

CAD-CAM REPORT

ENGINEERING

Sonderdruck aus Nr. 4/2009

Hoppenstedt
Publishing GmbH

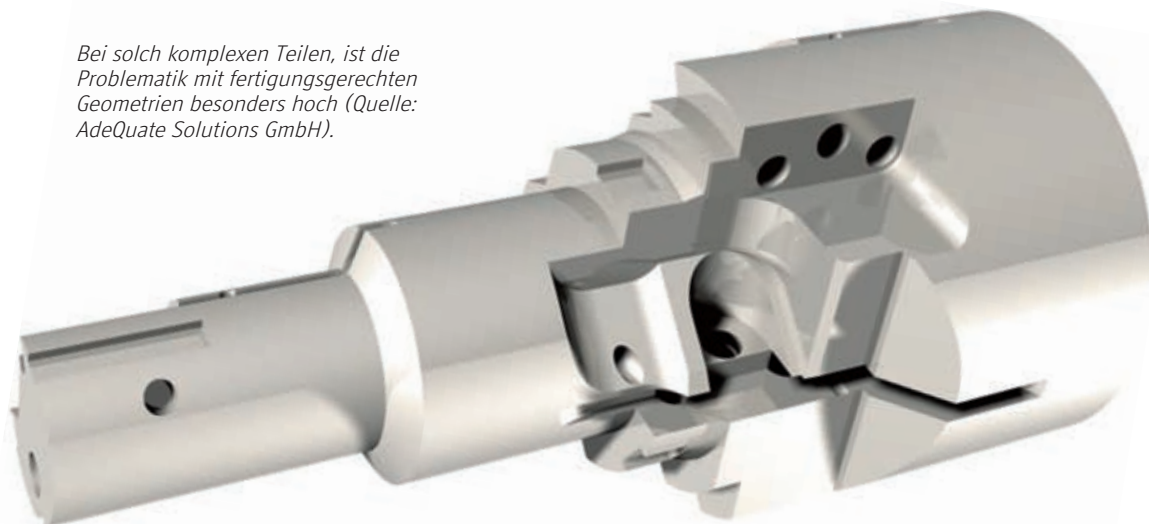


Maß \neq Maß



CAD-Modelle sind (nicht) das Maß aller Dinge

Bei solch komplexen Teilen, ist die Problematik mit fertigungsgerechten Geometrien besonders hoch (Quelle: AdeQuate Solutions GmbH).



Einer der Vorteile des 3D-CAD-Einsatzes ist die Möglichkeit, die Bauteilgeometrie direkt für die mechanische Bearbeitung zu nutzen. Soweit die Theorie. In der Praxis verbringen die CAM-Programmierer einen erheblichen Teil ihrer Zeit damit, die CAD-Daten fertigungsgerecht aufzubereiten. Effizienter wäre es, die Fertigungsaspekte schon bei der CAD-Modellierung zu berücksichtigen. Dies erfordert jedoch ein Umdenken in der Konstruktion.

Nicht alles, was am Rechnermodell gut aussieht und scheinbar auch gut zusammenpasst, funktioniert in der Realität. Ein kleines Beispiel gefällt? »Versuchen Sie doch mal einen 10 Millimeter dicken Zylinder in ein Loch mit exakt demselben Durchmesser zu stecken. Was am CAD-Modell nur einen Mausklick erfordert, lässt sich am realen Bauteil je nach Werkstoff nicht mal mit einem Vorschlaghammer bewerkstelligen«, erläutert Jørgen Lorenzen, Geschäftsführer der AdeQuate Solutions GmbH, die das CAD/CAM-System TopSolid von Missler Software vertreibt. Damit der Zylinder in die Bohrung passt und sich auch noch bewegen lässt, muss er ein paar Hundertstel Millimeter dünner sein als die Bohrung. Gerade so viel, dass ein feiner Ölfilm dazwischen passt.

