

ANFORDERUNGS- UND KOSTENGETRIEBENE STEUERUNG DES PRODUKTENTWICKLUNGSPROZESSES

Till Deubel, Michael Steinbach, Christian Weber

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt einen Ansatz vor, der auf Basis des Konzeptes des Property-Driven Development/Design (PDD) eine anforderungs- und kostengetriebene Steuerung des Produktentwicklungsprozesses ermöglicht. Der Ansatz greift dabei bewährte Instrumente zu kostengerechter Konstruktion wie die Zielkostenrechnung (Target Costing) und die Wertanalyse auf und kombiniert diese mit Methoden der anforderungsgerechten Konstruktion.

In dem vorgestellten Konzept wird der Produktentwicklungsprozess durch einen ständigen Soll-Ist-Vergleich zwischen den vom Kunden geforderten Soll-Eigenschaften und den zum aktuellen Entwicklungszeitpunkt bereits realisierten Ist-Eigenschaften gesteuert. Dabei werden jeder Eigenschaft in Abhängigkeit vom Erfüllungsgrad Wertigkeiten aus Sicht des Kunden zugeordnet. Ziel des Konstruktionsprozesses ist die Maximierung der Summe dieser Wertigkeiten. Bei diesem Entwicklungsprozess wird der Konstrukteur durch die explizite Darstellung von Abhängigkeiten, zwischen den zu optimierenden Eigenschaften und den diese Eigenschaften beeinflussenden Merkmalen, im PDD unterstützt.

Der PDD-Ansatz bietet hier die Möglichkeit, die Produktstruktur und die Zusammenhänge zwischen beschreibenden Produktmerkmalen und den vom Kunden wahrgenommenen Produktqualitäten darzustellen und Methoden wie die angesprochene Zielkostenrechnung bzw. die Wertanalyse zu integrieren. Auch die Methode des QFD ist geeignet, um innerhalb des PDD Konzeptes Produktmerkmale und Qualitätseindrücke des Kunden miteinander zu verknüpfen.

1 Ausgangssituation

Komplexe Produkte werden heute meist in Teams entwickelt und konstruiert. Diese Teams bestehen dabei immer häufiger nicht nur aus Mitarbeitern eines einzelnen Unternehmens, sondern setzen sich aus mehreren Ingenieurdienstleistern und Zulieferern zusammen, die gemeinsam über Firmengrenzen, manchmal sogar über Länder- und Kontinentalgrenzen hinweg ein Produkt entwickeln sollen.

Die Involvierung so vieler Personen in Entwicklung und Konstruktion erfordert eine sehr genaue Planung und Steuerung des Produktentwicklungsprozesses damit die Entwicklungsaktivitäten koordiniert und abgestimmt sowie Kosten- und Zeitbedarf im Voraus bestimmt werden können. Einige große Firmen versuchen den Entwicklungsprozess mit Hilfe vordefinierter Ablaufmuster (z.B. mit Ereignisgesteuerten Prozessketten [8]) zu planen. Diese Planung kann aber den dynamisch kreativen Charakter gerade des Produktentwicklungsprozesses mit seinen vielfältigen Iterationen, Sprüngen und Verzweigungen nicht adäquat abbilden und ist daher für dessen echte Unterstützung oder gar Steuerung schlecht geeignet.

Parallel zu den Bemühungen, Produktentwicklung/Konstruktion effizient zu organisieren, versuchen Ansätze, die zum Teil aus der Betriebswirtschaftslehre kommen (wie z.B. die Zielkostenrechnung), teils aber auch vom VDI selbst mitentwickelt wurden (wie die Wertanalyse) kostengerechte Konstruktionen zu erzwingen. Nach Meinung der Autoren, sind diese Verfahren allein nur bedingt geeignet, eine kostengerechte Konstruktion sicherzustellen und kön-

nen, wenn Sie als alleinige Handlungsleitlinie verwendet werden, zu viel Frustrationen in Entwicklungsabteilungen und zu ineffizienten Prozessen führen.

In den Abschnitten 2 und 3 sollen zunächst das Property-Driven Development/Design (PDD) sowie vorhandene Methoden zur Anforderungs-, Kosten- und Qualitätsgerechten Konstruktion skizziert werden. Aufbauend auf dem PDD-Ansatz wird in Kapitel 4 ein neuartiges Rahmenkonzept für qualitäts- und kostengerechte Konstruktionen vorgestellt.

2 Property-Driven Development/Design (PDD)

Der Ansatz des Property-Driven Developments/Design (PDD) wurde in [13,14] eingehend erläutert. Daher sollen im Folgenden nur die zentralen Grundlagen kurz skizziert werden.

Kernpunkt des PDD ist die klare Unterscheidung zwischen Merkmalen und Eigenschaften eines Produktes:

- Die **Merkmale (Characteristics, C_i)** eines Produktes definieren das Produkt, sie können vom Produktentwickler/Konstrukteur direkt festgelegt werden (z.B. Gestalt, Abmessungen, Werkstoff, ...).
- Die **Eigenschaften (Properties, P_j)** beschreiben das Verhalten des Produktes (z.B. Gewicht, Sicherheit, Ästhetik, aber auch etwa Fertigungs-, Montage-, Prüfgerechtigkeit, Umweltgerechtigkeit oder Kosten des Produktes). Sie sind von den Merkmalen, daneben aber auch noch von anderen Faktoren abhängig und können vom Produktentwickler nicht direkt, sondern nur mittelbar – über die Merkmale – festgelegt werden.

