

# **Benutzungsoberflächen von CAD-Systemen: Ist weniger mehr?**

Andreas M. Heinecke, Matthias Koschel, Hamburg

## **Zusammenfassung**

Die ergonomische Gestaltung der Benutzungsoberflächen von CAD-Systemen wird erschwert durch den großen Funktionsumfang solcher Systeme, der hervorgerufen wird durch die Forderung nach einer möglichst universellen Anwendbarkeit. Gleichzeitig handelt es sich bei den Einzelfunktionen meist um elementare Zeichenfunktionen, die graphische Elemente manipulieren und nicht Teile einer Konstruktion. Die Einhaltung von bestimmten Regeln, die für eine Konstruktion gelten, wird vom CAD-System im allgemeinen nicht überprüft, da es kein Wissen über die Konstruktionsaufgabe besitzt. Anhand einer Beispielimplementation eines CAD-Systems für eine bestimmte Klasse von Aufgaben soll gezeigt werden, daß sich durch Aufnahme von Wissen über den Konstruktionsvorgang eine benutzungsfreundlichere Systemgestaltung erreichen läßt, indem statt vieler elementarer Zeichenfunktionen nur wenige mächtige Konstruktionsfunktionen benötigt werden.

## **Problemstellung**

CAD-Systeme besitzen im allgemeinen einen großen Funktionsumfang, um verschiedenen Anwendungen gerecht zu werden. Häufig werden diese Funktionen in Form einer Menükarte auf dem als Eingabegerät dienenden Tablett angeboten. Die Gestaltung solcher Menükarten war mehrfach Gegenstand von Forschungsarbeiten im Bereich der Software-Ergonomie. So zeigten Frieling und Derivasi-Fard (1985) sowie Frieling und Pfitzmann (1987), daß die Bedienbarkeit eines CAD-Systems durch eine bessere Gestaltung der Tablett-Vorlage verbessert werden

kann, wie z.B. durch konsistente Gestaltung von Menü-Symbolen, räumliche Anordnung von Menü-Befehlen und farbliche Codierung von Funktionsgruppen.

Bei diesen Untersuchungen war der Funktionsumfang des CAD-Systems vorgegeben. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, daß in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung verschiedene Funktionen eines marktüblichen CAD-Systems selten oder gar nicht benötigt werden, genauso wie für spezielle Aufgaben zusätzliche Funktionen in Form von Erweiterungen bereit gestellt werden müssen, wie etwa für über die reine geometrische Konstruktionsbeschreibung hinausgehende kinematische Modellierungen (vgl. z.B. Höhne, 1988).

Erst solche Erweiterungen erfüllen den eigentlichen Anspruch des Begriffes CAD (Computer Aided Design), der ja eine Unterstützung des Konstruierens suggeriert, denn erst hier werden die eingegebenen Daten als Beschreibung einer mechanischen Konstruktion betrachtet und nicht als bloßes geometrisches Modell oder gar als (zweidimensionale) Zeichnung. In der Tat ist einer der Haupt-Kritikpunkte gegenüber CAD-Systemen, daß sie vielfach lediglich Zeichensysteme sind, die wegen ihrer großen Zahl von Zeichenfunktionen überdies schwierig zu benutzen sind, so daß nach John (1987) CAD eher "Computer Aggravated Draughting" als "Computer Aided Design" bedeute.

Während marktübliche CAD-Systeme häufig versuchen, für möglichst viele Anwendungen geeignet zu sein und deshalb einen sehr großen Funktionsumfang bereitzustellen, reicht für bestimmte Aufgabenklassen meist ein viel kleinerer Funktionsumfang aus. Gleichzeitig können die einzelnen Funktionen mächtiger werden, wenn bei der Programmierung Wissen über den Konstruktionsvorgang berücksichtigt wird. Die Arbeit mit dem CAD-System läuft dann auf einer höheren gedanklichen Ebene ab, es werden nicht mehr Zeichenfunktionen ausgeführt oder Zeichnungssymbole eingefügt, sondern Bauteile der Konstruktion aneinander gesetzt (Abb. 1). Im folgenden soll für eine eingeschränkte Klasse von Aufgaben ein solches aufgabenbezogenes CAD-System vorgestellt werden.

