1 EINFÜHRUNG 1-2
1.1.1 Von der technischen Freihandzeichnung zum 3D-Modell im Computer 1-2

2 KONSTRUKTION MIT CAD 2-8

2.1 Begriffe, Definitionen CAD; CAP, CAQ, PPS, CAE, BDE, CIM 2-9

2.2 Gründe für den Rechnereinsatz in der Konstruktion 2-10
2.2.1 Verbesserung der Konstruktionsqualität 2-10
2.2.1 Verkürzung der Konstruktions- und Entwicklungszeit /2/ 2-11
2.2.2 Befreiung der Konstrukteure von Routinetätigkeit 2-11
2.2.3 Rechnergestützte Konstruktion als Teil des rechnergeführten Betriebes 2-11
2.2.4 Zusammenfassung der prinzipiellen Vorteile der Rechentechnik: 2-11

2.3 Hard- und Software 2-11
2.3.1 Gliederung der Komponenten von CAD-Systemen 2-12
2.3.2 Kriterien zur Bewertung der Leistungsfähigkeit einer CAD-Anlage 2-13

2.4 Rechnergestützte Konstruktion als Teil des rechnergeführten Betriebes 2-13

3 UNTERSCHIEDE ZWISCHEN 2D UND 3D-CAD 3-14

3.1 Warum SolidWorks 3-16

3.2 Was ist SolidWorks? 3-17

3.3 Konstruieren mit CAD-Software; 3-18

4 GRUNDLAGEN VON SOLIDWORKS 4-18

4.1 Zugang zu SolidWorks im PC-Pool 4-18

4.2 Die Anmeldung am Rechner und der Programmstart 4-18

4.3 Grundeinstellungen von SolidWorks 4-22
4.3.1 Verwenden von Konfigurationen 4-33

4.4 Baugruppen – Grundlagen Siehe Anleitung ab 4-1 4-35

4.5 Grundlagen des Zeichnens, Siehe Anleitung ab 5-1 4-36

1 Einführung

In diesem Skript sind überwiegend aus der angegebenen Literatur Gedanken, Bilder und Tabellen übernommen worden. Mit dieser Unterlage sollen den Studenten zeitaufwendige Schreibarbeiten erspart werden. Außerdem sind Übersichten zusammengestellt, die bei der Ausarbeitung von Belegen helfen können.
Dieses Skript kann keinesfalls das Studium der Primärliteratur ersetzen. Insbesondere dann nicht, wenn es um Zitate geht, die in dieser Arbeitsunterlage noch nicht vollständig gekennzeichnet sind.

1.1.1 Von der technischen Freihandzeichnung zum 3D-Modell im Computer

In der Vergangenheit galt das Konstruieren als Kunst, die nicht erlernbar war. Entdeckungen und Erfindungen blieben genialen Einzelpersonen überlassen.
Bekannt ist Leonardo da Vinci (1452-1519), der als Maler, Bildhauer, Baumeister, Zeichner Naturforscher und Erfinder tätig war.

