen und Produktmerkmalen

(Bewertung 9, 6, 3, 0)

- ◆ Bewertung 9, 6, 3, 0
- ◆ Werden alle Kundenwünsche durch entsprechende Produktmerkmale abgedeckt?
- ◆ Haben Kundenwünsche mit hoher Gewichtung auch entsprechend hoch bewertete Beziehungszahlen (**ausgewogene Produktmerkmale**)?
- ◆ Sind alle Produktmerkmale - individuell bewertet - so überzeugend, dass ein aus Kundensicht attraktives Produkt entsteht?

## 11. Technische Bedeutung

- ◆ Wichtigkeit der Produktmerkmale aus Sicht des Kunden. Auf diese Weise wird erkennbar, was das Neue und das Besondere am Produkt ist.
- ◆ Berechnung: Wichtigkeit der **Kundenanforderungen \* Beziehungszahl** (Schritt 8)

## 12. Technischer Wettbewerbsvergleich

- ◆ Vergleich der Produktmerkmale aller im Wettbewerb stehenden Produkte.
- ◆ Bei eventuellen Wissenslücken sind entsprechende Analyse erforderlich.
- ◆ Folgende Fragen sind von Bedeutung:
  - *Wie löst der Wettbewerber im Vergleich zu den definierten Produktmerkmalen seine Funktionen bzw. Anforderungen?*
  - *Müssen enge und damit teure Toleranzen sein?*
  - *Ist die Lösung des Wettbewerbs kostengünstiger?*
  - *Kommt die Lösung des Wettbewerbers mit weniger Teilen aus?*
  - *Welche Arbeitsprozesse und Verfahren wurden gewählt?*
  - *Ist die Lösung des Wettbewerbers robuster gegen Störeinflüsse oder Fehlbedienung?*
- ◆ Bewertung: ++ für sehr gut gelöst bis – für Lösung nicht akzeptabel.

## 13. Gegenseitige Beeinflussung - Ausgewogenheit

- ◆ Untersucht wird, ob und in welcher Weise sich die einzelnen Produktmerkmale beeinflussen.
- ◆ Bewertungssymbolik:
  - ...negative Beeinflussung
  - 0...neutral (keine Beeinflussung)

+...positive Beeinflussung (Verstärkung)

- ◆ Merkmale, welche sich nicht beeinflussen können auch unabhängig voneinander entwickelt werden (Parallelentwicklung).
- ◆ Aussagen des QFD-Dachs:
  - Viele Minuszeichen (-): gewähltes Konzept ist ausgeschöpft. Kaum noch Spielraum für Veränderungen, Lösung ist nicht ausgewogen.
  - Viele positive oder neutrale Zeichen (+ oder 0): gewähltes Konzept ist noch nicht ausgeschöpft und enthält noch weiteres Potential.

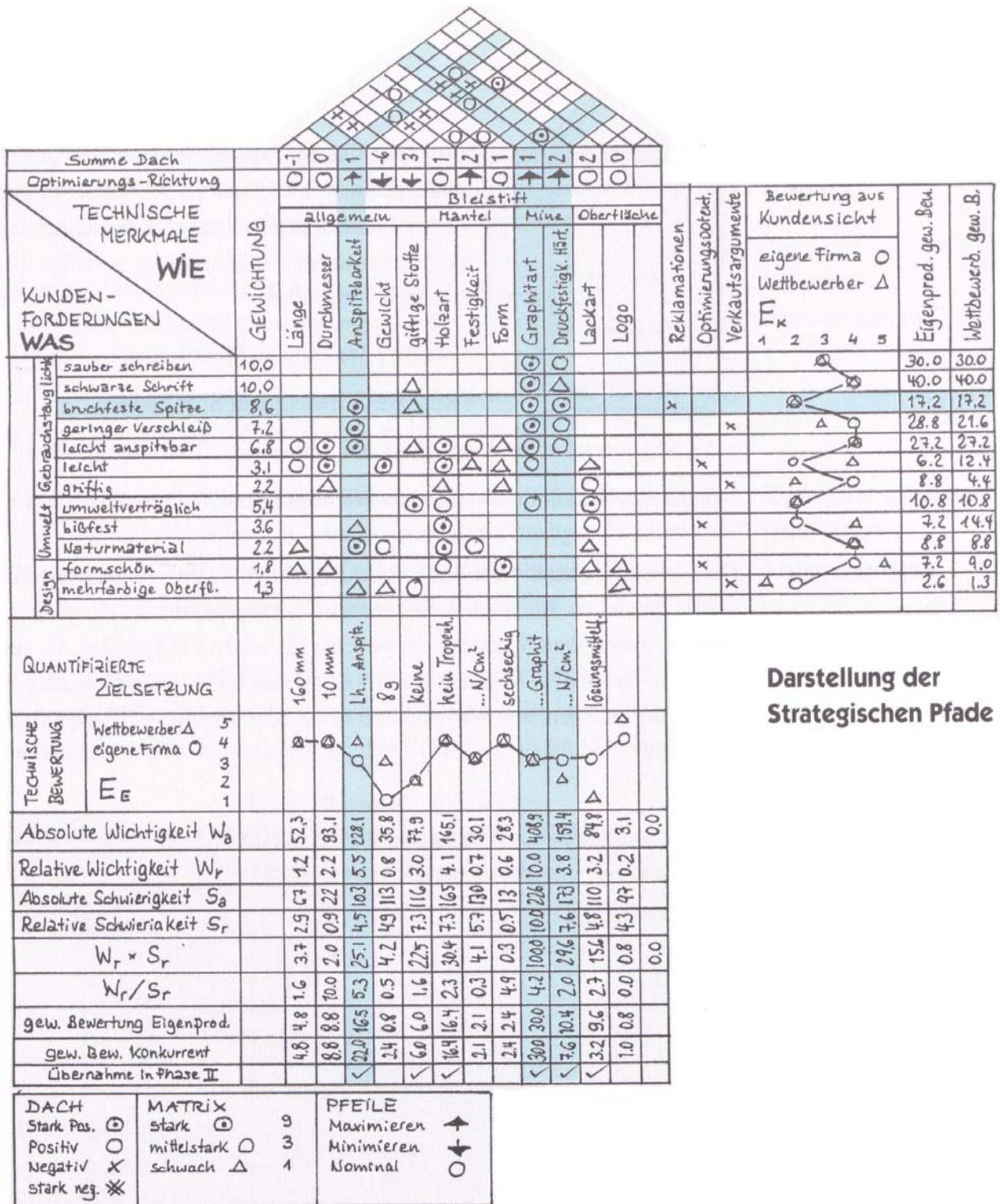
#### 14. Kritische Merkmale / Risikobewertung