Ebenen	Konstruktionsarbeit	herkömmliches CAD-System	aufgabenbezogenes CAD-System
hoch	Konstruktion erstellen	Zeichnung anlegen	Konstruktionsplan anlegen
↓	↓	↓	↓
↓	Bauteil einfügen	Symbol aus Bibliothek aufrufen, drehen, verschieben	Bauteil anwählen und Anschlußpunkt anwählen
↓	↓	↓	↓
↓	30°-Bogen zeichnen als Repräsentation eines Bauteils	Zeichenfunktionen ausnutzen, verschiedenen Möglichkeiten zur Erzeugung von Bögen	keine expliziten Zeichenfunktionen, Bauteile werden nach Einfügung automatisch gezeichnet
niedrig			

Abbildung 1. Arbeitsablauf beim Konstruieren mit CAD-Systemen

### Konstruieren mit Fertigteilen

Viele Konstruktionsaufgaben bestehen darin, vorgegebene Teile zu größeren Einheiten zusammenzufügen, z.B. bei der Installation von Rohrleitungssystemen. Häufig werden dabei Fertigteile verwendet, die entsprechend ihrer Geometrie nur eine begrenzte Anzahl von Verbindungen zulassen (Armaturen, Abzweigstücke, Winkelstücke), sowie zusätzliche nicht standardisierte Halbfertigteile (zuschneidbare biegbare Rohre).

Ein CAD-Programm zur Unterstützung solcher Konstruktionsaufgaben kann die Geometrie der Teile und ihre Verbindungsmöglichkeiten berücksichtigen. Die Arbeit kann dann so ablaufen, daß Einzelteile oder Teilkonstruktionen aus einer Vorlage entnommen und an eine begonnene Konstruktion angehängt werden. Eine mögliche Gestaltung der Benutzungsoberfläche eines solchen Systems zeigte Koschel (1988) mit dem CAD-Programm "HOPP (Handling of pre-fabricated pieces)", das die oben genannte Aufgabenstellung zunächst in drei Bereichen einschränkt: es werden nur Fertigteile zugelassen und keine Halbfertigteile, die Verbindungen der Teile sind alle von der gleichen Art und symmetrisch (also keine Stecker-Buchse-Verbindungen oder unterschiedlichen Durchmesser) und die Konstruktion darf nur zweidimensional sein. Im folgenden wird eine Weiterentwicklung der ursprünglichen HOPP-Version beschrieben. Als konkretes Beispiel einer

Konstruktionsaufgabe innerhalb dieser eingeschränkten Aufgabenklasse wird hier die Erstellung eines Gleisplanes für eine Modelleisenbahn gezeigt.

### Gestaltung der Benutzungsoberfläche

Die implementierte Benutzungsoberfläche baut auf dem Fenstersystem GEM auf. Haupteingabegerät ist eine Maus oder eine Rollkugel, sowohl zur Auswahl und Positionierung von Konstruktionsteilen als auch zur Funktionsauswahl über Rolladen-Menüs. Hierdurch wird eine Hierarchisierung der Menüs nach Arbeitszusammenhängen ermöglicht, was bei reinen Tablett-Menüs nicht möglich ist.

Für die eigentliche Konstruktionsarbeit werden zwei Fenster benutzt, das Vorlagenfenster und das Arbeitsfenster. Durch Anklicken im Vorlagenfenster werden Einzelteile oder Teilkonstruktionen ausgewählt. Die so gewählten Teile werden durch breitere Linienstärke gekennzeichnet. An ihnen wird ein Anschlußpunkt angeklickt, mit dem sie an die vorhandene Konstruktion angeschlossen werden sollen (Abb. 2).