Den Kunden interessieren in erster Linie die Eigenschaften eines Produktes. Aufgabe des Produktentwicklers/Konstrukteurs ist es, ausgehend von den geforderten/gewünschten Eigenschaften die Lösung zu finden, d.h. die Merkmale eines Produktes zu definieren, welche die geforderten/gewünschten Eigenschaften besitzt.

Zwischen Merkmalen und Eigenschaften existieren zwei grundlegende Bezüge (Bild 1):

- **Analyse:** Aufgrund bekannter/vorgegebener Merkmale (**C_i**) eines Produktes werden dessen Eigenschaften (wird dessen Verhalten) ermittelt oder – sofern das Produkt physisch noch gar nicht existiert – vorhergesagt. Analysen können sowohl physisch (z.B. am Prototypen) als auch „virtuell“ (z.B. durch digitale Simulation) durchgeführt werden.
- **Synthese:** Aufgrund vorgegebener/geforderter Eigenschaften (**PR_j**; Verhaltensweisen) eines Produktes werden dessen Merkmale festgelegt. Die Synthese ist letztlich der Kern der Produktentwicklung.

Merkmale und Eigenschaften sind durch **Relationen (Relations, R_j)** miteinander verbunden. Die Relationen beschreiben, wie Merkmale und Eigenschaften zusammenhängen, d.h. wie Merkmale Eigenschaften beeinflussen und umgekehrt.

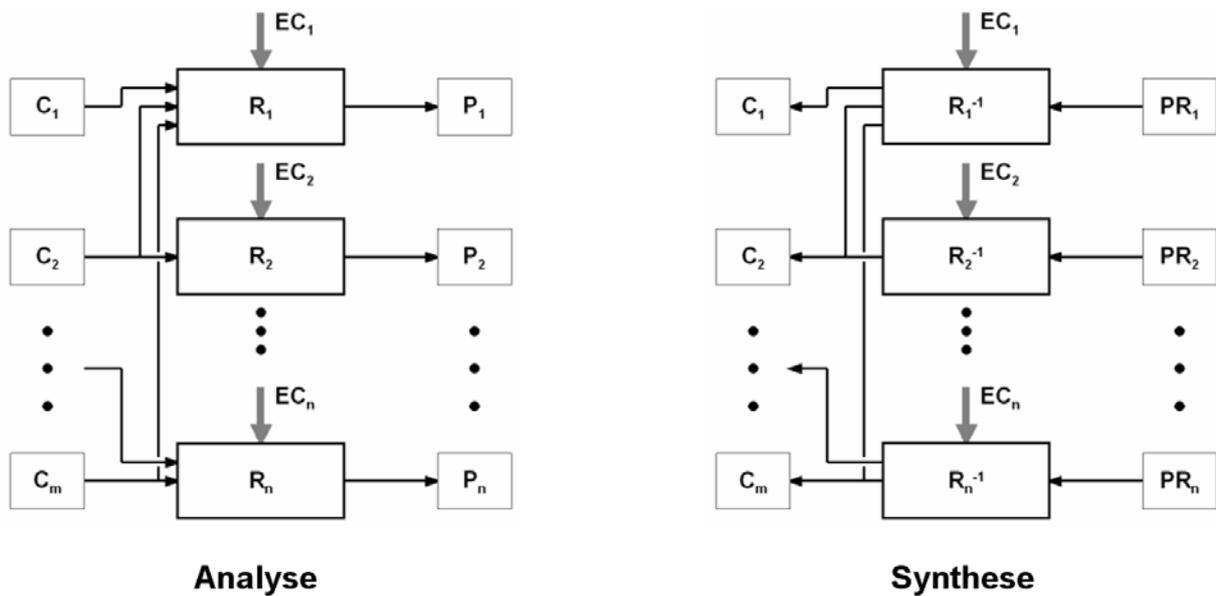


Bild 1: Merkmale (C_i) und Eigenschaften (P_i) durch Relationen (R_i) verknüpft

3 Bestehende Ansätze

3.1 Anforderungs- und Kostengerechte Konstruktion

3.1.1 Kano-Modell

Das Kano-Modell, das in den 1980er Jahren von Professor Noriaki Kano entwickelt wurde, basiert auf Konzepten, die das Qualitätsempfinden des Kunden beschreiben [3]. Der Kerngedanke hierbei ist, den Erfüllungsgrad bestimmter Anforderungen und die daraus resultierende Kundenzufriedenheit gegenüber zu stellen. In Bild 2 ist das grundsätzliche Konzept des Kano-Modells dargestellt.