- ◆ Wie hoch ist das Risiko, die festgelegten Produktmerkmale auch in der angedachten Weise realisieren zu können?
- ◆ Bewertung: Punkte (10...hoch, 5...mittel, 0...niedrig; Pfeile ↑...hoch, 0...mittel, ↓...gering). Feinere Abstimmung möglich.
- ◆ Wichtig ist, dass die Produktmerkmale mit einem hohen Einfluss auf die Kundenanforderungen (Korrelationsfaktor 9), **nicht mit einem hohen Risiko behaftet** sind, da so der Erfolg des Produktes fraglich wird.

#### 15. Verkaufsschwerpunkte

Festlegung argumentativer Schwerpunkte für den Verkauf aufgrund der Produktstärken im Vergleich zum Wettbewerb.

6.3 Beispiele



House of Quality für einen Bleistift

[Quelle: Fa. Bosch]

# House of Quality Funksprechgerät

Summe Dach		Optimierungs-Richtung													Bewertung aus Kundensicht						
Kundenforderungen WAS	Technische Merkmale WIE	Gew. aus Kundensicht $C_k$													Bewertung aus Kundensicht						
		3	3	3	1	1	3	1	1	0	6	1	2	3	1	0	1-5	gew. Bewertung Bosch $C_k$	gew. Bewertung Konkurrent		
recyclebar	9,0	Δ	Δ															○	8,0	8,0	
ETSI	10,0	○																○	40,0	40,0	
CE-Norm (EN 300273)	10,0	○																○	20,0	30,0	
lange Betr.-zeiten	7,1	○	Δ															○	35,5	28,4	
gr. Reichweite	8,5	○		Δ														○	25,5	34,0	
hohe Sprachverständl.	10,0	○			○													○	40,0	40,0	
Robust./Servicefreund.	6,4	○	○	○														○	19,2	12,8	
einf. Bedienung	2,1	○	○	○														○	6,3	6,3	
leicht	8,5	○	Δ															○	17,0	25,5	
handlich	7,8	○	○	○														○	15,6	23,4	
Anzeige gut lesbar	7,8	○	○	Δ														○	23,4	31,2	
Varianten	1,4	Δ	○	○														○	4,2	1,4	
ansprechendes Design	4,7	Δ	○															○	8,4	12,6	
QUALIFIZIERTE ZIELSETZUNG		umschaltbar 0,1/1/2W	Pictogramm, bel. 100 dB	16er	einfach erlernbar 1h	ext. einstellbar	>94 dB bei 1m Abst.	300-3400 Hz akt. M.	>=40 dB bei 50 dB	> 10h	L-B-H	<800 (S), 80 (E), 40 (Stb)	1mK	G <= 250 g	max. 5 Ausföhrungen	max. 2 Schrauben	Tasche/Riemen/Lock	passend zu NB Design	Marktakzeptanz $\Sigma$	263,1	293,6
Technische Bewertung aus Herst. Sicht	5 4 3 2 1	○ Bosch	Δ Konkurrenz	■ Ziel															bezogen auf Ziel %	73	82
Absolute Wichtigkeit $W_a$		229	212	106	139	62	117	188	180	211	225	65	76	216	78	69	68	0			
Relative Wichtigkeit $W_r$		9,9	9,4	4,7	6,1	2,7	5,2	8,3	8,1	9,4	10,2	2,9	3,3	9,6	3,4	3,0	3,0	0			
Absolute Schwierigkeit $S_a$		95	119	65	74	27	65	57	37	102	88	41	102	151	244	172	172	0			
Relative Schwierigkeit $S_r$		3,8	4,7	2,6	3,1	1,0	2,6	2,3	1,5	4,1	3,8	1,7	3,3	6,3	6,6	5,4	5,4	0			
$W_r \times S_r$		38	44	12	19	3	13	19	12	40	39	5	40	62	21	16	16	0			
$W_r / S_r$ normiert		2,6	2,0	1,8	1,9	1,8	2,0	2,0	2,0	2,3	2,6	1,7	2,3	1,5	1,5	1,5	1,5	0			
gew. Bewertung Bosch		346	376	296	196	68	108	156	116	282	200	87	308	96	102	120	120	84	343	329	
gew. Bewertung Konkurrent		297	376	296	196	68	108	156	116	282	200	87	308	96	102	120	120	84	86	83	
Übernahme in Phase II																					

