

3D-CAD-Einsatz in Konstruktion und Fertigung

Tawil, M.

Mit dem Einzug der 3D-CAD-Technik in die Konstruktion und Fertigung wurden den Industrieunternehmen nahezu unbegrenzte Möglichkeiten eröffnet, mit denen sie neue Produkte schnell und günstig herstellen können. Dabei verlieren die klassischen, fast ausschließlich als elektronisches Zeichenbrett verwendeten CAD-Systeme immer mehr an Bedeutung. Am Institut für Maschinenwesen (IMW) werden neben den gängigen 2D-Systemen verstärkt verschiedene 3D-CAD-Systeme in Forschung und Lehre sowie bei der Bearbeitung unterschiedlicher Projekte mit den Industriepartnern eingesetzt. In diesem Artikel werden einige Anwendungsbeispiele der 3D-CAD in Konstruktion und Fertigung vorgestellt.

The introduction of the 3D-CAD-technology in design and manufacturing opens almost unlimited possibilities for industrial enterprises and enables them to create new less expensive products faster. The use of classical CAD systems as pure drawing tools diminish in their importance. Besides the usual 2D-CAD systems various 3D-CAD systems are increasingly in use for research and education as well as in industrial project cooperations at the Institut für Maschinenwesen (IMW). In this article some application examples of the 3D-CAD in design and manufacturing will be presented.

1 Einleitung

Im immer härter werdenden Wettbewerb sieht sich die Fertigungsindustrie gezwungen die Produktentwicklungszeiten erheblich zu verkürzen. Dies wird durch steigende Komplexität der Produkte und Produkttechnologien sowie zunehmende Produktvielfalt und -variation erschwert. Allein in der Konstruktion, wo Funktion und Gestalt eines Produktes bestimmt werden, fallen 70% der Herstellungskosten an /1/. Die Forderung nach intelligenten CAD-Gesamtlösungen zur Rationalisierung der Konstruktions- und Fertigungsprozesse wird immer lauter. Durch die Einbindung der CAD-Systeme in den gesamten Produktentstehungsprozeß lassen sich folgende Zielsetzungen realisieren /2/:

- durch die schnelle Durchführung von Routine-tätigkeiten können die Durchlaufzeiten drastisch gesenkt werden,

- die einmal in den Rechner gegebenen Daten können in den der Konstruktion nachfolgenden Bereichen ohne manuelle Interpretations- und Konvertierungsschritte weiterbearbeitet werden. Dadurch kann Zeit gespart und Übertragungsfehler vermieden werden,
- schnelle und flexible Reaktion auf Kundenwünsche, da Änderungen der vorhandenen Daten rasch und Bereichsübergreifend durchgeführt werden können.

Die heutigen 3D-CAD-Systeme ermöglichen es Bauteile am Bildschirm realitätsnah zu erzeugen und darzustellen. Ausgehend von den dreidimensionalen Modellen können Baugruppen, Einzelteil- und Zusammenbauzeichnungen erstellt werden, wobei der Assoziativität der drei Objekte Sorge getragen wird. D. h. eine Änderung des Modells wirkt sich auf die Baugruppe bzw. die Zeichnung oder umgekehrt aus.

Die Nutzung der CAD-Technik als Werkzeug zur Simulation bestimmter Betriebsabläufe ist heutzutage in vielen Industriebranchen zu finden. Crash-Tests, Triebwerks-/ Getriebekinematik, Tiefzieh-, Spritzguß-, NC-Prozesse u. ä werden mit enormer Zeit- und Kostenersparnis dank leistungsfähiger und relativ kostengünstiger Rechner realitätsgetreu nachgebildet.

Ein weiterer Vorteil der 3D-CAD-Systeme ist ihre Durchgängigkeit. Die in der Konstruktion erzeugten Daten können mit den entsprechenden Schnittstellen von den nachgeschalteten Abteilungen z. B. der Fertigung genutzt werden.

2 3D-CAD in der Konstruktion

Die Integration der 3D-CAD in die Konstruktion trägt durch Verringerung der Durchlaufzeiten, schnelle Reaktion auf kurzfristige Änderungswünsche, und die ständige Optimierung der Produktentwicklung zur Verkürzung der Innovationszeit von der Idee bis zum fertigen Produkt bei /3/. Im folgenden werden einige Konstruktionstätigkeiten aufgezeigt, bei denen der 3D-CAD-Einsatz am IMW erfolgreich erprobt wurde.

2.1 Entwerfen und Modellieren

Bild 1 zeigt die dreidimensionale Darstellung einer Teleskopmontierung, die im Rahmen von Forschung und Lehre am IMW konstruiert wurde. Die Einzelbauteile der Montierung wurden als 3D-Volumenelemente erzeugt und zu Unterbaugruppen zusammengefügt.

