

**Heft 167**

**M. Wittmann, A.-W. Scheer**

**FIT**

**Featurebasiertes Integriertes Toleranzinformationssystem**

**September 2000**

## **Zusammenfassung**

In diesem Bericht wird das Konzept eines Toleranzinformationssystem vorgestellt, das es einerseits erlaubt, toleranzbezogene Zeiten und Kosten zu berechnen und andererseits als Informationsinstrument für alle am Product-Life-Cycle beteiligten Instanzen dient. Somit vereinigt das Konzept die technische mit der betriebswirtschaftlichen Sicht auf Toleranzen. Die Aufgabe des Toleranzinformationssystems ist es, unternehmensweit alle relevanten Informationen zu sammeln, zu managen und dem Konstrukteur zur richtigen Zeit zur Verfügung zu stellen. Somit kann der Produktentwicklungsprozess entscheidend beschleunigt werden. Realisiert wurde das Konzept unter Zuhilfenahme der Feature-Technologie im "**F**eaturebasierten **I**ntegrierten **T**oleranzinformationssystem FIT".

**Stichwörter:** Toleranzen, Produktentwicklung, entwicklungsbegleitende Kalkulation, Feature-technologie

## **Abstract**

The paper presents a concept for setting up a tolerance information system, which on the one hand calculates time and costs resulting from each tolerance and on the other hand serves as a decision support system for all business processes. Thus, the concept combines the technical with the economical view of tolerances. The purpose of the tolerance information system is to collect and manage relevant tolerance information from all business activities within the company and to support the design engineering by providing information about costs, time and feasibility of a given tolerance in a feedback loop. In this way, product development can be accelerated dramatically. The concept has been implemented by the help of Feature-Technology in the "**F**eaturebased **I**ntegrated Tolerance-Information-System FIT".

**Keywords:** tolerances, product development, cost calculation, feature technology

## Inhalt

<b>INHALT .....</b>	<b>I</b>
<b>ABKÜRZUNGEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ABBILDUNGEN.....</b>	<b>III</b>
<b>1 DIE BEDEUTUNG VON TOLERANZEN IM PRODUKTLEBENSZYKLUS.....</b>	<b>1</b>
1.1 VERTEILUNG VON TOLERANZINFORMATIONEN .....	1
1.2 PRODUKTENTWICKLUNG .....	3
1.3 KALKULATIONSVERFAHREN .....	4
1.3.1 Überblick.....	4
1.3.2 Kalkulationsverfahren speziell für Toleranzen .....	5
1.3.3 Konstruktionsbegleitende Kalkulation.....	7
1.4 TOLERANZBEGRIFF.....	8
1.5 FEATURE-TECHNOLOGIE .....	9
1.5.1 Definition von Features .....	9
1.5.2 Anwendungsstrategien für Features .....	10
1.5.3 Einsatzgebiete von Features .....	11
1.5.4 Toleranz-Feature .....	11
<b>2 KONZEPT DES TOLERANZINFORMATIONSSYSTEMS.....</b>	<b>13</b>
<b>3 TARGET COSTING ALS KERN DES KOSTENMODULS.....</b>	<b>17</b>
3.1 FUNKTIONSWEISE .....	17
3.2 EINSATZ INNERHALB FIT .....	18
3.3 GRENZEN DES EINSATZES VON TARGET COSTING .....	19
<b>4 REALISIERUNG DES PROTOTYPEN.....</b>	<b>20</b>
4.1 ARCHITEKTUR .....	20
4.2 SCHNITTSTELLEN .....	21
<b>LITERATUR.....</b>	<b>IV</b>
<b>ANHANG A.....</b>	<b>VII</b>

## Abkürzungen

bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAP	Computer Aided Planning
CAPP	Computer Aided Process Planning
CAQ	Computer Aided Quality Assurance
CAX	Computer Aided Systems
D.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DV	Datenverarbeitung
ERP	Enterprise Resource Planning
et al.	et altera
ff.	folgende
FIT	Featurebasiertes Integriertes Toleranzinformationssystem
html	Hypertext Markup Language
http	Hypertext Transfer Protocol
MAIS	Marketing-Informationssystem
NC	Numeric Controled
o.V.	Ohne Verfasser
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
S.	Seite
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
u.a.	unter anderem
u.ä.	und ähnliches
u.U.	unter Umständen
Vgl.	vergleiche
www	World wide web
z.B.	zum Beispiel

## Abbildungen

Abbildung 1: Referenzmodell zur Nutzung verteilten Toleranzwissens .....	2
Abbildung 2: Toleranzwissensbasis als Unterstützungswerkzeug für verschiedene Unternehmensbereiche.....	3
Abbildung 3: Einflüsse der Lebensstufen eines Produkts auf die Produktentwicklung .....	3
Abbildung 4: Kostenbeeinflussung und –beurteilung während der Produktentwicklung .....	4
Abbildung 5: Klassifikation von Kalkulationsverfahren .....	5
Abbildung 6: Klassifikation von Kalkulationsverfahren für Toleranzen.....	6
Abbildung 7: Toleranzarten.....	8
Abbildung 8: Einflussgrößen auf die Festlegung von Toleranzen.....	9
Abbildung 9: erweitertes Toleranz-Feature .....	12
Abbildung 10: Integriertes Toleranzinformationssystem .....	15
Abbildung 11: Vergleich von klassischem (links) und zielkostenorientiertem (rechts) Vorgehen bei der Produktentwicklung beim Durchlaufen der Konkretisierungsstufen .....	18
Abbildung 12: Zielkostenkontrolldiagramm .....	19
Abbildung 13: Aufbau des Systems.....	21
Abbildung 14: Datenmodell Toleranzinformationssystem .....	22
Abbildung 15: Screenshot des Featurebasierten Integrierten Toleranzinformationssystems .....	23

# 1 Die Bedeutung von Toleranzen im Produktlebenszyklus

Mitarbeiter der Entwicklung und Konstruktion sowie die Mitarbeiter der Fertigung und Qualitätssicherung sehen sich häufig mit dem Phänomen konfrontiert, dass technische Erzeugnisse nicht genau auf Sollmaß gefertigt werden können. Vielmehr sind -je nach technischem Aufwand- mehr oder weniger große systematische und/oder zufallsbedingte Abweichungen vom Sollmaß unvermeidbar. Dies gilt vor allem für technische Erzeugnisse, die in großen Serien oder in Massenproduktion hergestellt werden. Der Konstrukteur reagiert auf diese Abweichungen, indem er alle Maße toleriert, d.h. Grenzmaße -direkt oder indirekt- vorgibt, zwischen denen die Istmaße der Werkstücke liegen müssen.

Viele Konstrukteure handeln beim Tolerieren nach den Grundsatz: "Toleranzen so weit wie möglich und so eng wie nötig" mit dem Nachsatz: "im Zweifel besser zu eng" und Fälle ohne Zweifel sind eher selten.<sup>1</sup> Dies führt zu sogenannten Angsttoleranzen, die nur unter erhöhtem technischen Aufwand zu fertigen und somit unwirtschaftlich sind.

Um dieser Unwirtschaftlichkeit entgegenzutreten wird in diesem Beitrag ein Konzept vorgestellt, das es erlaubt, die vom Konstrukteur vergebenen Toleranzinformationen rechnergestützt zu interpretieren, und mit Zusatzinformationen anzureichern. Sie dienen dann als Entscheidungsunterstützung und tragen dazu bei, den Produktentwicklungsprozess zu beschleunigen.

Realisiert ist das Konzept im "Featurebasierten Integrierten Toleranzinformationssystem FIT", dessen Aufbau an späterer Stelle beschrieben wird. Um die einzelnen Bausteine von FIT zu erläutern, die für die Generierung der oben erwähnten Zusatzinformationen verantwortlich sind, werden in diesem Kapitel einige Grundlagen erarbeitet, die für das weitere Verständnis hilfreich sind.

## 1.1 Verteilung von Toleranzinformationen

In der klassischen Produktentwicklung sind technische Toleranzen zunächst einmal nur eine Folge von Zeichen, die ohne weitere Semantik an der technischen Produktbeschreibung, d.h. der Zeichnung, hängen. Üblicherweise werden die Toleranzsymbole in der Arbeitsvorbereitung ausgelesen, interpretiert und in konkrete Arbeitsanweisungen umgesetzt. An dieser Stelle werden die vom Konstrukteur vergebenen Zeichen zu Informationen, die eine erhebliche Wirkung auf den weiteren Produktionsprozess haben.

Somit ist es hilfreich, einen Überblick darüber zu haben, an welcher Stelle im Produktlebenszyklus Toleranzinformationen erzeugt werden und an welcher Stelle sie benötigt werden. Dazu ist eine Untersuchung des Beziehungsgeflechts zwischen den toleranzinformationserzeugenden zu den toleranzinformationsverwendenden Stellen innerhalb des Product-Life-Cycles notwendig. Überdies

---

<sup>1</sup> Vgl. *Kirschling* 1988, S. 1.

muss festgestellt werden, mit welchen Unterstützungswerkzeugen die einzelnen Bereiche bislang solche Informationen erzeugen, speichern und zugänglich machen. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist ein Referenzmodell, das die Zusammenhänge von Toleranzinformationsquellen zu Toleranzinformationssenken über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg abbildet. Das Referenzmodell ist hierbei als Dokumentation des Prozesswissens zu verstehen, die zur Geschäftsprozessmodellierung und somit auch zur Konzipierung von DV-Systemen genutzt werden kann<sup>2</sup>. Eine skizzenhafte Darstellung dieses Referenzmodells auf hoch aggregierter Ebene ist in Abbildung 1 gegeben.

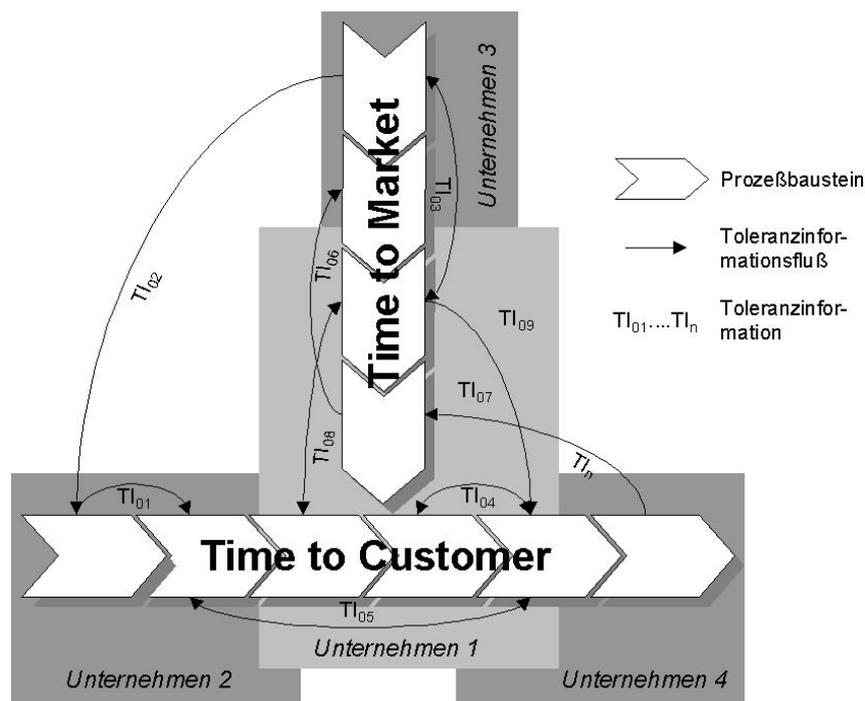


Abbildung 1: Referenzmodell zur Nutzung verteilten Toleranzwissens

Die Zusammenführung der in den einzelnen Bereichen dezentral gehaltenen Toleranzinformationen in das unternehmensübergreifende Toleranzinformationssystem kann anhand einer Toleranzwissensbasis realisiert werden, die auf den Regeln des oben beschriebenen Referenzmodells basiert. Die einzelnen Bereiche, die mit Softwarewerkzeugen arbeiten, die für spezielle Aufgabenfelder zugeschnitten sind (z.B. CAD-, CAE-, CAP-, CAM-, CAQ-Systeme), können nun über die Toleranzwissensbasis auf Toleranzinformationen zugreifen, die in anderen Bereichen erzeugt und auch dort lokal gehalten werden. Die Struktur dieses Unterstützungswerkzeuges ist in Abbildung 2 skizziert.