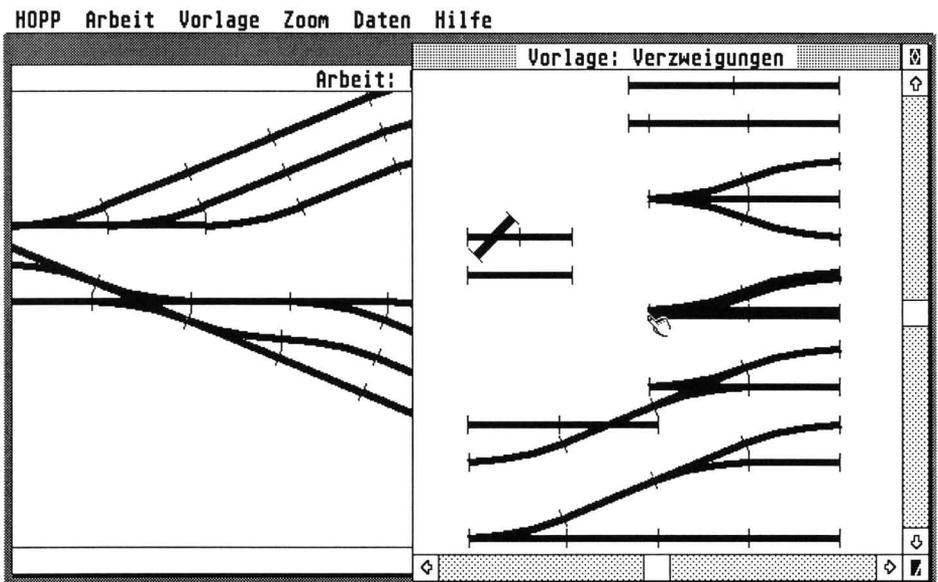


Abbildung 2. HOPP: Auswahl des Anschlußpunktes an selektierten Teilen

## Benutzerinnenführung und Hilfe

Das Programm hat einen Anfängerinnen-Modus, bei dem vor jeder Benutzungsaktion eine Dialogbox über die möglichen Dialogschritte informiert. Diese Box überlagert das Menü und muß quittiert werden, bevor weitergearbeitet werden kann. Sie bezieht sich nur auf die direkt mit der Maus vollziehbaren Aktionen wie Anklicken von Teilen oder Anschlußpunkten, nicht auf die Auswahl von Menüpunkten (Abb. 3). Diese automatische Hilfe ist abschaltbar (Expertinnen-Modus). Dann ist der direkte Aufruf der Hilfefunktion über das Menü oder über die Help-Taste möglich.

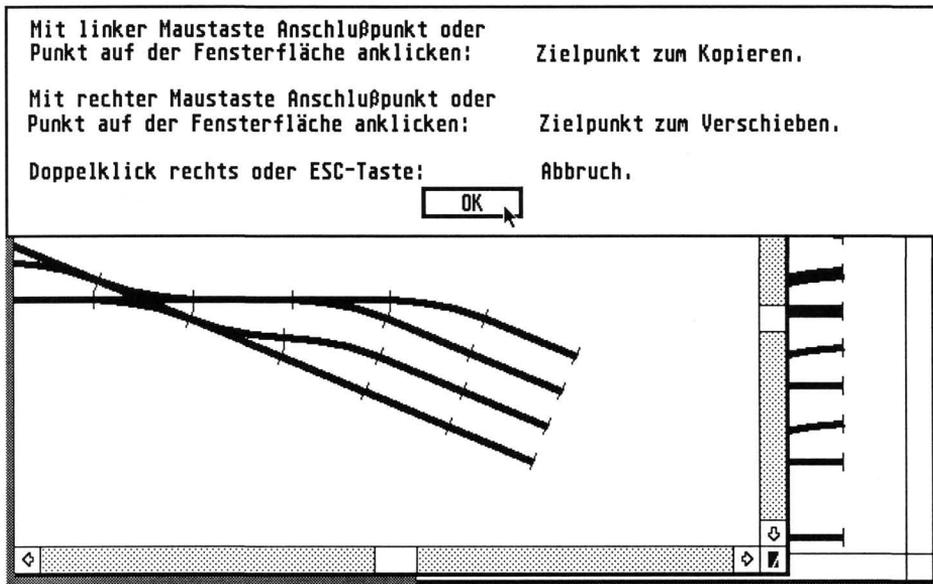


Abbildung 3. HOPP: Hilfetext

Durch einen Wechsel der Form des Mauszeigers wird eine zusätzliche Benutzungsunterstützung erreicht. Es werden insgesamt sechs verschiedene Mauszeigerformen benutzt (Abb. 4). Der in der GEM-Oberfläche übliche Pfeil wird außerhalb der Arbeitsfläche des aktiven Fensters benutzt. Er dient zur Menü-Auswahl, zur Quittierung von Dialogboxen und zur Bedienung der Fensterrand-Elemente (Aus-

464 →  
462

Nach Anklicken des Anschlußpunktes wird automatisch das Arbeitsfenster nach vorn geholt. Dort kann dann ein Anschlußpunkt der vorhandenen Konstruktion angeklickt werden, worauf das Programm die gewählten Teile anfügt, sofern diese nicht mit bereits vorhandenen Teilen geometrisch kollidieren.

Wird nicht ein Anschlußpunkt gewählt, sondern ein beliebiger Punkt auf der Arbeitsfläche (so z.B. bei Beginn der Konstruktion), erscheint ein Hilfskreis, mit dem die Richtung der neuen Konstruktion in einem bestimmten Grad-Raster vorgegeben werden kann. Statt des Kopierens von Teilen aus dem Vorlagen- ins Arbeitsfenster ist auch ein Duplizieren direkt im Arbeitsfenster möglich. Ebenso sind Verschiebe- und Löschooperationen im Arbeitsfenster erlaubt.