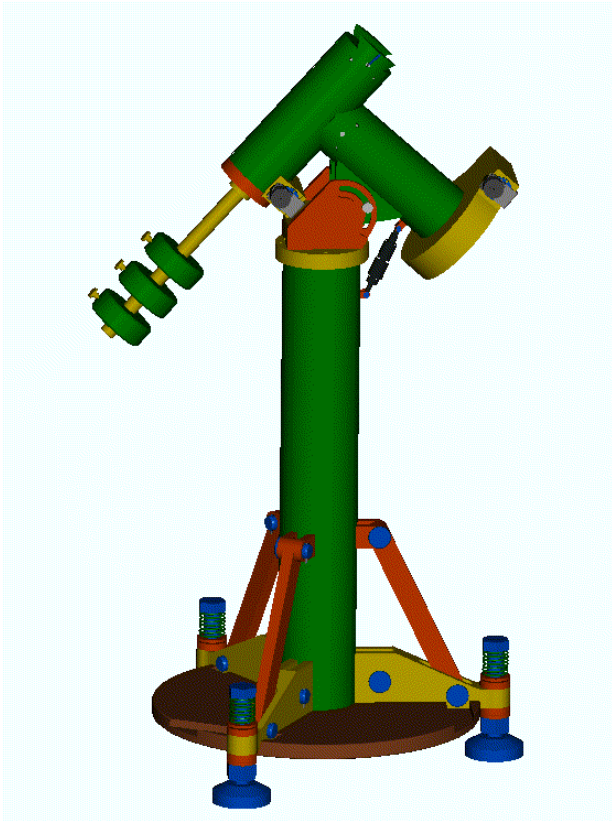


Bild 1: Teleskopmontierung /4/

Diese zeichnen sich durch hohe Übersichtlichkeit sowie leichte Handhabbarkeit aus und lassen sich einfach zu einer Zusammenbaugruppe verknüpfen. Dabei kann man die Zeichnungs- und Stücklisten-erstellung sozusagen als Abfallprodukt betrachten. Denn aus den 3D-Modellen werden 2D-Zeichnungen regelrecht abgeleitet und Stücklisten sogar automatisch erstellt.

Die Einzelbauteile sind vollparametrisch so, daß ihre Geometrie beliebig modifiziert werden kann. Eine Änderung an einem Objekt (z. B. Einzelteil) wirkt sich auf alle damit in Beziehung stehenden Objekte (z. B. Baugruppe, Zeichnung) aus. Da während der Entwurfsphase bekanntermaßen ständig optimiert wird, ist es nur aufgrund der Assoziativität des CAD-Systems möglich, die Montierung direkt auf dem Rechner zu konstruieren.

Darüber hinaus bieten die meisten 3D-Systeme Kollisionskontrolle an. Dadurch kann eine fehlerfreie Montage gewährleistet werden.

2.2 Normteil- und Produktdatenbanken

Ein Großteil seiner Tätigkeit verbringt der Konstrukteur mit der Erstellung von Norm- und Wiederholteilen /5/. Die Parametertechnik der heutigen 3D-CAD-Systeme ermöglicht es innerhalb eines Volumenmodells geometriespezifische Beziehungen zu bestimmen, mit denen man die Form des Modells durch Ändern eines Maßes steuern kann. Um eine Normteillbibliothek beispielsweise für Wälzlager zu erstellen, werden Parameter definiert, die die Abhängigkeit der Breite und des Außendurchmessers vom Innendurchmesser festlegen. Durch Änderung des Innendurchmessers entsteht eine Kopie des Lagers gleicher Normreihe mit den modifizierten Maßen. Dadurch wird dem Konstrukteur eine zeitraubende Routinearbeit erspart. Aufgrund der Tatsache, daß jeweils nur ein Teil pro Normreihe notwendig ist, um die komplette Reihe zu erfassen, ist die Pflege einer solchen Bibliothek mit wenig Aufwand verbunden. In **Bild 2** ist ein Rillenkugellager aus der institutsinternen Datenbank dargestellt.

