

PICASSO - Eine wissensbasierte Konstruktionsumgebung

Heinen, F.; Holland, M.; Kalwa, R.

Seit Januar diesen Jahres läuft am Institut für Maschinenwesen das Brite-EuRam Projekt PICASSO (Practical and Intelligent CAD for Assembly Objects). Gegenstand dieses EG-Industrieprojektes ist die Entwicklung eines sogenannten Designer Support (DS)-System, also einer wissensbasierten Konstruktionsumgebung. Dies soll am Beispiel von Kunststoffspritzguß- und Umformwerkzeugen durchgeführt werden.

Der vorliegende Bericht stellt den derzeitigen Stand und die weitere Vorgehensweise des Projektes dar.

1. Einleitung

Im Projekt arbeitet ein Konsortium aus fünf europäischen Partnern gemeinsam an der gestellten Problematik. Involviert sind das Softwareunternehmen DELCAM International aus Großbritannien, das Institut für Maschinenwesen der TU Clausthal, der Kunststoffspritzgußformenhersteller Marés S.A. aus Spanien, das Softwareunternehmen Technocad aus Irland und das Department of Mechanical Engineering der Universität Liverpool.

Die Verteilung der Aufgaben gliedert sich dabei wie folgt:

Die Firma DELCAM International hat im Rahmen dieses Projektes die Funktion der Koordination bzw. der Projektleitung übernommen. Sie ist im wesentlichen für die Softwareentwicklung verantwortlich.

Das Institut für Maschinenwesen leistet Arbeiten im Bereich der Wissensakquirierung bzw. der Analyse des Konstruktionsprozesses von Kunststoffspritzgußwerkzeugen. Ziel ist die Entwicklung eines STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) konformen Informationsmodells zur Beschreibung funktionsorientierter Toleranzen sowie deren Festlegung mittels eines entsprechenden Softwaremoduls.

Die Firma Marés S.A. liefert das zur Entwicklung einer solchen Software notwendige Experten-Know-How aus dem Bereich der Kunststoffspritzgußformenherstellung und bringt gleichzeitig ihre praxisorientierten Anforderungen an ein solches DS-System ein.

Das Softwareunternehmen Technocad übernimmt eine beratende Rolle, da hier schon Erfahrungen in der Entwicklung von DS-Systemen bei ähnlichen Problemstellungen vorliegen.

Das Department of Mechanical Engineering arbeitet an der Analyse des Konstruktionsprozesses im Bereich der Stanzwerkzeugherstellung und entwickelt in diesem Zusammenhang Regeln zur Beschreibung von Baugruppen (Assemblies).

2. Projektstart

In der Projektstartphase wurde zunächst das nötige Wissen über Kunststoffspritzgußformen und den Konstruktionsprozeß solcher zusammengetragen. Zu diesem Zweck recherchierte das Institut für Maschinenwesen einige Monate bei der Firma Marés S.A. in Barcelona/Spainien. Allgemein lassen sich Kunststoffspritzgußformen in zwei Gruppen aufteilen. Auf der einen Seite die Standardformen für kleinere Produkte wie Cremedosen, Telefongehäuse und andere Gebrauchsgegenstände des täglichen Bedarfs, auf der anderen Seite die Sonderformen für größere Produkte wie PKW-Stoßfänger, PKW-Armaturenblecher bzw. äußerst komplexe Produkte wie Getränkekästen und Laugenbehälter für Waschmaschinen.

Im Bereich der Konstruktion von Standardspritzgußformen existiert bereits das durch die Firma Technocad entwickelte DS-System CAMMold. Dieses DS-System unterstützt jedoch ausschließlich den Konstruktionsvorgang für Werkzeuge aus nahezu 100% Standardteilen. Es beinhaltet keine lernfähige bzw. konfigurierbare Komponente, die es dem Anwender gestattet, firmenspezifisches Know-How in das System zu implementieren. Es ist für den Einsatz im Bereich großer bzw. komplexer Kunststoffspritzgußformen, wie sie Gegenstand dieses Projektes sind und bei der Firma Marés S.A. hergestellt werden, nicht in allen Fällen geeignet.

