

Ein Konstruktionshilfsmittel zur Gestaltung kostengünstiger Produkte

Günter Höhne, Peter Leibl

Kurzfassung

Für die systematische Aufgabenbearbeitung in der Konstruktion sind Hilfsmittel erforderlich. Das hier beschriebene Informationssystem enthält allgemein gültige, unternehmensübergreifende Informationen und gibt dem Anwender die Möglichkeit zu Ergänzungen. Es sind fertigungs- und kostenrelevante Angaben in den Unterlagen enthalten. Der Aufbau des feature-orientierten Hilfsmittels ist nachfolgend beschrieben.

1 Einleitung

In den letzten Jahren wandelte sich das Tätigkeitsfeld der Konstrukteure. Früher wurden einzelne Aufgaben von spezialisierten Mitarbeitern durchgeführt. Durch die zunehmende Integration von Funktionen und den vergrößerten Lieferumfang, vor allem in der Automobilzulieferindustrie, sind zunehmend Mitarbeiter mit übergreifendem Fachwissen erforderlich.

Deshalb sind Konstrukteure mehr den je auf Hilfsmittel angewiesen. Hinsichtlich des Informationsgehaltes ist die Einteilung in zwei Gruppen möglich:

- allgemeine und
- konkrete Hilfsmittel

Die allgemeinen Konstruktionshilfsmittel befassen sich im wesentlichen mit der generellen Bearbeitung der Aufgabenstellung [1, 2, 3, 4]. Auch Teilaspekte wie das kostengünstige [5, 6, 7] und das fertigungsgerechte Konstruieren [8, 9] sind berücksichtigt.

Die konkreten Hilfsmittel geben Informationen zu konstruktiven Details. Beispiele sind Schraubenkataloge, die technische Daten der Produkte und deren Materialeinzelkosten enthalten [10]. Weitere Informationen, die für den Konstrukteur von Bedeutung sind fehlen. Das sind unter anderem die Montagekosten.

In der Literatur sind konkrete Hilfsmittel selten. Die vorhandenen Konstruktionskataloge berücksichtigen meist nur exemplarische Gut-/Schlechtlösungen.

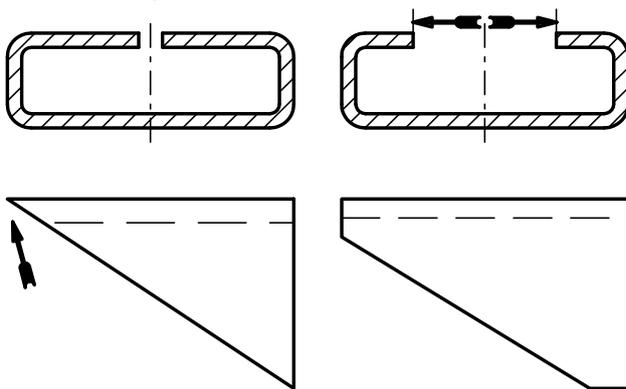


Bild 1: Eine "schlechte" und eine "gute" technische Lösung aus einem Konstruktionsatlas [11]

Im Bild 1 ist ein vier mal gebogenes Blech dargestellt. Die geringe Öffnungsweite ist als ungünstig ausgewiesen. Diese Aussage gilt nur für bestimmte Fertigungsverfahren wie dem

Biegen mittels Schwenkbiegen. Beim Rollbiegen trifft das nicht zu. Ebenso fehlen Dimensionierungen.

Somit ist ein Konstruktionshilfsmittel wünschenswert, das die Aufgabenbearbeitung systematisch unterstützt. Ferner sind konstruktions- und fertigungsrelevante Informationen zur Verfügung zu stellen. Ebenso müssen Kosteninformationen enthalten sein, um ein kostengünstiges Gestalten der Produkte und ein Target Costing zu ermöglichen.

Für einen Einsatz in der industriellen Praxis müssen allgemeingültige Informationen zur Verfügung gestellt werden. Eine Ergänzungsmöglichkeit mit firmenspezifischen Erweiterungen muß zulässig sein.

