

## BAUTEILGESTALTUNG UNTER NUTZUNG ALLER TECHNOLOGISCHEN MÖGLICHKEITEN DES GEWÄHLTEN FERTIGUNGSVERFAHRENS

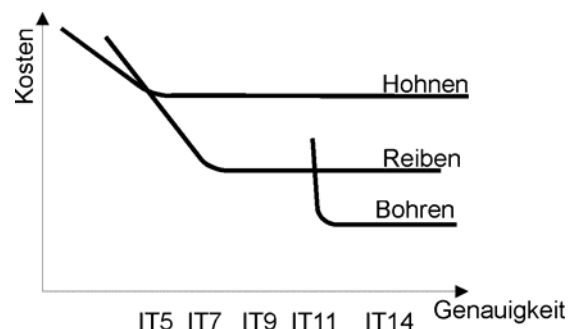
*Peter Engler*

### Kurzfassung

Man kauft, wo es am billigsten ist. Hochlohnländer können nur mithalten, wenn sie ihre Stärken konzentrieren. Es genügt nicht, die menschliche Arbeit durch Maschinen zu ersetzen. Die Investition in Fertigungsmittel zur Herstellung eines bestimmten Produktes muss minimiert werden. Konkurrenzfähiger ist, wer mit möglichst wenig Prozessschritten auf relativ kostengünstigen Produktionssystemen nahezu ohne Personal und ohne Ausschuss produziert. Das setzt die Prozessbeherrschung und -optimierung voraus und das beginnt bei der Konstruktion der Bauteile. Das Auseinanderhalten von funktionaler Entwicklung der mechanischen Systeme und deren anschließende, fertigungsgerechte Konstruktion ist bedeutungsvoll. Im Entwicklungsprozess werden die notwendigen Eigenschaften der Wirkflächen selbst und der Wirkflächen in der Baugruppe untereinander festgelegt. Ein Bauteil hat meist nur wenige Wirkflächen. Alle übrigen Flächen kann der Konstrukteur prozessgerecht definieren. Im Sinne von Simultaneous Engineering legt er in Zusammenarbeit mit den Fertigungsexperten den Prozess fest. Das integrierte 3D-CAD unterstützt diese Tätigkeit hervorragend.

### 1 Prozessverbesserung

Mit jedem Fertigungsverfahren kann eine bestimmte Fertigungsgenauigkeit ohne besondere Anstrengungen erreicht werden - beherrschter Prozess. Tiefere Genauigkeitsanforderungen bringen keine wesentlichen Kosteneinsparungen, aber höhere treiben die Kosten unermesslich - nicht beherrschter Prozess. Beim "normalen" Bohren geht der beherrschte Bereich etwa bis zur ISO-Qualität IT12. Ab der Qualität IT10 wäre Reiben kostengünstiger. Ohne wesentliche Mehrkosten könnte aber dann IT7 gewählt werden.



Gelingt es nun dem Konstrukteur bzw. dem Fertigungsteam

- die Baugruppe konstruktiv so umzugestalten, dass die Toleranzanforderung von IT7 auf IT9 reduziert werden kann
- oder den Fertigungsprozess Bohren in dieser speziellen Anwendung so zu verbessern, dass IT9 erreicht werden kann,
- oder die Produktion durch ständige Prozessüberwachung in so engen Toleranzgrenzen zu halten, damit mit den viel kleineren "statistischen Toleranzabweichungen" gerechnet werden kann,

so entfällt die Zusatzoperation Reiben.

