

Ansätze zur parallelen Gestaltung von Produkten und Fertigungsprozessen

Penschke, St.; Große, A.; Heinen, F.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 362 "Fertigen in Feinblech" hat das Institut für Maschinenwesen innerhalb des Teilprojektes B4 "Feinblechkonstruktion" eine rechnerunterstützte Systematik zur Entwicklung von Blechbauteilen erarbeitet. Im Sinne einer integrierten Vorgehensweise wurden Konzepte zur Parallelisierung der Gestaltung des Produktes und der Fertigungsprozesse entwickelt. Ausgehend von einer Informationsanalyse im Bereich der Blechteilekonstruktion wurde das relevante Wissen extrahiert, modellhaft beschrieben sowie Regeln zur Verknüpfung der Informationsobjekte abgeleitet. Die Ergebnisse wurden im Prototypen eines wissensbasierten Systems umgesetzt.

A computer-aided methodology for the development of sheet metal parts has been worked out by the IMW within the subproject B4 "Sheet Metal Design" of the special research project 362 "Processing of Sheet Metal". To meet the aim of an integrated approach a concept for a simultaneous product design and planning of manufacturing processes has been developed. Based on the analysis of the design process the relevant information objects have been extracted and modelled. Furthermore, rules to describe the relationships of these objects have been drawn up. To demonstrate the functionality, a research prototype of a knowledge-based designer information system has been implemented.

1 Umfeld und Motivation

Feinblech ist heute dank moderner Erzeugungsverfahren ein außerordentlich hochwertiges Halbzeug mit der Möglichkeit zur Einstellung definierter Eigenschaften. Auch die Möglichkeiten bei der Weiterbearbeitung von Blech entwickeln sich ausgesprochen dynamisch /1–3/. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, daß die eigenschaftsbestimmende Werkstoffherstellung und die Formgebung in getrennten Fertigungsschritten erfolgen. Angesichts der umfangreichen Verfügbarkeit von Blech läßt sich so eine hohe Qualitätssicherheit und Formflexibilität erzielen.

Ein weiterer wichtiger Umstand ist die sich allgemein verschärfende Wettbewerbssituation mit stetig wachsenden Anforderungen an Preise, Lieferzeiten und die Qualität der Produkte. Dies erfordert eine Reorganisation der Entwicklungsprozesse mit dem Ziel einer zeitlichen Verkürzung bei gleichzeitiger Produktoptimierung. Von wesentlicher Bedeutung sind hier die Ansätze des Simultaneous bzw. Concurrent Engineering (**Bild 1**). Die Philosophie des Concurrent Engineering als simultane Einbeziehung aller Engineering-Bereiche eines Unternehmens zur Verkürzung von Entwicklungszeiten und Senkung der Herstellkosten wird auf verschiedenen Wegen umgesetzt. Es können sowohl teamorientierte, als auch rechnergestützte Methoden zur Anwendung kom-

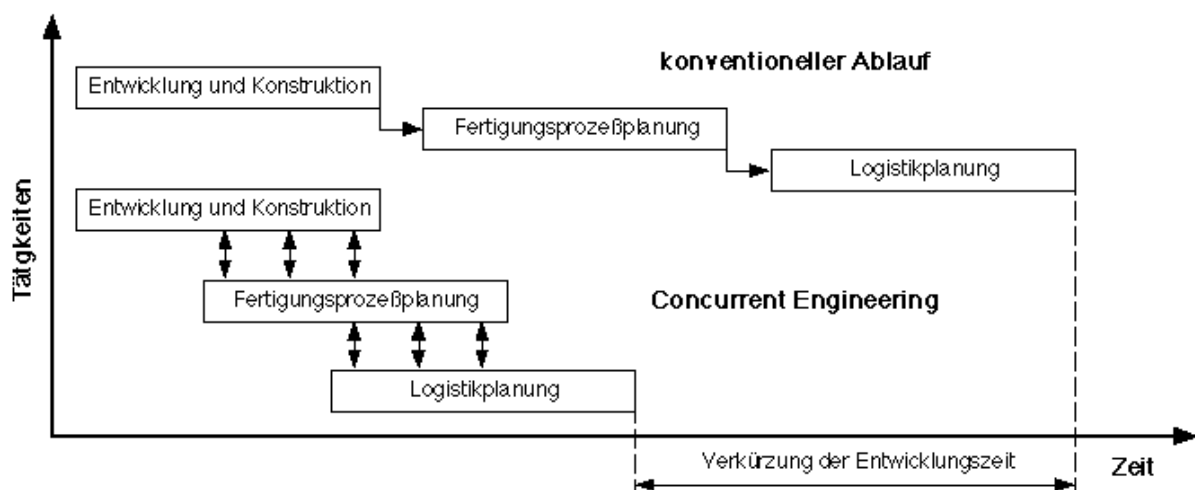


Bild 1: Philosophie des Concurrent Engineering

men. Daraus ergibt sich die wesentliche Zielsetzung, Voraussetzungen für eine Rückgewinnung von Informationen aus den der Konstruktion nachgelagerten Phasen der Produktentstehung für eine Nutzung im Entwicklungsprozeß zu schaffen.