2 Konzeptioneller Aufbau des Informationssystemes

Das nachfolgend beschriebene Informationssystem für die Konstruktion und Fertigung (IKF) ist vor allem für die qualitative und quantitative Gestaltungsphase vorgesehen. Im aufgezeigten Beispiel ist das Prinzip an den Blechteilen erklärt, weil der Autor viele Blechteile konstruierte und dadurch spezifisches Fachwissen vorhanden ist.

Für das Konstruktionshilfsmittel ist die Featuretechnik geeignet, da hier geometrische und weitere Informationen wie Fertigungsverfahren kombinierbar sind.

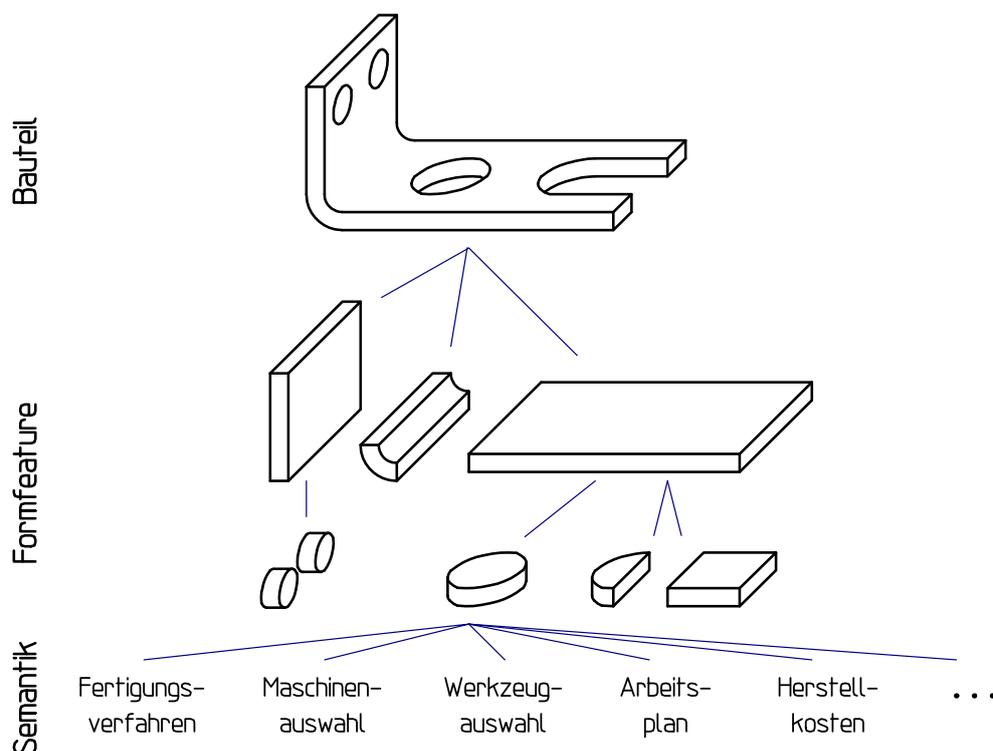


Bild 2: Blechteil in seine Formfeatures und seine semantischen Sachverhalte zerlegt

Im Bild 2 ist ein gebogenes Blechteil dargestellt. Dieses läßt sich in die einzelnen Formfeatures, wie den Platten und Bohrungen untergliedern. Für die Produktion des Loches ist eine Verknüpfung mit dem Fertigungsverfahren Stanzen denkbar. Ist ein Teilarbeitsplan mit den entsprechenden Fertigungskosten hinterlegt, so ist die Berechnung der Kosten für dieses technische Detail möglich.

Zur einfacheren Übersicht der Unterlagen sind diese systematisch zu gliedern. Die Reihenfolge ist nach dem Ablauf des Bearbeitungsprozesses gegliedert. Deshalb beginnen die Informationssammlungen bei den unterschiedlichen Werkstoffen (I) und der Gestaltung

der Außenkontur (II) der Bauteile (Bild 3), weil diese die Konstruktion wesentlich beeinflussen.