House of Quality für ein Funksprechgerät

[Quelle: Fa. Bosch]

---

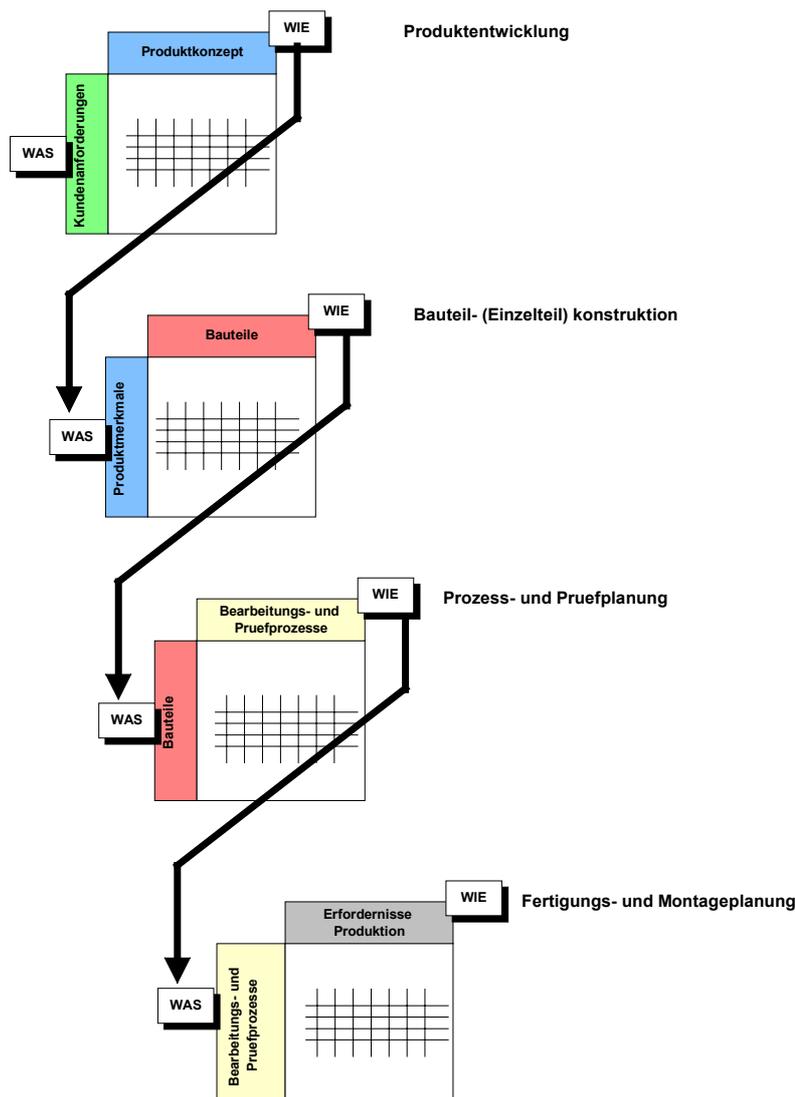
## 6.4 Vor- und Nachteile des QFD

---

- + Übersichtliche Darstellung aller wichtigen Informationen für die Entwicklung eines Produktes im House of Quality.
- + Korrelation zwischen den Kundenanforderungen und den angedachten Lösungen für die Produktfunktionen.
- + Detaillierter Wettbewerbsvergleich in Richtung Markt und Technik.
- + Gewünschte eigene Positionierung im Vergleich zum Wettbewerb kann überprüft und ggf. korrigiert werden. → **Strategie**
- + Liefert Argumentationshilfen für den Vertrieb des Produktes aufgrund der Herausarbeitung von Differenzierungsmerkmalen.
- + Gegenseitige Beeinflussung einzelner Lösungselemente untereinander (verstärken, unabhängig, abschwächen) werden betrachtet.
  