<sup>2</sup> Vgl. Scheer 1998a, S. 61.

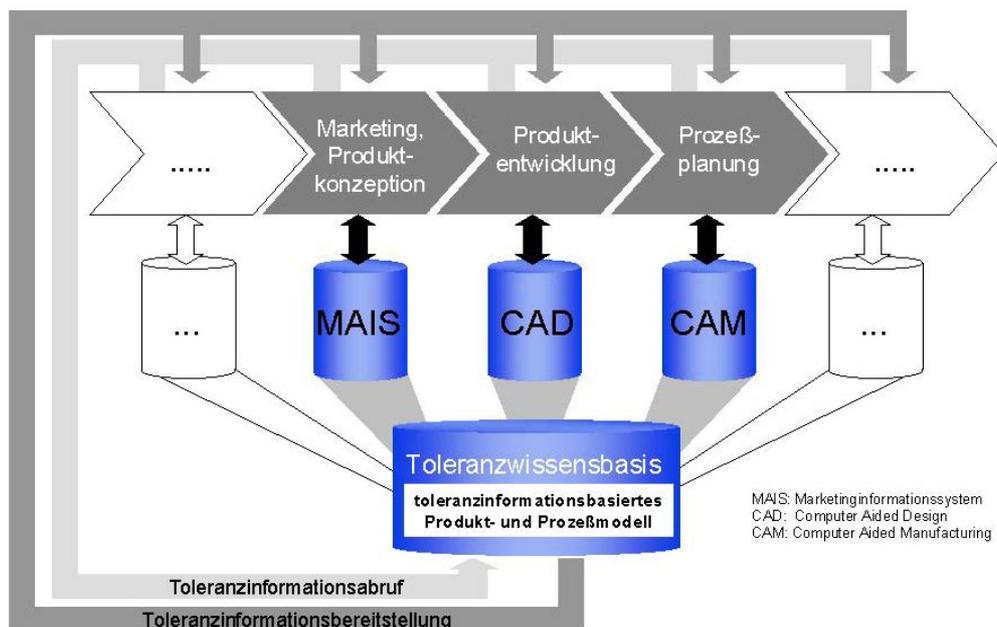
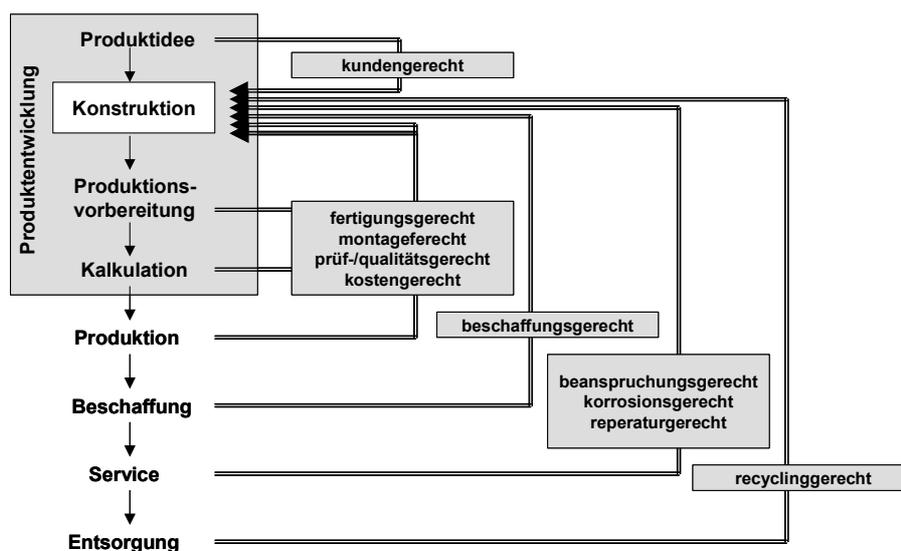


Abbildung 2: Toleranzwissensbasis als Unterstützungswerkzeug für verschiedene Unternehmensbereiche

## 1.2 Produktentwicklung

Trotz der Aussage, in den meisten Unternehmen sei “die Produktentwicklung eine Mischung aus schwarzer Kunst und esoterischen Ritualen“,<sup>3</sup> kann man doch eine gewisse Systematik ableiten, mit der die Produktentwicklung in den Produktlebenszyklus eingebunden ist (vgl. Abbildung 3). Die Konstruktion steht hierbei im Mittelpunkt der Produktentwicklung und muss aus den ihr vor- und nachgelagerten Bereichen resultierende Gerechtigkeitsforderungen berücksichtigen.

Abbildung 3: Einflüsse der Lebensstufen eines Produkts auf die Produktentwicklung<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Vgl. Reinertsen (1998), S. XVI.

<sup>4</sup> Vgl. Scheer 1997, S. 533.

Vor der Tatsache betrachtet, dass die Konstruktion 70% der Produktkosten definiert,<sup>5</sup> aber innerhalb des Konstruktionsprozesses, der sich in die Phasen Planen, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten gliedert, sich die Kenntnis der Kosten eines Produkts umgekehrt zur Kostenbeeinflussung verhält, erscheint es um so wichtiger, geeignete Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, die es erlauben, zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Produktentwicklung eine möglichst hohe Transparenz über die Produktionsmöglichkeiten (und somit über die Kosten und die Termintreue) zu ermöglichen (vgl. Abbildung 4).

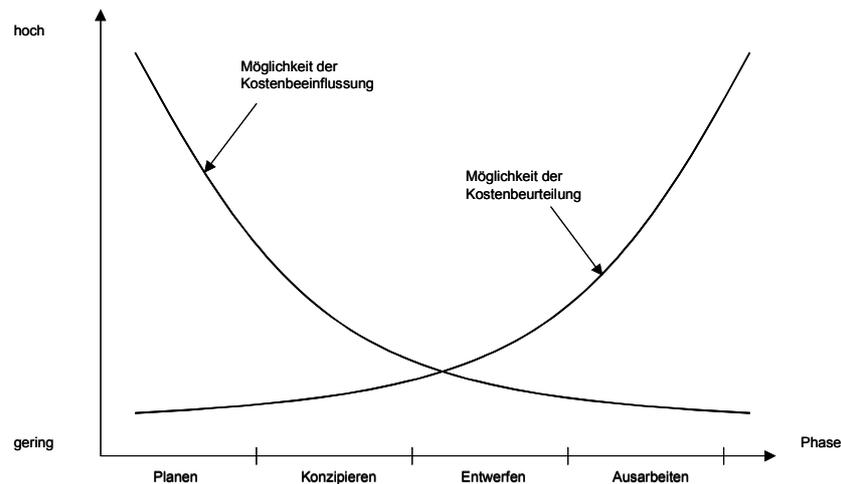


Abbildung 4: Kostenbeeinflussung und -beurteilung während der Produktentwicklung<sup>6</sup>

## 1.3 Kalkulationsverfahren

### 1.3.1 Überblick

Im Rahmen der Bereitstellung von Kosteninformation können Daten in Form von absoluten Kostenwerten und von Relativkosten verfügbar gemacht werden. Zur Durchführung der Kostenberechnung sind viele unterschiedliche Verfahren bekannt.

Prinzipiell unterscheidet man zwischen pauschalen (heuristischen) und analytischen Verfahren (vgl. Abbildung 5).<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Vgl. Ehrlenspiel/Kiewert/Lindemann 1998, S. 12.

<sup>6</sup> Vgl. Ehrlenspiel/Kiewert/Lindemann 1998, S. 10.

<sup>7</sup> Vgl. Scheer 1985, S. 20.; Scheer/Bock/Bock 1990, S. 6.

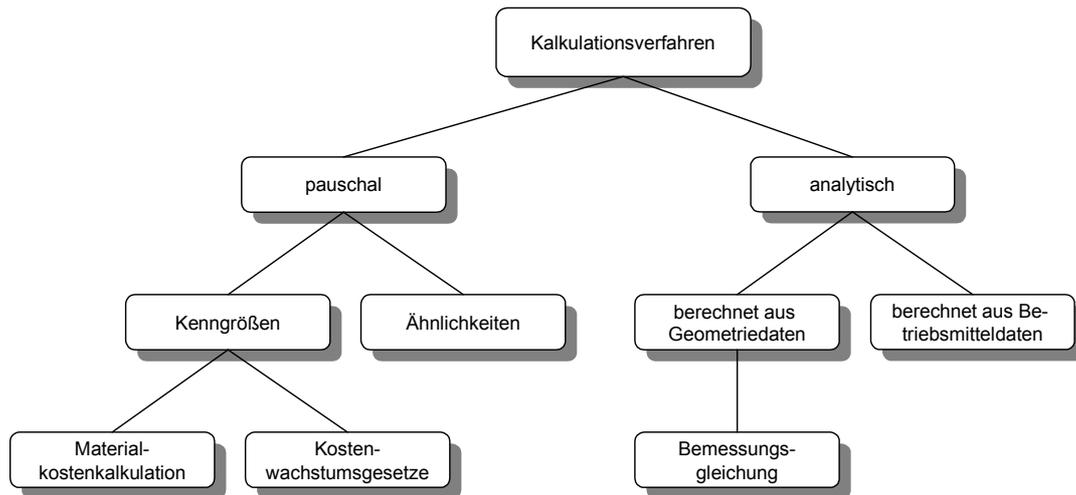


Abbildung 5: Klassifikation von Kalkulationsverfahren

Die **pauschalen Verfahren** treffen Kostenaussagen auf einem hohen Abstraktionsniveau. Es werden weniger Daten für ihre Auswertung benötigt (z.B. Kenngrößen wie Größe oder Gewicht eines Produkts). Daher liefern sie ein unsicheres Ergebnis und können nur für Produktgruppen verwendet werden.

Die **analytischen Verfahren** haben einen hohen Datenbedarf. Oft muss die Geometrie des Produkts bekannt sein. Die Kostenaussagen, die sie liefern, sind aber entsprechend genauer.

Bei der **Kenngrößenkalkulation** werden die Herstellkosten über funktionale Abhängigkeiten zwischen Kenngrößen (Sachmerkmalen) und den Kosten hergeleitet. Sachmerkmale können z.B. Gewicht, Tragfähigkeit, Fördervolumen oder Leistung sein.

