

## Funktions- und fertigungsgerechte Bezugssysteme

Veröffentlicht unter dem Titel „Bezugssysteme“  
in Quality Engineering, Leinfelden-Echterdingen, Heft 9/1999, S. 40-41

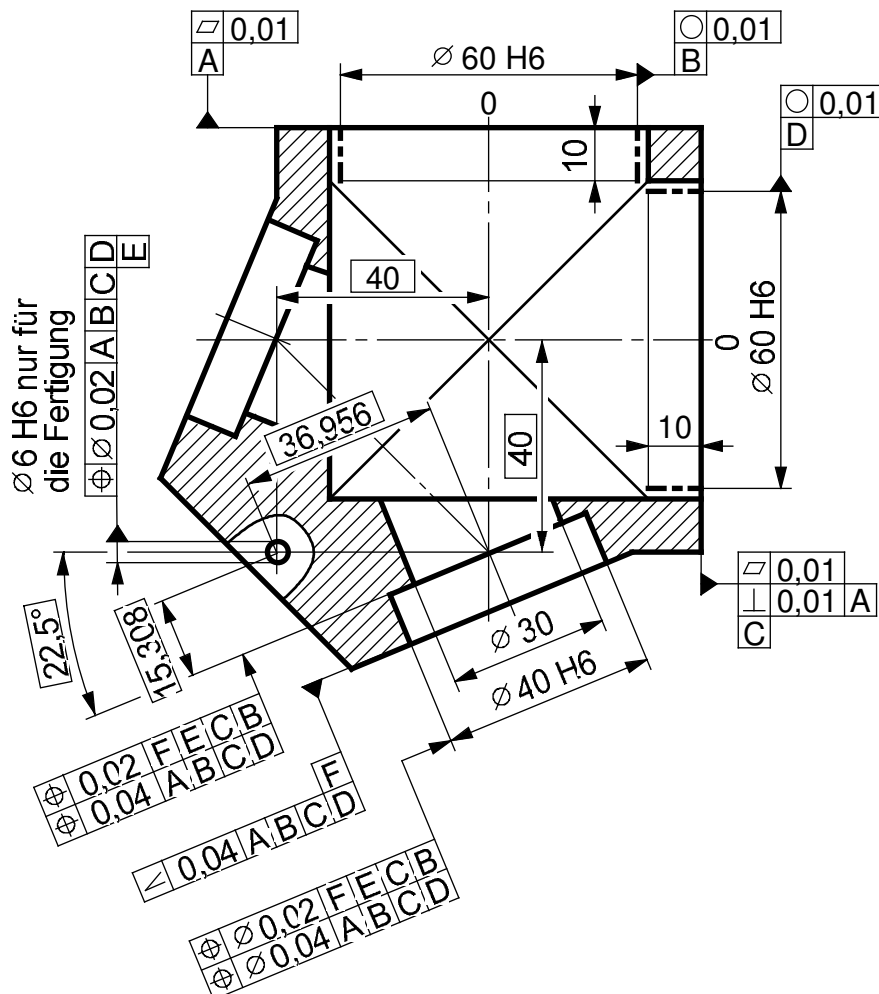
In einer modernen Fertigung sind die Form- und Lagetoleranzen zu einem ganz wesentlichen Bestandteil der technischen Zeichnungen geworden. Die größten Probleme gibt es erfahrungsgemäß jedoch bei der Festlegung der Bezüge und Bezugssysteme für die Lagetoleranzen.

Der Konstrukteur steht in der Regel vor Wahl entweder einer funktionsgerechten oder einer fertigungsgerechten Eintragung. Im Idealfall sollten beide Fälle identisch sein, was sich jedoch häufig nicht verwirklichen lässt. So wird in den meisten Fällen nur ein mehr oder weniger gelungener Kompromiß gewählt.

Eine selten praktizierte Alternative ist die getrennte Angabe von zwei Bezugssystemen, von denen das eine von der Funktion, das andere aber von den Anforderungen der Fertigung bestimmt wird.