- Es wird kein Zusammenhang zwischen Kundenanforderungen - Kosten - Lösungen hergestellt.
- Die Suche nach neuen Lösungen ist nicht explizit Bestandteil der Methode.
- Teamarbeit ist nicht Voraussetzung für diese Methode.

## 6.5 Weitere Anwendung des House of Quality

Ziel der Anwendung des QFD ist die Umsetzung von Anforderungen der Kunden in Merkmale des Produktes. Da dazu nicht nur die Produktentwicklung beiträgt, sondern auch die weiteren Bereiche der Produkterstellung, bietet auch QFD in Form des House of Quality diese Möglichkeit. Dazu ist für die der Entwicklung nachfolgenden Bereiche jeweils ein eigens House of Quality zu erstellen. Die einzelnen Häuser sind miteinander verknüpft, weil wobei sich die Eingangsgrößen aus dem jeweils in der vorherigen Stufe entwickelten House of Quality ergeben.



*Weitere Anwendung des House of Quality zur Umsetzung der Kundenanforderungen*

# Anhang Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung

## A.1 Kosten im Zusammenhang mit der Produktentwicklung

Die Entwicklung eines neuen Produktes oder die Weiterentwicklung eines vorhandenen bedeutet für ein Unternehmen eine Investition, wie es beispielsweise auch der Kauf einer Maschine ist. Die Entwicklung eines Produktes verursacht zuerst einmal Kosten. Dazu gehören:

- ◆ Kosten für den Entwicklungsprozess als solches,
- ◆ Kosten für die Einrichtung des Herstellprozesses,
- ◆ Kosten für die notwendigen Marketingmaßnahmen für das neue Produkte,
- ◆ Kosten für die Aus- und Weiterbildung des Kundendienstes.

**Kosten für den Entwicklungsprozeß:**

- ◆ Personalkosten (Teammitglieder)
- ◆ Hilfsmittel (CAD, Simulationswerkzeuge, ...)
- ◆ Prototyperstellung (z.B. Designmodelle, Funktionsmodelle, ...)
- ◆ Prototyperprobung
- ◆ Akzeptanztests
- ◆ Dokumentation
- ◆ ...

 **Vertriebs- und Marketingmaßnahmen**

- ◆ Anzeigen, Prospekte, Messepräsentationen,...
- ◆ Anpassung/Aufbau der Vertriebsorganisation
- ◆ Mitarbeiterschulungen
- ◆ ...

 **Einrichtung des Herstellprozesses:**

- ◆ Gebäude, Maschinen, Werkzeuge,
- ◆ Mitarbeitereinstellung und/oder -schulung
- ◆ Logistik für die Versorgung mit Zukaufteilen
- ◆ Bereitstellung für den Vertrieb
- ◆ Einrichtung der Vertriebslogistik
- ◆ Serienanlaufkosten
- ◆ Qualitätssicherungskosten
- ◆ ...

 **Service und Kundendienst**

- ◆ Schulung der Mitarbeiter
- ◆ Organisation der Service- und Kundendienstprozesse
- ◆ Ersatzteilversorgung
- ◆ ...

**Produktentwicklung ist eine Investition, die sich für das Unternehmen lohnen muß!**

*Anfallende Kosten im Zusammenhang mit der Produktentwicklung*

Auch für die Produktentwicklung gilt, dass sich die Investition für das Unternehmen lohnen muss, das neue Produkt muss einen positive Erlösbeitrag liefern. Dabei ist die geforderte Höhe des Erlösbeitrages abhängig von den Zielen des Unternehmens.

Grundsätzlich ist es wichtig, wie auch in den Phasen der Produktentwicklung dargestellt, eine erste Wirtschaftlichkeitsrechnung im Prozess möglichst früh durchzuführen, um eine Entscheidung über die Weiterführung des Projektes zu treffen. Mit

zunehmender Information ist die Wirtschaftlichkeitsrechnung zu wiederholen, um damit genauere Aussagen zu erhalten.

Nachfolgend wird zuerst der Begriff der Wirtschaftlichkeit als solcher sowie die Ziele der Wirtschaftlichkeitsrechnung definiert. Anschließend werden die wichtigsten Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung vorgestellt.