**Kostenwachstumsgesetze** ziehen auf der Basis eines repräsentativen Grundentwurfs geometrisch ähnlicher bzw. geometrisch halbähnlicher Produkte über Formeln Schlüsse auf die Herstellkosten von Folgeentwürfen. Geometrische Abhängigkeiten können von der Baugröße, Stückzahl, Oberfläche und Volumen abgeleitet werden.

### 1.3.2 Kalkulationsverfahren speziell für Toleranzen

**Pauschale Kalkulationsverfahren** erscheinen für die Bestimmung von Toleranzkosten ungeeignet, da bei diesen Verfahren die Gesamtkosten eines Werkstücks abgeschätzt werden. Heuristische Verfahren verdecken demnach die Kostenstruktur eines Produkts und sind meist nur auf spezielle Produktgruppen mit einem bestimmten Eigenschaftsprofil zugeschnitten. Aus welchen Einzelkostenfaktoren (z.B. Maschinenstundenkosten, Prüfkosten, Materialkosten) sich die Gesamtkosten zusammensetzen kann nicht abgeleitet werden. Toleranzkosten sind in diesen Verfahren enthalten, können jedoch nicht explizit ermittelt werden. Somit sind solche Verfahren meist ungeeignet, Maßnahmen zur Kostensenkung zu bewerten.

**Analytische Kalkulationsverfahren** sind zur Analyse von Toleranzkosten besser geeignet, da diese Einzelkostenfaktoren als Ausgangsgrößen betrachten. Die Summe dieser Kostenfaktoren stellen die

Gesamtkosten dar. Diese Einzelkostenfaktoren können genutzt werden, um eine Aussage über Toleranzkosten zu treffen.

Der Nachteil der analytischen Verfahren ist, dass diese aufwendiger als die pauschalen sind. Dieser Nachteil kann teilweise verringert werden, indem man die Relativtoleranzkosten anstatt der Absoluttoleranzkosten bestimmt.

Unter relativen Toleranzkosten versteht man die Kostendifferenz, die durch Veränderung eines Toleranzfaktors entsteht. Relativkosten können demnach dem Konstrukteur die kostenbezogenen Veränderungen aufzeigen, resultierend aus der Forderung engerer oder weiterer Toleranzen an ein Produkt. Die Analyse der Relativkosten hat den Vorteil, dass nur die Kostendifferenz der sich ändernden Kostenfaktoren einbezogen wird und damit viele Kostenfaktoren unberücksichtigt bleiben können. So sind z.B. die Materialkosten für das gleiche Produkt mit unterschiedlichen Toleranzen identisch. Abbildung 6 fokussiert den rechten Zweig von Abbildung 5 speziell für Toleranzen, da nur dieser Zweig für die Toleranzkostenanalyse relevant ist.

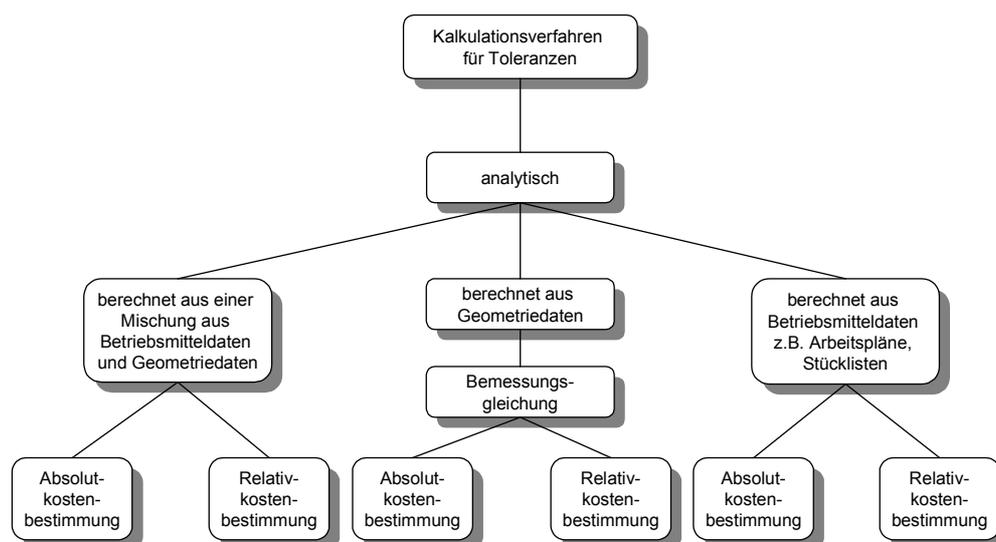


Abbildung 6: Klassifikation von Kalkulationsverfahren für Toleranzen

Bei der Bestimmung von Relativkosten von Toleranzen muss von einem Vergleichswert ausgegangen werden, mit dem die neuen Kosten verglichen werden können, die aus einer sich ändernden Toleranzgröße entstehen. Dieser Vergleichswert kann die Kosten beschreiben, die durch die ursprüngliche Toleranzgröße entstanden sind. Das Problem, das dabei auftritt ist die Entscheidung, welche Toleranzgröße als Basis herangezogen werden soll. Eine Möglichkeit besteht in dem Heranziehen sogenannter Allgmeintoleranzen, die mit "üblicher" Fertigung, d.h. ohne besondere Maßnahmen bei der Produktion erreicht werden können. Allerdings erhöht sich dann der Datenerfassungsaufwand, da für jedes Toleranzfeature (vgl. Abschnitt 1.5.4) dieser Referenzwert zunächst erfasst werden müsste. Eine adäquatere Lösung ist die Verwendung des Target Costing Konzepts, das es erlaubt, die Fertigungskosten des tolerierten Bauteils mit den durch das Marketing ermittelten Zielkosten desselben zu vergleichen. Dadurch entsteht eine für den Konstrukteur

aussagekräftige Kennzahl. Eine ausführliche Beschreibung dieser Vorgehensweise findet sich in Kapitel 3 dieser Arbeit.

### 1.3.3 Konstruktionsbegleitende Kalkulation

Das Ziel der konstruktionsbegleitenden Kalkulation ist die Überprüfung der Einhaltung von Kostenvorgaben für das Produkt sowie die Minimierung der Kosten.<sup>8</sup> Somit kann bereits während des Konstruktionsprozesses das Kostenziel kontrolliert und gegebenenfalls mit Hilfe von kostensenkenden Maßnahmen noch vor Abschluss der Konstruktionsarbeit korrigiert werden. Die Aufgaben der konstruktionsbegleitenden Kalkulation orientieren sich an den Schritten des Konstruktionsprozesses und können in die drei Bereiche Bereitstellung von Kosteninformationen, Kostenberechnung und Kostenminimierung gegliedert werden.<sup>9</sup>

Die Methoden, die in der konstruktionsbegleitenden Kalkulation eingesetzt werden lassen sich in pauschale und analytische Verfahren einteilen:

- *Pauschale Verfahren*: Gewichtskostenmethode, Materialkostenmethode, Kalkulation über Ähnlichkeitsbeziehungen, Kostenschätzung.
- *Analytische Verfahren*: Clusteranalyse/Suchverfahren, Regressionsanalyse, Optimierungsrechnung, Multidimensionale Skalierung.

Für eine detaillierte Beschreibung der einzelnen genannten Verfahren sei an dieser Stelle auf die weiterführende Literatur<sup>10</sup> verwiesen, da diese im Hinblick auf das hier zu behandelnde Toleranzinformationssystem sekundären Charakter haben.

Sowohl zur Kalkulation von Produktkosten während der Entwicklung als auch zur Bereitstellung von Toleranzinformationen, bzw. zur Toleranzanalyse, gibt es Softwarelösungen, die entweder schon als Produkt auf dem Markt, oder als Prototyp Ergebnis von Forschungstätigkeiten sind. Eine eingehende Beschreibung der Systeme bzw. Konzepte findet man in weiterführender Literatur bzw. entsprechenden Produktbeschreibungen. Folgende Systeme kommen in Betracht:

- *Herstellkostenberechnungssystem HKB*<sup>11, 12</sup>
- *Konstruktions-Integriertes Computergestütztes Kosteninformationssystem (KICK)*<sup>13</sup>
- *Werkzeug zur präventiven Qualitätssicherung und rechnerunterstützten Tolerierung*<sup>14</sup>
- *Konstruktionssystem mfk*<sup>15</sup>
- *XKIS – Extendiertes Kosten-Informationssystem*<sup>16</sup>

---

<sup>8</sup> Vgl. Haasis 1995, S. 62.

<sup>9</sup> Vgl. Scheer/Bock/Bock 1990, S.576-579.

<sup>10</sup> Vgl. Haasis 1995, S. 65; Ehrlenspiel 1995, S. 574-577; Ehrlenspiel/Kiewert/Lindemann 1998, S 402ff.

<sup>11</sup> Vgl. Ferreirinha 1987, S. 343-350.

<sup>12</sup> Vgl. <http://www.mirakon.com>, online 19.07.2000.

<sup>13</sup> Vgl. Hauschulte/Jakuschona 1998; Schwarz/Bäsecke/Hauschulte 1998, S. 28-32.

<sup>14</sup> Vgl. [http://www.fgb.mw.tu-muenchen.de/tol/sfb\\_w2\\_0.htm](http://www.fgb.mw.tu-muenchen.de/tol/sfb_w2_0.htm), online 19.07.2000.

<sup>15</sup> Vgl. <http://www.mfk.uni-erlangen.de>, online 19.07.2000.

- *Kosteninformationssystem INFOGUSS*<sup>17</sup>
- *QuIK: Qualitäts- Informationssystem für die Konstruktion*<sup>18</sup>

## 1.4 Toleranzbegriff

Dieser Abschnitt dient der Erklärung der in diesem Beitrag verwendeten Toleranzbegriffe und soll somit keine Abhandlung über technische Tolerierungsprinzipien darstellen.

Unter Toleranz wird der Abstand zwischen einem Größt- und einem Kleinstwert verstanden, zwischen dem der gemessene Istwert einer bestimmten Gestalteigenschaft eines Werkstücks liegen muss. Dabei sind verschiedene Gestaltabweichungen möglich (vgl. Abbildung 7).<sup>19</sup>

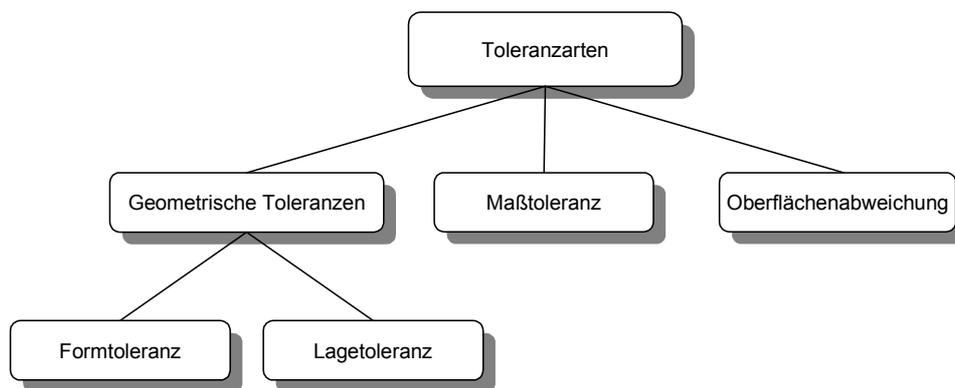


Abbildung 7: Toleranzarten

Der Festlegung der Toleranzen erfolgt hierbei durch den Konstrukteur, der bei der Tolerierung folgende Grundsätze und Bedingungen berücksichtigt:

- *Funktionserfüllung*: Jedes Bauteil ist so zu tolerieren, dass es seine vorgegebene Funktion erfüllt, und zwar während der gesamten vorgesehenen Lebensdauer.
- *Montierbarkeit*: Das Bauteil muss sich montieren lassen, und zwar entweder *unbedingt*, d.h. gleiche Teile sind beliebig austauschbar, oder *bedingt*, d.h. Teile werden zusortiert und sind damit nur gemeinsam austauschbar.
- *Herstellbarkeit*: Das Bauteil muss sich innerhalb der Toleranzen fertigen lassen, und zwar möglichst sicher (prozessfähig) und kostengünstig.
- *Mess- und Prüfbarkeit*: Das Bauteil muss sich möglichst einfach und sicher prüfen und messen lassen, und zwar so, dass die wesentlichen Funktions- und Montageeigenschaften möglichst direkt erfasst werden.