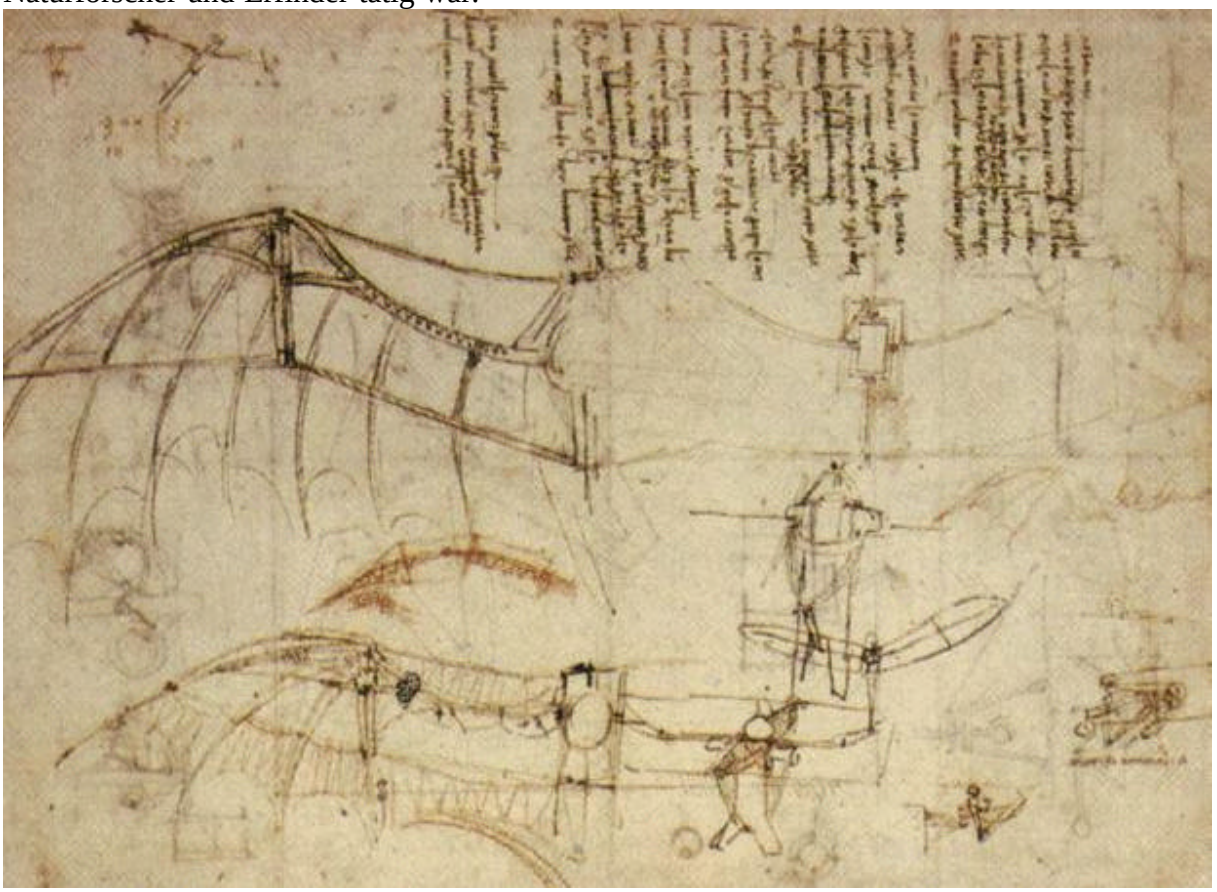


Abbildung 1 Flugmaschine, aus http://banzai.msi.umn.edu/leonardo/

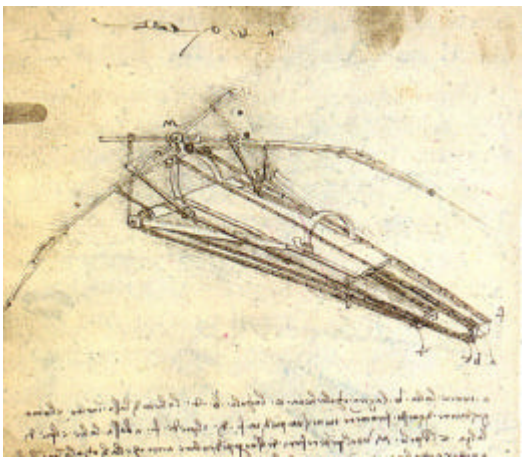


Abbildung 2 Flugmaschine, aus
http://banzai.msi.umn.edu/leonardo/

Er stellte seine Gedanken in dreidimensionalen Handzeichnungen dar, die in der Werkstatt von hochbegabten Handwerkern in technische Gebilde umgesetzt wurden. Es gab von jedem Erzeugnis nur eine Zeichnung oder Skizzen, die die Grundlage der Verständigung aller an der Herstellung des Produktes beteiligten Personen bildete.
Die Weitergabe von Gedanken in Form von Zeichnungen ist erforderlich, wenn

- ?? technische Produkte von mehreren Personen hergestellt werden,
- ?? einzelne Fertigungsschritte zeitlich auseinander liegen,
- ?? Unterlagen für die Bedienung und Wartung benötigt werden.

„ ...*Konstruieren* ist die geistig-schöpferische Tätigkeit..., die ein technisches Erzeugnis vollkommen durchdenkt und dann mittels technischer Unterlagen aller Art, wie Teile- und Baugruppenzeichnungen, Stücklisten Stromlaufplänen, Justier- und Abgleichvorschriften, Betriebsanweisungen usw., die Voraussetzungen schafft, die Dritte in die Lage versetzen, das technische Erzeugnis materiell herzustellen.“[i]

Zum Konstruieren gehören demnach zwei wesentliche Bestandteile:

- ?? Kreativ Problemlösungen, die in einem gedanklichen Modell abgebildet sind.
- ?? Die gedanklichen Informationen weiterzugeben, d.h. für andere Personen und auch Maschinen lesbar zu machen. Ausdrucksmittel hierfür sind technische Zeichnungen und Handskizzen.