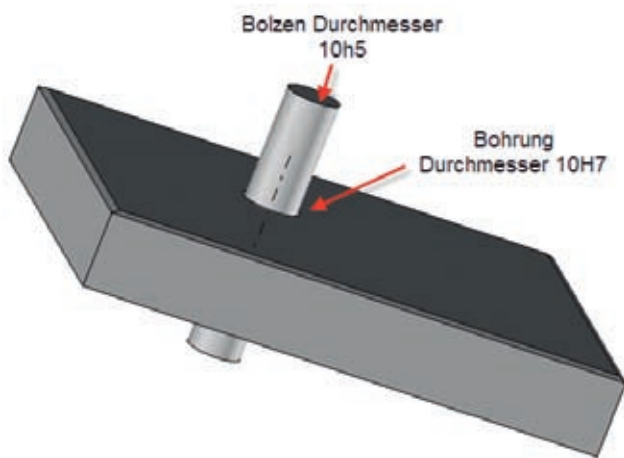
Die Fertigungsaspekte schon bei der CAD-Modellierung berücksichtigen.

Wie lässt sich dies erreichen, ohne dass der Konstrukteur bei der Auslegung seiner Bauteile ständig mit der zweiten Nachkommastelle jonglieren muss, was nicht nur extrem zeitaufwändig, sondern auch fehleranfällig ist? Bei Hunderten von Maßen auf einer Zeichnung ist nachher kaum noch überprüfbar, ob der Konstrukteur bei der Tolerierung des Zylinders statt 9,99 eigentlich 9,98 Millimeter eingeben wollte und sich nur vertippt hat.

Grafisch ist ein Unterschied von einem Hundertstel am 3D-Modell ohnehin nicht zu erkennen. Die Lösung ist ganz einfach: Der Konstrukteur konstruiert im Nennmaß von 10 Millimetern und bemaßt Zylinder und Loch mit einer bestimmten Toleranz nach DIN, beispielsweise 10 H5, was einer Toleranz von plus 0,01 und minus 0,03 Millimetern entspricht. In der Fertigung wird

der Zylinder dann mit der Minimaltoleranz abgedreht und die Öffnung mit der Maximaltoleranz ausgeräumt, so dass sie drei Hundertstel Spiel aufweisen.

Obwohl die meisten 3D-CAD-Systeme heute die Möglichkeit bieten, die Toleranzen schon am 3D-Modell einzugeben, ist es bei vielen Unternehmen immer noch gängige Praxis, nur die Zeichnung zu tolerieren. Abgesehen davon, dass das eine papierlose oder auch nur papierarme Fertigung erschwert, birgt es die Gefahr in sich, dass sich Fehler und Inkonsistenzen



Die CAD-Theorie ist nicht immer für ...

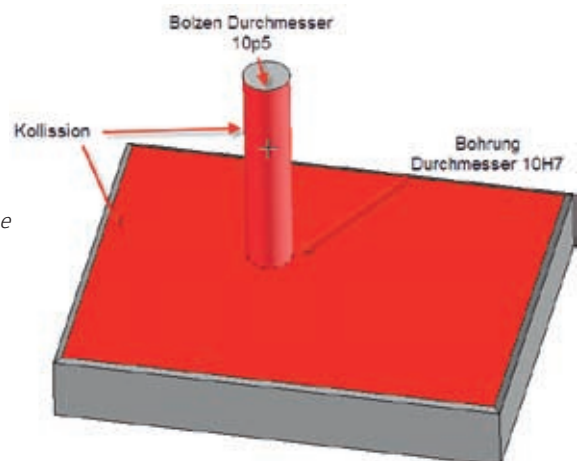
einschleichen, weil die Toleranzen auf der Zeichnung keinerlei Beziehung zum Modell haben und dadurch bei Modelländerungen auch nicht aktualisiert werden. In der Luftfahrtindustrie können solche Fehler schnell dazu führen, dass Schrott im Wert von mehreren Hunderttausend Euro produziert wird, weshalb in dieser Branche inzwischen dazu übergegangen wird, grundsätzlich die Modelle zu tolerieren.

Die Eingabe der Toleranzen am 3D-Modell hat zunächst keine Auswirkung auf die eigentliche Geometrie, das heißt mathematisch bildet sie nach wie vor das Nennmaß ab. Das ist bei der Konstruktion auch unerlässlich, weil sich die Bauteile sonst nicht oder nur mit Klimmzügen zu Baugruppen zusammensetzen ließen. Je nach eingestellter Auflösung würde das System beispielsweise keinen Kontakt zwischen den Bauteilen erkennen, wenn der Durchmesser des Zylinders mit 9,99 und der des Lochs mit 10,02 Millimetern modelliert würde.