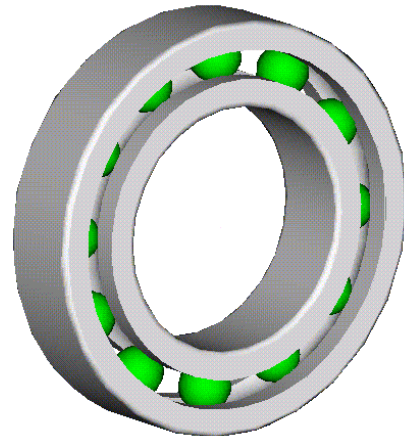


Bild 2: Vollparametrisches Modell eines Rillenkugellagers

2.3 Berechnung und Auslegung

Mit Hilfe von 3D-Systemen lassen sich Bauteile und komplette Baugruppen optimal dimensionieren. Die aufwendige Vernetzung, die man von den klassischen FEM-Programmen kennt, erfolgt hier automatisch. Durch die Auswahl der entsprechenden Belastungsart und -bedingungen sowie des Materi-

als berechnet das Programm die auftretenden Spannungen bzw. Verformungen. In **Bild 3** ist die Verformung im Ständer der Teleskopmontierung aufgrund einer vertikalen Druckbelastung dargestellt. Ferner kann man die örtlichen Spannungen an bestimmten Stellen und Optimierungsvorschläge vom Programm ausgeben lassen.

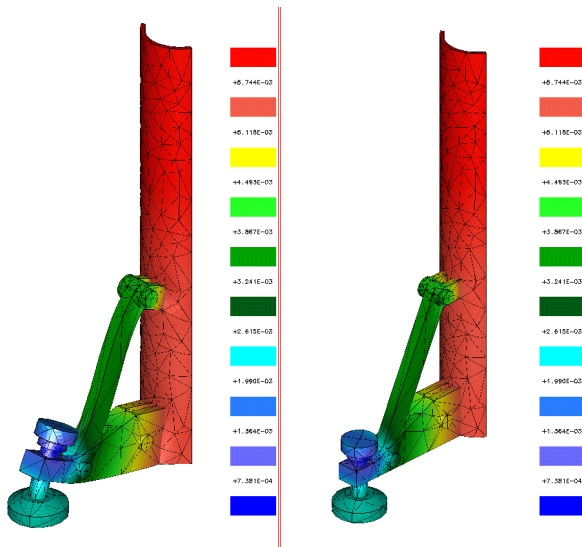


Bild 3: FEM-Modell der Teleskopmontierung /4/

3 3D-CAD in der Fertigung

3.1 CNC-Fräsen

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens der DFG (Fertigen in Feinblech) wurde ein Fahrradrahmen aus Blech konstruiert /6/. Am IMW wurde die Konstruktion des Rahmens und die Fertigung der Stempel und Matrizen für das Tiefziehwerkzeug durchgeführt. Zum automatischen Erstellen der NC-Programme wurden die in der Konstruktion des Rahmens anfallenden Geometriedaten lediglich um die Technologiedaten ergänzt. Die Bearbeitungsfolge wurde im 3D-System zur Kontrolle ihrer Richtigkeit simuliert (**Bild 4**). Anschließend wurde das NC-Programm durch ein Post-Prozessor für die Maschinensteuerung der Fräse umgewandelt.

3.2 Zahnkantenabdachung

Für einen Industriepartner wurde am IMW ein Programm, auf 3D-CAD-Plattform, zur Simulation des Fertigungsablaufs während der Zahnkantenabdachung entwickelt (**Bild 5**). Bedingt durch die vielen Freiheitsgrade der Bearbeitungsmaschine mußten

entsprechend zahlreiche Parameter variiert werden um die gewünschte Abdachgeometrie zu erhalten.

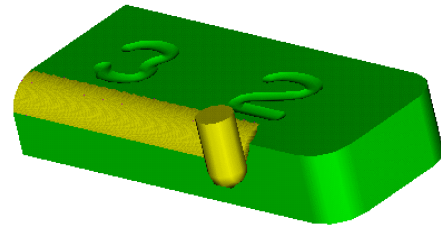


Bild 4: Bearbeitungssimulation eines Stempels für das Ziehwerkzeug mit einem Kugelfräser

Das Einrichten und Einfahren der Maschine dauerte teilweise mehrere Tage. In vielen Fällen war es notwendig spezielle Fräser für jeden Bearbeitungsfall anzufertigen um die angestrebten Ergebnisse zu erzielen. Dadurch entstand eine enorme Werkzeugvielfalt, die Lager- und Verwaltungskosten mit sich bringt.