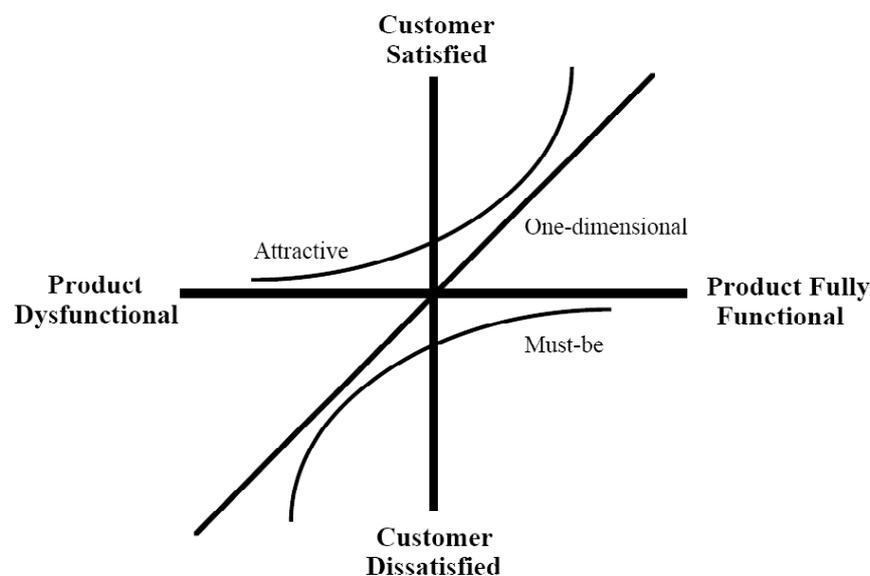


Bild 2: Kano-Modell [3]

Auf der horizontalen Achse ist der Erfüllungsgrad einer Anforderung bzw. der Erfüllungsgrad einer bestimmten Funktion aufgetragen, auf der senkrechten Achse ist der Grad der Kundenzufriedenheit aufgetragen. Kano unterscheidet hierbei drei unterschiedliche Klassen von Kundenanforderungen und deren Zusammenhang zwischen Anforderungserfüllung und Kundenzufriedenheit.

- Als erstes wäre die Klasse der eindimensionalen Kundenanforderungen bzw. „*One-dimensional*“ *customer requirements* zu nennen, die sich dadurch auszeichnen, dass zwischen dem Grad der Erfüllung der Anforderung des Kunden und der Kundenzufriedenheit ein linearer Zusammenhang besteht. Ein Beispiel hierfür wäre der Benzinverbrauch eines Automobils: Je geringer der Benzinverbrauch ist, desto größer ist die Zufriedenheit des Kunden mit dieser Eigenschaft.
- Die zweite Klasse von Kundenanforderungen sind die Anforderungen, die ein Produkt unbedingt erfüllen muss. Diese werden in Bild 2 mit der „*Must-be*“-Kurve beschrieben. Hierbei wird die Tatsache dargestellt, dass der Kunde die Erfüllung bestimmter Eigenschaften bzw. das Vorhandensein gewisser Funktionen erwartet. Ein Beispiel wären die Bremsen eines Automobils, da hier das bloße Vorhandensein einer adäquaten Bremsanlage vom Kunden erwartet wird und zu keiner großen Zufriedenheit führt. Umgekehrt ist eine mangelhafte Bremsanlage ein nicht zu tolerierender Fehler, der zu großer Unzufriedenheit des Kunden führt.
- Die dritte Kurve in Bild 2, die mit „*Attractive*“ beschrieben ist, stellt den Zusammenhang von Kundenzufriedenheit und Grad der Anforderungs- bzw. Funktionserfüllung bei Eigenschaften, die der Kunde nicht erwartet, dar. Ein Beispiel für diese Zusammenhänge wären erweiterte Funktionalitäten eines Mobiltelefons, die nichts mit den eigentlichen Funktionen eines Telefons zu tun haben und die der Kunde nicht erwartet, wie z.B. eine kostenlose Wetter- oder Nachrichtenhotline. Je größer der zusätzliche Informationsgehalt dieser Dienste ist, desto größer ist die Zufriedenheit des Kunden mit dieser zusätzlichen Funktionalität.

In [15] wird ein Ansatz zur Klassifizierung von Eigenschaften von Product-Service Systems vorgeschlagen, der mit der Kano-Einteilung durchaus verwandt, wenn auch nicht identisch erscheint. Die Autoren schlagen dort vor, Eigenschaften in Such-, Vertrauens-, und Erfahrungseigenschaften zu gliedern.

In [3] werden Möglichkeiten aufgezeigt, Kundenbefragungen zur Ermittlung der Anforderungen durchzuführen und die Anforderungen von Kunden in eine der drei vorgestellten Klassen einzuordnen. Zusammenfassend kann das Kano-Modell als wertvolle Hilfe gesehen werden, die Relevanz von bestimmten Produkteigenschaften für den Kunden zu ermitteln.

3.1.2 Zielkostenrechnung (*Target Costing*)

Die Zielkostenrechnung wurde in den 1960er Jahren in Japan entwickelt [6, 10] und ist ein insbesondere im Controlling häufig verwendetes Werkzeug, um Produktkosten zu steuern (d.h. zu begrenzen). Bei der Zielkostenrechnung wird der erzielbare Verkaufspreis eines zukünftigen Produktes z.B. durch eine Marktanalyse ermittelt. Durch Abzug aller Margen und des angestrebten Gewinnes werden die erlaubten Produktkosten, die so genannten Zielkosten bestimmt. Die Zielkosten werden auf die Hauptfunktionen des Produktes entsprechend deren Bedeutung/Wertigkeit für den Kunden aufgeteilt. Jede Funktion wird komplett oder anteilig durch Komponenten des Produktes sichergestellt. Die erlaubten Kosten für eine Funktion werden auf diese die Funktion realisierenden Komponenten aufgeteilt. Das Ergebnis sind die erlaubten maximalen Kosten für jede einzelne Komponente. So ermöglicht es die Zielkostenrechnung, bis auf die Komponentenebene hinab die Kundenwünsche zu berücksichtigen. Mit Hilfe dieser Methoden kann die Konstruktion konzentriert werden auf Funktio-

nen, die dem Kunden wichtig sind. Funktionen, die für den Kunden unwichtig sind (für die er nicht bereit ist zu zahlen) werden erst gar nicht kostspielig realisiert.