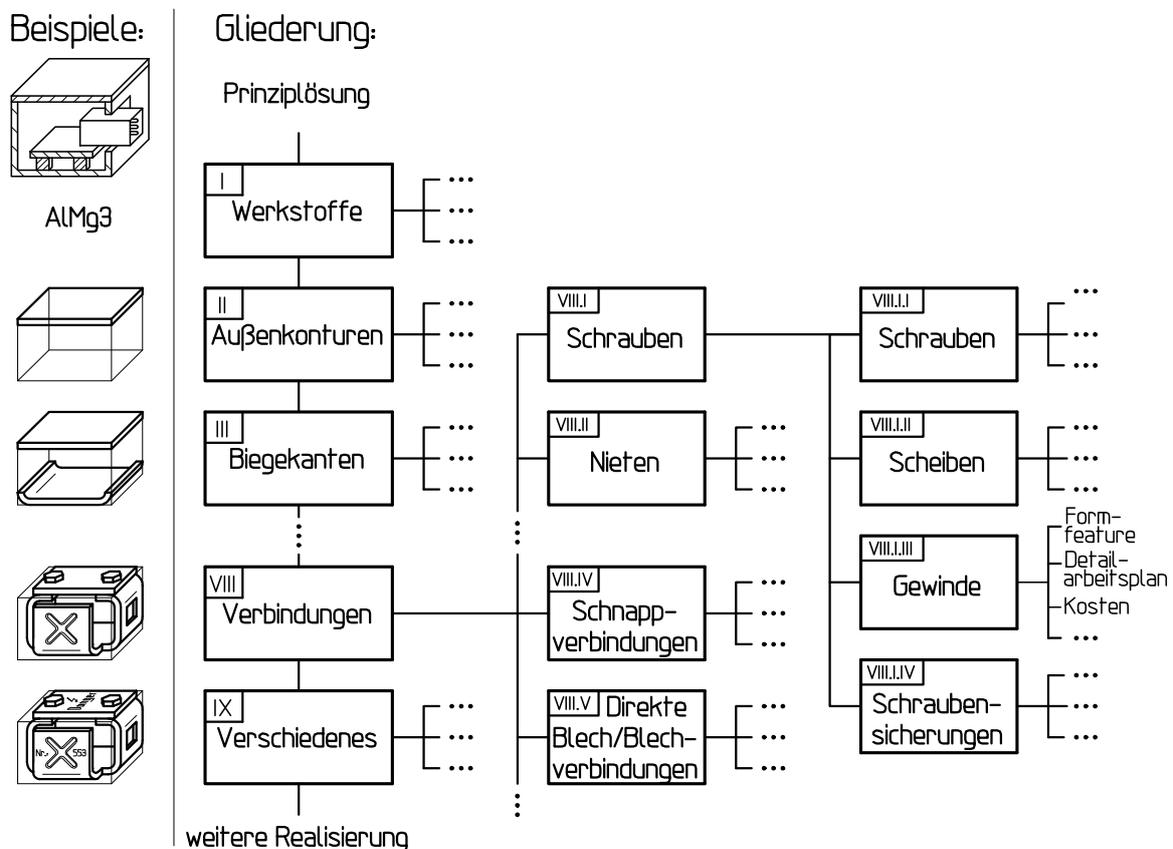


Bild 3: Gliederung des Informationssystems für die Konstruktion und Fertigung

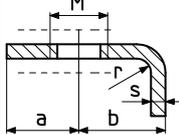
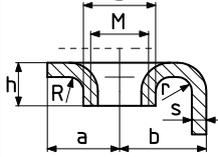
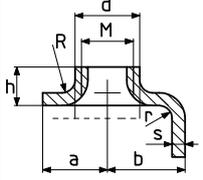
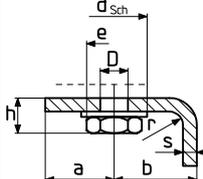
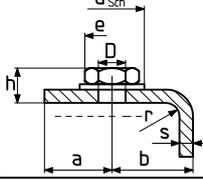
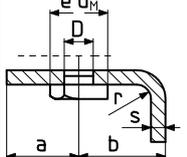
Es folgen weitere Schritte, wie das Festlegen der Biegekanten (III) und der Verbindungen (VIII) der Blechteile. Zu den genannten Hauptkapiteln existieren weitere Untergliederungen. Bei den Verbindungsverfahren sind das unter anderem die direkten Blech/Blech- (VIII.V) und die Schraubverbindungen (VIII.I). Viele dieser Kapitel sind weiter zu gliedern, weil das Verbindungsverfahren aus mehreren Komponenten besteht. Das sind bei der Schraubentechnik die Schrauben (VIII.I.I), Scheiben (VIII.I.II), Gewinde (VIII.I.III) und die entsprechenden Sicherungselemente (VIII.I.IV). Die jeweiligen Datenblätter enthalten die Formfeatures und weitere Informationen. Dies ist am Beispiel der Gewinde in Blechteilen näher beschrieben.