Die verschiedenen Einflussgrößen auf die Festlegung von Toleranzen sind in Abbildung 8 zusammengefasst.

<sup>16</sup> Vgl. Reischl 1996, S.215ff; Ehrlenspiel 1995, S. 602ff.

<sup>17</sup> Vgl. Haasis 1994, S. 68; <http://www.fht-esslingen.de/institute/iaf/infoguss.html>, online 19.07.2000.

<sup>18</sup> Vgl. Hirschmann/Lechner 1994, S. 259.

<sup>19</sup> Vgl. Jorden 1998, S. 14.

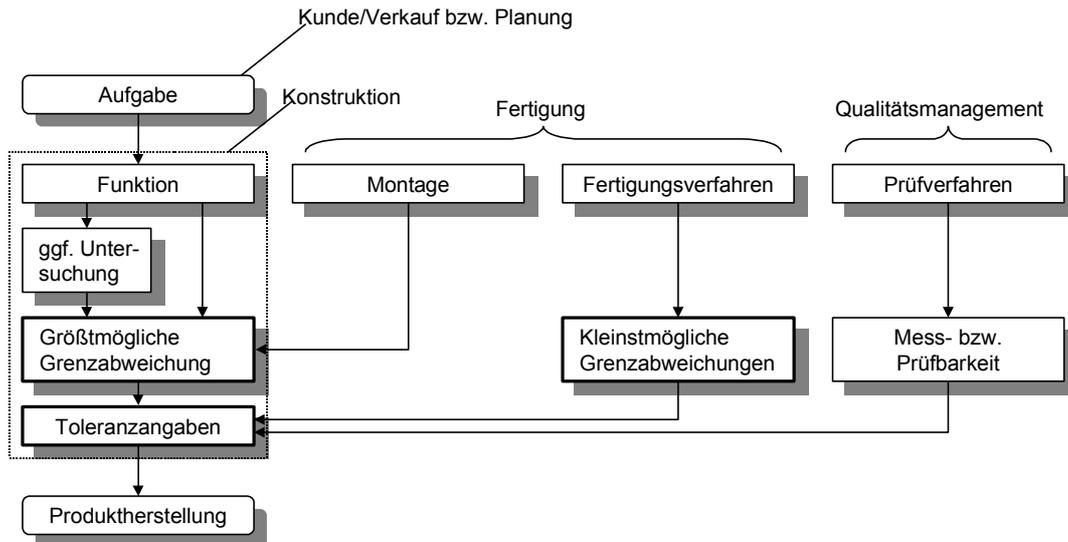


Abbildung 8: Einflussgrößen auf die Festlegung von Toleranzen

Der in dieser Arbeit verwandte Begriff "Toleranz" kann immer im beschriebenen Sinne verstanden werden, wobei es für das untersuchte Forschungsgebiet unerheblich ist, welche der genannten Gestaltabweichungen gemeint ist.

## 1.5 Feature-Technologie

In diesem Kapitel wird ein Einblick in den Stand der Technik und die Anwendbarkeit der Feature-Technologie gegeben. Dies ist notwendig, da das beschriebene Toleranzinformationssystem auf dem Ansatz basiert, dass die Toleranzinformationen eines Geometrieteils als Feature desselben gespeichert werden.

### 1.5.1 Definition von Features

Die Feature-Technologie stammt aus den Bereichen der Arbeitsvorbereitung und der Fertigung, so dass die ersten Features - seit der Mitte der siebziger Jahre - vom Konstrukteur sehr fertigungsorientiert verwendet wurden. D.h. die Produktmodelle sollten überwiegend, im Idealfall ausschließlich, durch das Verknüpfen vordefinierter und in Bibliotheken abgelegter Fertigungselemente erstellt werden. Da die Konstrukteure bei ihrer Arbeit neben Fertigungsgesichtspunkten aber auch andere Aspekte berücksichtigen müssen, hat sich dieser Ansatz bislang nicht durchgesetzt. Allerdings wurden Features auch in anderen Bereichen des Produktentwicklungsprozesses eingeführt. Das hat zur Folge, dass sich mehrere verschiedene Feature-Definitionen entwickelt haben.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Vgl. Weber/Bär 1995, S. 96-106.

Eine sehr allgemeine Definition des Begriffs “Feature“ wird von der Arbeitsgruppe FEMEX (Feature Modelling Experts) gegeben:<sup>21</sup>

**Features sind informationstechnische Elemente, die *Bereiche von besonderem (technischen) Interesse*<sup>22</sup> von einzelnen oder mehreren Produkten<sup>23</sup> darstellen.**

**Ein Feature wird durch eine Aggregation von *Eigenschaften* eines Produkts beschrieben. Die Beschreibung beinhaltet die relevanten Eigenschaften selbst, deren Werte sowie deren Relationen und Zwangsbedingungen (Constraints).**

**Ein Feature repräsentiert eine *spezifische Sichtweise* auf die Produktbeschreibung, die mit bestimmten Eigenschaftsklassen und bestimmten Phasen des Produktlebenszyklus im Zusammenhang steht.**

Dies bedeutet, dass in einem Feature gewissermaßen nur die in einem bestimmten Kontext relevanten Eigenschaften des Produkts herausgefiltert werden. Eine Unterteilung in Eigenschaftsklassen und in die Phasen des Produktlebenszyklus ist für eine exakte Definition und Klassifikation der verschiedenen Feature-Arten notwendig.

Die Eigenschaftsklasse “Geometrie“ ist -in unterschiedlicher Ausprägung- in nahezu allen Phasen des Produktlebenszyklus von Bedeutung. Deswegen und weil die Repräsentation geometrischer Eigenschaften in heutigen CAx-Systemen dominiert, ist für den Begriff “Feature“ auch eine etwas speziellere Definition gebräuchlich:

**Feature = Gestaltelement (noch spezieller: Geometrielement) als Syntax  
+ technische Bedeutung als Semantik**

Für das Qualitätsmerkmal Toleranzen bedeutet dies, dass die Toleranzinformationen eines Geometrielements als Semantik an das entsprechende “Form-Feature“ angehängt werden.

### 1.5.2 Anwendungsstrategien für Features

Die Anwendungsstrategien für die Feature-Technologie kann man in vier verschiedene Felder unterteilen, die im folgenden kurz beschrieben werden:

- *Feature-Basiertes Modellieren (Design by Feature)*  
beinhaltet die Beschreibung eines Produkts mit Hilfe von bereitgestellten Features, die dabei aus einer Feature-Bibliothek ausgewählt werden.
- *Feature-Erkennung (Feature Recognition)*  
ist das Finden von Eigenschaften in einer Klasse, die zu einer “höheren“ Bedeutung in einer

<sup>21</sup> Vgl. Weber 1996, S. 109-116.

<sup>22</sup> “Bereich von (besonderem) technischem Interesse“ ist ein Übersetzungsversuch des englischen Terminus “region of interest“. Der Ausdruck “Bereich“ bezieht sich hierbei nicht ausschließlich auf Geometrie.

<sup>23</sup> Entsprechend STEP [ISO10303] bezeichnet “Produkt“ ein physikalisch realisierbares Objekt, das durch einen natürlichen Prozess oder durch die Fertigung entstanden ist.

anderen Klasse führen. Generell kann man diese Strategie in die manuelle und die automatische Feature-Erkennung unterteilen. Die manuelle Feature-Erkennung wird auch als Feature-Identifikation bezeichnet.

- *Feature-Transformation (Feature Mapping)*  
beschreibt das Übersetzen einer “höherwertigen“ Bedeutung innerhalb einer Eigenschaftsklasse in die meist ebenfalls “höherwertige“ Bedeutung einer anderen Eigenschaftsklasse (z.B. Übersetzung funktionaler Eigenschaften in Fertigungselemente).
- *Erzeugung benutzerspezifischer Features (User Defined Features)*  
beinhaltet die benutzerdefinierte Erweiterung vorgegebener Feature-Bibliotheken, um diese den jeweiligen Anforderungen anzupassen.

### 1.5.3 Einsatzgebiete von Features

Da die Feature-Technologie noch sehr jung ist, existieren noch keine kommerziellen Systeme, die alle Belange der Produktentwicklung abdecken können. Für einige Teilbereiche aus der Entwicklung und Konstruktion sowie der Arbeitsvorbereitung gibt es aber schon Unterstützungswerkzeuge, die featurebasiert arbeiten. Nach dem heutigen Stand der Technik lassen sich Features für folgende Anwendungsgebiete unterstützend einsetzen.<sup>24</sup>

- Einfachere und “intelligenter“ Geometriemodellierung,
- Abbilden des Voranschreitens im Konstruktionsprozess,
- Berechnung und Optimierung,
- Fertigungs-, montage-, prüfgerechte Produktgestaltung,
- Konstruktionsbegleitende Kostenberechnung,
- Bauteil-/ Baugruppenklassifizierung,
- Toleranzanalyse und -synthese,
- Arbeitsplanerstellung,
- Spannlagenplanung,
- NC-Planung und -Programmierung,
- Messplanung und Programmierung von Koordinatenmessmaschinen,
- Schweißablaufplanung,
- Montageplanung.

### 1.5.4 Toleranz-Feature

Die Bereitstellung der für das Toleranzinformationssystem erforderlichen Daten aus der Konstruktion erfolgt in Form von sogenannten erweiterten Toleranz-Features. Für das Qualitätsmerkmal Toleranzen bedeutet dies, dass die Toleranzinformationen eines Geometrieelements als Semantik an das entsprechende Form-Feature angehängt werden.

Während bei den “klassischen“ Feature-Basierten Ansätzen ausschließlich der Zusammenhang zwischen Funktion und Tolerierung in einem Feature mit der dazugehörigen Geometrie hinterlegt wird, werden bei diesem Ansatz auch weiterführende Informationen im Feature bereitgestellt. Die unterschiedlichen Sichtweisen bezüglich der Toleranzen eines Form-Features sind in Abbildung 9 dargestellt. Demnach besteht das erweiterte Toleranz-Feature neben dem Form-Feature aus den

---

<sup>24</sup> Vgl. Bär 1998, S. 50ff.

Sichten der Konstruktion (entspricht der technischen Funktion), der Fertigungstechnik, der Messtechnik und der Betriebswirtschaftslehre. Diese Sichten werden in einer gemeinsamen Datenbasis vereint, auf die das Toleranzinformationssystem zugreifen kann.