Mit der Entwicklung der industriellen Produktion kam es zur Arbeitsteilung, beispielsweise nach verschiedenen Fertigungsverfahren. Außerdem war die persönliche Absprache zwischen dem Konstrukteur und den Werkstattarbeitern wegen der räumlichen und zeitlichen Trennung der Fertigungsschritte nur noch begrenzt möglich. Es war erforderlich, Zeichnungen maßstäblich und in verschiedenen Ansichten herzustellen.
Aus der technische Zeichnung wurde „ das internationale Ausdrucksmittel von Gedanken“.
Mir technischen Zeichnungen sollen Erzeugnisse so beschrieben werden, dass ein Fachmann, gleich welcher Nationalität, dessen Funktion erkennen und es herstellen kann.

> Anmerkung: Wortangaben auf technischen Zeichnungen sind an eine Landessprache gebunden und erfüllen nicht den Anspruch, international zu sein. Deshalb sollten Wortangaben auf technischen Zeichnungen vermieden werden.

Die Qualität einer technischen Dokumentation erkennt man daran, dass deren Inhalt *ohne Rückfragen* an den Konstrukteur zweifelsfrei erkannt wird.

Die technische Zeichnung ist das wichtigste Bindeglied zwischen dem technischen Bureau und der Werkstatt. Durch sie übermittelt der Konstrukteur seine Gedanken den Männern der Praxis, die nach der Zeichnung das Werk ausführen sollen. Sie stellt das internationale Ausdrucksmittel von Gedanken dar, die sich in Wort und Schrift allein nicht anschaulich wiedergeben lassen, und es ist unbedingt nötig, daß jeder Maschinenbauer den Sinn einer technischen Zeichnung richtig versteht. Um dies zu können, muß er wissen, wie eine technische Zeichnung zustande kommt, und muß sich vor allen Dingen selbst darin üben, Gegenstände, wie sie ihm in der Praxis in die Hände kommen, aufzuzeichnen.

Die Praxis des modernen Maschinenbaues (1917)

Abbildung 3 Bedeutung der technischen Zeichnung / /

Es entwickelten sich bestimmte Regeln zur Darstellung technischer Erzeugnisse.

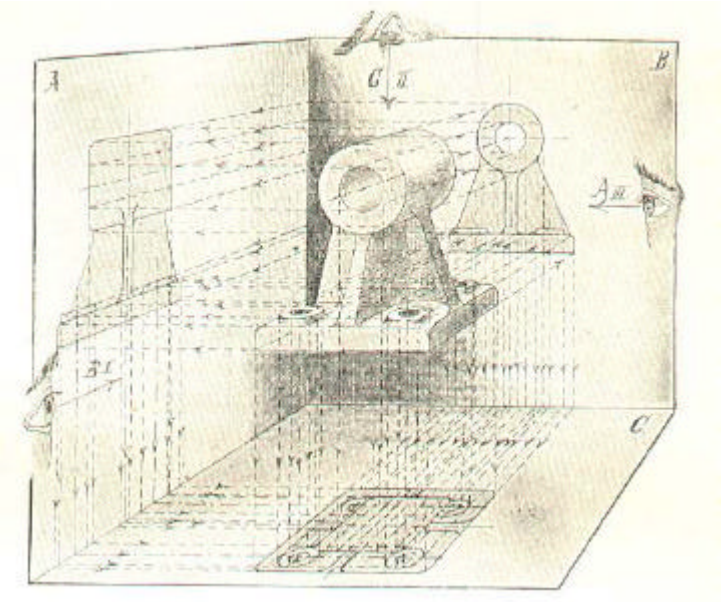


Abbildung 4 Orthogonale – Mehrtafel – Parallelprojektion / /

Von der dreidimensionalen Darstellung ging man ab, weil maßstäbliche Darstellung aller Ansichten eines Teiles für die Fertigung zweckmäßiger waren und immer noch sind.
Als Werkzeuge zur Anfertigung von technischen Zeichnungen wurden Reißbretter verwendet.