## A.2 Definition des Begriffs WIRTSCHAFTLICHKEIT und Ziele der Wirtschaftlichkeitsrechnung

**Wirtschaftlichkeit ist das Verhältnis von Erträgen zu Aufwendungen**

$$\frac{\text{Erträge}}{\text{Aufwendungen}}$$

Ziele der Wirtschaftlichkeitsrechnung:

- Vergleich alternativer Produktkonzepte.
- Aussage: Lohnt sich die Entwicklung? Ja/Nein
- Wie werden sich kurz-, mittel- und langfristig Erträge und Aufwendungen verhalten?
- Trägt die Entscheidung zur Entwicklung des Produktes zur Verbesserung der wirtschaftlichen Situation des Unternehmens bei?

### A.3 Klassifizierung der Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung

#### Statische Verfahren

*Als statische Verfahren werden diejenigen Rechenmethoden bezeichnet, bei denen zeitliche Unterschiede beim Anfall der Kosten und Erträge - wie auch des Kapitaleinsatzes - nicht berücksichtigt werden.*

Diese Verfahren arbeiten meist mit jährlichen Durchschnittswerten, die meistens aus der ersten Nutzungsperiode abgeleitet und auf die Folgeperiode übertragen werden.

- ◆ Kostenvergleichsrechnung
- ◆ Gewinnvergleichsrechnung
- ◆ Rentabilitätsrechnung
- ◆ Amortisationsrechnung\*

#### Dynamische Verfahren

*Bei dynamischen Verfahren werden durch Diskontierung die zeitlichen Unterschiede im Anfall von Kosten und Erträgen wertmäßig berücksichtigt.*

Somit werden beispielsweise Erträge einer Investition, die im ersten Jahr anfallen, höher bewertet als solche aus späteren Nutzungsjahren, weil die Erträge des ersten Jahres durch die Möglichkeit der Reinvestition höhere Zinserträge erwirtschaften können als die der folgenden Jahre.

- ◆ Kapitalwertmethode\*
- ◆ Annuitätenmethode\*
- ◆ Interne Zinsfußmethode\*
- ◆ Baldwin-Methode (Variante der internen Zinsfußmethode)
- ◆ dynamische Amortisationsrechnung\*
- ◆ (MAPI-Methode)

#### **Anmerkung:**

Die nachfolgend vorgestellten Verfahren dienen im Rahmen der Produktentwicklung dazu, Aussagen zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Produktkonzepte zu erarbeiten!

## A.4 Beschreibung ausgewählter Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung

---

### A.4.1 Amortisationsrechnung

---

#### Idee:

Ermittlung des Zeitraumes, in dem das für eine Investition eingesetzte Kapital über die Erträge wiedergewonnen wird.

#### Amortisationsdauer < Nutzungsdauer

Je kürzer die Amortisationsdauer, um so geringer ist für ein Unternehmen das Risiko, das eingesetzte Kapital zu verlieren und um so früher erwirtschaftet die Investition (das neue Produkt) Gewinn für das Unternehmen.

#### Berechnung:

$$\text{Amortisationszeit [Jahren]} = \frac{\text{Kapitaleinsatz [€]}}{\text{durchschnittl. jährlicher Rückfluss [€ / Jahr]}}$$

**Berechnung des Rückflusses:**

<b>Überschuß/Jahr</b> +	(Gewinn, Kostenersparnis, zusätzlicher Gewinn im Vergleich zum vorhandenen Produkt)
<b>zusätzliche kalkulatorische Abschreibungen/Jahr</b> +	Über kalkulatorischen Abschreibungen freigesetzte Mittel der Investitionen - vorausgesetzt sie sind durch hereingeflossene Erträge abgedeckt.
<b>zusätzliche kalkulatorische Zinsen für Eigenkapital/Jahr</b>	Die Handhabung der kalk. Zinsen ist in der Praxis sehr unterschiedlich. Es sollen diejenigen bei der Gewinnermittlung abgezogenen kalk. Zinsen dem cash flow zugerechnet werden, die die Höhe der Fremdkapitalzinsen übersteigen / <i>Blohm; Lüder; Investitionen/</i>
=	
<b>Rückfluß pro Jahr (Cash Flow / Wiedergewinnung)</b>	

## A.4.2 Kapitalwertmethode

### Idee:

- ◆ Die Auswirkungen einer Investition auf die Kasse kumuliert sich über die ganze Betrachtungsperiode im Barwert, wobei späte Mittelrückflüsse mit einem vorzugebenden Zinssatz diskontiert, d.h. reduziert werden. Je höher der Zinssatz, desto stärker werden schnelle Mittelrückflüsse favorisiert.
- ◆ Der Zinssatz kann neben reinen (Re-)Finanzierungsaufwänden auch Risikoelemente beinhalten.