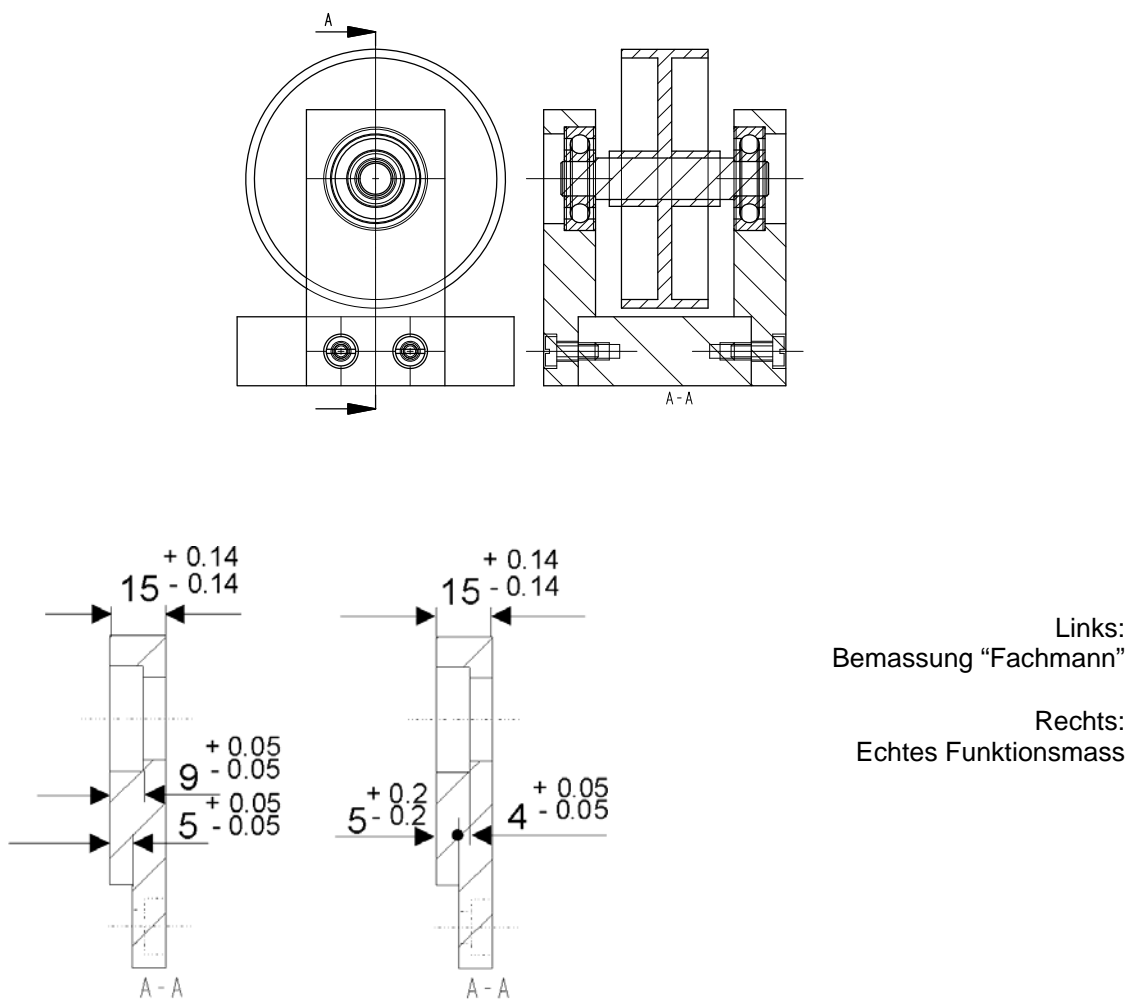
Aus betriebswirtschaftlicher Sicht leuchtet diese Forderung zur Prozessverbesserung ein. Um eine wirtschaftlich entscheidende Verbesserung zu erreichen, sind aber meist gewaltige Ingenieurleistungen notwendig, die sich nur bei Grossserien rentieren.

Für ein produktorientiertes Unternehmen ist es darum sinnvoll, sich im Bereich Produktentwicklung auf die eigentlichen Produktfunktionen zu konzentrieren und fertigungs/montagegerechte Gestaltung der Baugruppen spezialisierten, produktionsorientierten Zulieferfirmen zu übertragen. Je grösser man dem Fachmann gestalterische Freiheiten überlässt, umso kostengünstiger kann er sie konstruieren. Man schreibe ihm nur die geforderten Wirkflächen, Anschlusspartien und den verfügbaren Platz vor.