Techniker mussten das Anfertigen und Lesen technischer Zeichnungen erlernen.
Gemeint ist die Fähigkeit, aus einer zweidimensionalen Darstellung eines Teiles oder einer Baugruppe ein dreidimensionales *gedankliches* Modell aufzubauen.
Meist wird dieses gedankliche Modell erstmals mit einer Skizze dargestellt. Die Fähigkeit, technische Skizzen anzufertigen hat immer noch die gleiche Bedeutung, wie vor 100 Jahren.

Es gibt leider viele Techniker und auch Meister, welche ganz jämmerliche Skizzen zusammenstümpern, aus denen kein Mensch klug wird, und viele Fehler, die bei den Arbeiten in der Werkstatt vorkommen, sind auf Mißverständnisse durch falsch gezeichnete Skizzen zurückzuführen. Da nun jeder Gewerbetreibende vorwärts strebt und Monteur oder Meister werden möchte, so ist es sehr nötig, daß er sich beizeiten die Fertigkeit aneignet, eine gute und klare Skizze perspektivisch zu entwerfen.

Die Praxis des modernen Maschinenbaues (1917)

Abbildung 5 Bedeutung der Skizze

Datenträger war lange Zeit nur ein Zeichnungs-Original, dass neben geometrischen Angaben noch die Angaben zum Werkstoff – in Abbildung 2 durch Farben angezeigt- , Hinweise zur Fertigung usw. enthielt.
Später war es erforderlich, Kopien von technischen Zeichnungen – Blaupausen - anzufertigen. In diesen Kopien konnten nur zwei Farben weitergegeben werden – Schwarz und Weiß. Um für die Vervielfältigung der Zeichnungen möglichst hohe Kontraste zu bekommen und um die Linien gegen verwischen zu sichern, wurden Tuschezeichnugen angefertigt.
Von einem Transparent-Original konnten viele Kopien angefertigt werden. Mit der Entwicklung von Hard- und Software zur Anfertigung von technischen Zeichnungen ergab sich ein wesentlicher Rationalisierungseffekt.
Zweidimensionale Zeichnungen – sogenannte 2D-Zeichnungen - konnten im Rechner gespeichert werden. Deren Ausdruck in verschiedenen Maßstäben, die Vereinfachte Änderung von Zeichnungen usw. waren große Vorteile. Die Verwendung von Farbe wurde mit der Entwicklung von A0-Tintenstrahldruckern wieder möglich. Farbige Zeichnungen sind wegen der noch fehlenden Kopiergeräte unüblich geblieben. Nur ausnahmsweise werden besondere Bereiche – etwa Not-Aus-Bereiche – mit Farbe gekennzeichnet.