2 Aufbereitung des relevanten Wissens

Während des Produktentwicklungsprozesses zeigen sich oft Lücken bezüglich Informationen aus den verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus. Dies hat zur Folge, daß in der Konstruktion nicht genügend qualifizierte Entscheidungen zur Festlegung späterer Produkteigenschaften getroffen werden können. Es stellt sich also die Aufgabe, mit Hilfe moderner Informationstechnologien diese Lücken möglichst effizient zu schließen.

Für eine rechnerunterstützte Verwaltung konstruktionsrelevanten Wissens müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Zunächst muß geprüft werden, welches Wissen überhaupt umgesetzt wird und welches die prägenden Informationen sind, die in den einzelnen Entwicklungsphasen die Entscheidungsgrundlagen bilden. Unter konstruktionsrelevantem Wissen sollen dabei sowohl Handlungssysteme, im Sinne methodischer Vorgehensweisen, als auch Sachsysteme mit den für einzelne Bearbeitungsschritte notwendigen Informationen z.B.:

- Funktionen
- Lösungsprinzipien
- Werkstoffen
- Fertigungsverfahren
- Gestaltungsrichtlinien oder
- Berechnungsverfahren

verstanden werden. Wegen der wesentlich größeren Abhängigkeiten zwischen Bauteilgestalt und Herstellungsprozessen bei der Blechverarbeitung ergibt sich hier ein erheblicher Informationsbedarf.

Dieser Erkenntnis folgend wurden verschiedene Analysen im Umfeld der Blechteileentwicklung und -fertigung durchgeführt. Dazu zählten eine allgemeine Untersuchung im Bereich der Blechteilefertigung mit Hilfe der Fragebogen-Methode, Analysen bestehender nationaler und internationaler Ansätze der Konstruktionsmethodik sowie eine Aufnahme praktischer Vorgehensweisen bei verschiedenen Blechteileherstellern /4/. Schwerpunkte waren zum einen der allgemeine Informationsumsatz und zum anderen die tatsäch-

liche Vorgehensweise in der Konstruktion im Sinne eines typischen Ablaufs.

2.1 Handlungssysteme

Die Ergebnisse der Analyse möglicher Handlungssysteme, d.h. bekannter Methodiken und der Zustandsaufnahme wurden in einer Referenzvorgehensweise für die Blechteilekonstruktion zusammengefaßt. Hier ist bereits nach dem Charakter der Aufgabenstellung zu differenzieren. Denkbar sind:

- *gestalt- bzw. designorientierte Aufgaben*
In diesem Fall ist die Gestalt weitestgehend z.B. durch eine Designstudie (Modell o.ä.) vorgegeben. Alle Optimierungsprozesse müssen sich der geforderten Gestalt unterordnen.
- *funktionsorientierte Konstruktionsaufträge*
Die zu erfüllenden Funktionen stehen im Vordergrund. Gestalt und Herstellung können unter funktionellen Randbedingungen optimiert werden.

Dazu kommen sowohl produkt-, als auch unternehmensabhängige Besonderheiten bei den in der konstruktiven Praxis angewendeten Vorgehensweisen, deren Ursachen oftmals in "historisch gewachsenen" Aufbau- und Ablaufstrukturen zu suchen sind. Da die Art und Anzahl der Aktivitäten bzw. zu treffenden Entscheidungen weitestgehend indifferent sind, wurde in Anlehnung an die Methodik nach Pahl/Beitz /5/, die für die vorliegende Problematik am geeignetsten erschien, eine Referenzvorgehensweise als "neutraler" Ablauf entwickelt.

2.2 Sachsysteme

Die Ergebnisse der o.g. Analysen bildeten den Ausgangspunkt für eine Extraktion, Systematisierung und Modellierung des für eine Unterstützung des Konstruktionsprozesses relevanten Fakten- und Methodenwissens. Wesentliche Sachbereiche sind z.B. Anforderungen, Funktionen, Gestalt/Geometrie, Technologie (mit Betriebsmitteln, Werkzeugen und Fertigungsprozessen) sowie Werkstoffe. Folgende Kriterien sind dabei zu berücksichtigen:

1. Bei der Aufbereitung bzw. Modellierung von Anforderungen und Funktionen besteht das vordergründige Ziel darin, gestaltbestimmende Informationen bereits in der Planungs- und Konzeptphase zu erkennen. Dabei muß eine Berücksichtigung von technologischen und werkstofflichen Aspekten er-

möglichst werden. Der Übergang von Anforderungen und Funktionen zur Gestalt des Bauteils muß unterstützt werden.