### Anzahl und Umfang der Funktionen

Neben den von GEM bereitgestellten Fensterfunktionen (Verschieben, Größeneinstellung, Ausschnittwahl etc.) durch Anklicken bestimmter Elemente im Fenster- rahmen sind die eigentlichen Konstruktionsfunktionen ohne Menübenutzung ausführbar. Der gesamte Konstruktionsvorgang wird durch Kopieren, Verschieben und Löschen bewältigt, wobei das Verschieben bereits aus Löschen am alten Ort und Kopieren an den neuen Ort besteht. Da bei solchen Kopieroperationen neben der Verschiebung automatisch eine eventuell nötige Drehung durchgeführt wird, muß eigentlich von "Verlegen" geredet werden.

Über das Menü werden lediglich zusätzliche Funktionen für das Laden, Speichern und Löschen von Konstruktionen (Menüpunkt **Arbeit**), für die Auswahl des Vorlagen-Inhaltes (Menüpunkt **Vorlage**), für die Wahl des Darstellungsmaßstabes (Menüpunkt **Zoom**), sowie für die Auskunft über Koordinaten von Anschlußpunkten, über Abstände von Konstruktionsteilen und über Eigenschaften von Teilen (Menüpunkt **Daten**) bereitgestellt (vgl. Heinecke, 1988). Insgesamt kommt das Programm mit wenigen, dafür zum Teil recht mächtigen Funktionen aus.

Anwahl über den Menüpunkt **Daten**). Da die rechte Taste zum Löschen von Bauteilen benutzt wird, ist es naheliegend, mit dem Doppelklick rechts einen begonnenen Dialogschritt abzubrechen.

## Schlußfolgerungen

Die Benutzungsschnittstelle von HOPP zeigt, daß wenige mächtige Funktionen ausreichen, um bestimmte Konstruktionsaufgaben mit dem Rechner auszuführen. Wenn in das Programm Wissen über die Aufgabe und Arbeitsweise der Konstrukteurin eingebracht wird, läßt sich eine weitgehende Dialog-Unterstützung erreichen. Ein solches CAD-System ist zwar nicht mehr allgemein einsetzbar, es läßt sich aber so konzipieren, daß es für eine bestimmte Klasse von Aufgaben einsetzbar ist. So werden in HOPP die geometrischen Beschreibungen der Teile und ihrer Anschlüsse in einem Parameterfile gehalten. So läßt sich diese Beispiel-Anwendung mit sehr geringem Aufwand etwa auf ein Gleissystem einer anderen Firma oder eines anderen Maßstabes umstellen. Auch die Einführung von Halbfertigteilen (hier biegsame, ablängbare Gleise) würde die Dialogschnittstelle nicht wesentlich verändern. Für solche Teile müßten lediglich zwei Anschlußpunkte angegeben werden, die durch sie unter Einhaltung bestimmter Bedingungen (Mindestradien, Übergangsbögen) zu verbinden sind.

Da auch die Texte für die Hilfe-Meldungen in einer Datei abgelegt sind, ist eine Umstellung auf andere Anwendungen möglich. So existiert eine weitere HOPP-Version, in der das System als "Chemie-Baukasten" zum Zusammenstellen von Strukturformeln benutzt werden kann. Für diese Anwendung ist die Einführung bewerteter Verbindungen nötig, damit das Programm Bindungs-Valenzen überprüfen kann. Dies würde sich auf die Dialogschnittstelle lediglich insofern auswirken, als daß die Benutzerin eine Fehlermeldung erhalten muß bei nicht übereinstimmenden Verbindungen.

Der HOPP-Ansatz legt nahe, für bestimmte Klassen von Konstruktionsaufgaben konfigurierbare Systeme zu schaffen, die aufgrund ihrer Aufgabenbezogenheit eine einfachere Dialogschnittstelle aufweisen können als übliche CAD-Systeme.

← 462  
464

schnitts-Schieber, Größeneinstellungsfeld). Innerhalb der aktiven Fensterfläche werden je nach Dialogzustand die anderen Zeiger benutzt. Bei Beginn der Arbeit erscheint zuerst die Greifhand, mit der Konstruktionsteile selektiert werden können. Die Anschlußpunkte von Konstruktionsteilen sind maus-sensitiv, hier wandelt sich die Greifhand zur Zeigehand. Die Benutzerin kann mit der Greifhand beliebig viele Teile der Konstruktion bezeichnen, die jeweils sofort durch dickere Zeichnung hervorgehoben werden und dann nach Auswahl eines Anschlußpunktes mit der Zeigehand als Ganzes kopiert oder verschoben werden können.