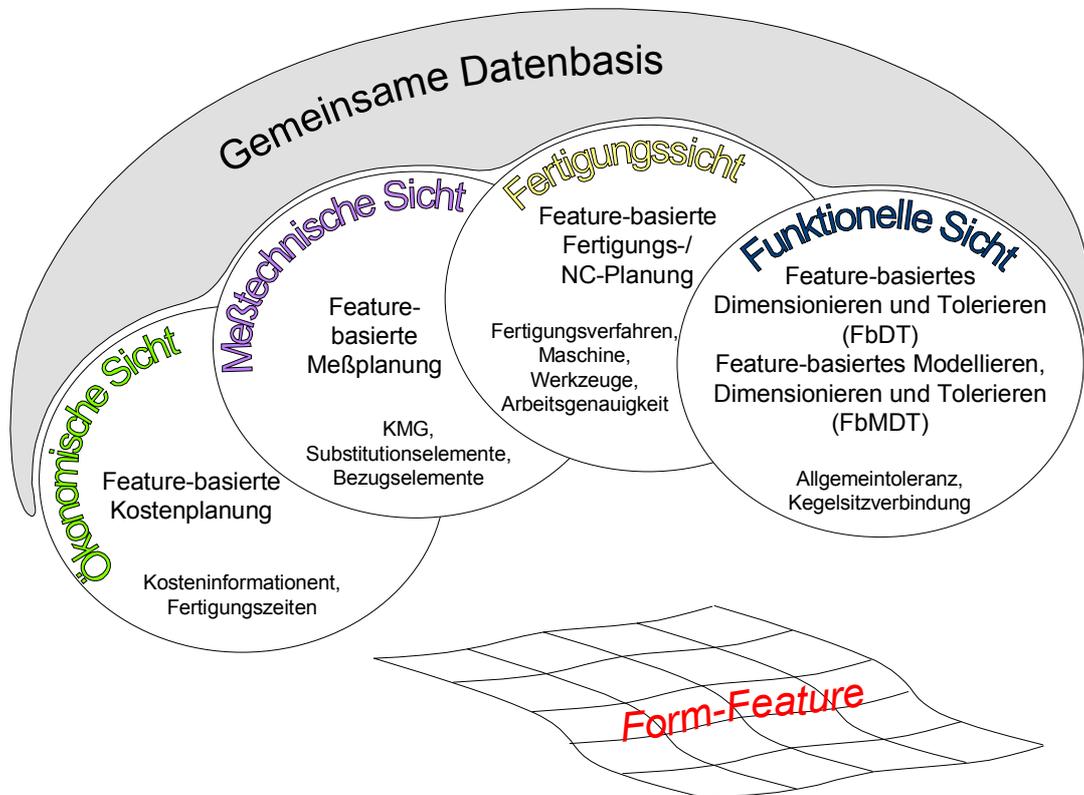


Abbildung 9: erweitertes Toleranz-Feature<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Vgl. Thome/Wittmann 2000.

## 2 Konzept des Toleranzinformationssystems

Die Verarbeitung der Toleranz-Features in einem übergreifenden Informationssystem ist Gegenstand dieses Kapitels. Hierfür werden zunächst die zugrundeliegende inhaltliche Konzeption und die Softwarearchitektur beschrieben. Darüber hinaus wird der Anwendungsnutzen eines solchen Systems herausgestellt sowie die Möglichkeiten der Einbindung von Kostenmanagementwerkzeugen erklärt.

Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschungsprojekt "Qualitätsmerkmal Toleranzen", das am Institut für Wirtschaftsinformatik (Prof. Dr. Dr. h.c. A.-W. Scheer) in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD (Prof. Dr.-Ing. C. Weber) und dem Lehrstuhl für Fertigungstechnik/CAM (Prof. Dr.-Ing. H. Bley) an der Universität des Saarlandes durchgeführt wird. Hier werden die technischen und betriebswirtschaftlichen Grundlagen zur Ausrichtung aller von Toleranzen beeinflussten Unternehmensfunktionen auf die strategischen Erfolgsfaktoren des Unternehmens systematisch erforscht.<sup>26</sup> Darauf aufbauend wird ein unternehmensübergreifendes Toleranzinformationssystem erstellt, das einerseits die Berechnung des mit einer Tolerierung verbundenen Kosten-, Zeit- und Personalaufwands ermöglicht und andererseits in allen Unternehmensbereichen als Basishilfe für toleranzrelevante Entscheidungen dient.

Das Toleranzinformationssystem verbindet die im CAD-System erzeugten Toleranzinformationen mit Versuchsdaten aus dem Fertigungsfeld, Kapazitätsinformationen aus dem PPS-System und Zielkosteninformationen aus dem Marketing-Informationssystem (MAIS). Diese, durch das System aggregierten, Informationen werden dem Konstrukteur im CAD-System zur Verfügung gestellt.

Die Bereitstellung der für das Toleranzinformationssystem erforderlichen Daten aus der Konstruktion erfolgt in Form von erweiterten Toleranz-Features.

Aufgrund ihrer Eigenschaften bilden Features eine optimale Grundlage für den Aufbau integrierter Informationsmodelle. Sie ermöglichen die Repräsentation von Produkt-, Prozess- und Betriebsmittelinformationen und ihre Erweiterung über die einzelnen Phasen der Produktentwicklung hinaus. Feature-Basierte Informationsmodelle sind somit als ein Kernelement bei der Virtualisierung der Produktentwicklung anzusehen.<sup>27</sup>

Für das Qualitätsmerkmal Toleranzen bedeutet dies, dass die Toleranzinformationen eines Geometrieelements als Semantik an das entsprechende Form-Feature angehängt werden.

Eine Möglichkeit, die Produktionsplanung bei der Auswahl von Parametern zu entlasten, erfolgt durch die Speicherung von Versuchsdaten mit Berücksichtigung des schnellen Zugriffs in einer Datenbank.

---

<sup>26</sup> Vgl. Wittmann 1998; Scheer/Wittmann/Weber/Thome 1999, S. 18-20.

<sup>27</sup> Vgl. Spur/Krause 1997, S. 175 ff.

Aufgrund von Geometrieinformationen (darunter Toleranzinformationen) ist es möglich, durch diese Versuchsdatenbank Prozessparameter für den Fertigungsprozess abzuleiten.<sup>28</sup>

Erfasst werden in der Datenbank zum einen reine Prozessparameter wie Vorschub, Schnitttiefe und Schnittgeschwindigkeiten und zum anderen betriebswirtschaftlich relevante Daten wie Maschinenstundensätze und Bearbeitungszeiten. Dazu kommen Informationen über die jeweils erzielten Genauigkeiten von Maß, Form und Lage. Die Datenerfassung erfolgt durch Versuche mit standardisierten Referenz-Werkstücken, die mit unterschiedlichen Maschinenparametern gefertigt und deren Maßhaltigkeit anschließend überprüft wird.

Das Toleranzinformationssystem dient in erster Linie dem Konstrukteur als Entscheidungsunterstützungsinstrument während des Konstruktionsprozesses. Überdies werden durch das System toleranzrelevante Informationen für den gesamten Produktentstehungsprozess transparent und verfügbar gemacht. Die Funktionsweise ist die eines Regelkreises, der in den Konstruktionsprozess eingebunden ist, so dass Sollwert und Istwert verglichen werden.

Unter einem Regelkreis versteht man nach DIN 19226 den geschlossenen Wirkungsablauf der Regelung. Die Regelung ist „ein Vorgang, bei dem eine Größe die zu regelnde Größe (Regelgröße), fortlaufend erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird“.<sup>29</sup> Mit Hilfe eines Regelkreises versucht man, eine veränderliche Größe in möglichst kurzer Zeit auf einen Sollwert zu bringen und dort stabil zu halten. Im normalen Regelkreis funktioniert der Regler automatisch, im Rahmen des FIT übernimmt der Konstrukteur die Funktion des Reglers. Er trifft die Entscheidungen bezüglich der Vergabe von Toleranzen basierend auf Zusatzinformationen, die ihm durch die Anbindung von Drittsystemen in seiner gewohnten Arbeitsumgebung (CAD-Arbeitsplatz) zur Verfügung gestellt werden.

Abbildung 10 stellt das Gesamtkonzept des Toleranzinformationssystems dar. Der grau hinterlegte Bereich in der Abbildung ist der dem herkömmlichen Produktentstehungsprozesse hinzugefügte Regelkreis. Dieser äußere „klassische“ Weg der Produktgestaltung birgt das Probleme der langen Wege und Zeiten. Das bedeutet, dass eine erst in der Produktion erkannte ungünstig vergebene Toleranz dazu führt, dass der ganze Arbeits- und Produktionsplanungsprozess neu angestoßen werden muss. FIT übernimmt automatisch die Abfrage nach der technischen und organisatorischen Machbarkeit der gerade vom Konstrukteur vergeben Toleranz und ermittelt die dafür zu veranschlagenden Herstellkosten.

---

<sup>28</sup> Vgl. Bley/Oltermann 1998, S. 149-156.

<sup>29</sup> Vgl. DIN 19226 Teil 4 1988, S.4.

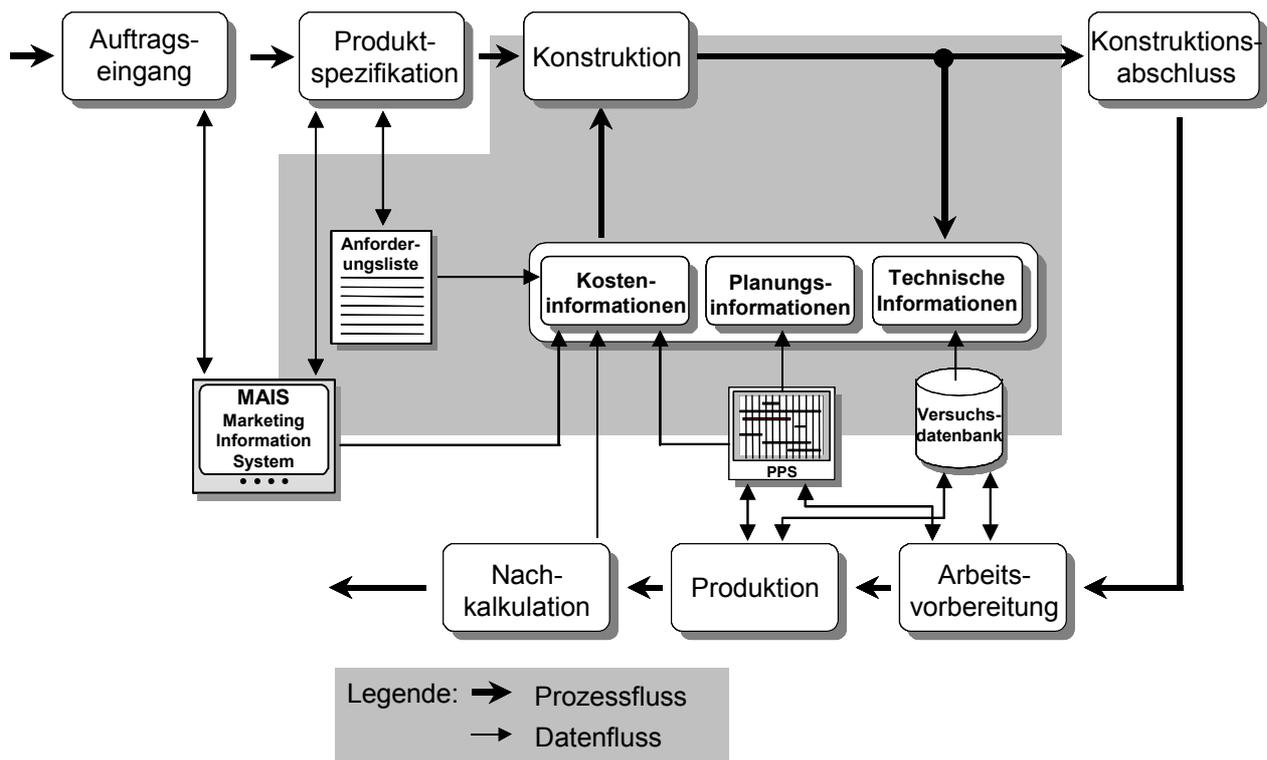


Abbildung 10: Integriertes Toleranzinformationssystem

Er kann so während der Produktentstehung erfahren, ob die Toleranz, die er gerade vergeben hat, zu fertigen ist, was sie kostet und wann der entsprechende Fertigungsauftrag bearbeitet werden kann. Anhand dieser Informationen kann der Konstrukteur die Auswirkung der von ihm vergebenen Toleranzen auf die Kennzahlen Zeit, Kosten und Qualität beurteilen und bei Bedarf seine Konstruktion, bzw. die von ihm vergebenen Toleranzen verändern.