### Berechnung:

- ◆ Der Kapitalwert ( auch als **Vermögenszuwachs** bezeichnet) berechnet sich zu:

$$C_0 = -KE + \frac{r_1}{\left(1 + \frac{p}{100\%}\right)} + \frac{r_2}{\left(1 + \frac{p}{100\%}\right)^2} + \frac{r_3}{\left(1 + \frac{p}{100\%}\right)^3} + \dots + \frac{r_n}{\left(1 + \frac{p}{100\%}\right)^n}$$

KE...eingesetztes Kapital (Investition) [€]

$r_i$ ...Rückfluss im Jahr  $i$  nach Investition [€]

$p$ ...Diskontierungszinssatz [%]

- ◆ Es sind drei Fälle beim Kapitalwert zu unterscheiden:

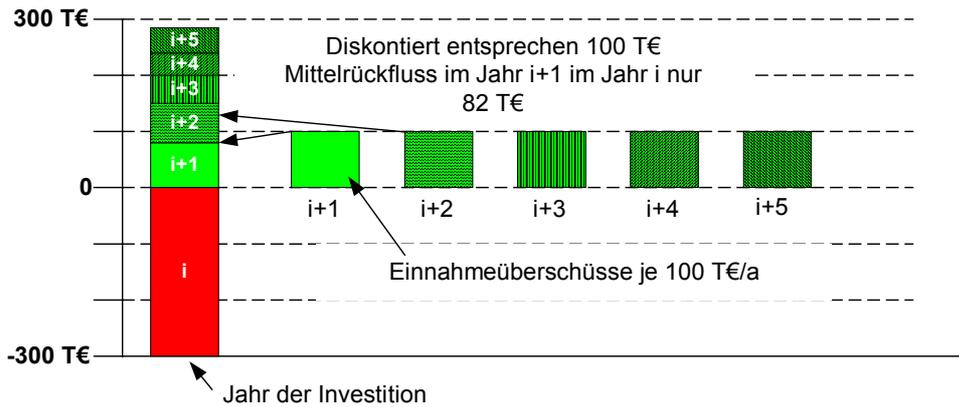
**$C_0 = 0$**  : Eine Investition mit einem Kapitalwert 0 amortisiert sich aus ihren Rückflüssen und erzielt eine Verzinsung in Höhe des angesetzten kalkulatorischen Zinsfuß.

**$C_0 > 0$** : Eine Investition mit einem Kapitalwert größer 0 erzielt neben der Rückgewinnung des eingesetzten Kapitals eine Verzinsung, die über dem kalkulatorischen Zinsfuß liegt. Die Investition bringt also über die Amortisation der für das Projekt benötigten Summe und die kalkulatorischen Zinsen hinaus einen Gewinn.

**$C_0 < 0$** : Eine Investition mit einem Kapitalwert kleiner 0 erreicht dagegen die geforderte kalkulatorische Verzinsung des Kapitaleinsatzes nicht, bzw. erreicht noch nicht einmal die Amortisation des eingesetzten Kapitals.

**Kritische Punkte:**

- ◆ Der Betrachtungszeitraum muss für die Rechnung vorher festgelegt werden (In der Regel ist in Unternehmen aber ein Zeitraum festgelegt, in dem eine Investition amortisiert sein muss).
- ◆ Der Kapitalwert ist ein relativ abstrakter Wert, der schwer zu fassen ist.
- ◆ Die Festlegung des Zinssatzes bietet breiten Spielraum zur Beeinflussung des Resultats.



*Diskontierung von Mittelrückflüssen in den nächsten fünf Jahren auf das aktuelle Jahr bei einem Zinssatz von  $p=22\%$*

### A.4.3 Annuitätenmethode (durchschnittlicher Kapitalwert)

#### Idee:

- ◆ Methode baut auf der Kapitalwertmethode auf.
- ◆ Um Einmalbeträge (Investitionen, Geldrückflüsse) besser veranschaulichen zu können, werden sie auf gleich Durchschnittswerte pro Jahr (annum) umgerechnet.
- ◆ Als Annuität wird die Umrechnung des Kapitalwertes in gleiche Jahresbeiträge bezeichnet.
- ◆ Es wird nach den "jährlichen Kosten, Erträgen" gefragt. (Gerade bei Make-or-Buy Entscheidungen gilt es häufig, wiederkehrende jährliche Kosten Einmalinvestitionen gegenüberzustellen.)

#### Berechnung:

Annuität des Kapitalwertes  $C_0$  = Annuität der Rückflüsse – Annuität des Kapitaleinsatzes

$$\text{Annuität des Kapitalwertes } A(C_0) = \frac{R}{a_n} - \frac{KE}{a_n} = r - \frac{KE}{a_n} = C_0 \cdot \frac{1}{a_n}$$

KE...Kapitaleinsatz gesamt

R...gesamter, diskontierter Rückfluss

$a_n$ ...Wiedergewinnungsfaktor

$$\frac{1}{a_n} = \frac{p(1+p)^n}{(1+p)^n - 1}$$

p...Zinssatz

n...Anzahl Jahre

Das Ergebnis einer solchen Rechnung ist so zu interpretieren, dass das eingesetzte Kapitale KE über die Verzinsung in Höhe von p hinaus einen Gewinn von  $A(C_0)$  pro Zeiteinheit (Monat, Jahr) erwirtschaftet.