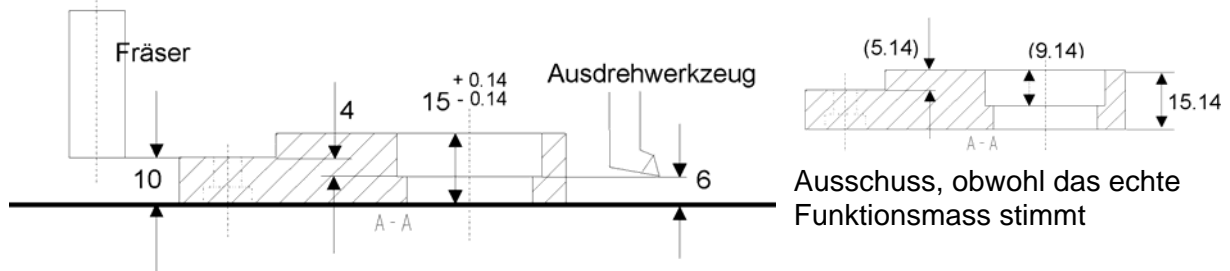
**Beispiele:** Kaltpressen von einbaufertigen Automobilbauteilen, welche die Konkurrenz nur mit spanender Nacharbeit produzieren kann; Spritzgiessen von Thermoplastformteilen mit unterschiedlich harten Bauteilpartien, welche die Konkurrenz aus Einzelteilen zusammenkleben muss; steife, masshaltige Blechteile anstelle von spanend hergestellten Bauteilen für Kleinserien; präzise Alu-Profile.

## 2 Definition “echter” Funktionsmasse und der richtigen “Ausschusskriterien”

### Lagerbock



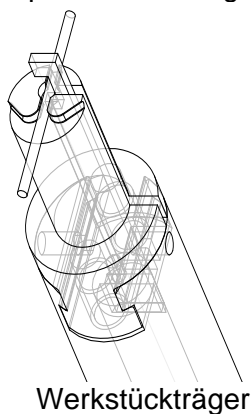
Herstellung des Seitenträgers: Nur die Funktionsflächen werden bearbeitet



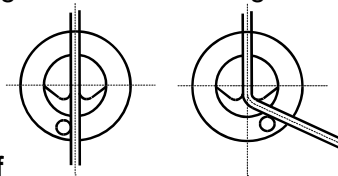
**Funktionsmasstoleranzen sind Ausschusskriterien!**

### 3 Fertigungsgerechtes Konstruieren - Nutzung aller Fertigungsmöglichkeiten zur Erreichung günstiger Funktionsmasstoleranzen und niedriger Herstellkosten

Komplettbearbeitung des Werkstückträgers einer Drahtbiegemaschine



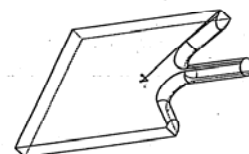
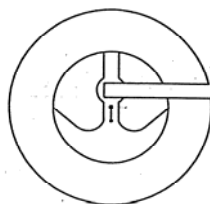
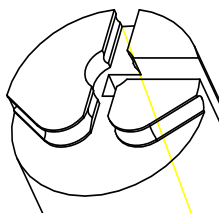
Werkstückträger



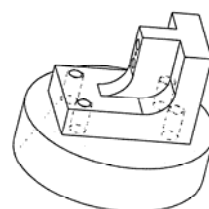
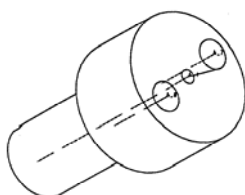
#### Biegekopf

Der Biegekopf muss dem jeweiligen Drahtdurchmesser angepasst werden und muss darum rasch ausgetauscht werden können. Eine T-Führung und ein Anschlagstift sorgt für eine genaue Positionierung im unteren Halter. Zusammengehalten wird diese Führungspartie durch den äusseren Biegemantel, der in der Abbildung nicht dargestellt ist. Ein Längsschlitz dient als Führung für das dünne Niederhalteblech.