Die Zielkostenrechnung bringt auf der anderen Seite aber auch einige Probleme mit sich: Die Ermittlung der genauen erzielbaren Verkaufskosten und der Wertigkeiten der einzelnen Funktionen setzt voraus, dass der Kunde bereits eine sehr gute Vorstellung vom Aussehen und den Funktionalitäten eines zukünftigen Produktes hat. Dies ist insbesondere bei Neukonstruktionen oder beim Einsatz neuer Teillösungen in bekannten Produkten (z.B. ABS im Automobil) nicht zu erwarten. Die Zielkostenrechnung setzt als alleinige Steuergröße in der Konstruktion auf die erlaubten Kosten pro Komponente, ohne zu berücksichtigen, dass einige Komponenten evtl. sehr viel günstiger realisierbar sind, während andere, welche der Kunde vielleicht nicht direkt wahrnimmt, die aber für die Funktionalität des Gesamtproduktes unverzichtbar sind, sehr kostspielig sein können (z.B. Strukturen im Bereich der aktiven und passiven Sicherheit eines Automobils). Schließlich bietet die Zielkostenrechnung auch keinerlei Hilfe bei der konkreten Realisierung (Synthese) der einzelnen Komponenten eines Produktes in der Konstruktion an.

Nichtsdestotrotz ist nach Meinung der Autoren der Grundgedanke der Zielkostenrechnung, dass nämlich ausschließlich der Kunde bestimmt, welche Funktionalitäten ihm wichtig sind (d.h. für was er bereit ist zu zahlen), ein wertvoller Leitgedanke für die Steuerung einer kosten- und anforderungsgerechten Konstruktion.

3.1.3 Wertanalyse (Value Analysis)

Der Basisansatz der Wertanalyse (Value Analysis, Value Management, Value Engineering) wurde bereits Mitte des vergangenen Jahrhunderts von L.D. Miles formuliert. Später wurde die Wertanalyse vom VDI-Zentrum Wertanalyse weiterentwickelt [12, 11]. Diese Methode versucht unter anderem, ähnlich wie die Zielkostenrechnung, die erlaubten Gesamtkosten auf die einzelnen Produktkomponenten gemäß ihrem jeweiligen Anteil an der Erfüllung der Hauptfunktionalitäten des Produktes aufzuteilen. Neu ist hier jedoch die Unterstützung bei der Generierung (Synthese) und Auswahl von Lösungen. Für jede Lösung wird dabei ein „Gesamtnutzwert“ aus der Summe der Erfüllungsgrade der Kriterien bzw. Funktionen der Lösung bestimmt. Der Gesamtnutzwert beeinflusst den Preis, den der Kunde bereit ist für das Produkt zu bezahlen. Dieser Zusammenhang zwischen Gesamtnutzwert und Preis ist in Bild 3 dargestellt.

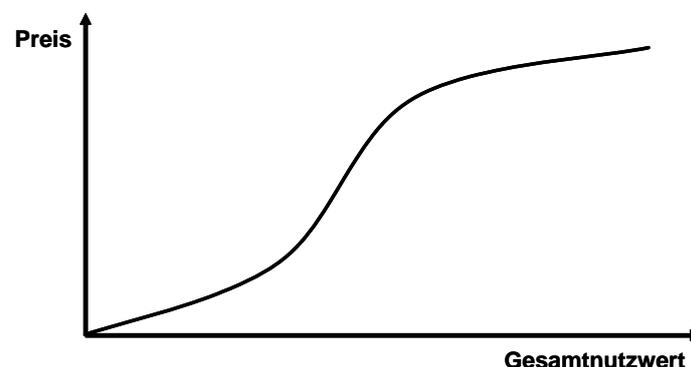


Bild 3: Wertanalyse: Preis-Gesamtnutzwert-Diagramm

Die optimale Lösung ist (nach der Methode der Wertanalyse) die Alternative mit der größten Differenz zwischen Kosten (Produktions-/Herstellkosten) und dem erzielbaren Preis beim Kunden aufgrund des Gesamtnutzwertes. Die auszuwählende Lösung ist also nicht automatisch diejenige, welche die geringsten Kosten verursacht, oder diejenige, für die der Kunde bereit ist den höchsten Preis zu zahlen.

3.2 Qualitätsgerechte Konstruktion

3.2.1 *Quality Function Deployment (QFD)*

Das Konzept des *Quality Function Deployment (QFD)* wurde von Professor Yoji Akao in den späten 1960er Jahren entwickelt und seit 1972 in der japanischen Industrie eingesetzt, [1]. In Europa wird QFD seit Anfang der 1990er Jahre eingesetzt. Dieser Ansatz unterstützt den Konstrukteur dabei, die Qualität des zu entwickelnden technischen Systems zu verbessern und an die Anforderungen des Kunden anzupassen. Unter dem Begriff *Qualität* wird im Rahmen des QFD-Konzeptes die vom Kunden wahrgenommene Ausprägung einer Eigenschaft verstanden¹. Der Ausgangspunkt der Produktentwicklung ist hier die Tabelle der Kundenanforderungen, die die vom Kunden gewünschten Qualitätseigenschaften des Produktes bzw. des technischen Systems enthält. Anhand der geforderten Qualitätseigenschaften werden dann Qualitätselemente entwickelt, die durch so genannte Qualitätsmerkmale beschrieben werden und Träger der geforderten Eigenschaften sind.