#### Kritische Punkte:

- ◆ Der Betrachtungszeitraum muss für die Rechnung vorher festgelegt werden (In der Regel ist in Unternehmen aber ein Zeitraum festgelegt, in dem eine

Investition amortisiert sein muss).

- ◆ Die Umrechnung auf jährliche Beträge lässt die Werte kleiner erscheinen. Liquiditätsmäßig trägt die Umrechnung über die effektiven Geldflüsse hinweg.

**Anmerkung:**

*Die Annuitätenmethode macht im Gegensatz zur Kapitalwertmethode Aussagen über zu erwartende durchschnittliche Jahresüberschüsse.*

**Beispiel:**

Ein Unternehmen investiert 100.000 € in die Entwicklung eines neuen Produktes. In den ersten drei Jahren nach der Markteinführung ergeben sich folgende Rückflüsse:

1. Jahr:	30.000 €
2. Jahr:	50.000 €
3. Jahr:	70.000 €

Die Rückflüsse sind mit 15% zu diskontieren. Berechnen Sie die jährliche Annuität (mögliche jährliche Entnahme aus dem Gewinn des Projektes) für das eingesetzte Kapital und die gegebenen Rückflüsse.

Lösung: Die jährliche Annuität beträgt **4.345 €** für die ersten 3 Jahre.

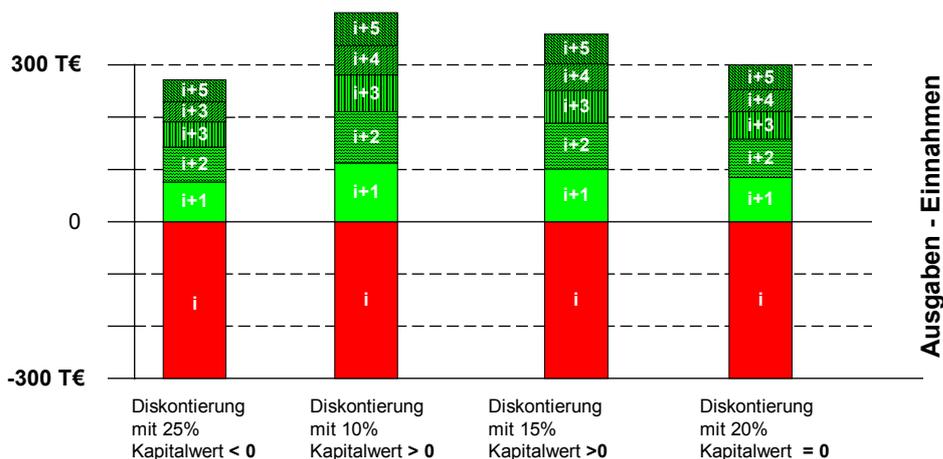
## A.4.4 Interner Zinsfuß

### Idee:

- ◆ Welche Rendite, in Analogie zu einer Finanz-Anlage, wirft die gewählte Investition aus?
- ◆ Entspricht grundsätzlich der statischen ROI-Rechnung unter Berücksichtigung des Geldzeitwertes.

### Rechnung:

- ◆ Die Rechnung entspricht derjenigen des Kapitalwertes. Ist der Kapitalwert größer 0, so wird die Rechnung mit einem höheren Diskontierungssatz wiederholt, ist der Kapitalwert kleiner 0, mit einem niedrigeren.
- ◆ Derjenigen Zinssatz  $p$ , der zu einem Kapitalwert  $C_0 = 0$  führt, heißt **interner Zinsfuß**. (Iteratives Verfahren, kann ziemlich aufwendig sein).



*Diskontierung von Mittelrückflüssen bei unterschiedlichen Zinssätzen  
auf den Zeitpunkt der Investition*

Die Entscheidung des Unternehmens über die Durchführung des Investitionsverfahren ist von der erreichbaren Verzinsung abhängig.

$$P_{\text{Ist}} \geq p_{\text{Soll}}$$

### Kritische Punkte:

Der Betrachtungszeitraum muss für die Rechnung vorher festgelegt werden (In der Regel ist in Unternehmen aber ein Zeitraum festgelegt, in dem eine Investition amortisiert sein muss).

## A.4.5 Dynamische Amortisationsrechnung

---

### Idee:

Ermittlung des Zeitraumes, in dem das für eine Investition eingesetzte Kapital über die Erträge wiedergewonnen wird. Die dynamische Amortisationsrechnung stellt eine Variante der statischen Amortisationsrechnung dar, bei der die Rückflüsse zur Ermittlung der Kapitalrückflussdauer (Amortisationszeit) abgezinst werden.