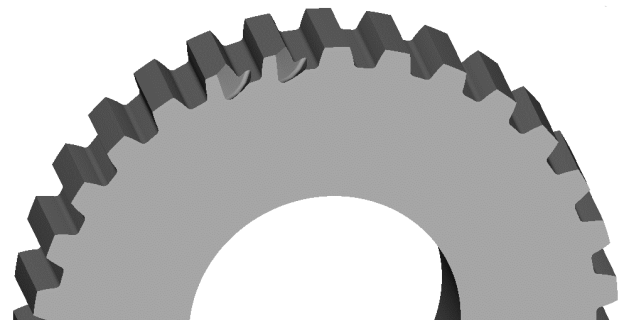


Bild 5: 3D-Modell eines Zahnrades mit zwei abgedachten Zahnkanten

Das vom IMW entwickelte Programm ermöglicht die realitätsgetreue Simulation der Fertigung durch Berücksichtigung aller vorhandenen Freiheitsgrade. Dabei kann der Einfluß der Einzelnen Parameter auf die Abdachgeometrie schnell dargestellt werden. Die Parameter werden solange variiert bis das gewünschte Ergebnis erreicht wird. Nun werden die so ermittelten Werte in die Maschinensteuerung eingegeben und es kann mit der Fertigung begonnen werden.

3.3 Rapid Prototyping

Das Rapid Prototyping ist heute ein weitverbreitetes Verfahren. Durch dieses Verfahren ist die Möglichkeit gegeben, zu einem frühen Entwicklungsstadium ein anschauliches und funktionsfähiges Modell zu haben, an dem man mögliche Design- und Funktionsfehler erkennen und beseitigen kann /7/. Ähnlich der CNC-Fertigung werden auch hier die in der Konstruktion anfallenden Daten bei der Fertigung des Modells weiterverwendet. Diese Daten werden als sogenanntes STL-Format exportiert und direkt von der Bearbeitungsmaschine abgelesen. **Bild 6** zeigt das mit einem Industriepartner entwickelte Kunststoff-Gehäuse eines Hörgerätes. Nach der Konstruktion des Gehäuses wurde seine Geometrie innerhalb einiger Minuten in ein STL-Format umgewandelt. Die Herstellung des Prototypen nach dem Stereolithographie-Verfahren dauerte einige Stunden.

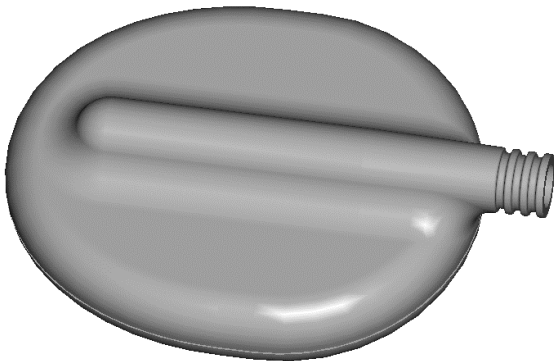


Bild 6: Hörgerätgehäuse für die Fertigung mit dem Rapid Prototyping-Verfahren

4 Zusammenfassung

Die Vorteile der 3D-CAD-Integration in Konstruktion und Fertigung liegen auf der Hand und wurden anhand verschiedener Anwendungsbeispiele in diesem Artikel vorgestellt. Der CAD-Einsatz bringt den Industrieunternehmen Wettbewerbsvorteile durch schnellere Angebotsbearbeitung, Flexibilitätserhöhung und termingerechte Projektfertigstellung.

Eine effektive Nutzung der CAD-Lösung setzt eine gesamtheitliche Integration dieser Technik in allen Unternehmensbereichen voraus. Dazu müssen die geistigen Mauern zwischen den einzelnen Abteilungen abgebaut und statt dessen Teamarbeit gefördert werden.

Eine sinnvolle Erweiterung der CAD-Systeme wäre die Einbindung der Feature-Technologie. Die featurbasierte Darstellung ermöglicht die Verknüpfung der funktions-, qualitäts-, fertigungs- und werkstoffbezogenen Informationen bei der Produktentwicklung und kann somit als Schnittstelle zwischen CAD- und wissensbasierten Systemen fungieren.

5 Literaturverzeichnis

- /1/ Ehrlenspiel, K.: *Kostengünstiges Konstruieren*, Springer, Berlin, 1985
- /2/ Vajna, S.: *CAD / CAM für Ingenieure*, Vieweg, Braunschweig / Wiesbaden, 1994
- /3/ Dietz, P.: *Konstruktionslehre*, Vorlesung IMW Clausthal 1993
- /4/ Reintgen, T.: Unveröffentlichte Studienarbeit, IMW TU Clausthal, 11.1998
- /5/ Lewandowski, S., Hohmann, S.: *3D-Normteillbibliotheken innerhalb eines PDM-Konzepts*, CAD-CAM-Report Nr. 9, Essen, 1998
- /6/ Penschke, S., Heinen, F., Griesbach, B.: *Entwicklung und Fertigung eines Mountainbikerahmens in Blech*, Institutsmittellung Nr. 22, IMW Clausthal, 1997
- /7/ Klemp, E.: *Rapid Prototyping - vom Prototyp zum Werkzeug*, Institutsmittellung Nr. 22, IMW Clausthal, 1997