Eine Vorstellung über den Komplexitätsgrad hier behandelte Kunststoffspritzgußformen liefert die Zusammenbauzeichnung in **Bild 1**. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß diese Zeichnung nur eine Ebe-

ne der Spritzform zeigt. Bei besonders schwierigen Formen, insbesondere Spritzgußformen für PKW-Armaturenblecher - mit einem hohen Anteil an Freiformflächen - wie sie auch in diesem Projekt behandelt werden, kann ein Zeichnungssatz leicht bis zu mehreren hundert Einzelteilzeichnungen und Zusammenbauzeichnungen beinhalten.

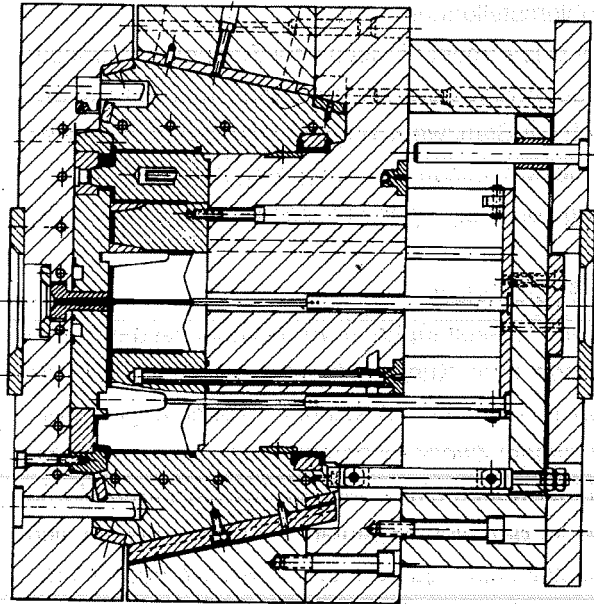


Bild 1 Kunststoffspritzgußform

3. SADT-Analyse des Konstruktionsprozesses von Kunststoffspritzgußformen

Um die Struktur des Konstruktionsprozesses vollständig und abgestimmt auf den besonderen Ablauf im Kunststoffformenbau zu erfassen wurde zunächst eine SADT-Analyse (Structured Analysis and Design Technique) /1/ durchgeführt.

Diese Methode wurde bereits in den 60iger Jahren in ihren Grundlagen durch das MIT (Massachusetts Institute of Technology) entwickelt und eignet sich zur Systemanalyse komplexer Abläufe bzw. Gesamtkomplexitäten.

Eine SADT-Analyse gliedert sich stets in zwei Teile: Den graphischen Teil, der in Form von sogenannten Aktigrammen eine hierarchische Aufgliederung der Gesamtkomplexität in ihre Teilaktivitäten unter Berücksichtigung einer festen Syntax darstellt, und den beschreibenden Teil, der die Aktigramme in schriftliche Form faßt und zusätzlich wichtige Erläuterungen gibt.

Allgemein ist eine Aktivität, sei es Gesamt- oder Teil-

aktivität, immer durch ihre Eingangs-, Ausgangs- und Steuergrößen sowie einwirkende Hilfsmittel gekennzeichnet (Bild 2).

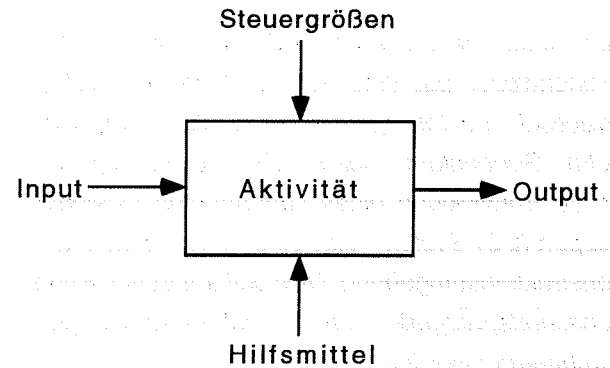


Bild 2 Schema eines Aktigramms

Der Input (Eingangsgröße) einer Aktivität stellt in diesem Zusammenhang den Datenbestand dar, der im Rahmen der Aktivität verändert wird. Dieser veränderte Datenbestand liegt nach Durchführung der Aktivität in Form von einem oder mehreren Outputs (Ausgangsgrößen) vor. Diejenigen Größen, die die Durchführung der Aktivität beeinflussen, werden als Steuergrößen bezeichnet. Zur Durchführung der Aktivität verwendete Hilfsmittel sind ebenfalls dargestellt.