2. Die Strukturierung und Beschreibung technologischer Informationen muß speziell für die Entwurfsphase (Gestalten) erfolgen. Ziel ist es, eine interaktive Gestaltoptimierung unter technologischen und werkstofflichen Gesichtspunkten bzw. Parametern zu ermöglichen.
3. Die Bereitstellung der jeweiligen Informationen im Konstruktionsprozeß muß anwendungsbezogen erfolgen, d.h. die notwendigen Informationen müssen der Problemstellung angepaßt präsentiert werden. Die Struktur der Informationssammlung muß ein methodisches Vorgehen beim Konstruieren unterstützen.

Die Untersuchungen konzentrierten sich dabei zunächst auf bestimmte Schwerpunkte. In diesem Zusammenhang wurde die Modellierung der Abbildungsbereiche unter der Maßgabe einer möglichen Erweiterung in folgenden Entwicklungsphasen durchgeführt. So wurden die abbildenden Tätigkeiten auf einzelne Blechteile fokussiert. Die Untersuchungen zur Geometrie beschränkten sich vorerst auf die Spezifizierung von blechtypischen Gestaltungsgrundelementen. Eine Modellierung wurde hier nur in sehr beschränktem Umfang durchgeführt. Sie soll verstärkt Gegenstand künftiger Untersuchungen sein.

Bei der Modellierung von Anforderungen und Funktionen wurde vor allem eine möglichst einfache und effiziente Nutzung während der nachfolgenden Konstruktionsphasen angestrebt. Eine konventionelle Erfassung von Anforderungen in abstrakt textueller Form hat den Nachteil, daß eine Berücksichtigung während der konstruierenden Tätigkeiten sehr aufwendig ist. Interpretiert man Anforderungen als eine Festlegung von Invarianzen für die Ausprägung von Produkteigenschaften, so ergibt sich die Möglichkeit, textuelle Anforderungen in Referenzen auf die jeweiligen Informationsobjekte aufzulösen. **Tabelle 1** zeigt Beispiele für eine derartige Referenzierung.

Diese Methode der Anforderungsbehandlung bietet die Möglichkeit, im weiteren Konstruktionsprozeß das werkstoff- bzw. technologiespezifische Wissen, das zur fertigungsgerechten Gestaltung des Bauteils erforderlich ist, unmittelbar zur Verfügung zu stellen. So kann parallel zur Produktdefinition eine Vorauslegung des Fertigungsprozesses erfolgen.

Forderung (textuell)	Referenzierung
- Blechteil muß korrosionsbeständig sein	- Blechwerkstoffe mit guter Korrosionsbeständigkeit
- die Montage der Baugruppe soll durch Schweißen erfolgen	- Blechwerkstoffe mit guter Schweißseignung
- geringe Herstellkosten	- Betriebsmittel mit niedrigem Werkzeug- und Lohnkostenniveau
- die Herstellung soll im Werk A des Unternehmens erfolgen	- Betriebsmittel (z.B. Ziehpressen) des Werkes A

Tab. 1: Referenzierung von Anforderungen

Im Bereich der Technologie wurde besonders das Tiefziehen untersucht. Bei der Modellbildung zum Tiefziehen wurden einige Vereinfachungen getroffen, da das Tiefziehergebnis von sehr vielen Einflußfaktoren abhängt, die sich zudem schwer quantifizieren lassen. Wesentliche Einflußbereiche sind die Geometrie, der Werkstoff und technologische Größen wie Parameter bei der Prozeßführung (z.B. Ziehkraft und -geschwindigkeit, Niederhalterkraft, Stadienfolge). Als maßgebende Einflußgrößen wurden Informationen zu folgenden Bereich abgebildet:

- Betriebsmittel, z.B.
 - Eignung bezüglich Fertigungsverfahren
 - Arbeitsraumabmessungen
 - technische Parameter (Stößelkräfte etc.)
 - Lohn- und Werkzeugkostenniveau
 - wirtschaftliche Losgrößen
- Werkzeuge, z.B.
 - Eignung bezüglich Fertigungsverfahren
 - Geometrie
- Fertigungsprozesse, z.B.
 - Prozeßparameter (Ziehkraft, -geschwindigkeit, Stadienfolge etc.)
 - Methoden zur Prozeßauslegung (Stadienplanung, Ziehkraft-, Zuschnittberechnung etc.)