Die Vorgehens- und Funktionsweise des Toleranzinformationssystems wird im folgenden anhand eines Anwendungsszenarios in sechs Schritten erklärt:

1. Der Konstrukteur fügt ein Feature (z.B. Bohrung, Wellenabsatz) in seine CAD-Zeichnung ein und vergibt die entsprechenden Toleranzen.
2. Nach Abschluss eines definierten Konstruktionsfortschritts (z.B. Fertigstellung eines Bauteils) kann der Konstrukteur für die Form-Features des Bauteils die Toleranzzusatzinformationen generieren lassen.
3. Hierzu wird eine Abfrage der Versuchsdatenbank mit den Daten des ausgewählten Toleranz-Features angestoßen. Ergebnis ist die Information darüber, ob das ausgewählte Formelement mit der gegebenen Toleranz auf einer in der Versuchsdatenbank gepflegten Werkzeugmaschine gefertigt werden kann (technische Machbarkeit). Falls diese Abfrage positiv ist, stehen auch die Maschinendaten und Prozessparameter (Schnittgeschwindigkeit, Bearbeitungszeit u.ä.) zur Verfügung.
4. Durch eine Schnittstelle zum PPS-System wird die Verfügbarkeit der entsprechenden Maschine geprüft (organisatorische Machbarkeit) sowie deren Maschinenstundensatz ausgelesen, um zusammen mit der in der Versuchsdatenbank ermittelten Bearbeitungszeit eine grobe Kostenkennziffer für die ausgewählte Toleranz zu berechnen.
5. Die so ermittelten Fertigungseinzel-Istkosten werden mit einer entsprechenden Zielkostengröße abgeglichen und als Relativkosten, u.a. auch grafisch in einem Zielkostenkontrolldiagramm ausgegeben.

6. *Die ermittelten Zusatzinformationen (technische Machbarkeit, organisatorische Machbarkeit, Kosten) werden dem Konstrukteur aggregiert in seiner CAD-Umgebung zur Verfügung gestellt, so dass er anhand dieser Informationen bei Bedarf seine Konstruktion, bzw. die von ihm vergebenen Toleranzen verändern kann.*

Die sensibelsten Punkte beim Durchlaufen dieses Anwendungsszenarios sind die Punkte 3 und 5, da hier eine gewisse "Intelligenz" des Systems gefordert wird, von welcher der Anwendungsnutzen von FIT abhängig ist. Punkt 3, die Abfrage der Versuchsdatenbank, wird in Kapitel 4 näher behandelt. Der Relativkostenberechnung (Punkt 5) ist wegen ihrer zentralen Bedeutung das nächste Kapitel gewidmet.

### 3 Target Costing als Kern des Kostenmoduls

Zur Berechnung der Fertigungs-Relativkosten ist das Target Costing als Werkzeug des strategischen Kostenmanagement ein geeignetes Mittel. Es dient der Bereitstellung von Kosteninformationen in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Im nachfolgenden wird zunächst die grundsätzliche Funktionsweise des Target Costing erläutert. Danach wird der Einsatz innerhalb FIT beschrieben und anschließend auf die Hemmnisse dieser Lösung eingegangen.

#### 3.1 Funktionsweise

Target Costing ist hauptsächlich eine Methode der Kostensteuerung in Entwicklungsprozessen. Das Konzept hat seinen Ursprung in Japan in den sechziger Jahren und wurde aus der industriellen Praxis heraus entwickelt.<sup>30</sup>

Die Grundidee ist, ausgehend von Marktuntersuchungen, die Eigenschaften eines neu zu entwickelnden Produktes festzulegen und gleichzeitig einen marktgängigen Verkaufspreis zu ermitteln. Dieser abzüglich des geplanten Gewinns ergibt die sogenannten Zielkosten, die den finanziellen Rahmen für die Entwicklung und Produktion vorgeben. Die grundlegende Frage ist also: "Was darf das geplante Produkt kosten?" anstatt "Wieviel wird dieses Produkt kosten?". Dieser Wandel spiegelt die zu beobachtende Entwicklung vom Verkäufermarkt zum Käufermarkt wieder.<sup>31</sup>

Der Unterschied im Vorgehen bei der klassischen und der zielkostenorientierten Produktentwicklung ist Abbildung 11 dargestellt.

Der große Anwendungserfolg, der sich beim Einsatz von Target Costing einstellt, beruht auf drei Hauptgründen:<sup>32</sup>

- *Durch die Notwendigkeit, bereits in einer sehr frühen Phase des Entwicklungsprozesses einen Verkaufspreis zu ermitteln, wird eine genaue Analyse der Marktsituation und der Marktentwicklung erzwungen.*
- *Bei konsequenter mitlaufender Kontrolle der a priori festgelegten Teilzielkosten können eventuelle Abweichungen zum frühestmöglichen Zeitpunkt erkannt und korrigiert werden.*
- *Im Gegensatz zur "klassischen" Produktentwicklung berücksichtigt Target Costing alle mit dem Produktlebenslauf verbundenen Prozesse entsprechend ihrer Vernetzung und Wichtigkeit.*

---

<sup>30</sup> Vgl. Ehrlenspiel/Kiewert/Lindemann, S. 46.

<sup>31</sup> Vgl. Kremin-Buch 1998, S. 106.

<sup>32</sup> Vgl. Ehrlenspiel/Kiewert/Lindemann, S. 47.

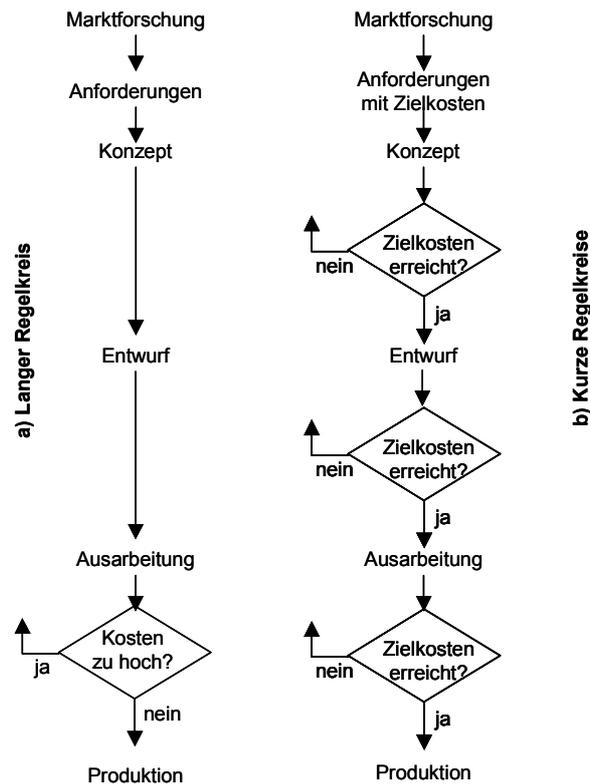


Abbildung 11: Vergleich von klassischem (links) und zielkostenorientiertem (rechts) Vorgehen bei der Produktentwicklung beim Durchlaufen der Konkretisierungsstufen<sup>33</sup>

### 3.2 Einsatz innerhalb FIT

In FIT ist der Target Costing Ansatz realisiert. Durch das angebundene MAIS (Marketing Informationssystem) werden für definierte Projekte die Zielkosten ermittelt. Durch die Generierung sogenannter relativer Bedeutungsgrade können diese Zielkosten auf Baugruppenebene aufgespalten werden. Hierbei liegt allerdings auch der Hauptschwachpunkt des ganzen Ansatzes, da diese Aufspaltung auf Erfahrungswerten beruht, bzw. geschätzt werden muss. Sie ist überdies für jedes Produkt spezifisch und kann für Neukonstruktionen nur grobe Anhaltswerte liefern.

Die Abfrage in FIT, die der Konstrukteur von seinem Arbeitsplatz aus startet bezieht sich zunächst auf ein einzelnes Feature. Das System aggregiert alle Features, die zu derjenigen Baugruppe gehören, für die die Abfrage gestartet wurde und addiert die Fertigungseinzel-Istkosten. Diese werden den entsprechenden Zielkosten gegenübergestellt und dem Konstrukteur als Textinformation und in einem Zielkostenkontrolldiagramm zur Verfügung gestellt. Je nach Kostensituation kann der Konstrukteur jetzt entscheiden, ob er seine Lösung beibehält oder Änderungen vornimmt. Ein Beispiel für ein Zielkostenkontrolldiagramm ist in Abbildung 12 dargestellt. Zur näheren Beschreibung des Zielkostenkontrolldiagramms sei an dieser Stelle auf die weiterführende Literatur verwiesen.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Vgl. Ehrlenspiel/Kiewert/Lindemann, S. 47.

<sup>34</sup> Vgl. Kremin-Buch 1998, S. 123.

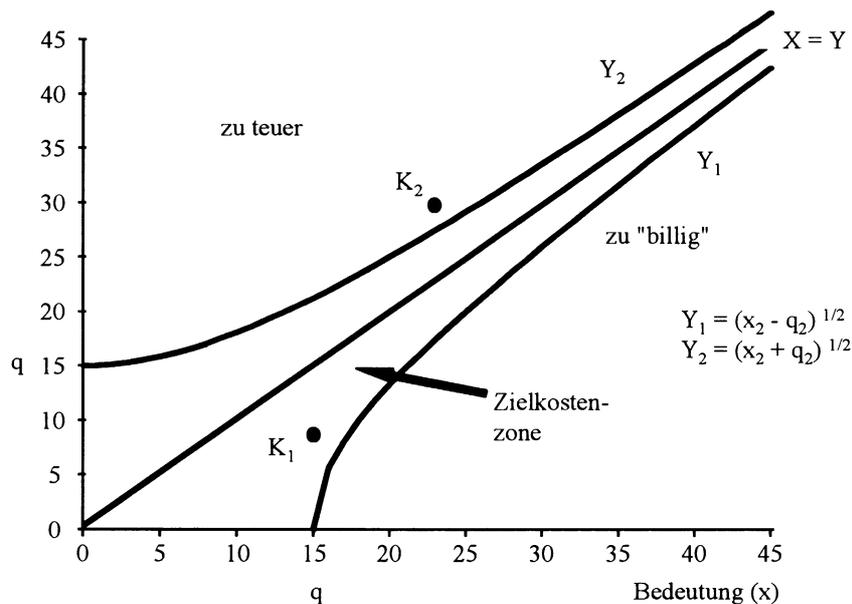


Abbildung 12: Zielkostenkontrolldiagramm

Die exakte und detaillierte Vorgehensweise zum Einsatz von Target Costing in FIT findet sich als Prozessmodell im Anhang A.