Die Bilder 3 und 4 zeigen die ersten zwei Seiten der in Spanien für die Kunststoffformenkonstruktion erstellten SADT-Analyse.

Bild 3 stellt das sogenannte Kontext-Aktigramm dar. In ihm wird die im folgenden zu analysierende Gesamtkomplexität mit allen einwirkenden Größen dargestellt. Als Input bzw. Steuergrößen sind hier der Konstruktionsauftrag, die Kunststoffteilzeichnungen, die Kunststoffteileoberflächen und die technischen Spezifikationen - insbesondere hinsichtlich des verwendeten Kunststoffmaterials - gegeben. Als weitere Steuergröße wirken die vom Kunden während des gesamten Konstruktionsvorgangs nachgereichten Modifikationen. Sie spielen gerade im Bereich der Kunststoffspritzgußteile eine sehr wichtige Rolle, da der Kunde normalerweise aus Gründen der Zeitersparnis in einem sehr frühen Entwicklungsstadium den Konstruktionsauftrag der Kunststoffspritzgußform an den Formenhersteller vergibt. Nur diese Verfahrensweise macht es möglich, daß

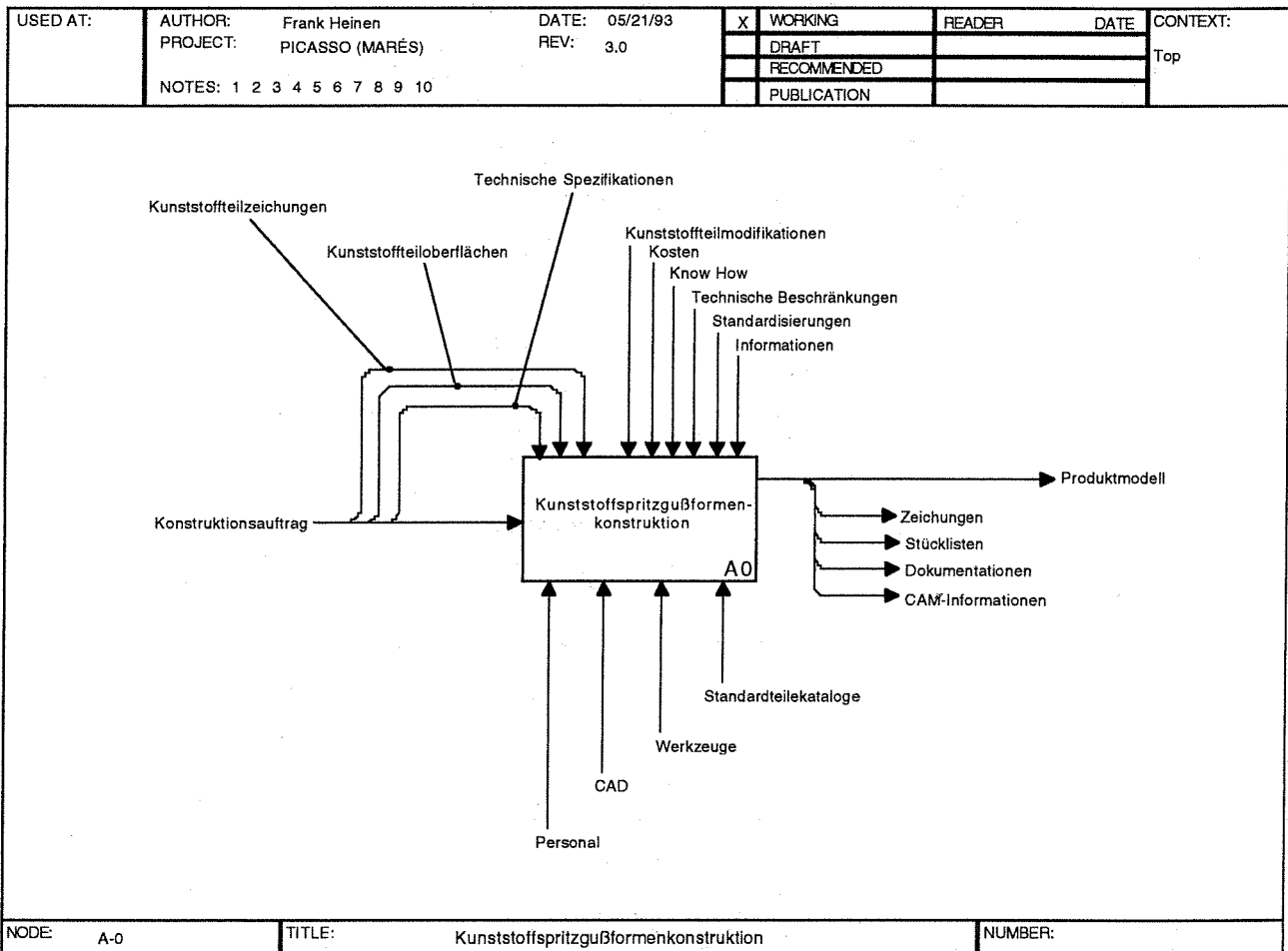


Bild 3 Kontext-Aktigramm zur Kunststoffspritzgußformenkonstruktion

die Kunststoffspritzgußform relativ schnell nach endgültiger Definition des Kunststoffteils zur Verfügung steht. Üblicherweise sind Fertigstellungszeiten inklusive Konstruktions- und Montagezeiten von drei bis zwölf Monaten einzukalkulieren. Wird allerdings parallel zur Entwicklung des Kunststoffteils die Konstruktion und Montage der Form vorgenommen, bedeutet