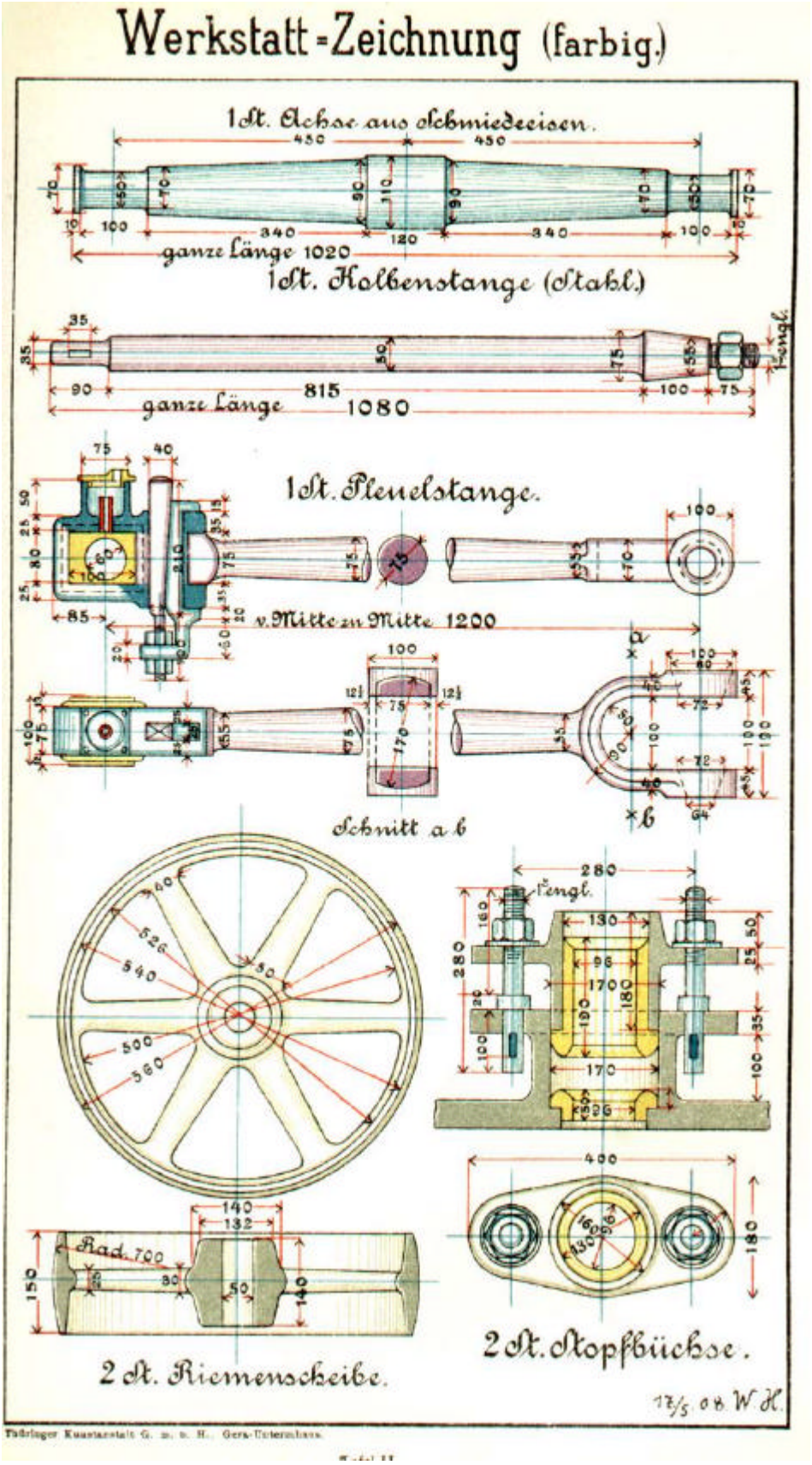


Abbildung 6 Werkstattzeichnung

Eine 2D-Zeichnungsdatei enthält zahlreiche geometrische Element – Linien, Kreise ...- die nicht „wissen“, dass sie zusammengehören, um beispielsweise ein Rechteck mit einer Bohrung darzustellen. Zwischen den Verschieden Ansichten eines Teiles besteht ebenfalls keine Verbindung. Wird also in einer Ansicht etwas geändert, kann die Eintragung dieser Änderung in einer anderen Ansicht oder Einzelheit vergessen werden.

Zweidimensionale Zeichnungen waren sehr schwierig zu lesen, wenn Teile mit Freiformflächen dargestellt wurden, etwa Karosserieteile für PKW. Solche Zeichnungen enthalten - wie Landkarten - Höhenlinien. Die Übertragung solcher Zeichnungsdaten auf Presswerkzeugen für Teile mit Freiformflächen war sehr aufwendig.

Mit dem Bestreben, Erzeugnisse mit möglichst wenig Aufwand herzustellen, wurde immer platzsparender und leichter konstruiert. Die Kontrolle einer Konstruktion auf Kollisionsfreiheit der Bauteile wurde immer schwieriger. Man braucht sich hier nur den Motorraum eines PKW vorzustellen. Die Baugruppen sind oft so eng zueinander angeordnet, dass keine Handbreite Platz ist.
Die Forderung nach dreidimensionaler Darstellung der Bauteile ist offensichtlich.

3D-Darstellungen von Teilen in Rechnern unterscheiden sich deutlich von 2D-Darstellungen. Hier „wissen“ die geometrischen Elemente, dass sie Flächen und Volumen bilden. Es handelt sich um rechnerinterne Modelle eines Teiles oder einer Baugruppe. Von der Software können Angaben über das Volumen eines Teiles, dessen Schwerpunktlage usw. abgefragt werden. Rechnerinterne Modelle sind parametrisch. Beispielsweise führt die Änderung eines Maßes eines Prismas zur Verlängerung eines Teiles, ohne dass die Winkel der Begrenzungsflächen zueinander geändert werden. Die Software „weiß“ also, dass mit einem Maß 4 Kantenlängen gleichermaßen geändert werden sollen!
Die Darstellung von Bauteilen mit vielen Formelementen – z.B. von Gussteilen – in einer isometrischen Ansicht bereitet keinen zusätzlichen Aufwand. Solche Darstellungen sparen Zeit beim lesen einer Zeichnung und werden aus diesem Grund – entgegen den gültigen Regeln - angewendet.