### 3.3 Grenzen des Einsatzes von Target Costing

Der Einsatz des Target Costing Ansatzes ist nicht unproblematisch. Die Hauptunsicherheit liegt in der Aufspaltung der Zielkosten auf Baugruppen bzw. Bauteile und Features. Dies ist nur unter Zuhilfenahme stark abstrahierender Modelle möglich und somit auch mit entsprechenden Ungenauigkeiten behaftet.

Daher wird auch von Vertretern des Target Costing gesehen, dass "...die dargestellten Kosteninformationen keinesfalls als exakt zu erreichende Sollvorgaben zu verstehen..." sind.<sup>35</sup>

Die höchste "Ausbaustufe" des Target Costing, d.h. die Zielkostenermittlung für Produktkomponenten über eine kundenorientierte Gewichtung der Produkteigenschaften und Schlüsselung auf die Komponenten über eine Funktionskostenmatrix, empfiehlt sich aus den oben genannten Gründen nur für große Unternehmen, die einen hohen methodischen Aufwand betreiben können und u.U. schon Erfahrungen mit Target Costing gesammelt haben.<sup>36</sup> Für kleinere und mittlere Unternehmen sollte ein weniger aufwendiges Vorgehen gewählt werden, welches z.B. darin bestehen könnte, erweiterte Annahmen zu treffen oder auf bestehende Funktionskostenmatrizen für ähnliche Bauteile zurückzugreifen.

<sup>35</sup> Niemand 1993, S. 330.

<sup>36</sup> Vgl. Binder 1997, S. 151.

## 4 Realisierung des Prototypen

Das in Kapitel 2 beschriebene Konzept wurde innerhalb des Forschungsprojekts “QM-Toleranzen“ prototypisch realisiert und somit auf seine Anwendungstauglichkeit überprüft. Bei der Fachkonzepterstellung wurde sehr viel Wert darauf gelegt, dass FIT ein offenes System ist, das in bestehende Systemlandschaften (CAD-System, ERP-System, MAIS) integriert werden kann, da nur in diesem Fall eine Anwenderakzeptanz zu erwarten ist.

### 4.1 Architektur

FIT verbindet als eigenständige Komponente das CAD-System des Konstrukteurs mit der Versuchsdatenbank, dem PPS-System (bzw. ERP-System), dem Marketing-Informationssystem und einem integrierten Kostenberechnungsmodul. Durch offene Programmierschnittstellen kann es daher in bestehende Systemlandschaften integriert werden.

Implementiert wurden die Funktionalitäten von FIT in der Skriptsprache php3 (Perfect Homepage 3).<sup>37</sup> Die Datenhaltung erfolgt in einer serverbasierten, relationalen Datenbank, auf die mittels einer von einem WWW-Server bereitgestellten Schnittstelle von beliebigen ans Internet angebundene Rechner zugegriffen werden kann. Die Verwendung des WWW-Protokolls HTTP und der Programmiersprache HTML ermöglichen den Zugriff unabhängig von Hardware und Betriebssystem des Datenbankbenutzers. Der Datenbankzugriff von einem Terminal in der Werkstatt, von der CAD-Workstation des Konstrukteurs oder dem PC des Arbeitsplaners ist somit möglich. Andererseits sind auch CAD-Systeme, NC-Programmiersysteme und andere CAx-Komponenten in der Lage, über die Netzwerkanbindung Informationen aus der Datenbank abzurufen. Abbildung 13 zeigt die Struktur des Systems.

---

<sup>37</sup> Vgl. <http://www.php3.de>, online 29.09.2000.

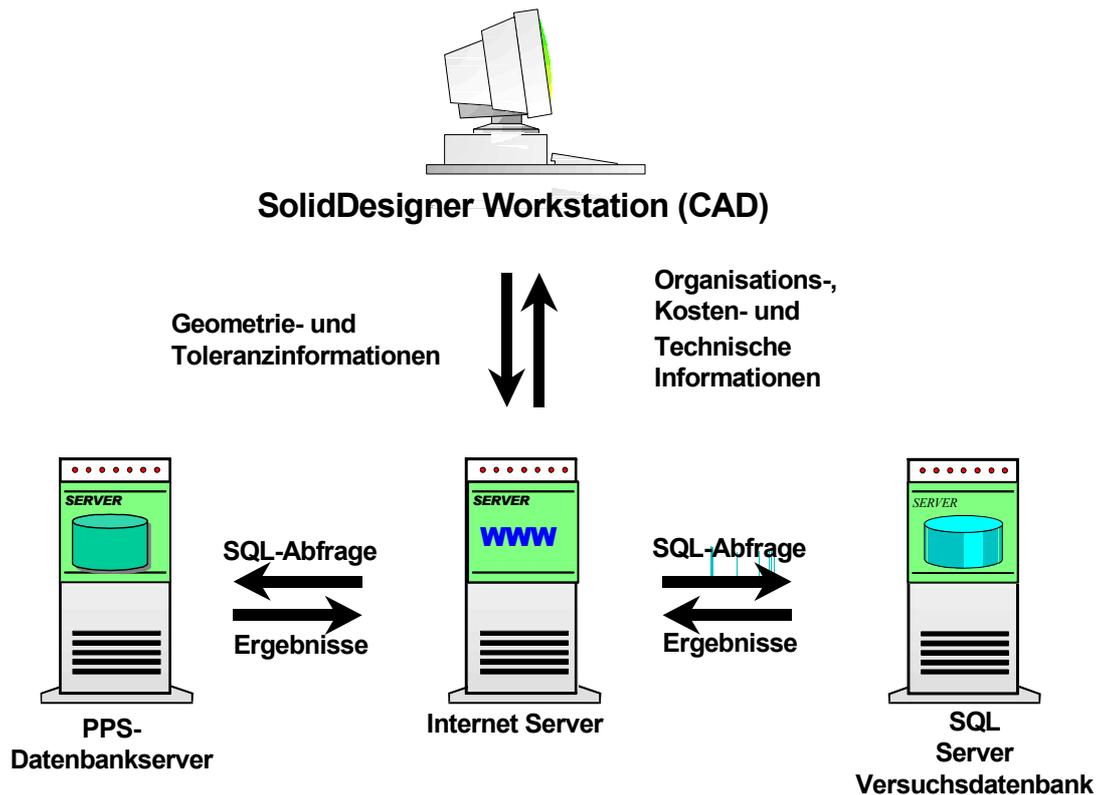


Abbildung 13: Aufbau des Systems

Zentrales Element des Prototypen FIT ist die Versuchsdatenbank.<sup>38</sup> Sie ist unternehmensspezifisch und speichert die Ergebnisse von Fertigungsversuchen, die auf den Maschinen der zu betrachtenden Unternehmung durchgeführt wurden. Ein Referenzbauteil wird aus verschiedenen Materialien mit verschiedenen Schnittparametern gefertigt und anschließend auf Maßhaltigkeit geprüft. Die so gewonnenen Ergebnisse, die im industriellen Einsatz natürlich aus der laufenden Produktion heraus erweitert und aktualisiert werden, werden aufbereitet und in der Versuchsdatenbank vorgehalten. Eine Abfrage nach der Fertigbarkeit einer bestimmten Toleranz, bzw. eines bestimmten Toleranzfeatures, liefert dann die Aussage, ob das Feature mit den vorhandenen Betriebsmitteln fertigbar ist, welche Parameter einzuhalten sind und wie lange die Bearbeitungszeit auf den einzelnen Maschinen ist. Die Versuchsdatenbank ist somit auch das sensibelste Element des gesamten Konzepts, da sie am pflegeaufwändigsten ist und von der Genauigkeit ihrer Ergebnisse die Sinnhaftigkeit aller nachfolgenden Funktionen des Prototypen abhängen.

## 4.2 Schnittstellen

Um die Offenheit des Systems zu gewährleisten ist es wichtig, FIT in Kombination mit möglichst vielen CAD-, PPS- und Marketing-Informationssystemen kombinieren zu können. Der Datenaustausch spielt hierbei eine übergeordnete Rolle. Bezogen auf den Datenaustausch zum PPS-System haben Untersuchungen innerhalb des oben erwähnten Forschungsprojekts ergeben, dass die

<sup>38</sup> Vgl. *Oltermann* 2000, S. 77ff.

meisten gängigen Standardaustauschformate zur Unterstützung des FIT-Konzepts herangezogen werden können. Die Verwendung von STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) wird allerdings präferiert, da der Vorteil von STEP im Vergleich zu anderen bestehenden Standards vor allem in der Darstellbarkeit aller Informationen, die im Produktlebenszyklus anfallen, liegt.

Das Datenmodell des Toleranzinformationssystems (Abbildung 14) zeigt die Verbindungen der einzelnen im Toleranzinformationssystem integrierten Komponenten.<sup>39</sup>

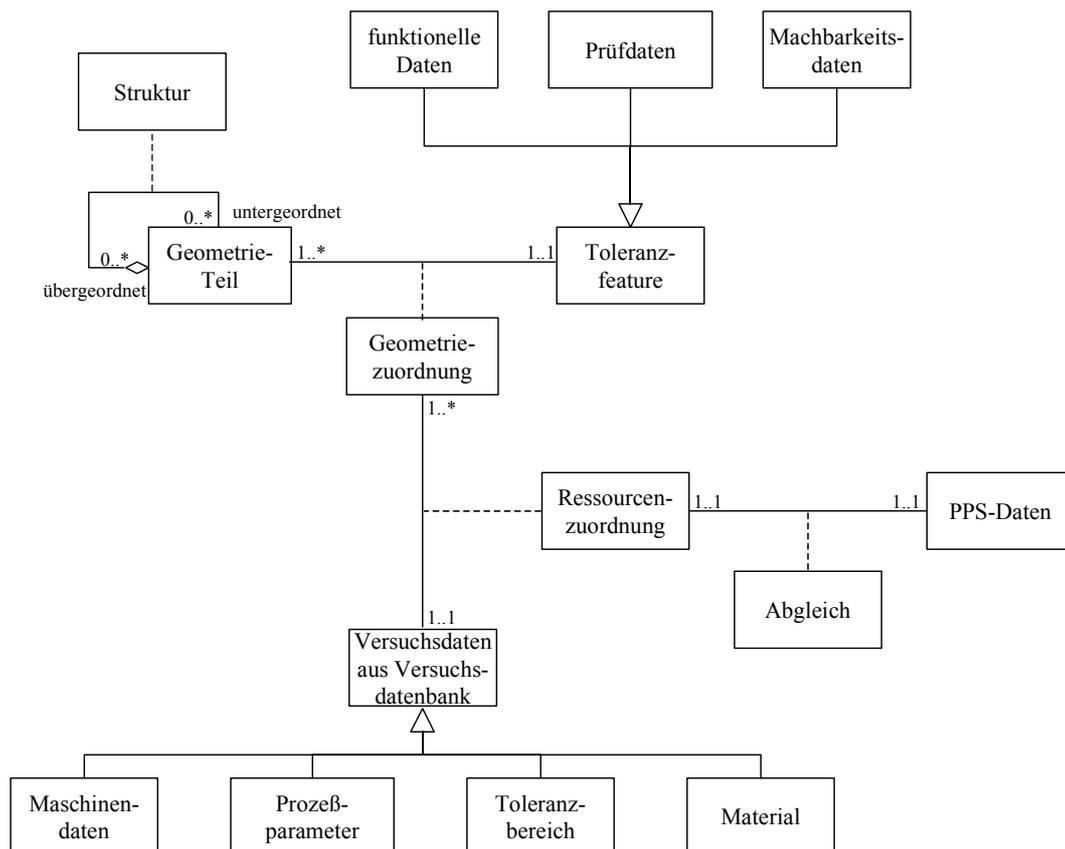


Abbildung 14: Datenmodell Toleranzinformationssystem

Die im momentanen Entwicklungsstand des Prototypen realisierte 1:1 Verbindung der Komponenten ohne die Verwendung eines Standardaustauschformates, stellt eine Zwischenlösung dar, die aber von der verwendeten Methodik und aus Datenbeschreibungssicht durchaus konsequent auf neutrale Schnittstellen übertragen werden kann.