dies, daß zum Zeitpunkt der endgültigen Definition des Kunststoffteils nicht mehr die gesamte Form, sondern nur noch die Formplatten (sog. Cavity und Core) konstruiert und gefertigt werden müssen. Alle übrigen Formelemente sind zu diesem Zeitpunkt bereits gefertigt und montiert. Die Form steht also in kürzestem Zeitraum zur Verfügung.

Diese Art der parallelen Verfahrensweise - Konstruktion zur Fertigung - ist im Bereich des Kunststoffformenbaus üblich, und nur wenige Standardformen wie solche für Getränkekästen fallen aus diesem Rahmen heraus und werden teilweise auf Vorrat ohne konkreten Kundenauftrag gebaut.

Die übrigen Steuergrößen, Hilfsmittel und Outputs sind für Konstruktionsprozesse allgemein übliche Größen. Haupt-Output ist das Produktmodell, also die Gesamtinformationen, die ein Produkt beschreiben.

Bild 4 zeigt die Grundaktivitäten in der Kunststoffspritzgußformenkonstruktion. Hier lassen sich die nach Pahl/Beitz [2] postulierten Konstruktionsarbeitsschritte "Klären der Aufgabenstellung", "Entwerfen", "Konzipieren", "Ausarbeiten" in leichter Abwandlung wiedererkennen. Es soll an dieser Stelle aber nicht näher darauf eingegangen werden.

In **Bild 5** ist schließlich das aufgrund der SADT-Analyse erarbeitete Aktivitätenlisting dargestellt. Es gibt alle notwendigen Schritte vom Eingang des Konstruktionsauftrags bis zur Erstellung der Enddokumentation bzw. allgemein des Produktmodells wieder.