Auch für die Abbildung des prozeduralen Wissens (Berechnungsmethoden u.ä.) wurden entsprechende Beschreibungsmodelle entwickelt. Sie ermöglichen eine Verwaltung von Kenngrößen und deren Verknüpfung zu Methoden. Ebenfalls berücksichtigt wurde die Tatsache, daß u.U. mehrere Methoden zur Berechnung einer Kenngröße bekannt sind (z.B. eine Überschlagsformel und eine exakte Berechnung). Diese können nebeneinander verwaltet und ihrer Bedeutung entsprechend mit Prioritäten belegt werden, die im Anwendungsfall berücksichtigt werden.

Damit soll sich die Erläuterung zur Abbildung der einzelnen Sachsysteme erschließen. Auf die weiteren wichtigen Teilbereiche und deren Modellierung soll nicht näher eingegangen werden.

Für die Modellierung der Informationsobjekte wurde die formale Beschreibungssprache EXPRESS /6/ angewendet. Diese Modellierungssprache wurde im Rahmen des Schnittstellenstandards STEP - Standard for the Exchange of Product Model Data - für die rechnergerechte und konsistente Abbildung von Produktinformationen entwickelt. **Bild 2** zeigt ein entwickeltes Partialmodell für Werkstoffe in EXPRESS-G Notation, einer grafischen Darstellungsform von EXPRESS-Modellen.

3 Entwicklung eines Prototypen

Zum Nachweis der Funktionalität der entwickelten Ansätze, Methoden und Modelle wurde zur Forschungszwecken ein entsprechender Prototyp am IMW installiert. Ziel ist die Integration der Ergebnisse in einem wissensbasierten System zur Unterstützung der Blechteileentwicklung.

3.1 Konzept

Der eigentlichen Installation ging eine Konzeptionsphase für den Prototypen voraus. Hier wurden zunächst aus Anwendersicht Anforderungen an die Implementation spezifiziert. Dies waren z.B.:

- *allgemeine Forderungen*
Struktur des Prototypen, Benennungssystem, Dateimanagement
- *Benutzerführung*
Bildschirmmasken, Anbieten paralleler Funktionen
- *Benutzerkonzept*
Nutzergruppen, Nutzungs- und Zugriffsrechte
- *Funktionalitäten*
Informations-, Protokoll-, Warnfunktionen, Entscheidungsstrukturen, Alternativen
- *Datenbasis*
Bauteile, Anforderungen, Funktionen, Geometrie, Werkstoffe, Fertigungsprozesse, Betriebsmittel, Werkzeuge, prozedurales Wissen

Aus dieser Anforderungsspezifikation wurde das in **Bild 3** dargestellte Konzept für den Prototypen entwickelt. Die Implementation besteht aus drei wesentlichen Schichten:

1. Integriertes Produkt- und Prozeßmodell

Diese Schicht enthält die notwendige Datenbasis für den Prototypen. Das in EXPRESS spezifizierte Fakten- und Methodenwissen wird mit Hilfe am IMW entwickelter Werkzeuge /7/ in die Entwicklungsumgebung Kappa umgesetzt. In der Entwicklungsumgebung erfolgt die persistente Haltung der Daten.