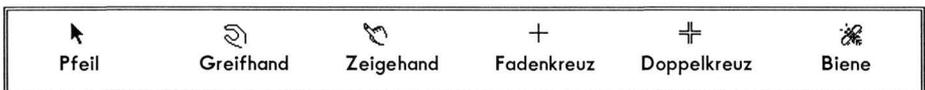


Abbildung 4. HOPP: Verwendete Mausformen

Sobald der Kopier- oder Verschiebevorgang durch Selektion eines Anschlußpunktes eingeleitet wurde, wandelt sich der Zeiger zum einfachen Fadenkreuz. Hiermit kann nun ein Zielpunkt für die Teilkonstruktion ausgewählt werden. Da in den meisten Fällen die Teilkonstruktion wiederum an einen Anschlußpunkt angebaut werden soll, ist auch jetzt eine Hervorhebung der Anschlußpunkte sinnvoll. Deshalb wandelt sich der Zeiger über Anschlußpunkten zu einem Doppelkreuz. Nach dem Einfügen der Teilkonstruktion erscheint schließlich wieder die Greifhand. Die Biene erscheint unabhängig vom Ort und vom Dialogzustand immer dann, wenn das System einen Arbeitsvorgang durchführt, während dessen keine Benutzerinneneingaben möglich sind.

Durch eine konsistente Benutzung der Maustasten soll der Dialog erleichtert werden. So wird ein Teil durch Anklicken mit der linken Taste selektiert, durch Anklicken mit der rechten Taste gelöscht. Entsprechend wird der Anschlußpunkt für eine selektierte Teilkonstruktion beim Kopieren mit der linken Taste, beim Verschieben (= Kopieren und Löschen) mit der rechten Taste bezeichnet. Da in GEM ein Doppelklick mit der linken Taste benutzt wird, um Objekte zu "öffnen", z.B. um bisher nicht sichtbare Information zu erhalten, kann auch in HOPP durch Doppelklick auf ein Bauteil oder einen Anschlußpunkt die nähere Information (Beschreibung des Teiles, Lage des Punktes) erhalten werden (Alternative zur

Gleichzeitig bieten sie eine größere Unterstützung des Konstruktionsvorganges, da sie nicht "blind" geometrische Objekte in einer Zeichnung bearbeiten, sondern Konstruktionsteile nach vorgegebenen Regeln. Erst durch eine solche aufgabenorientierte Gestaltung wird ein CAD-System zu einem Konstruktionshilfsmittel statt zu einem komplexen und schwer zu bedienenden Zeichenprogramm.

## Literatur

- Frieling, E. und F. Derisavi-Fard (1985): "Dialogdesign und Informationsdarstellung am Beispiel einer CAD-Menuevorlage", in: Bullinger, H.-J. (Hrsg.), "Software-Ergonomie '85". Stuttgart: Teubner. = Berichte des German Chapter of the ACM 24.
- Frieling, E. und J. Pfitzmann (1987): "Neuentwicklung einer Menütablett-Vorlage", in: Schönpflug, W. und M. Wittstock (Hrsg.), "Software-Ergonomie '87". Stuttgart: Teubner. = Berichte des German Chapter of the ACM 29.
- John, P. (1987): "A requirements specification for next-generation CAD systems", in: Bullinger, H.-J. und B. Shackel (Ed.), "INTERACT '87". Amsterdam: North-Holland.
- Heinecke, A.M. (1988): "Benutzeranforderungen an PC-CAD-Systeme - Vom Zeichnen zum Konstruieren", in: Valk, R. (Hrsg.), "GI - 18. Jahrestagung I". Berlin: Springer-Verlag. = Informatik-Fachberichte 187.
- Höhne, B. (1988): "Ermittlung und Kontrolle des kinematischen Verhaltens von zusammengesetzten Hebelsystemen mit Anschlagbegrenzung. Hamburg: FB Informatik, Universität Hamburg. = Diplomarbeit.
- Koschel, M. (1988): "Ein zweidimensionales CAD-System für Fertigteile". Hamburg: FB Informatik, Universität Hamburg. = Diplomarbeit.

Dr. Andreas M. Heinecke  
 Universität Hamburg  
 FB Informatik (ANT)  
 Troplowitzstr. 7  
 D-2000 Hamburg 54

Dipl.-Inform. Matthias Koschel  
 Philips Röhren- und Halbleiterwerke  
 Abteilung MIC  
 Stresemann-Allee 101  
 D-2000 Hamburg 54