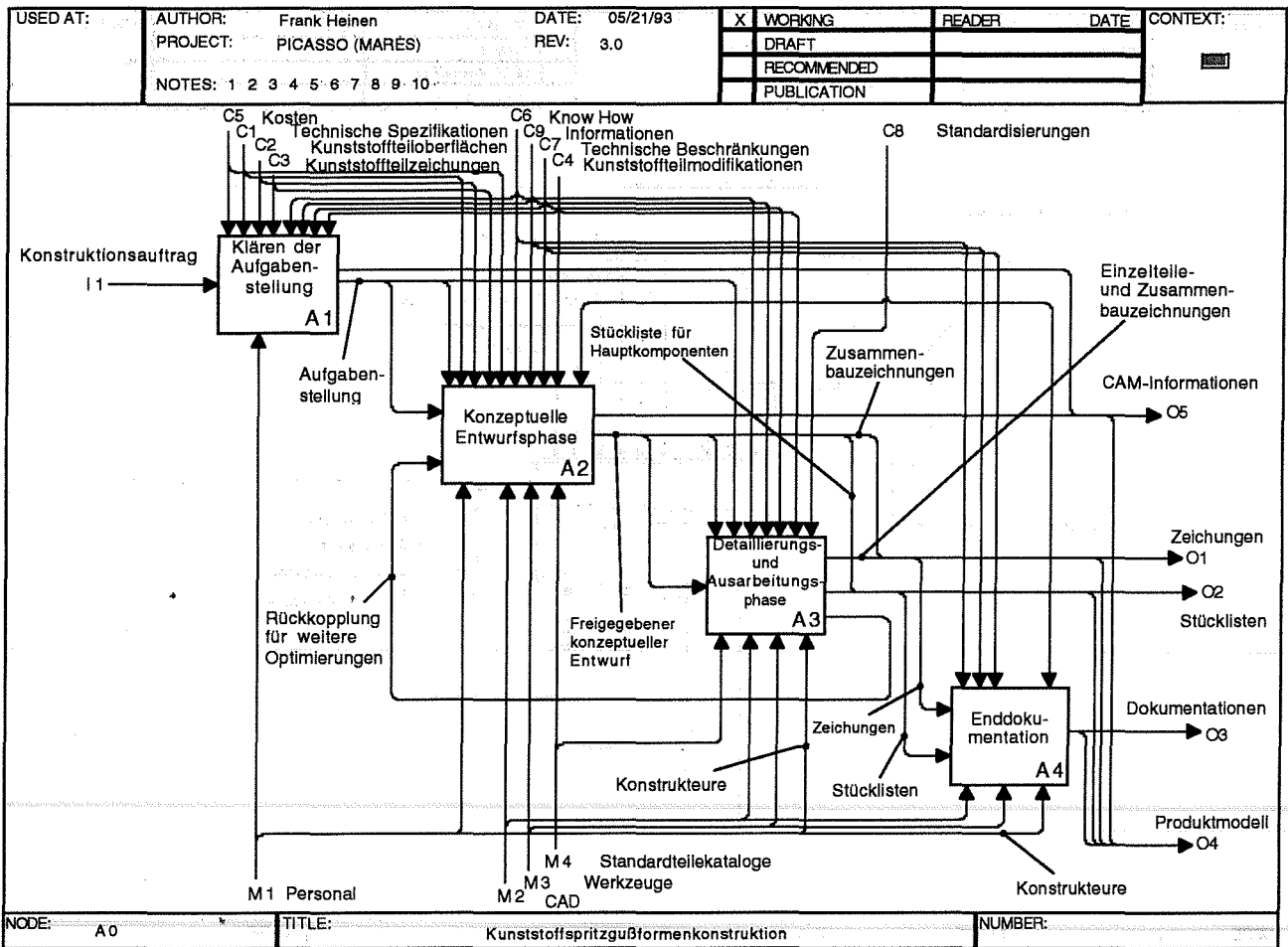


Bild 4 Aktogramm zum Ablauf einer Kunststoffspritzgußformenkonstruktion

<p>A1 Klären der Aufgabenstellung</p> <p>A11 Analyse des Kunststoffteils</p> <ul style="list-style-type: none"> A111 Feststellung des Informationsstands A112 Problemanalyse am Kunststoffteil A113 Diskussion der Probleme mit dem Kunden A114 Detaillieren des Kunststoffteiloberflächenmodells <p>A12 Beschränkungen berücksichtigen</p> <ul style="list-style-type: none"> A121 Kunststoffspritzgußmaschinenkenngrößen berücksichtigen A122 Lebensdauer bzw. Stückzahl festlegen A123 Spritzzyklus und Anzahl der Teile in einer Form berücksichtigen <p>A13 Pflichtenheft vervollständigen</p> <ul style="list-style-type: none"> A131 Kundenanforderungen festlegen A132 Angebotsanforderungen festlegen <p>A2 Konzeptuelle Entwurfsphase</p> <p>A21 Konzeptueller Entwurf der Spritzgußform</p> <ul style="list-style-type: none"> A211 Berücksichtigung der Wärmedehnung des Kunststoff-spritzgußteils A212 Festlegung der Spritzgußteilposition A213 Hinterschnitte berücksichtigen <p>A22 Feststellen der Hauptfunktionsträger</p> <ul style="list-style-type: none"> A221 Erstellen der Funktionsanalyse A222 Festlegung der Hauptfunktionsträger A2221 Festlegung der Hinterschnittsysteme A2222 Festlegung des Einspritzsystems und der -punkte A2223 Festlegung des Auswerfersystems und der -punkte A2224 Festlegung des Schließsystems A2225 Festlegung der Hauptplatten A2226 Festlegung der Führungssysteme A2227 Festlegung der Kühlung <p>A23 Festlegung der Grundabmessungen</p> <p>A24 Analyse potentieller Probleme</p> <p>A25 Freigeben des konzeptuellen Entwurfs zusammen mit dem Kunden</p> <p>A26 Erstellen einer vorläufigen Stückliste für die Hauptteile</p>	<p>A3 Detaillierungs- und Ausarbeitungsphase</p> <p>A31 Detaillierung des Spritzgußformzusammenbaumodells</p> <p>A311 Hauptfunktionsträger detaillieren</p> <ul style="list-style-type: none"> A3111 Exakte Gestalt und Dimension der Hauptfunktionsträger festlegen A3112 Toleranz- und Oberflächenangaben für Hauptfunktionsträger festlegen <p>A312 Nebenfunktionsträger festlegen</p> <ul style="list-style-type: none"> A3121 Exakte Gestalt und Dimension der Nebenfunktionsträger festlegen A3122 Material der Nebenfunktionsträger festlegen A3123 Toleranz- und Oberflächenangaben