3 Unternehmensunabhängige, allgemeingültige Informationen

Das Formblatt besteht aus drei Spalten, in denen die unternehmensübergreifenden Informationen enthalten sind.

Das Bild 4 zeigt eine Seite für die Gestaltung von Gewinden in Blechteilen. Die allgemeingültigen Angaben sind in der Schriftart Arial und die unternehmensspezifischen in Times New Roman dargestellt.

Die erste Spalte enthält die Bezeichnung und eine grafische Darstellung (Formfeature) der technischen Lösung. Dies erleichtert das schnelle Auffinden von geeigneten konstruktiven Lösungen.

VIII.I.III. Gewinde																																
Detail	Fertigungstechnik, Qualität, ...	Kosten (Herstell-)																														
<p>1. Direkt</p>  <p>Vermeiden!</p>	<p>Für Blechschrauben Kernlöcher nach DIN 7975, empfohlenes Toleranzfeld: H12 Für Gewinde $a_{\min}=1,5*s+M/2$; $b_{\min}= 3*s+r+M/2$</p> <table border="1"> <tr> <td>Gewinde M</td> <td>3</td> <td>3,5</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>22</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Vorloch-ϕ bei Werkstf</td> <td>2,5</td> <td>3</td> <td>2,4</td> <td>1,4</td> <td>9</td> <td>8,3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>13,8</td> <td></td> <td>17,2</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Vermeiden! Grund: bei dünnen Blechen geringe Anz. tragender Gewindegänge. Festigkeitsprobleme bei Al und CuZn. Senken vorm Gewindeschneiden!</p>	Gewinde M	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	Vorloch- ϕ bei Werkstf	2,5	3	2,4	1,4	9	8,3				13,8		17,2			<p>pro Gew. s=2, s=4, s=6</p> <p>M3 0,78 0,96 1,14 M4 0,69 0,83 0,97 M5 0,67 0,78 0,89 M6 0,60 0,69 0,78 M8 0,57 0,64 0,71</p> <p>+Werkzeugwechselkosten von 0,48 pro Gewinde</p>
Gewinde M	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24																		
Vorloch- ϕ bei Werkstf	2,5	3	2,4	1,4	9	8,3				13,8		17,2																				
<p>2. Gewindedurchzug</p>  <p>Möglichst vermeiden!</p>	<p>Siehe DIN 7952. $R=0,5*s$. Durchzug sollte beim Stanzen nach oben zeigen, sonst Gefahr des Abscherens beim Stanzen. Festigkeitsprobleme bei Buntmetallen wie AL</p> <p>Gewinde M3 M4 M5 bei s 1,5 2,0 2,0 $a_{\min} = 2*s+R+d/2$; h 2,8 3,55 3,55 $b_{\min} = 2*s+r+R+d/2$ d 3,65 4,78 5,75</p>	<p>Kosten pro Gewinde</p> <p>M3 0,96 M4 0,83 M5 0,78 M6 0,69 M8 0,64</p> <p>+Werkzeugwechselkosten von 0,48 pro Gewinde</p>																														
<p>3. Gewindedurchzug</p>  <p>Möglichst vermeiden!</p>	<p>Durchzug sollte beim Stanzen nach oben zeigen, sonst Gefahr des Abscherens beim Stanzen. Festigkeitsprobleme bei Buntmetallen wie bei Al.</p> <p>Gewinde M3 M4 M5 bei s 1,5 2,0 2,0 $a_{\min} = 2*s+R+d/2$; h 2,8 3,55 3,55 $b_{\min} = 2*s+r+R+d/2$</p>	<p>Kosten pro Gewinde</p> <p>M3 0,96 M4 0,83 M5 0,78 M6 0,69 M8 0,64</p> <p>+Werkzeugwechselkosten von 0,48 pro Gewinde</p>																														
<p>4. Lose Mutter/Scheibe</p> 	<p>Scheibe und Mutter sind bei der Montage zu fixieren!</p> <p>Vermeiden!</p>	<p>50 bis 100 % teurerer als Einpreßmuttern!</p>																														
<p>5. Lose Mutter/Scheibe</p> 	<p>Scheibe und Mutter sind bei der Montage zu fixieren!</p> <p>Vermeiden!</p>	<p>50 bis 100 % teurerer als Einpreßmuttern!</p>																														
<p>6. Einpreßmutter</p>  <p>Bevorzugen!</p>	<p>Mutter nur in Einpreßrichtung belasten! $a_{\min} = 2*s+D/2$; $b_{\min} = s+r+d_M/2+1$</p> <p>Gewinde M3 M4 M5 M6 M8 d_M 6,3 7,9 8,7 11,1 12,0 Höhe 1,5 2,0 2,0 4,1 5,5 $D+0,1$ 4,25 5,4 6,4 8,75 10,5 a 8 9 9 10 11 bei s=2 u. r=1 b 7 8 8 9 9 bei s=2 u. r=1</p>	<p>1-2 >2 Muttern/Teil</p> <p>M3 0,27 0,23 M4 0,27 0,23 M5 0,30 0,26 M6 0,33 0,29 M8 0,36 0,32</p> <p>+Werkzeugwechselkosten von 0,16 pro Durchm.</p>																														