**Amortisationsdauer < Nutzungsdauer**

**Amortisationszeit (statisch) < Amortisationszeit (dynamisch)**

Je kürzer die Amortisationsdauer, um so geringer ist für ein Unternehmen das Risiko, das eingesetzte Kapital zu verlieren und um so früher erwirtschaftet die Investition (das neue Produkt) Gewinn für das Unternehmen.

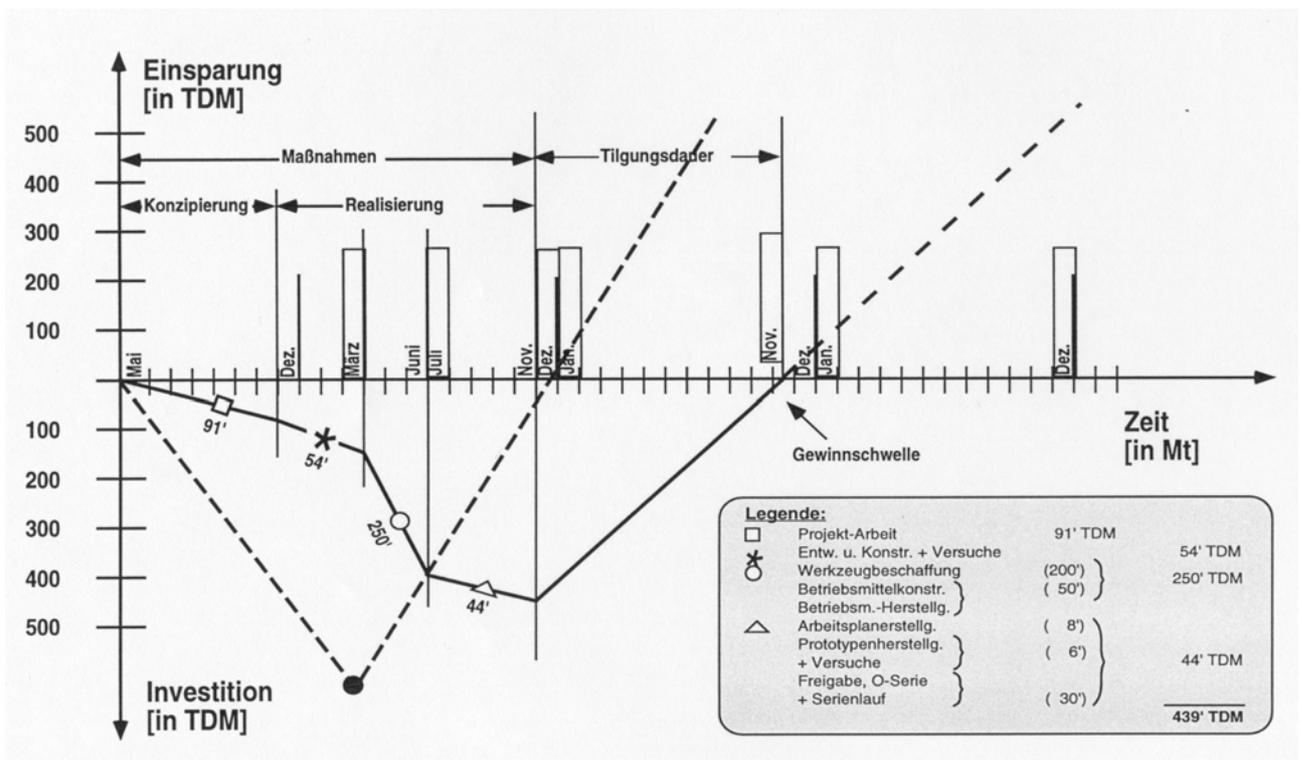
### Berechnung:

$$\text{Amortisationszeit [Jahren]} = \frac{\text{Kapitaleinsatz [€]}}{\text{durchschnittl. jährlicher Rückfluss abgezinst auf das Jahr der Betrachtung [€/Jahr]}}$$

## A.5 Tilgungsdiagramm

Das Tilgungsdiagramm ist ein einfaches Hilfsmittel, die notwendigen Investitionen einerseits und die erwarteten Rückflüsse andererseits gegenüber zu stellen. Die Aussage, die ein solches Diagramm liefert, ist die Zeit, nach der sich das für die Produktentwicklung eingesetzte Kapital wieder amortisiert hat und das Unternehmen Gewinn machen wird.

Dabei lässt sich der notwendige Kapitaleinsatz relative einfach ermitteln. Schwieriger wird es natürlich, die erwarteten Rückflüsse in der Zukunft abzuschätzen. Dieses erfolgt auf der Basis von Marktuntersuchen, in denen erwartete Absatzmengen und Preise ermittelt werden. Diese Daten werden in einem gut geführten Unternehmen als Grundlage für die Entscheidung, ein neues Produkt zu entwickeln und die Zielkosten festzulegen, zur Verfügung stehen.



Beispiel für den Aufbau eines Tilgungsdiagramms

Quelle: Krehl & Partner, Wertanalyse Grundseminar