Mit dem Übergang zu dreidimensionalen Darstellungen – 3D Zeichnungen – wurde die direkte Generierung von Programmen für numerische Maschinen möglich. Bei der Herstellung von Teilen mit Freiformflächen wird schon oft auf eine vollständig bemasste Zeichnung verzichtet, weil numerische Fertigungs- und Messmaschinen die Daten aus einem rechnerinternen Modell verwenden. Die direkte Weitergabe von Daten mit dem rechnerinternen Modell hilft, Übertragungsfehler vermeiden.

Das Zeichnungsoriginal gab es seit der Verwendung moderner Drucker und Kopierer nicht mehr. Eine Zeichnungsdatei konnte beliebig oft geändert und gedruckt werden. Damit ergaben sich neue Anforderungen an die sichere Archivierung von Dateien und technischen Zeichnungen mit einem bestimmten Änderungszustand. In rechnergeführten Betrieben werden Papierzeichnungen, Zeichnungsdateien auf Datenträgern und Bauteile mit PDM-Systemen (PDM = Produktdatenmanagement) verwaltet.

Wesentliche Unterschiede ergeben sich mit der Verwendung von 3D CAD Software für die Darstellung eines Bauteiles. Komplizierte Bauteile können ohne zusätzlichen Aufwand in

einer Isometrischen Darstellung gezeigt werden. So können weniger geübte Personen ein Teil leichter erkennen, die geübten benötigen weniger Zeit.
Bisher gilt noch immer, dass eine fertigungsgerechte Zeichnung vollständig bemaßt sein muß. Mit der Verwendung von CNC-Maschinen kann die Bemaßung so reduziert werden, dass ein Teil identifizierbar und kontrollierbar ist. Auf der Zeichnung verwenden neuerdings einige Firmen den Satz „Fehlende Maße sind dem 3D-Modell zu entnehemen."

2 Konstruktion mit CAD

Die traditionellen Hilfsmittel für die Anfertigung von technischen Zeichnungen - Reißbretter, Skribente, Schraubenschablonen, ... -sind weitgehend aus den Zeichenbüros verschwunden. An ihre Stelle sind CAD-Systeme getreten, die die durchgängige Verarbeitung einmal generierter Daten in einer Firma gestatten.