Der Vorteil liegt auf der Hand: Innerhalb der Fertigung wird das Bezugssystem für die Ausrichtung benutzt, das eine unmittelbare Korrektur der Abweichungen an der Bearbeitungsmaschine gestattet, am Ende wird jedoch die Funktion des Einzelteils bewertet.

Das Bild zeigt ein Beispiel. Das dargestellte Gehäuse trägt an den beiden Einsenkungen links und unten zwei Umlenkspiegel für einen Laserstrahl. Der von oben eintretende Strahl wird erst am unteren und dann am linken Spiegel jeweils um 45° abgelenkt und tritt schließlich nach rechts aus. Das Gehäuse wird mit der oberen Fläche an einen Träger angeschraubt und dabei in der Bohrung  $\varnothing 60$  H6 zentriert. An die rechte Seitenfläche wird die Fokussiereinheit montiert, die ebenfalls in der Bohrung  $\varnothing 60$  H6 zentriert ist.



Die Funktion der Baugruppe wird entscheidend von der Lage der beiden Spiegel bestimmt. Sie liegen in den Einsenkungen  $\varnothing 40$  H6 an den Stirnflächen an, die  $\varnothing 30$  sichern nur den Lichtdurchlass.

Die Lage der Bohrungen und der Stirnflächen wird zweckmäßig durch Positionstoleranzen festgelegt, wobei die Neigung der Achsen und Flächen und ihr Schnittpunkt durch theoretische Maße angegeben sind. (Im Bild sind die Toleranzen nur an der unteren Bohrung eingetragen, für die linke Seite sind sie sinngemäß zu ergänzen.)

Die Montagebedingungen bestimmen das funktionsgerechte Bezugssystem. In diesem Fall dienen die Außenflächen und die Bohrungen jeweils oben und rechts zur Anlage und Ausrichtung.

Die Anlagefläche oben, mit der das Gehäuse am Gegenstück befestigt ist, liefert zunächst die räumliche Orientierung und wird als Bezug A bezeichnet. Damit sind zwei Freiheitsgrade für die Drehung im Raum festgelegt. Die Bohrung oben dient auf einer Länge von nur 10 mm zur Zentrierung und legt damit zwei weitere Freiheitsgrade für die Verschiebung fest (Bezug B). Die Lage der Seitenfläche rechts bestimmt für die Funktion die Richtung der Weiterleitung des Laserstrahls, deshalb wird sie zur Festlegung des dritten Freiheitsgrades für die Drehung im Raum benutzt (Bezug C). Die Bohrung rechts dient schließlich auf einer Länge von nur 10 mm zur Festlegung der dritten Verschieberichtung, hier die vertikale Richtung in der Zeichenebene (Bezug D).

Abweichend von dem klassischen Modell eines Drei-Ebenen-Bezugssystems mit 3/2/1 Freiheitsgraden, wie es in DIN ISO 5459 beschrieben ist, liegt hier ein Bezugssystem mit insgesamt vier Bezügen A, B, C und D vor, die in der Reihenfolge 2/2/1/1 Freiheitsgrade gestaffelt sind. Der Ursprung (Nullpunkt) des Bezugssystems liegt nicht in dem Schnittpunkt der Außenflächen wie in der Norm, sondern im Schnittpunkt der Bohrungsachsen in der Mitte des Gehäuses. Die Richtung dieser Achsen wird allerdings von der Orientierung der Außenflächen bestimmt, nicht von den durchgehenden Bohrungen selbst. Diese dienen nur zur Festlegung der Verschiebekoordinaten als Nullpunkte. Der Nullpunkt des Bezugssystems ist deshalb nicht identisch mit dem Schnittpunkt der Bohrungsachsen - deren Orientierung ist vielmehr ohne Belang.