Der Screenshot des Anwendungsszenarios zur Visualisierung eines möglichen Toleranzinformationssystems (Abbildung 15) verdeutlicht, wie die Informationsbereitstellung für den Konstrukteur realisiert werden kann. In diesem Screenshot wurde ein Informationssystem auf HTML-Basis gewählt, das aus dem CAD-System aufgerufen werden kann, so dass der Konstrukteur seine

<sup>39</sup> zur Modellierungsmethode ERM (Entity Relationship Model) vgl. Scheer 1998b, S. 71ff.

gewohnte Arbeitsumgebung nicht verlassen muss. Das CAD-System<sup>40</sup> ist im Hintergrund zu sehen. In ihm wurde ein Feature markiert und über das Menü des CAD-System die Datenbankabfrage über FIT aufgerufen. Ergebnis hiervon ist das links zu sehende Pop-Up-Fenster, in dem in einer Art Ampeldarstellung die Stati von Funktionserfüllung, Fertigbarkeit, Terminierung und Kosten zu sehen sind. Zum Aufrufen von Detailinformationen zu einem der Punkte kann man darauf klicken und erhält im Fall der Kostenberechnung das in der Mitte unten zu sehende Fenster, in dem eine Übersicht zur Relativkostenberechnung aufgeführt ist.

The screenshot displays the FIT Tolerance assistant interface. The main window shows a status overview for Feature ID 4711-01-1002, including function, manufacturing, scheduling, and cost status. A 3D model of a shaft is shown with a blue callout box indicating 'TOLERANZANALYSE Toleranzfeature 4711-01-1002'. A smaller window titled 'Relativkostenberechnung' displays a table of costs for various parts and a summary of the relative cost achievement rate at 36.36%.

Feature_ID	Bauteilbezeichnung	Absolute Kosten
4711-01-1003	Nabe1	200.00
4711-01-1003	Welle1	300.00
4711-02-1004	Kegelwelle1	630.00
4711-02-1004	Kegelnabe1	420.00
4711-01-1005	Welle1	268.00

Die aktuellen Gesamtkosten für Projekt Getriebe betragen : 1818 Euro  
Die Preisobergrenze für Projekt Getriebe beträgt : 5000.00 Euro  
Der relative Kostenereichungsgrad beträgt : 36.36%

Abbildung 15: Screenshot des Featurebasierten Integrierten Toleranzinformationssystems

<sup>40</sup> Zur Realisierung von FIT wurde das CAD-System "SolidDesigner" der Firma CoCreate eingesetzt; vgl. <http://www.cocreate.de>, online 29.09.2000.

## Literatur

- Bär, T.* (1998): Einsatz der Feature-Technologie für die Integration von FE-Berechnungen in den frühen Phasen des Konstruktionsprozesses; in: Bley, H.; Weber, C. (Hrsg.): Schriftenreihe Produktionstechnik der Universität des Saarlandes, Band 15, Saarbrücken; 1998.
- Binder, N.* (1997): Technisch-wirtschaftlich integrierte Steuerung von Produktkosten in den Phasen der Entwicklung und Konstruktion; Betriebswirtschaftliches Institut der Universität Stuttgart; 1997.
- Bley, H.; Oltermann, R.* (1998): Determination of technological data during NC Programming based on CAD-integrated tolerances; in: Proceedings of the 14th International Conference on Computer-Aided Production Engineering, Tokyo/Japan; 1998.
- DIN 19226 Teil 4* (1988): Regelungstechnik und Steuerungstechnik - Begriffe und Benennungen; Entwurf 03.1988, Berlin; 1988.
- Ehrlenspiel, K.* (1995): Integrierte Produktentwicklung; Carl Hanser, München; 1995.
- Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.* (1998): Kostengünstig entwickeln und Konstruieren; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York; 2. Auflage; 1998.
- Ferreirinha, P.* (1987): Rechnerunterstützte Vorkalkulation im Maschinenbau für den Konstrukteur und den arbeitsvorbereiter mit dem HKB-Programm; in: VDI Berichte Nr. 615, S. 343-350, VDI Verlag, Düsseldorf; 1987.
- Haasis, S.* (1994): Konstruktionsbegleitende Kalkulation im Verbund - Beispiel: Gußgetriebegehäuse; Konstruktion 46 (1994). Springer-Verlag 1994 Seite 66-72; 1994.
- Haasis, S.* (1995): Integrierte CAD-Anwendungen; Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1995.
- Hauschulte, K.-B.; Jakuschona, K.* (1998): Konstruktions-Integriertes Computergestütztes Kosteninformationssystem (KICK), Produktbeschreibung; Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik 1 & OR, Universität-GH Paderborn, Warburgerstr. 100, 33 098 Paderborn; 1998.
- Hirschmann, K.-H.; Lechner, G.* (1994): Qualitätsinformationssystem für die Konstruktion; VDI Bericht Nr.1106, VDI Verlag 1994, S. 259-272; 1994.
- Jorden, W.* (1998): Form- und Lagetoleranzen; Carl Hanser Verlag, München; 1998.
- Kirschling, G.* (1988): Qualitätssicherung und Toleranzen; Springer-Verlag, 1988; 1988.
- Kremin-Buch, B.* (1998): Strategisches Kostenmanagement; Gabler Verlag, Wiesbaden; 1998.
- Niemand, S.; Ruthsatz, O.* (1990): Gestaltungsaspekte des Qualitätscontrolling; in: Horvath, P.; Urban, G. (Hrsg.): Qualitätscontrolling, S. 17-61, Stuttgart; 1990.
- Oltermann, R.* (2000): Systematik zur Abschätzung von Fertigungstoleranzen auf Grundlage einer Auswertung der laufenden Fertigung; in: Bley, H.; Weber, C. (Hrsg.): Schriftenreihe Produktionstechnik der Universität des Saarlandes, Band 21, Saarbrücken; 2000.
- Reinertsen, D. G.* (1998): Die neuen Werkzeuge der Produktentwicklung; Carl Hanser Verlag, München, Wien; 1998.

- Reischl, C.* (1996): Implementierung des Kosteninformationssystems XKIS in der Zahnradfabrik Passau GmbH; *krp-Kostenrechnungspraxis*, 40. Jg.; 1996, H.4; S. 215-222; 1996.
- Scheer, A.-W.* (1985): Konstruktionsbegleitende Kalkulation in CIM-Systemen; Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes, Heft Nr. 50, Saarbrücken; 1985.
- Scheer, A.-W.* (1997): Wirtschaftsinformatik; Referenzmodelle für Industrielle Geschäftsprozesse; Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York; 7. Auflage; 1997.
- Scheer, A.-W.* (1998a): ARIS - Vom Geschäftsprozeß zum Anwendungssystem; Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York; 3. Auflage; 1998.
- Scheer, A.-W.* (1998b): ARIS - Modellierungsmethoden Metamodelle, Anwendungen; Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York; 3. Auflage; 1998.
- Scheer, A.-W.; Bock, M.; Bock, R.* (1990): Expertensysteme zur konstruktionsbegleitenden Kalkulation; Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik an der Universität des saarlandes, Heft Nr. 73, Saarbrücken; 1990.
- Scheer, A.-W.; Wittmann, M.; Weber, C.; Thome, O.* (1999): Toleranz-Wissensbasis zur Unterstützung der integrierten Produktentwicklung; in: VDI-Z Integrierte Produktion 141, Nr. 11/12-99; Springer VDI Verlag; 1999.
- Schwarz, R.; Bäsecke, W.; Hauschulte, K.-B.* (1998): Rechnerunterstützte Konstruktion mit intgrierter Kostenprognose; VDI-Z 140 (1998). Nr. 3/4 - März/April. S. 28-32; 1998.
- Spur, G.; Krause, F.-L.* (1997): Das virtuelle Produkt:Management der CAD-Technik; Carl Hanser Verlag, München, Wien; 1997.
- Thome, O.; Wittmann, M.* (2000): A Feature-Based Approach for Co-operative Product Development; in: Zheng Li (Hrsg.): Strategic Production Networks: A Comprehensive Introduction into Cooperation Among Production Companies; Institute for Manufacturing Engineering, Tsinghua University Beijing, PRC; 2000.
- Weber, C.* (1996): What is a Feature and what is ist use? Results of FEMEX Working Group I; in: 29th International Symposium on Automotive Technology and Automation1996 (ISATA 96), S. 109-116, Florenz; 1996.
- Weber, C.; Bär, T.* (1995): Ergebnisse der Fragebogen-Umfrage: Grundlagen und Ziele der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Feature Technologie; Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD, Universität des Saarlandes, Saarbrücken; 1995.
- Wittmann, M.* (1998): Integriertes Toleranzinformationssystem; Tagungsband zum Kolloquium zur Entwicklung umweltgerechter Produkte, 3.-4.11.1998, Technische Universität Darmstadt; 1998.

**Online-Quellen:**

<http://www.fht-esslingen.de/institute/iaf/infoguss.html>, online 19.07.2000.

<http://www.mirakon.com>, online 19.07.2000.

<http://www.mfk.uni-erlangen.de>, online 19.07.2000.

<http://www.php3.de>, online 29.09.2000.

<http://www.cocreate.de>, online 29.09.2000.

[http://www.fgb.mw.tu-muenchen.de/tol/sfb\\_w2\\_0.htm](http://www.fgb.mw.tu-muenchen.de/tol/sfb_w2_0.htm), online 19.07.2000.

## Anhang A

### Prozessmodell zum Einsatz des Target Costing innerhalb FIT

Das Modell ist in der Notation der erweiterten Ereignisgesteuerten Prozesskette (eEPK) ausgeführt.<sup>41</sup>

Im Modell werden folgende Abkürzungen verwendet:

BG: Bedeutungsgrad

BBG: Bedingter Bedeutungsgrad

F&E: Fertigung und Entwicklung

ZK: Zielkosten

FZK: Fertigungs-Zielkosten

MZK: Material-Zielkosten

FZEG: Fertigungs-Zieleinzelkosten

FZGM: Fertigungs-Zielgemeinkosten

---

<sup>41</sup> Vgl. *Scheer* 1998b, S. 125.