Die Probleme entstehen, wenn diese Geometrie aus der Konstruktion im Nennmaß an die Fertigung übergeben wird, weil die NC-Bearbeitung heute eben nicht mehr am Editor programmiert wird. Damals konnten die Maße relativ einfach manuell korrigiert werden, das heißt sie wurden auf Mitte, Minimum oder Maximum toleriert. Bei der CAM-Programmierung dienen jedoch die Flächen aus dem CAD-System als Referenz für die NC-Programme, deshalb müsste eigentlich die CAD-Geometrie modifiziert werden, um sie mit der gewünschten Toleranz fertigen zu können. Moderne CAD/CAM-Systeme optimieren die Prozesskette, von der Konstruktion bis hin zur Fertigung, weil direkt auf der CAD-Geometrie konstruiert wird.

Die Nutzung eines integrierten CAD/CAM-Systems für Produktkonstruktion und

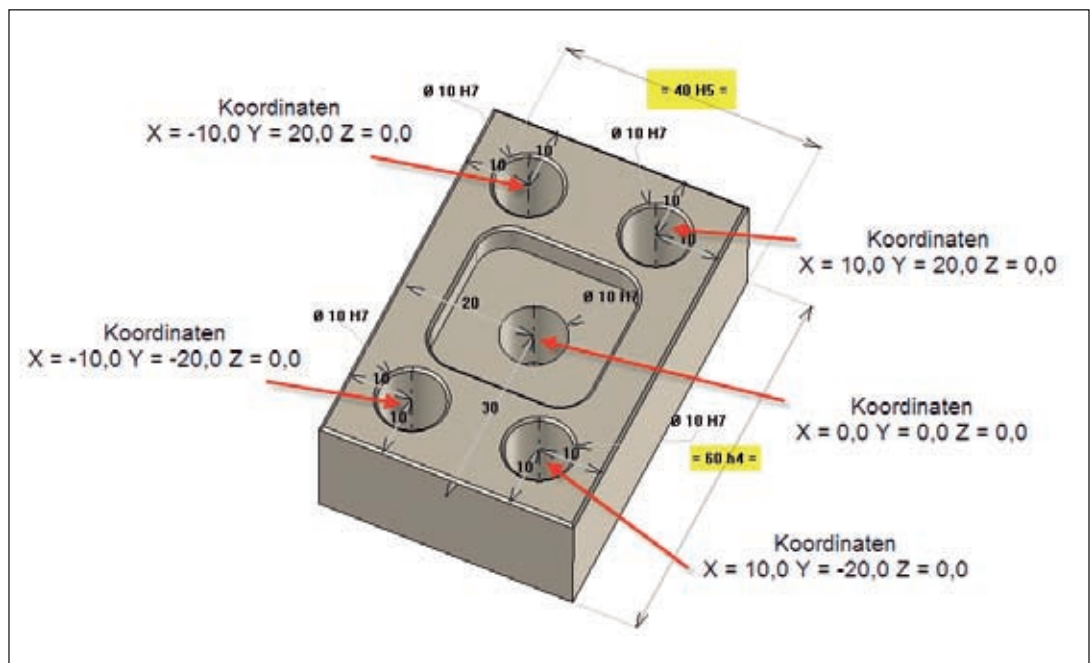
... die mechanische Realität geeignet, denn in diesem Beispiel passt der 10er Bolzen nicht in das 10er Loch (Quelle: Adequate Solutions GmbH).



CAM-Programmierung ist jedoch eher die Ausnahme als die Regel, was einfach damit zusammenhängt, dass viele Unternehmen einen erheblichen Teil ihrer Fertigung an Zulieferer übergeben haben, die nur selten mit dem CAD/CAM-System ihrer Auftraggeber arbeiten. Selbst wenn Unternehmen die Prozesskette noch »in der Hand halten«, nutzen sie nicht unbedingt das CAM-Modul ihres Konstruktionssystems, vielleicht weil es gar keines hat, oder es die funktionalen Anforderungen nicht erfüllt, oder weil das System für die Programmierer zu kompliziert zu bedienen ist.