Die Ermittlung dieser Qualitätselemente, die den eigentlichen Syntheseschritt in der Produktentwicklung darstellt, wird in diesem Konzept jedoch nur rudimentär unterstützt. QFD ist nach Meinung der Autoren daher nur dann sinnvoll nutzbar, wenn ein mehr oder weniger konkretes Produktkonzept vorliegt. Dies ist zum Beispiel bei einer Anpassungs- oder Variantenkonstruktion der Fall. Dabei werden, die Qualitätsansprüche des Kunden und die produktbeschreibenden Merkmale in Beziehung gesetzt, um daraus Schlüsse zu ziehen, welche Merkmale zur Qualitätsverbesserung verändert werden könnten. Interessant ist hierbei, dass Eigenschaften bezüglich ihrer Wertigkeit für den Kunden und in Abhängigkeit von der Qualität von Konkurrenzprodukten gewichtet werden, um so Schlüsse für die Verbesserung des Produktes zu ziehen. Ein ähnlicher Ansatz, der allerdings auch anwendbar ist, wenn noch kein Entwurf für das zu entwickelnde technische System vorliegt, wird im Rahmenwerk zur qualitäts- und kostengerechten Produktentwicklung in Abschnitt 4 vorgestellt.

3.2.2 *Design for Quality (DFQ) und Total Quality Management (TQM)*

Total Quality Management (TQM) ist ein unternehmensweites Rahmenwerk, welches eine auf Kundenzufriedenheit und Qualität ausgerichtete Unternehmenskultur [5] sicherstellen soll. Für konkrete Handlungsrichtlinien und Methoden in Produktentwicklungsprojekten ist dieses Rahmenwerk zu allgemein gehalten, es kann und soll aber eine Atmosphäre schaffen, in der eine qualitäts- und kostengerechte Konstruktion oberste Leitlinie ist. Unter qualitätsgerechtem Konstruieren bzw. Design for Quality (DFQ) versteht man neben einer allgemein methodisch durchgeführten Produktentwicklung die Anwendung bestimmter Methoden wie der Fehlerbaumanalyse oder der Fehler-Möglichkeiten- und Einflussanalyse (FMEA), die eine qualitätsgerechte Konstruktion sicherstellen sollen [7]. Interessant in diesem Zusammenhang ist das Qualitätskonzept von Andreasen und Hein [2] das teilweise auf den Ansätzen des TQM und des DFQ aufbaut und die Betrachtung auf den gesamten Produktlebenszyklus ausweitet. Die Einteilung in die drei Qualitätskategorien *obligatorische Qualitäten*, die ein Produkt auf jeden Fall beinhalten muss, *Erwartungsqualitäten*, die konkret mit dem bestimmten Unternehmen zusammenhängt, welches das Produkt anbietet, und nur von diesem geliefert werden kann, und *Positionierungsqualitäten*, die die Verkaufsargumentation liefern bzw. als Überraschungseffekt für den Kunden – vergleichbar mit den „Attractive“ Qualitäten aus dem Kano Modell – dienen, erscheint sinnvoll und nachvollziehbar. In [4] werden die hier genannten Qualitäts-Techniken mit Blick auf eine Eingliederung in den klassischen, methodischen Konstruktionsprozess untersucht.

¹ Im Interesse der Kürze wird in diesem Beitrag keine Rücksicht darauf genommen, dass die Begrifflichkeiten im Bereich QFD und im Bereich Konstruktionstheorie/-methodik nicht übereinstimmen.

Ähnlich wie im Kano-Modell wird auch im Modell von Andreasen und Hein unterschieden zwischen den Eigenschaften eines Produktes und der vom Kunden empfundenen Qualität als Ausprägung einer oder mehrerer Eigenschaften (Bild 4).