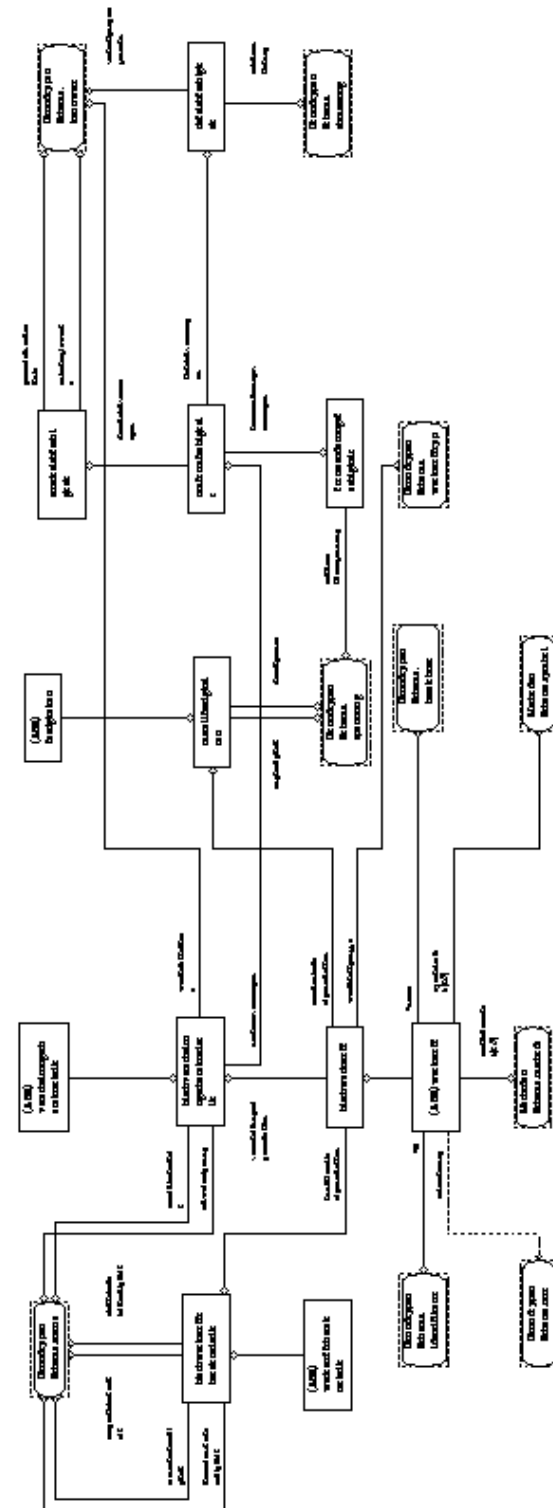


Bild 2: Informationsmodell für die Blechteileentwicklung, Partialmodell für Werkstoffe (EXPRESS-G Notation)

2. *Werkzeuge zur Wissensverarbeitung und -bereitstellung*

Diese Schicht enthält die zur Verarbeitung und Bereitstellung des Wissens aus der Datenbasis notwendigen Werkzeuge. Sie sorgt für die anwendungsbezogene Bereitstellung des jeweils relevanten Wissens.

3. *Benutzerschnittstelle*

Sie stellt die Kommunikationsschnittstelle zwischen dem Benutzer und dem System mit seiner Wissensbasis dar.

Weitere wichtige Elemente sind die Systemverwaltung mit verschiedenen wiederverwendbaren Prozeduren zum Aufbau und Anpassen von Bildschirmmasken oder universellen Suchmechanismen sowie Schnittstellen zu externen Systemen wie CAD-, CAQ- oder PPS-Systemen, um einen Austausch von Daten zu ermöglichen.

3.2 **Umsetzung**

Die Umsetzung des erläuterten Konzeptes erfolgte in der Rechnerumgebung des IMW. Neben der modellhaften Beschreibung des Sachwissens mußten auch die gewünschten Systemfunktionalitäten in neutraler Form beschrieben werden. Dies betraf vor allem die Schicht der Wissensverarbeitung und -bereitstellung. Dazu wurden Methoden der OMT - Object Modelling Technique - /8/ genutzt. Hier wird zwischen drei we-

sentlichen Modellen zur Beschreibung komplexer Systeme unterschieden:

- *Objektmodell*
repräsentiert die statischen, strukturellen und datenbezogenen Aspekte des Systems; entspricht dem Sachwissen (EXPRESS-Spezifikation)
- *dynamisches Modell*
repräsentiert die zeitlichen, verhaltensmäßigen bzw. steuerungsbezogenen Aspekte des Systems
- *funktionales Modell*
repräsentiert die Übergangs- und Funktionsaspekte des Systems, dies können Funktionen, Einschränkungen oder funktionale Abhängigkeiten sein

Speziell für die Beschreibung des dynamischen und funktionalen Verhaltens wurden entsprechende Modelle entwickelt und bei der Implementation umgesetzt.

So wurde ein Werkzeug zur Steuerung von Berechnungsmethoden entwickelt, das es ermöglicht, während des Konstruktionsvorgangs mathematisch beschreibbare Randbedingungen in Abhängigkeit vom Konkretisierungsgrad auszuwerten und entsprechend zu berücksichtigen. Dazu werden Symbole und Methoden (mathematischer Zusammenhang von Symbolen) kontextabhängig verwaltet und für die Nutzung im Konstruktionsprozeß nach allen Zielgrößen aufgelöst bzw. umgestellt.

Benutzerschnittstelle (Kappa, C, C++, ...)

Werkzeuge zur Wissensverarbeitung und -bereitstellung (C, C++, ...)

Beschreibung von Konstruktionsprozessen	dynamische Anforderungsbehandlung	Featureverarbeitung	Steuerung von Berechnungsmethoden
Informations-Module (HTML, Java)	Gewinnung von Fertigungserfahrungen	autonome Wissensakquisition	Beurteilung von Fertigungserfahrungen
...

Systemverwaltung und Oberfläche (C, Kappa, Tcl/Tk, ...)