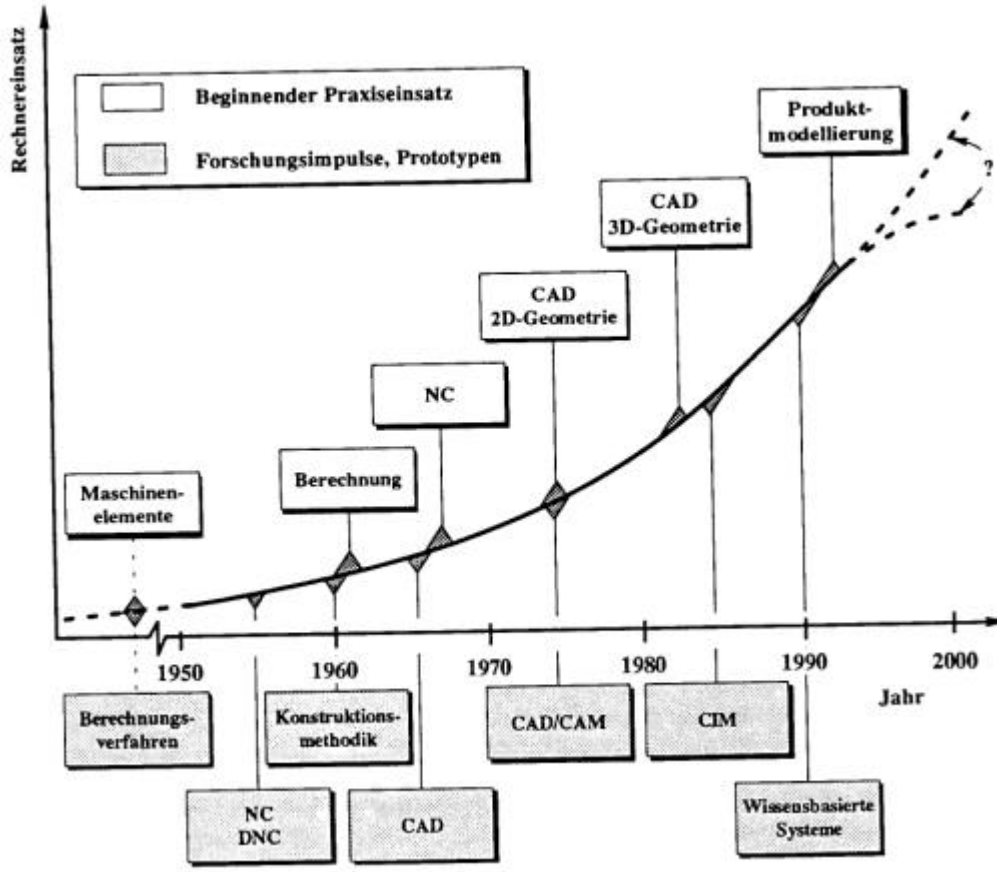


Abbildung 7 : Entwicklung der Rechnerunterstützung für den Konstruktions- und Fertigungsprozess

Nachfolgend sind einige Begriffe zusammengestellt, die in der Industrie als bekannt voraus

2.1 Begriffe, Definitionen CAD; CAP, CAQ, PPS, CAE, BDE, CIM

Konstruieren ist das ... Vorausdenken technischer Erzeugnisse ... und Schaffen fertigungsreifer Unterlagen. /3/

CAD	Computer Aided Design	Sammelbegriff für alle Aktivitäten, bei denen EDV... im Rahmen von Konstruktions- und Entwicklungstätigkeit eingesetzt wird. CAD wurde eine zeitlang auch als spezielle Abkürzung von Computer Aidet Drawing - der computergestützen Zeichnungserstellung - verstanden.
CAP	Computer Aided Planning	Rechnereinsatz in der Fertigungsplanung. z.B. zur Erzeugung von NC-Informationen, Arbeitsplänen oder Stücklisten
CAM	Computer Aided Manufacturing	Rechnereinsatz zur Steuerung der Fertigung, z.B. Werkzeugmaschinen, Materialfluß, Betriebsdatenerfassung
CAQ	Computer Aided Quality Control	rechnerunterstützte Qualitätskontrolle
CAE	Computer Aided Engineering	Rechnereinsatz im gesamten technischen Bereich eines Unternehmens CAE = CAD+CAP+CAM+CAQ
CIM	Computer Integrated Manufacturing	Rechnereinsatz in allen mit der Produktion zusammenhängenden Bereichen CIM = CAE+PPS
PPS		Produktionsplanung und Steuerung, hierzu gehören Materialverwaltung, Terminplanung, Betriebsdatenerfassung und Auftragsverfolgung

/1/

CAD-Technik: Hierunter wird das gesamte Wissen auf dem Gebiet des rechnerunterstützten Konstruierens verstanden (Analogie: Elektrotechnik, Feinwerktechnik usw.)./2/

CAD-Technologie: Hierunter werden die anwenderrelevanten Verfahren des rechnerunterstützten Konstruierens verstanden (Analogie: Mechanische Technologie, Lebensmitteltechnologie usw.)./2/

CAD-System, CAD-Anlage: Hierunter wird (als spezielle Ausführung einer allgemeinen Datenverarbeitungsanlage) das Zusammenwirken von Geräten und Programmen/Daten für das rechnerunterstützte Konstruieren verstanden./2/

Rechner-Betriebsarten:

Stapelbetrieb (engl. *Batch Prozessing*)
Die Aufträge werden nicht im Dialog mit dem Benutzer abgearbeitet. Daten und Programm werden dem Rechner als (Lochkarten -) Stapel zugeführt und abgearbeitet.

Dialogbetrieb (engl. *Interactive Prozessing*)
Die Benutzer erhalten auf dem Monitor sofort das Ergebnis auf einen eben eingegebenen Befehl. Programme geben auch Benutzeranfragen auf dem Monitor aus. (Beispiel: AutoCAD fragt „ Linie von Punkt:“...)