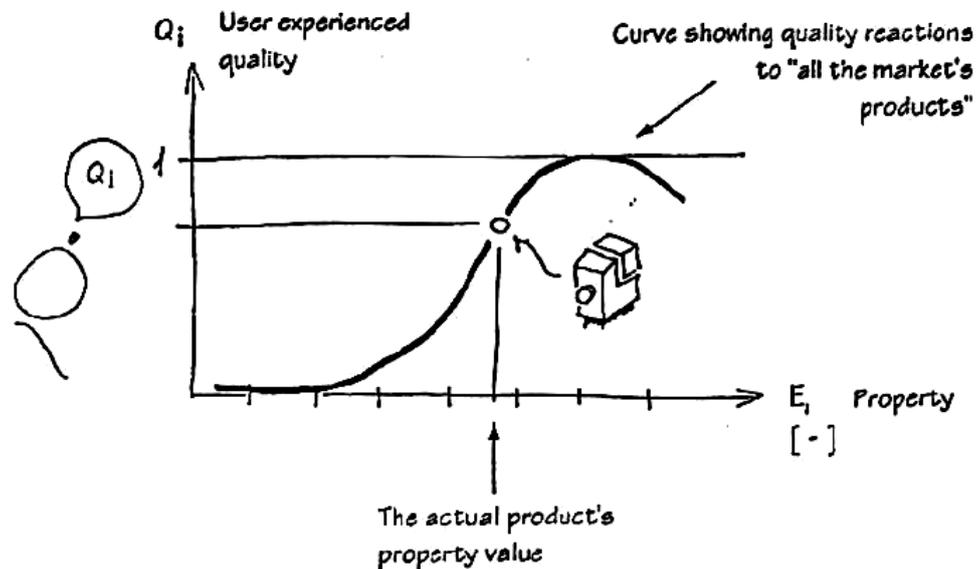


Bild 4: Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Produktqualität [2]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Ansatz von Andreasen und Hein, aber auch das Kano-Modell geeignet scheinen, eine qualitätsgerechte Produktentwicklung, die sich vor allem an den Bedürfnissen des Kunden orientiert, sicherzustellen. Eine Integration dieser Methoden in ein auf dem PDD-Konzept basierendes Rahmenwerk erscheint viel versprechend. Der Zusammenhang zwischen konkreten Eigenschaften und dem Eindruck, den das Produkt beim Kunden hinterlässt, kann dargestellt werden. So kann über die im PDD abgebildeten Relationen Einfluss auf die Merkmale genommen werden.

4 Rahmenkonzept zur qualitäts- und kostengerechten Konstruktion

Die zentrale Aufgabe des Konstrukteurs ist es, für sein Unternehmen ein Produkt zu entwickeln, für das der Kunde bereit ist, einen Preis zu bezahlen, der höher ist als die Gesamtkosten, die dem Unternehmen durch Entwicklung, Produktion, Fertigung, Vertrieb etc. des Produktes entstehen. Der Preis, den der Kunde bereit ist für ein Produkt zu bezahlen, hängt davon ab, wie gut das Produkt die gewünschten bzw. erwarteten Eigenschaften (Aussehen, Funktion, Qualität, ...) erfüllt bzw. übertrifft. Dieser Zusammenhang wurde bereits in der Wertanalyse beschrieben (Abschnitt 3.1.3) und in Bild 1 zusammengefasst.

Letztendlich ist bei der Produktentwicklung die Differenz zwischen den tatsächlichen Kosten und dem Preis zu maximieren. Es ist daher notwendig, die Merkmale eines Produktes, die dessen Struktur beschreiben, und das Qualitätsempfinden, das den Eindruck des Kunden vom Produkt beschreibt, in einer angemessenen Art darzustellen, um den Produktentwicklern eine Möglichkeit zu geben, das Produkt kostengerecht und zielgerichtet an die Kundenanforderungen anzupassen. Der am Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD entwickelte Ansatz des Property-Driven Development/Design (PDD) bietet hier die Möglichkeit, die Produktstruktur und die Zusammenhänge zwischen beschreibenden Produktmerkmalen und den vom Kunden wahrgenommenen Produktqualitäten (Eigenschaften) darzustellen und Methoden wie die angesprochene Zielkostenrechnung bzw. die Wertanalyse zu integrieren.

Wie bereits in Abschnitt 2 gezeigt, werden im PDD einzelne Eigenschaften des Produktes auf der einen Seite und die die jeweiligen Eigenschaften beeinflussenden Merkmale auf der anderen Seite dargestellt. Die beiden Seiten sind über die Relationen miteinander verbunden. Auf der Seite der Eigenschaften muss zwischen den Ist-Eigenschaften (P_j , „*properties*“) zum aktuellem Zeitpunkt und den angestrebten Soll-Eigenschaften (PR_j , *required properties*) unterschieden werden. Während die Ist-Eigenschaften diskrete Werte sind (bzw. in Form diskreter Werte quantifiziert werden müssen), werden die Soll-Eigenschaften in Form einer Funktionserfüllungsgrad/Preis-Kurve ähnlich der in Bild 3 gezeigten Gesamtnutzwert/Preis-Kurve aus der Wertanalyse dargestellt. Die Funktionserfüllungsgrad/Preis-Kurve stellt dabei den Zusammenhang zwischen dem Erfüllungsgrad oder der qualitativen Ausprägung einer einzelnen Eigenschaft und der Wertigkeit, die der Kunde empfindet (d.h. den Preis, den er bereit wäre zu zahlen), dar. Dieser Zusammenhang ist dabei ähnlich zu verstehen wie im Kano-Model (siehe Abschnitt 3.1.1) oder beim DFQ (siehe Abschnitt 3.2.2).

Der PDD-Ansatz kann in sehr anschaulicher Weise den Produktentwicklungsprozess abbilden. Bei der Produktentwicklung findet ein ständiger Wechsel statt zwischen der Festlegung von Merkmalen ausgehend von Soll-Eigenschaften (Synthese) und der Überprüfung, welche Ist-Eigenschaften die gewählte Merkmalskombination zur Folge hat (Analyse). Bild 5 stellt den Ablauf während der Produktentwicklung schematisch dar:

- Nach der Festlegung der geforderten Eigenschaften des zu entwickelnden Produktes (PR_j , *required properties*, „Soll-Eigenschaften“) in Form von Funktionserfüllungsgrad/Preis-Kurven werden im ersten Durchlauf zunächst durch Synthese aus einigen dieser geforderten Eigenschaften einige Merkmale (C_i) des Produktes festgelegt (Bild 5, I).
- Es folgt ein Analyseschritt (Bild 5, II), in dem die bislang gegebenen Merkmale im Hinblick auf ihre Eigenschaften untersucht werden – auch im Hinblick auf Eigenschaften, die zuvor noch gar nicht explizit berücksichtigt waren, sofern dies zu diesem Zeitpunkt bereits möglich ist (P_j , „Ist-Eigenschaften“).
- Das bisher gewonnene Wissen über die in der Entstehung begriffene Lösung (P_j , „Ist-Eigenschaften“) wird in die Funktionserfüllungsgrad/Preis-Kurven (PR_j , „Soll-Eigenschaften“) eingesetzt (Bild 5, III) und durch eine Summation der Einzelwertigkeiten eine „Gesamtwertigkeit“ der aktuellen Merkmalskombination ermittelt (Bild 5, IV).
- Die Betrachtung der aktuellen Position auf den Funktionserfüllungsgrad/Preis-Kurven offenbart noch bestehende Defizite und zeigt die Potentiale der Konstruktion auf. Diese sind letztlich die treibende Kraft des weiteren Prozessverlaufes. Dabei ist die Optimierung der Eigenschaften am lohnendsten, bei denen bereits eine kleine Änderung des Funktionserfüllungsgrades hohe (positive) Änderungen beim erzielbaren Preis bewirkt (große Steigung der Kurve).
- In einem nächsten Schritt werden wieder Merkmale festgelegt oder modifiziert (Synthese), mit dem Ziel, die Summe der Wertigkeiten zu vergrößern. Es folgt ein Analyseschritt zur Überprüfung der tatsächlichen Ist-Eigenschaften usw.

Der Entwicklungsprozess ist abgeschlossen, wenn alle Merkmale und alle Beziehungen (Relationen) bekannt sind, die notwendig sind, um den Einfluss auf die geforderten Eigenschaften zu ermitteln. Erst dann kann mit Sicherheit festgestellt werden, auf welchen Punkten der Funktionserfüllungsgrad/Preis-Kurven zwischen Eigenschaftserfüllung und Wertigkeit der Eigenschaftsausprägung für den Kunden die aktuelle Konstruktion sich befindet und mit welchen Produktmerkmalen der Erfüllungsgrad einer Eigenschaft beeinflusst werden kann. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass durch den hohen Grad der gegenseitigen Abhängig-

keit eine einzelne Eigenschaft in der Regel nicht isoliert betrachtet werden kann, da sie in der Regel weitere Eigenschaften mit beeinflusst².