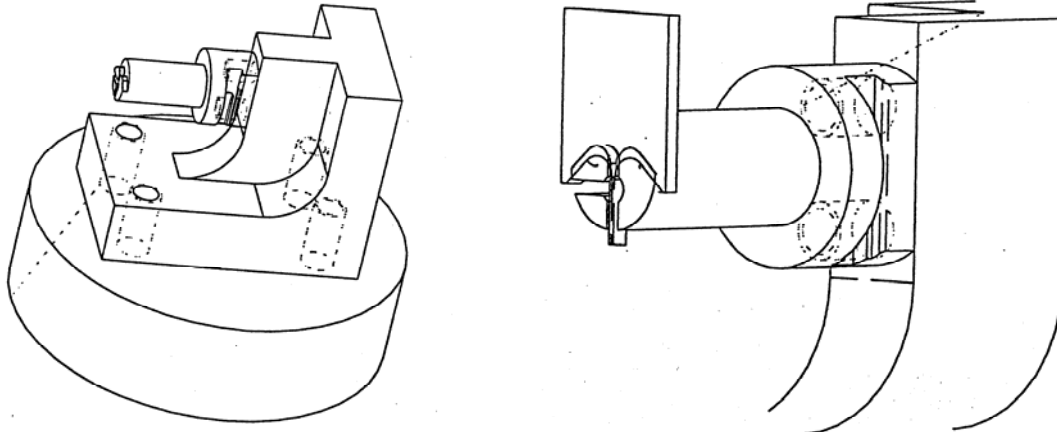
Von grosser Wichtigkeit ist die Biegegegenhaltepartie. Die Seitenwände sind konkav gerundet, damit der Draht während des Biegevorgangs einwandfrei geführt ist. Diese Partie wird so weit möglich gefräst. Die konkave Partie muss aber erodiert werden. Dazu ist eine negativ gestaltete Elektrode aus Kupfer nötig.



Die Aussenflächen des Biegekopfs werden gedreht (2 Zylinder). Auf der Bodenseite sind zwei Befestigungslöcher sowie eine Bohrung für einen Zentrierstift vorgesehen, damit der Rohling auf der Aufspannvorrichtung genau positioniert, fixiert werden kann.



Die Vorrichtung besteht aus einem Al-Klotz, der vor der Hauptbearbeitung auf den Paletteller geschraubt werden muss. Die eigentliche Bearbeitung der Vorrichtung erfolgt NC-gesteuert im Bearbeitungszentrum. Zuerst wird mit der waagrecht gestellten Frässpindel die eine Seite gefräst, dann der Rundtisch um 180° gedreht und anschliessend die zweite Seite bearbeitet. Schliesslich werden die zwei Schraubendurchgangslöcher und das Stiftloch gebohrt. Alle Bearbeitungen erfolgen also in einer Aufspannung, mit entsprechend hoher Genauigkeit.



Der Biegekopfhöhlung wird nun auf der Vorrichtung befestigt und nachher NC-gesteuert gefräst. Zuerst werden beiderseits die Führungsnuten und der Schlitz für den Anschlagstift gefräst, wobei wiederum der Rundtisch zwischendurch um 180° gedreht werden muss. Anschliessend erfolgt mit vertikaler Frässpindel das Fräsen des Längsschlitzes mit einem Scheibenfräser. Dabei wird der Scheibenfräser notwendigerweise in die Vorrichtung fräsen, aber das ist unbedeutend. Schliesslich erfolgt die Fräsung der Drahtführungspartie mit einem sehr kleinen Fräser bei waagrechter Frässpindel. Alle funktionswichtigen Parteien können wiederum in der gleichen Aufspannung gefertigt werden.

Die Vorrichtung wird zusammen mit dem darauf fixierten Biegekopf auf der Senkerodiermaschine befestigt, die ebenfalls über die gleiche Palettspannvorrichtung verfügt. Die ebenfalls auf dem Bearbeitungszentrum gefräste Elektrode wird im genau positionierten Elektrodenhalter der Senkerodiermaschine befestigt. Dadurch werden aufwendige Ausrichtarbeiten vermieden und die Bearbeitung erfolgt mit grösstmöglicher Fertigungsgenauigkeit ohne Mehrkosten. Das sind Massnahmen zur Prozessbeherrschung!

Dieses Beispiel zeigt die CIM-Prozesskette. Bereits in der Konstruktion wird einerseits die Funktion zum Drahtbiegen optimiert und andererseits die wirtschaftliche und qualitativ hochstehende Bearbeitung geplant. Die Aufgaben des Konstrukteurs und Arbeitsvorbereiters vermischen sich. Das ist Simultaneous Engineering. Der Fertigungsman erarbeitet mit dem Konstrukteur zusammen die zweckmässigste Lösung bereits in der Konstruktionsphase. Zeichnungen sind keine nötig, denn die Koppelung zwischen CAD und CAM erfolgt zeichnungslos.

Prof. Peter Engler  
 Neu-Technikum Buchs;  
 CH-9470 Buchs SG  
 Tel: +41 (0) 81 7553 349  
 Fax: +41 (0) 7565 434  
 E-mail: [engler@ntb.ch](mailto:engler@ntb.ch) ;

<http://www.ntb.ch/TT/Labors/Konstruktion.html>