Abkürzungen: A = Anlage, F = Fertigungsverfahren, NA = Nummer der Anlage, Maschine oder Vorrichtung, (RK = Relativkosten), s = siehe ..., W = Werkstoff

Bemerkung: Unerwünschte Varianten sind zu streichen, gewünschte zu unterstreichen oder einzukreisen!

Bild 4: Eine Seite des IKFs für Gewinde mit Praxisdaten

In der zweiten Spalte liegen die fertigungstechnischen und die qualitätsrelevanten Informationen vor. Das sind beim Beispiel des Gewindes direkt im Blech die entsprechenden Durchmesser zum Vorlochen vor dem Gewindeschneiden. Außerdem sind Mindestabstände zu den Schnittkanten und den Biegeradien angegeben, um unzulässige Verformungen der Löcher zu vermeiden.

Die dritte Spalte ist für Kostenangaben vorgesehen. Diese sind unternehmensspezifisch und deshalb im Vordruck nicht enthalten.

4 Unternehmensspezifische Ergänzungen

Die Anwender müssen die jeweiligen Parameter für die Kostenangaben selbst wählen. Das sind unter anderem:

- Bezug der Kosten
- Gewindegröße
- Anzahl der Gewinde je Bauteil
- Fertigungsverfahren
- Kostenart
- separate Angabe der Rüstkosten

Zuerst ist zu definieren, worauf die Kosten zu beziehen sind. Als Basis kann der Aufwand je Gewinde oder der Gesamtaufwand einschließlich des Vorlochens sein. Ferner haben die Gewindegrößen und die Anzahl der Verbindungsstellen einen wesentlichen Einfluß auf die Kosten auf. Im konkreten Beispiel sind die zu bevorzugenden Gewindegrößen wie M3 und M4 gewählt und eine zahlenmäßige Abstufung der Verbindungen von zwei bis sechs. Als Angabe des Aufwandes für das Vorlochen und das Gewindeschneiden dienen die Herstellkosten. Da der Werkzeugwechsel im konkreten Beispiel einen wesentlichen Aufwand darstellt, sind diese Kosten separat ausgewiesen. Als Fertigungsverfahren liegt das Stanzen des Loches und das Schneiden des Gewindes auf der CNC-Nibbelmaschine zugrunde. Die jeweiligen Informationen sind im Formblatt einzutragen (Bild 4).