für Nebenfunktionsträger festlegen <p>A313 Kühlung-, Elektrik- und Hydrauliksysteme vorsehen</p> <p>A314 Letzte Überprüfung der Detaillierungen</p> <p>A32 Erstellen von Einzel- und Zusammenbauzeichnungen</p> <ul style="list-style-type: none"> A321 Zusammenbauzeichnungen erstellen A322 Baugruppenzeichnungen erstellen A323 Einzelteilzeichnungen erstellen <p>A33 Stückliste erstellen</p> <p>A4 Enddokumentation</p> <p>A41 Erstellen von Schemata</p> <ul style="list-style-type: none"> A411 Funktionsschema erstellen A412 Kühlungsschema erstellen A413 Hydraulikschema erstellen A414 Elektrikschemata erstellen <p>A42 Dokumentation erstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> A421 Kontroll- und Meßdokumentation A422 Enddokumentation erstellen
---	---

Bild 5 Aktivitäten-Listing für die Konstruktion von Kunststoffspritzgußteilen

4. Toleranzfestlegung

Die Toleranz- bzw. Oberflächenfestlegung stellt heute immer noch ein hohes Potential an Rationalisierungsmöglichkeiten in konstruktiven Prozessen dar. Leider liegen jedoch in diesem Wissensgebiet häufig nicht ausreichende Kenntnisse vor. Dies hat zur Folge, daß die Toleranzen bei der Festlegung zu sogenannten "Angsttoleranzen" werden, meist also viel zu eng angesetzt sind. Hieraus resultieren hohe Kosten für Fertigung, Montage und entsprechende Prüfverfahren.

Ziel des PICASSO-Projektes ist es, für den Kunststoffformenkonstrukteur notwendige Informationen für die Kunststoffspritzgußwerkzeugherstellung mit den entsprechenden Toleranzen in gegebenen Fällen zu verarbeiten.

Mit Blick zurück auf die oben behandelte SADT-Analyse sind die Aktivitäten A3112 und A3123 - sie beschäftigen sich mit der Toleranz- bzw. Oberflächenfestlegung während des Kunststoffformenkonstruktionsprozesses - hier besonders zu berücksichtigen.

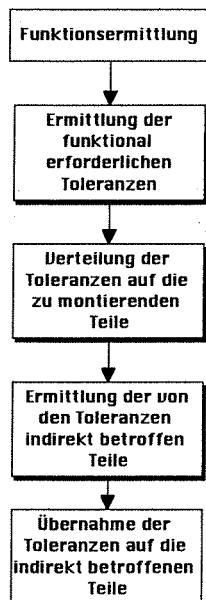


Bild 6 Flußdiagramm: Toleranzfestlegung

Zunächst wurde ein Flußdiagramm entwickelt, welches den Verlauf einer Toleranzfestlegung im Kunststoffformenbau beschreibt. Es gliedert sich in sieben Unterdiagramme, von denen hier exemplarisch zwei Diagramme vorgestellt werden sollen, wobei **Bild 6** das Grunddiagramm und **Bild 7** eine

tieferer Diagrammebene repräsentiert. Auf eine weitere Erklärung der Diagramme soll an dieser Stelle aber verzichtet werden.