Das Gehäuse kann nicht in einer Aufspannung gefertigt werden. Vielmehr werden zunächst alle Außenflächen bearbeitet und dann die beiden Bohrungen  $\varnothing 60$  H6 eingebracht. In derselben Spannung wird die Hilfsbohrung  $\varnothing 6$  H6 gebohrt, die für die Bearbeitung der Bohrungen links und unten als Ausrichtehilfe und Bezugspunkt dient. Diese Bohrung ist deshalb wesentlicher Bestandteil des Bezugssystems für die Durchmesser 30 H6 und die Stirnflächen.

Beim Bearbeiten der schrägen Bohrung wird das Gehäuse zunächst nach der schrägen Außenfläche ausgerichtet (Bezug F). Diese Fläche kann jedoch nur zwei Freiheitsgrade für die Orientierung festlegen. Der fehlende dritte wird nach der Außenfläche festgelegt, die mit der schrägen Fläche einen möglichst großen Winkel einschließt (annähernd  $90^\circ$ ). In diesem Fall ist das die rechte Fläche Bezug C mit dem Winkel  $67,5^\circ$ . Die Lage der Stirnfläche wird durch den theoretischen Winkel  $22,5^\circ$  und das theoretische Maß 15,308 festgelegt.

Letzteres bezieht sich auf die Bohrung  $\varnothing 6$  H6 (Bezug E), die gleichzeitig in einer zweiten Richtung mit dem theoretischen Maß 36,956 eine Position der Bohrung  $\varnothing 30$  H6 festlegt. Für diese Bohrung fehlt jetzt noch die Bestimmung der Mitte des Gehäuses in der Richtung senkrecht zur Zeichenebene. Diese liegt wie oben im Mittelpunkt der Bohrung  $\varnothing 60$  H6 oben (Bezug B). Auch hier liegt wieder ein Bezugssystem aus vier Bezügen F, E, A und B vor, die in der Reihenfolge 2/2/1/1 Freiheitsgrade gestaffelt sind.

Für die schräge Fläche bzw. Bohrung links ist anstelle des Bezuges C die Bezugsfläche A einzutragen, da diese beiden miteinander den größten Winkel einschließen.

Bei den Bezugselementen werden zweckmäßig Formtoleranzen angegeben, um den Einfluss der Formabweichungen auf die Ausrichtung des Gehäuses in der Fertigung und beim Messen gering zu halten. Die rechte Seitenfläche Bezug B kann in der Zeichenebene eine Rechtwinkligkeitsabweichung zur Bezugsfläche oben haben, die durch eine entsprechende Toleranz zu begrenzen ist. Die rechte Bohrung kann unter Berücksichtigung der Orientierung des Bezugssystems eine Symmetrieabweichung von der Mitte der Bohrung oben aufweisen (senkrecht zur Zeichenebene), die in einer anderen Zeichnungsansicht durch eine entsprechende Toleranz zu begrenzen ist (hier nicht dargestellt).

Die Zahlenwerte der fertigungsgerechten Toleranzeintragungen wurden um den Betrag der Positionstoleranz des Bezuges E gegenüber der funktionsgerechten Eintragung verringert.

Die Festlegung und Eintragung der Bezugssysteme in die Zeichnung sowie ihre Interpretation und Umsetzung in der Fertigung und bei der Messung erfordern eine fundierte Schulung des Personals in Konstruktion, Fertigung und Qualitätsprüfung. Es werden folgende Schulungen angeboten:

- Funktions-, fertigungs- und prüfgerechte Lage-toleranzen (für Konstrukteure)
- Lagetoleranzen und Bezugssysteme (für Fertigungstechniker und Messtechniker)
- Messstrategie bei Koordinatenmessungen (für Messtechniker)

In praktischen Übungen wird die Vorgehensweise trainiert. Die Teilnehmer werden befähigt, Zeichnungen zu analysieren und funktionsgerechte Zeichnungseintragungen zu erarbeiten bzw. optimale Messstrategien anzuwenden.

Dr.-Ing. Michael Hernla, Telefon 0231 136010  
Sonnenplatz 13, 44137 Dortmund  
michael.hernla@t-online.de www.dr-hernla.de