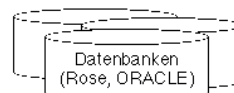
- Wiederverwendbare Prozeduren
- Fensteraufbau nach Datenbankobjekten
 - dynamische Fensteranpassung
 - universelle Suchmechanismen
 - Pipes
 - ...

integriertes Produkt- und Prozeßmodell

- Fakten- und Methodenwissen
- Konstruktionsaktivitäten
 - Produktbeschreibung
 - Berechnung und Dimensionierung
 - Werkstoffe
 - Arbeitsvorbereitung
 - Fertigung
 - ...
- (EXPRESS)

Umsetzung (LaCuca)

Entwicklungsumgebung für Applikationen (Kappa)



Schnittstellen zu externen Systemen

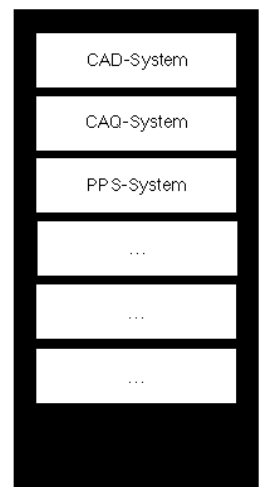


Bild 3: Konzept eines wissensbasierten Systems für die integrierte Blechteileentwicklung

Werkstoff: ZStE 340		Betriebsmittel: Ziehpresse BZE 240	
Rm	540.0	Tiefe	1000.0
kfm	702.0	Breite	1000.0
beta100	2.1	Hoehe	700.0
eta_F	0.5	Hmax	700.0
Werkstueck:		Fstmax	1.6e+06
s0	1.0	Fnmax	300000.0
Apl	3317.52	Vmax	
d0	64.9923	Werkzeug:	
R		Ast	1809.56
Verfahren: Tiefziehen mit Niederhalter im Erstzug Zylindrische Teile		uz	1.4
Fz	12616.5	d1	48.0
hmax	12.1604	dM	50.8
AN	24127.4	rM	
FN	13533.8	rst	3.0
pN	0.560931	Ergebnis: flacher Napf	
C2		h	10.0
beta0	1.35401	dm	49.0
beta0max	1.41893	rb	3.0
d0max	68.1088	s0	1.0
<input type="button" value="ASCII"/> <input type="button" value="Undo"/> <input type="button" value="Display"/>		<input type="button" value="Help"/> <input type="button" value="Close"/>	

Grenzziehverhaeltnis fuer d1/s0 = 100

Bild 4: Bildschirmmaske zur Vorauslegung von Fertigungsprozessen

3.3 Nutzungsszenario

Das System bietet zunächst die Möglichkeit, Anforderungen für das neu zu entwickelnde Blechbauteil festzulegen. Dies kann, wie bereits beschrieben, durch eine Referenzierung oder in textueller Form erfolgen. Der Benutzer wird dabei durch entsprechende Hilfsmittel (z.B. Suchmechanismen, Editor) unterstützt.

Ist diese Phase abgeschlossen, kann eine Vorauslegung geometrischer, werkstofflicher und technologischer Kenngrößen erfolgen. Die Vorgabe von Parametern kann dabei direkt ("von Hand") oder durch Auswahl referenzierter Anforderungen vorgenom-

men werden. Mit Hilfe des hinterlegten prozeduralen Wissens werden die Vorgaben ausgewertet und alle bis dahin nicht definierten Zielgrößen, soweit möglich, berechnet. **Bild 4** zeigt die Bildschirmmaske für einen solchen Auslegungsprozeß. Durch unterschiedliche Darstellungsformen (Schriftstil und -farbe) ist gekennzeichnet, ob es sich um berechnete, ausgewählte oder "von Hand" eingegebene Kenngrößen handelt.

Parallel dazu erfolgt eine Gegenprüfung der referenzierten Anforderungen auf ihre "Gültigkeit". Sind z.B. eine Reihe von Ziehpressen als bevorzugt referenziert, so wird für jede Presse überprüft, ob das Bauteil mittels dieser Presse herstellbar ist. Gleiches gilt sinn-

gemäß für alle referenzierten Anforderungen. Die Ergebnisse dieser Prüfung werden ebenfalls entsprechend präsentiert.

Das System bietet so die Möglichkeit zur interaktiven Optimierung von Geometrie, Werkstoff und Fertigung und unterstützt im weitesten Sinne eine fertigungsgerechte Konstruktion.

4 Ausblick

Hauptzielstellung der geplanten Arbeiten ist die Erweiterung der bereits entwickelten Methoden und Werkzeuge. Zunächst soll ein methodisches Rahmenkonzept für die rechnerunterstützte Blechteileentwicklung erstellt werden. Ziel ist die Systematisierung und Einordnung der verschiedenen, zur Konstruktionsunterstützung zu entwickelnden Methoden und Werkzeuge wie:

- dynamische Anforderungsbehandlung
- Featurebasierung
- Akquisition und Aufbereitung von Fertigungserfahrungen

in einem Systemmodell. Als ein wesentlicher Bestandteil des Rahmenkonzeptes soll ausgehend von den bisher erfaßten Vorgehensweisen bei der Blechteileentwicklung eine Methode zur Beschreibung von Konstruktionsabläufen basierend auf der Theorie der Konstruktionsräume entwickelt werden. Grundge-

danke der im Abschnitt 2.1 beschriebenen Ablaufpläne der Konstruktionsmethodik ist es, eine bewußte, nicht objektgebundene Vorgehensweise zur Bearbeitung konstruktiver Probleme zu unterstützen. Sie stellen konfektionierbare Leitlinien zur Bewältigung des Konstruktionsprozesses (insbesondere für Neukonstruktionen) dar. Schwächen dieser Methoden zeigen sich in der Lösung von Problemen im speziellen Anwendungsfall und bei der Darstellung von iterativen Prozessen.