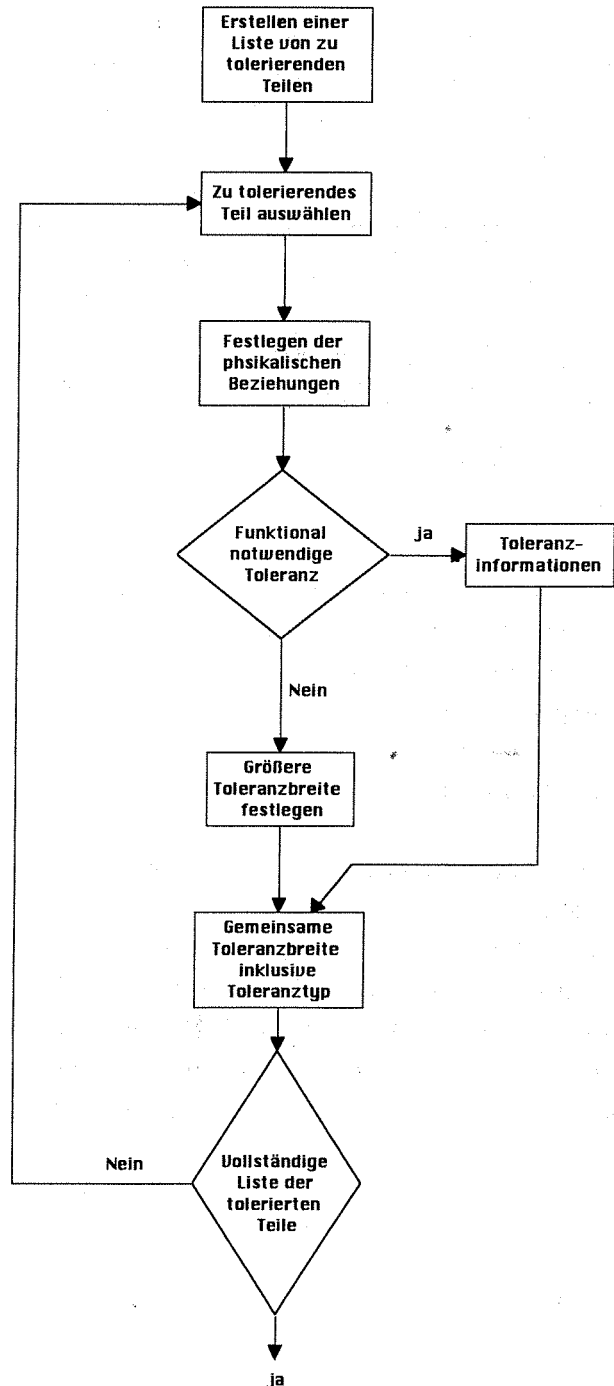


Bild 7 Flußdiagramm: Toleranzen an zu tolerierenden Bauteilen festlegen

Basierend auf dieser graphischen Darstellung der Toleranzfestlegung wurde im folgenden ein Klassifizierungsschlüssel zur Beschreibung aller relevanten Toleranzinformationen entwickelt. Er besteht aus fünf Unterschlüsseln und soll beispielhaft an ei-

nem Unterschlüssel (**Bild 8**) erläutert werden. Der angesprochene Unterschlüssel beinhaltet sämtliche Funktionen, die durch Toleranzen in einer Kunststoffspritzgußform bewerkstelligt werden sollen. Es ist also mittels dieses Klassifizierungsschlüssels möglich, einem Bauteil eine funktional erforderliche Toleranz durch einen Buchstaben zuzuordnen.