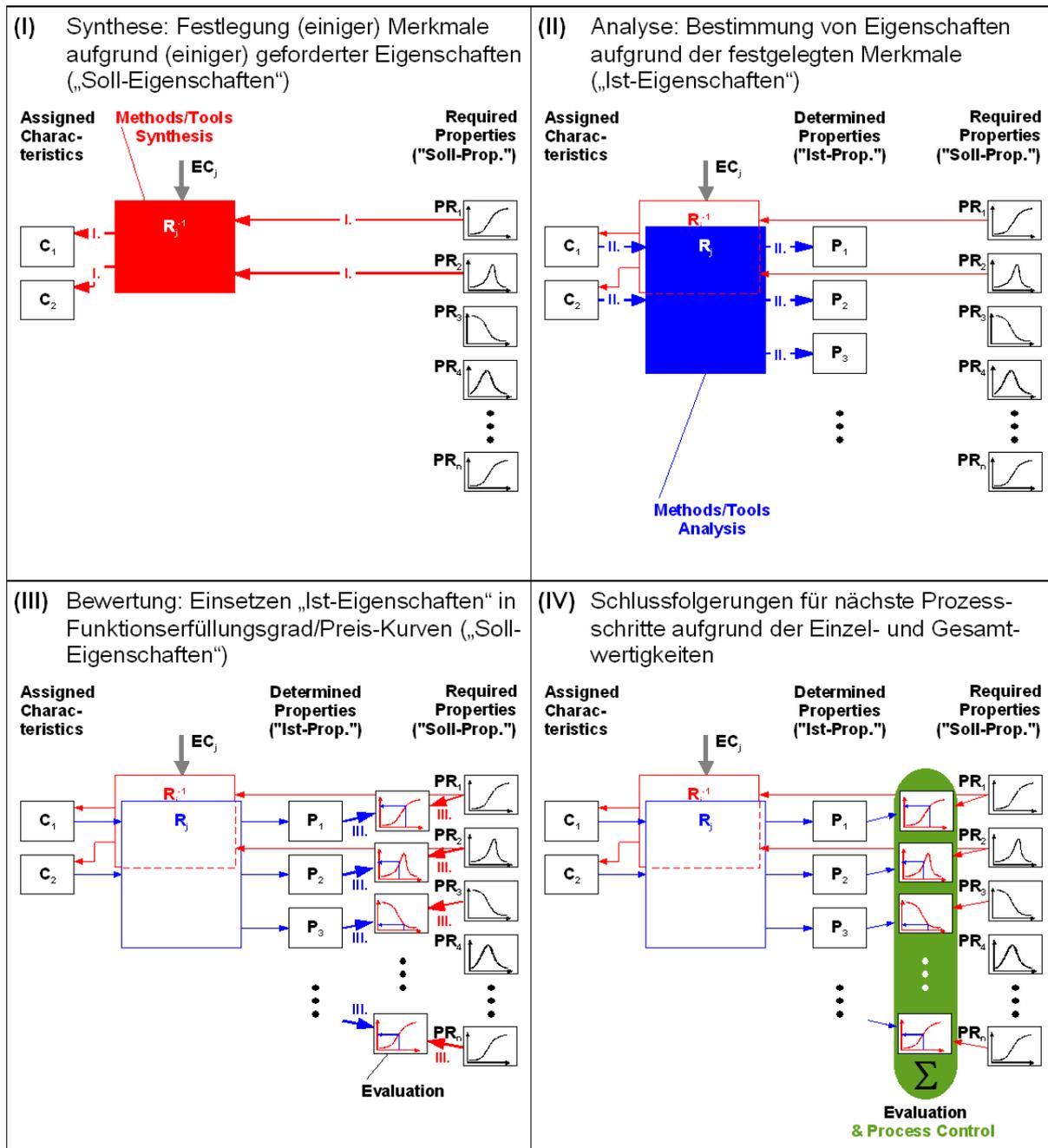


Bild 5: Schematischer Ablauf der Produktentwicklung

Durch die Darstellung der Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und Merkmalen mit Hilfe der Relationen (R_j) im PDD wird dem Konstrukteur ähnlich wie beim QFD (siehe Abschnitt 3.2.1) explizit gezeigt, mit welchen Merkmalen er bestimmte Eigenschaften beeinflussen kann. Gleichzeitig werden die möglichen Konsequenzen, die Merkmalsänderungen auf andere Eigenschaften haben könnten, verdeutlicht.

² Der Ansatz des so genannten Axiomatic Design nach Suh [9] definiert die vollständige Entkopplung aller Eigenschaften und Merkmale als „optimale Konstruktion“. Die Autoren sehen dieses Postulat allerdings sehr kritisch.

Das hier vorgestellte Rahmenkonzept ermöglicht so eine direkte Verbindung zwischen den für den Kunden relevanten Eigenschaften und den vom Konstrukteur beeinflussbaren Merkmalen eines Produktes. Dabei wird der Entwicklungsprozess gesteuert von den „Wertigkeiten“, welche die Eigenschaftsausprägungen für den Kunden haben. Für ein Unternehmen sind letztendlich nur Produkte gewinnbringend herzustellen, bei denen die Differenz zwischen dem Preis, den der Kunde aufgrund der Eigenschaftsausprägungen bereit ist zu bezahlen, und den Gesamtkosten, die das Produkt bei Konstruktion, Herstellung, Vertrieb etc. verursacht, maximal ist.

5 Literatur

- [1] Akao, Y.: QFD Quality Function Deployment. vmi, Landsberg, 1992
- [2] Andreasen, M.M.; Hein, L.: Quality-oriented efforts in IPD – a framework. In: Tagungsband des Integrated Product Development Workshop IPD, Magdeburg, 1998
- [3] Berger, C.; et al.: Special issue on Kano's method for understanding customer-defined quality. Center for Quality Management Journal, Vol 2, No 4, 1993
- [4] Cuber, M.: Entwicklung einer Strategie zur qualitätsgerechten Modellierung des Entwicklungs-Konstruktionsprozesses. Dissertation an der Universität des Saarlandes, Schriftenreihe Produktionstechnik, Hrsg: H. Bley, C. Weber, Saarbrücken, 1996
- [5] Frehr, H.-U.: Total Quality Management. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1993
- [6] Glaser, H.: Target Costing as a Strategic Controlling Instrument. In: Strategic Management – A European Approach, p. 221ff, Wiesbaden, 2002
- [7] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.H. (Hrsg.): Pahl/Beitz, Konstruktionslehre, Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendungen, 5. neu bearb. und erw. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2003
- [8] Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 7. durchges. Aufl., Springer-Verlag, Berlin et al., 1997
- [9] Suh, N.P.: The Principles of Design. Oxford University Press, 1990
- [10] Tanaka, M.: Cost Planning and Control Systems in the Design Phase of a New Product. In: Japanese Management Accounting, Cambridge (Massachusetts), 1989
- [11] VDI-Richtlinie 2800: Wertanalyse. 2000
- [12] VDI-Zentrum Wertanalyse (Hrsg.): Wertanalyse, Idee – Methode – System. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1995
- [13] Weber, C.; Deubel, T.: Von CAx zu PLM – Überlegungen zur Software-Architektur der Zukunft. VDI-Fachtag. "Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung; Von CAx zu PLM" in Stuttgart 18/19.06.02, Tagungsb. Abschn. 5, VDI, Düsseldorf, 2002
- [14] Weber, C.; Werner, H.; Deubel, T.: A Different View on PDM and its Future Potentials. Journal of Engineering Design 14 (2003) 4, S. 447-464, 2003
- [15] Weber, C.; Steinbach, M.; Botta, C.; Deubel, T.: Modelling of Product-Service Systems (PSS) based on the PDD Approach. In: Tagungsband Volume 1, Design 2004 – 8th International Design Conference, Design Society, Glasgow, 2004

Dipl.-Ing. Till Deubel, Dipl.-Ing. Michael Steinbach, Prof. Dr.-Ing. Christian Weber
Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD
Postfach 15 11 50, D-66041 Saarbrücken
Tel: +49-681-302-3607, Fax: +49-681-302-4858
Email: deubel@cad.uni-sb.de, steinbach@cad.uni-sb.de, weber@cad.uni-sb.de
URL: <http://www.cad.uni-saarland.de>