Aus diesem Grund sind speziell unter dem Blickwinkel der Rechnerunterstützung von Planungs- und Entwicklungstätigkeiten beschreibende Methoden entwickelt worden. Sie gehen von einer zunehmenden Konkretisierung der Produktbeschreibung aus, welche auf eine begrenzte Anzahl von Konstruktionsaktivitäten reduziert werden kann. Die Aktivitäten spannen einen mehrdimensionalen Raum auf, der zur Beschreibung von Konstruktionsprozessen genutzt werden kann /9, 10/. Die Nutzung derartiger Methoden soll es ermöglichen, Wissen zu produktspezifischen Konstruktionsabläufen zu akquirieren und gegebenenfalls Konstruktionsprozesse zu steuern.

Ausgehend von den bestehenden Ansätzen zur Anforderungsbehandlung soll eine Systematik für die Erfassung, Konkretisierung, Änderung, Anpassung und Aufgliederung von Anforderungen entwickelt werden. Dabei muß gewährleistet werden, daß der

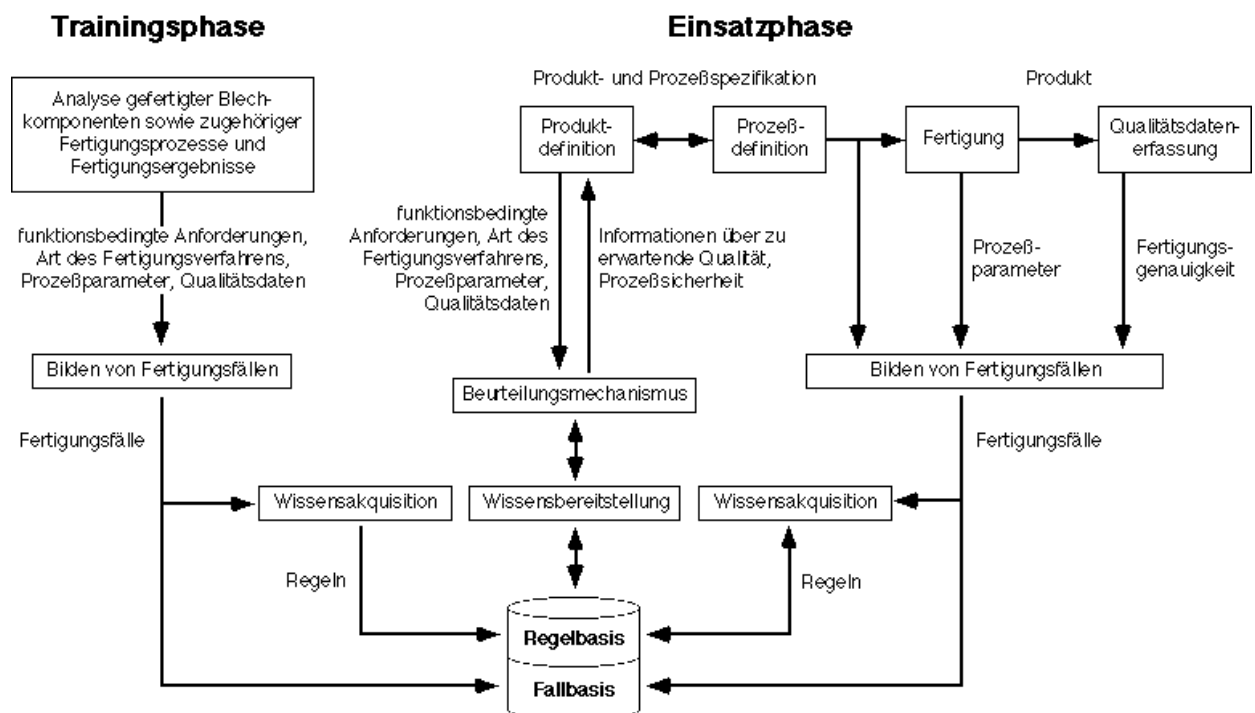


Bild 5: Konzept zur Nutzung von Fertigungserfahrungen in frühen Konstruktionsphasen

Konstrukteur bereits in frühen Entwicklungsphasen (Planung) bei der Erfassung von Anforderungen unterstützt wird, die den Besonderheiten von Produkten aus Feinblech genügen. Neben der Erfassung blechspezifischer Anforderungen soll im Entwicklungsprozeß eine Steuerung der Konstruktion im Sinne einer anforderungsgetriebenen Blechteileentwicklung angestrebt werden.