Üblicherweise werden die CAD-Daten dann in einem neutralen Format wie STEP oder IGES an die Fertigung übergeben. Im günstigsten Fall kommen dabei mit der Geometrie die so genannten PMI-Informationen (Product Manufacturing Informationen) auf der CAM-Seite an. Wenn nicht, muss der CAM-Programmierer einen Blick in die Zeichnung werfen, um seine Bauteile tolerieren zu können. Leistungsfähige CAD/CAM-Systeme sind zwar in der Lage, Daten aus gängigen CAD-Systemen wie Catia, Pro/Engineer, Unigraphics/NX oder SolidWorks im nativen Format einzulesen, aber auch dabei bleiben Konstruktionshistorie und parametrische Beziehungen auf der Strecke. Das heißt, es kommt in beiden Fällen lediglich »dumme Geometrien« an, die sich nur mit einem Riesenaufwand verändern lassen. Die Maße lassen sich nicht einfach ändern, sondern die einzelnen Flächen müssen verschoben werden oder – was oft weniger aufwändig ist – die Geometrie wird komplett neu erzeugt. Das hat zur Folge, dass die CAM-Programmierer bei manchen Unternehmen mehr als die Hälfte ihrer Arbeitszeit damit verbringen, CAD-Daten fertigungsgerecht aufzubereiten. Beispielsweise werden bei einem Kunden von AdeQuate Solutions riesige Kugellager mit TopSolid neu modelliert, weil es zu aufwändig wäre, die Toleranzen in die importierten Konstruktionsmodelle einzufügen. Abgesehen von dem damit verbundenen Zeitaufwand, sind solche massiven Eingriffe

in die Konstruktionsdaten speziell bei externen Fertigungspartnern auch rechtlich problematisch. Vielfach verzichten die CAM-Programmierer gleich darauf die CAD-Daten vor der CAM-Programmierung aufzubereiten und erzeugen ihre NC-Programme einfach auf Nennmaß. Die fertigungsgerechte Anpassung wird erst an der Maschine beziehungsweise der Steuerung mit Hilfe der Funktionen für die Werkzeugkorrektur vollzogen, die eigentlich nur dazu dienen, die Abnutzung der Werkzeuge durch die Bearbeitung auszugleichen. »Den Letzten beißen die Hunde«, das heißt der Maschinenbediener und nicht der Konstrukteur oder CAM-Programmierer sorgt für die korrekte Tolerierung der Bauteile. Selbst wenn der Maschinenbediener viel Erfahrung hat, was nicht immer vorausgesetzt werden kann, ist der Weg über die Werkzeugkorrektur fehleranfällig. Eine Toleranz kommt schließlich selten allein, sondern steht meist in Beziehung zu anderen, so dass er im Kopf verschiedene Werte im Nachkommastellenbereich addieren oder subtrahieren muss. Außerdem ist die Bearbeitung nicht reproduzierbar. Das heißt, wenn das Teil nach ein paar Monaten noch einmal gefertigt werden muss, geht die Rechnerei von vorne los. »Da braucht man sich nicht zu wundern, wenn trotz hochpräziser Maschinen und leistungsfähiger CAM-Software immer noch so viel Ausschuss produziert wird«, spottet Jørgen Lorenzen.



Eine Platte mit Tolerierungen für Länge, Breite und Lagen für die Bohrungen (Quelle: AdeQuate Solutions GmbH).

Werden Konstrukteure auf das Thema fertigungsgerechte Konstruktion angesprochen, kommt oft nur ein Achselzucken als Antwort, weil sie sich der Prozessproblematik nicht bewusst sind. Ihre Hauptaufgabe ist es, möglichst schnell eine konstruktive Lösung für ein bestimmtes Problem zu finden. Dabei geben sie Toleranzen vor, von denen sie aus Erfahrung wissen, dass sie funktionieren, ohne sich über die Werte in der DIN-Tabelle Gedanken zu machen. Die tolerierte Abweichung vom Nennmaß ist in vielen Fällen eben nicht symmetrisch (plus/minus 0,1), so dass selbst Mittentoleranz und Nennmaß auseinanderfallen. Eine auf Mitte tolerierte Bohrung 10 H5 darf beispielsweise maximal nur einen Durchmesser von 9,99 Millimeter haben.