Schlüssel	Beschreibung	DIN/ISO
s	dichten (sealing)	286
p	positionieren (positioning)	1101
g	führen (guiding)	286
c	zentrieren (centering)	286
f	passend (fitting)	7168
j	passend bezogen auf Form (joining)	

Bild 8 Unterschlüssel

Mit Hilfe der übrigen entwickelten Unterschlüssel können zusätzlich noch Informationen über Teilebeziehungen untereinander, Toleranztypen, Relativbewegungen der Bauteile zueinander und vorgegebene Toleranzen durch Zulieferteile in Code-Form abgelegt werden.

5 Abbildung funktional erforderlicher Toleranzen

Bild 9 zeigt eine Darstellung des EXPRESS-G /4/ Modells zur Abbildung funktional erforderlicher Toleranzen. Es wurde weitgehend STEP konform modelliert und zeigt die Definition der funktionsorientierten Toleranz, welche notwendig ist, wenn zwei

Bauteile eine bestimmte Funktion ausüben. Die Information, die für diese funktionsorientierte Beziehung zwischen zwei Teilen (bzw. zweier Features) notwendig ist, wird durch das untenstehende Schema beschrieben. Die Möglichkeit, eine festgelegte Toleranz bspw. bei Standardteilen abzubilden, wird ebenfalls bereitgestellt.

Literatur

- /1/ Marca, David A.; McGowan, Clement L.: SADT - Structured Analysis and Design Technique, McGraw-Hill, New York, 1986
- /2/ Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung, Berlin, Heidelberg, New York 1993
- /3/ Holland, M.: Prozeßgerechte Toleranzfestlegung (Systemkonzept zur Bereitstellung von qualitätsrelevanten Informationen für den Konstruktionsprozeß am Beispiel der Prozeßgenauigkeit, IMW, Clausthal 1993
- /4/ ISO DIN 10303-11 The EXPRESS Language Reference Manual, International Organization for Standardization
- /5/ PICASSO-Project Report, IMW, Clausthal und Marés, Barcelona 6/1993
- /6/ PICASSO Deliverable D 14-1 - Tolerance determination methodology, IMW, Clausthal 9/1993
- /7/ PICASSO-Deliverable D12-1 - Assembly design activity model, IMW, Clausthal 9/1993

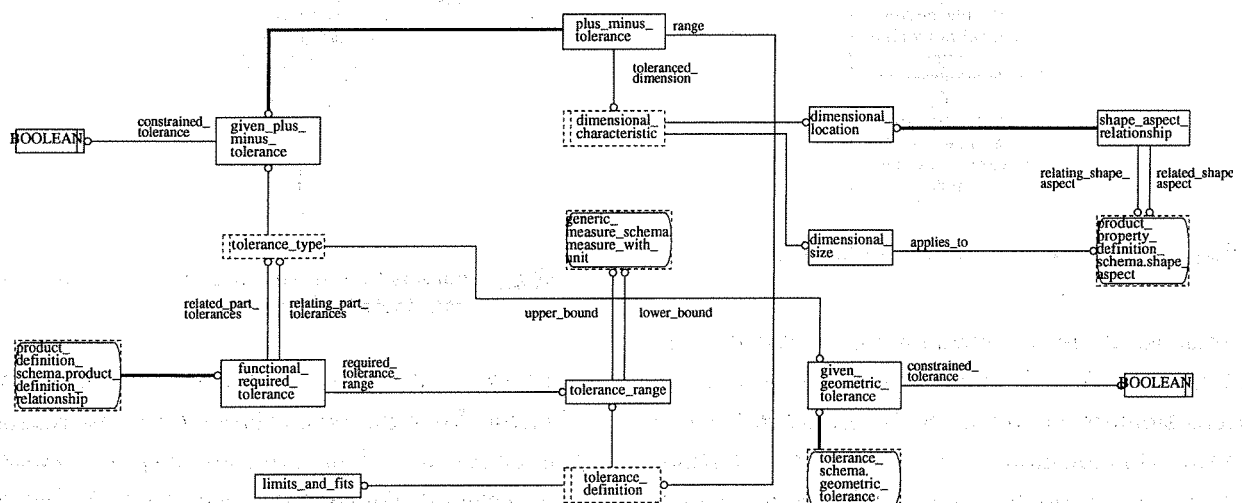


Bild 9 EXPRESS-G Darstellung des Modells zur Abbildung funktional erforderlicher Toleranzen /3/