Im weiteren ist geplant, die Ansätze der Feature-Technologie für die Blechteileentwicklung zu nutzen. Primäres Ziel der Featurebasierung ist es, Lösungselemente im Entwicklungsprozeß zur Verfügung zu stellen. Diese Lösungselemente müssen möglichst verfahrensunabhängig definiert werden und z.B. mit Informationen über erfüllbare Anforderungen und Funktionen verknüpft sein, um den Übergang von der Planungs- und Konzeptphase zur Entwurfsphase (von Anforderungen/Funktionen zur Gestalt) zu unterstützen. Im Hinblick auf eine Integration in das Rahmenkonzept ergibt sich die Aufgabe, weitere Informationen aus den Bereichen Arbeitsvorbereitung, Fertigung sowie Fakten- und Methodenwissen zum fertigungsgerechten Gestalten in die Feature-Beschreibung zu integrieren. Umgesetzt werden soll dieses Konzept mit der Definition von Basis-Features aus denen über ein Sichtenkonzept z.B. Konstruktions- oder Fertigungs-Features zusammengesetzt werden.

Für die Unterstützung des Konstrukteurs bei der Festlegung von Genauigkeitsanforderungen (z.B. Toleranzen, Oberflächenbeschaffenheiten) soll auf Erfahrungen mit bereits gefertigten, ähnlichen Blechbauteilen zurückgegriffen werden. Dazu sind Informationen auf Fertigungsebene zu sammeln und entsprechend aufzubereiten. Für eine fertigungsgerechte Festlegung von Genauigkeitsanforderungen sind Kenntnisse über Fertigungsprozesse, erreichbare Prozeßgenauigkeiten und -fähigkeiten erforderlich. Entsprechend dem im **Bild 5** dargestellten Konzept sind dafür Werkzeuge zu entwickeln, die mit Hilfe von Algorithmen auf der Basis von Statistik, Fuzzy-Logik und/oder neuronalen Netzen das erforderliche Wissen autonom akquirieren und aktualisieren.

Mit diesen Mechanismen werden aus gesammelten Fertigungsfällen ähnlicher Struktur automatisch Regeln induziert und in einer Regelbasis abgelegt. Die Algorithmen werden dazu genutzt, die Zusammenhänge zwischen Bauteilcharakteristika, Genauigkeitsanforderungen sowie Spezifikationen des Ferti-

gungsprozesses einerseits und dem Fertigungsergebnis andererseits zu erfassen. Ein Beurteilungsmechanismus führt die bedarfsorientierte Wiedergewinnung und Bereitstellung des vorhandenen Regelwissens durch. Während der Entwicklung neuer Blechbauteile kann so eine Aussage über das zu erwartende Fertigungsergebnis getroffen werden.

Literatur

- /1/ Radtke, Hermann: Fachgebiete in Jahresübersichten – Blechbearbeitung 1996. VDI-Z Special Blechbearbeitung Oktober '96, S. 14-20
- /2/ Autorenkollektiv: International Conference on Sheet Metal – SheMet '96. Proceedings Volume I und II, University of Twente/WB, April 1996
- /3/ Hielscher, Christian; Sitzmann, Bernd: Erfahrungen mit dem Innenhochdruck-Umformen. Werkstatt und Betrieb 129 (1996), S. 840-850
- /4/ Penschke, Steffen; Große, Andreas: Grundlagen für die Unterstützung des Konstruktionsprozesses beim Entwickeln von Blechbauteilen. Mitteilungen aus dem IMW Nr. 20 (1995), S. 53-58
- /5/ Pahl, Gerhard; Beitz, Wolfgang: Konstruktionslehre. Springer Verlag Berlin/Heidelberg/New York, 1986
- /6/ ISO 10303: Industrial automation systems – Product data representation and exchange. Part 11: Language reference manual. ISO/TC 184/SC 4, 1993
- /7/ Ort, Andreas: Überführung einer Spezifikation in EXPRESS in die Entwicklungsumgebung Kappa. Mitteilungen aus dem IMW Nr. 20 (1995), S. 67-72
- /8/ Rumbaugh, James; Blaha, Michael; Premerlani, William u.a.: Objektorientiertes Modellieren und Entwerfen. Coedition Carl Hanser Verlag München und Prentice-Hall International London, 1994
- /9/ de Vries, T.: Conceptual design of controlled electro-mechanical systems. Dissertation, University of Twente, 1993
- /10/ Hartmann, Detlef: Ein Modell zur qualitätsgerechten Konstruktion. VDI Fortschritt-Berichte Reihe 1 Nr. 260, VDI Verlag Düsseldorf, 1996