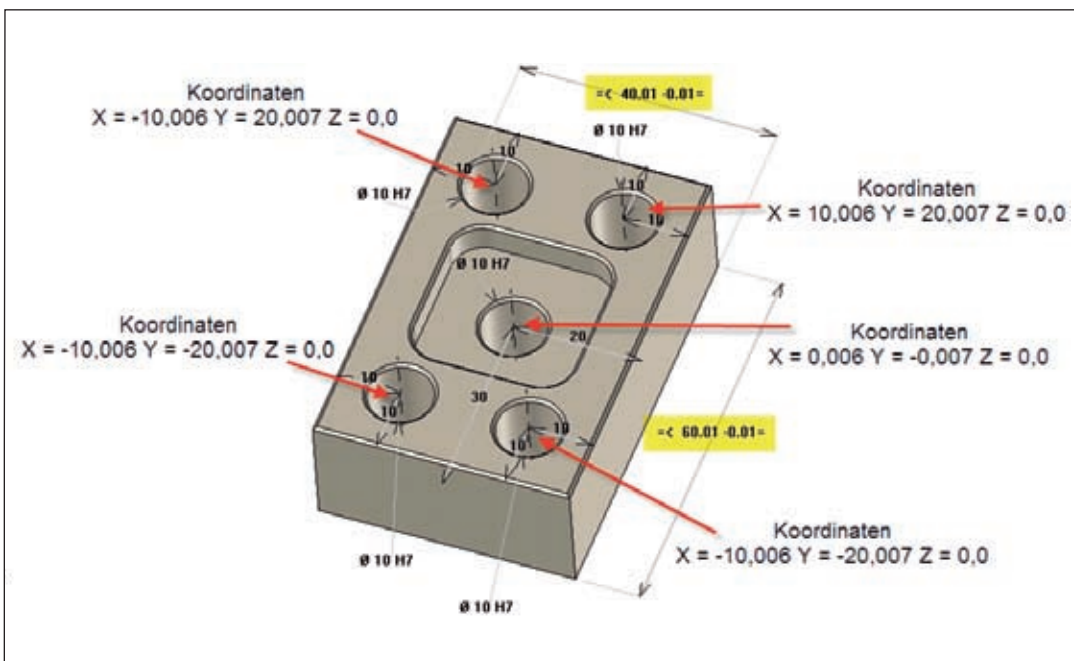
Die fertigungsgerechte Aufbereitung der CAD-Daten setzt Konstruktionswissen voraus, denn wie ein Bauteil toleriert wird, hängt letztlich auch von seiner Funktion ab. Das CAD-System kann beispielsweise nicht wissen, ob der besagte Zylinder später passend in das Loch gesteckt werden oder sich darin gleitend bewegen soll. Deshalb lässt sich die Umstellung von Nennmaß auf Mitten-, Mindest- oder Maximalmaß nicht automatisieren. Aber sie kann deutlich vereinfacht und beschleunigt werden, wenn sie an die Stelle im Prozess gelegt wird, an der sie den geringsten Aufwand verursacht. Bei Unternehmen, die ihre CAD-Daten für die CAM-Programmierung an ein anderes Software-Programm übergeben, heißt das

zwangsläufig vor der CAM-Übergabe im CAD-System, denn nur dort stehen die Bemessungsparameter zur Verfügung.

Alle führenden CAD-Systeme verfügen heute über Funktionen, mit denen sich die Nennmaße mit wenigen Mausklicks auf die gewünschte Toleranzen umstellen lassen, vorausgesetzt die Modelle sind korrekt aufgebaut. Dieses ist in der Praxis jedoch nur selten der Fall, weil die Umstellung für die Konstrukteure Mehrarbeit bedeutet, die unter Umständen nicht mal den eigenen Kollegen in der Fertigung, sondern einem externen Fertigungspartner zugute kommt. Der Mehraufwand ist jedoch vergleichsweise klein im Verhältnis zu den Vorteilen, die sich daraus im CAD/CAM-Prozess ergeben: »Wir sparen bei der CAM-Programmierung das Mehrfache an Zeit, die wir in der Konstruktion für die Aufbereitung der CAD-Daten benötigen, von den Qualitätsverbesserungen und den Kosteneinsparungen durch die Reduzierung von Ausschuss mal ganz abgesehen«, versichert Jørgen Lorenzen, der im Sinne einer rationellen CAD/CAM-Prozesskette deshalb für ein besseres Prozessverständnis und eine engere Zusammenarbeit zwischen Konstrukteuren und CAM-Programmierern plädiert. -we-

Der Mehraufwand ist im Verhältnis zu den Vorteilen vergleichsweise klein.

AdeQuate Solutions GmbH
www.AdeQuateSolutions.com



Bei der Umstellung auf eine fertigungsgerechte Geometrie werden die Taschen und die Bohrungen verschoben.