Die entsprechend verfügbaren Werkzeuge für das Vorlochen und das Gewindeschneiden sind in der zweiten Spalte des Formblattes unter den fertigungstechnischen und qualitätsrelevanten Informationen anzugeben. Ferner ist im konkreten Fall der Hinweis enthalten, die Gewinde direkt im Blech zu vermeiden. Der Grund ist, daß das Unternehmen vor allem Aluminiumteile mit geringer Wandstärke produziert. Der Werkstoff und die Blechdicke besitzen einen wesentlichen Einfluß auf die Festigkeit des Gewindes. Deshalb ist diese Variante der Gewindeerzeugung möglichst zu vermeiden (Bild 4).

5 Zusammenfassung

Mit dem oben beschriebenen Konstruktionshilfsmittel ist eine Verkürzung der Konstruktionszeit von ca. 30% und eine Verringerung der Teilekosten von ca. 40% realisierbar [12].

Der Vorteil der Unterlagen ist, daß die Anwender ihre neuen Erfahrungen in die Formblätter einbringen können. Damit stehen diese Informationen anderen Mitarbeitern zur Verfügung. Auch sind Kostenvergleiche mit dem Konstruktionshilfsmittel einfach und unterstützen damit das kostengünstige Konstruieren.

Nachteilig ist die geringe Flexibilität der Unterlagen bei Änderungen. Steigen die Stundenlöhne, so wären alle Kosten neu zu kalkulieren. Dies bedeutet einen erheblichen Aufwand. Ferner ist die Unterlage nur für eine kleine Benutzergruppe geeignet.

Der Nachteil der geringen Flexibilität ist mittels Computerunterstützung zu beseitigen. Der Grund ist, daß hier die Berechnungen automatisiert ablaufen können und die Informationen für mehrere Benutzer zugänglich sind. Mittels Computerunterstützung ist außerdem eine

Kostenberechnung parallel zur Ausarbeitung der Konstruktion am CAD-Arbeitsplatz möglich [13].

Das Konstruktionshilfsmittel ist am Beispiel der Blechteile erläutert. Das Prinzip des IKF ist ebenfalls auf andere Produktgruppen wie Drehteile übertragbar.

6 Literatur

[1] Höhne, G.:

Struktursynthese und Variationstechnik beim Konstruieren. Ilmenau: Technische Hochschule 1983

[2] Pahl, G., Beitz, W.:

Konstruktionslehre. 3. Auflage. Berlin: Springer-Verlag 1993

[3] Koller, R.:

Konstruktionslehre für den Maschinenbau. 3. Auflage. Berlin: Springer-Verlag 1994

[4] Meerkamm, H.:

Integrierte Produktentwicklung im Spannungsfeld von Kosten-, Zeit- und Qualitätsmanagement. In: VDI-Bericht 1136. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994

[5] Wierda, L., S.:

Cost Information Tools for Designers. Delft: University Press 1990

[6] Hundal, M., S.:

Product Costing: A Comparison of Conventional and Activity-based Costing Methodes. In: Journal of Engineering Design (1997) H. 1

[7] Gerhard, E.:

Kostenbewußtes Entwickeln und Konstruieren. Renningen-Malmsheim: expert-Verlag 1994

[8] Anderson, D., M.:

Design for Manufacturability. Lafayette: CIM Press 1990

[9] Rothley, J.:

Fertigungsgerechtes Konstruieren mit CAD. Düsseldorf: VDI-Verlag 1991

[10] Firmenschrift:

Böllhoff, Blaue Seiten - Das Handbuch der Verbindungstechnik. 3. Auflage. Bielefeld: Böllhoff 1993

[11] Bode, K.-H.:

Konstruktionsatlas. 3. Auflage. Darmstadt: Hoppenstedt Verlag 1984

[12] Leibl, P.:

Versuch zur Quantifizierung des Nutzens featureorientierter Hilfsmittel für die Konstruktion. In: VDI-Bericht 1322. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997

[13] Ehrlenspiel, K.:

Kostengünstig Konstruieren. Berlin: Springer-Verlag 1985

Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Höhne

Postfach 100565

D-98684 Ilmenau/Thür.

Germany

Tel.: 03677/692472

Fax.: 03677/691259

E-Mail: guenter.hoehne@maschinenbau.tu-ilmenau.de

Dipl.-Ing. Peter Leibl

Konstanzenstraße 95

D-90439 Nürnberg

Germany

Tel.: 0911/614873

Fax.: 0911/614873