Einbenutzerbetrieb (engl. *Single User System*)
Nur ein einziger Benutzer kann auf das System zugreifen, CAD-Einzelarbeitsplatz

Mehrbenutzerbetrieb (engl. *Multi User System*)
Mehrere Benutzer können auf das System zugreifen, Großrechner

Einzel-Programm-Betrieb (engl. *Single Tasking System*)
Nur ein einzelnes Programm kann vom Rechner abgearbeitet werden

Mehr-Programm-Betrieb (engl. *Multi Tasking System, Multiprogramming*)
Hier werden mehrere Programme gleichzeitig genutzt, z.B. Grafik-, Text-, Datenbankprogramm

Zeitscheibenbetrieb (engl. *Time Sharing Processing*)
Die Rechenzeit wird zwischen mehreren Nutzern eines Großrechners aufgeteilt. Beispielsweise können 10 Nutzer jeweils für 0,1 Sekunde Rechenzeit erhalten. Da jeder Nutzer nach 1s Rechenzeit erhält, in der meist alle Befehle ausgeführt werden, fallen Wartezeiten nicht auf.

Echtzeitbetrieb (engl. *Real Time Processing*)
Gegensatz zum Stapelbetrieb, die zugeführten Daten werden unmittelbar verarbeitet. Bei Maschinensteuerungen mit sehr schnellen Abläufen muß die Verarbeitungsgeschwindigkeit den Anforderungen des Prozesses genügen.

Ein-Fenster-Bildschirm (engl. *Full Screen System*)

Mehr-Fenster-Bildschirm (engl. *Multiple Window System*)

2.2 Gründe für den Rechnereinsatz in der Konstruktion

Die Erzeugnisse werden nach Qualität, Preis und Liefertermin bewertet.

?? Die Qualität der Erzeugnisse wird zuerst in der Konstruktion bestimmt.

?? Die Kosten eines Erzeugnisses werden zu 70% in der Konstruktion beeinflußt.

?? Die Zeitdauer für eine Konstruktion beansprucht in der Einzel- und Kleinserienfertigung ca. 50% der Zeit zur Herstellung eines Erzeugnisses.

Der Austausch von Daten hat bewirkt, das einmal erbrachte Leistungen immer wieder verwendet werden können. Das Abzeichnen von Normteilen oder Baugruppen aus Katalogen wird nicht als Leistung anerkannt und demzufolge nicht bezahlt.

2.2.1 Verbesserung der Konstruktionsqualität

?? Zugriff auf Konstruktionskataloge
?? Optimierung der Funktionalität durch mehr Entwürfe einer Konstruktion
?? Reduzierte Fehlerquote in den Fertigungsunterlagen durch „unerbittliche“ Genauigkeit und Konsequenz des Rechners und dadurch geringere Änderungsquote in der Produktion
?? Verringerung der Kosten für Material, Kaufteile, Wiederholteile durch schnellen Zugriff auf rechnergeführte Auswahllisten
?? Kollisionsuntersuchungen sind vereinfacht und umfassender möglich

2.2.1 Verkürzung der Konstruktions- und Entwicklungszeit /2/

Anwendungen	*Beschleunigungsfaktor*
Zeichnungserstellung, allgemein	2,0-3,8
Einzelteilzeichnung	1,5-3,0
Gruppenzeichnung	3,0-5,0
Varianten (automatisch generierte Zeichnung)	3,0-20
Änderungen an Zeichnungen	2,5-10
technische Berechnungen, Simulation	1,0-8
Konstruktionstätigkeit, allgemein	2,0-20

2.2.2 Befreiung der Konstrukteure von Routinetätigkeit

Arbeiten wie Schraffieren, Bemaßen, Stücklisten anlegen usw. werden zeitlich erheblich reduziert. Aus dieser Zeiteinsparung folgen wesentlich mehr Entscheidungen in sonst gleicher Arbeitszeit.

2.2.3 Rechnergestützte Konstruktion als Teil des rechnergeführten Betriebes

Datenbanken werden z.B. in der Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Einkauf, und Lagerhaltung eingesetzt.

2.2.4 Zusammenfassung der prinzipiellen Vorteile der Rechentechnik:

?? Einmal geleistete Arbeit bei der Datengewinnung wird immer wieder verwendet wird.
?? Mit Hilfe der Rechentechnik und geeigneter Software kann ein Bearbeiter nicht nur von formalen Arbeiten befreit werden. Es ist möglich, auch die Arbeiten anderer Bereiche mit zu erfüllen.

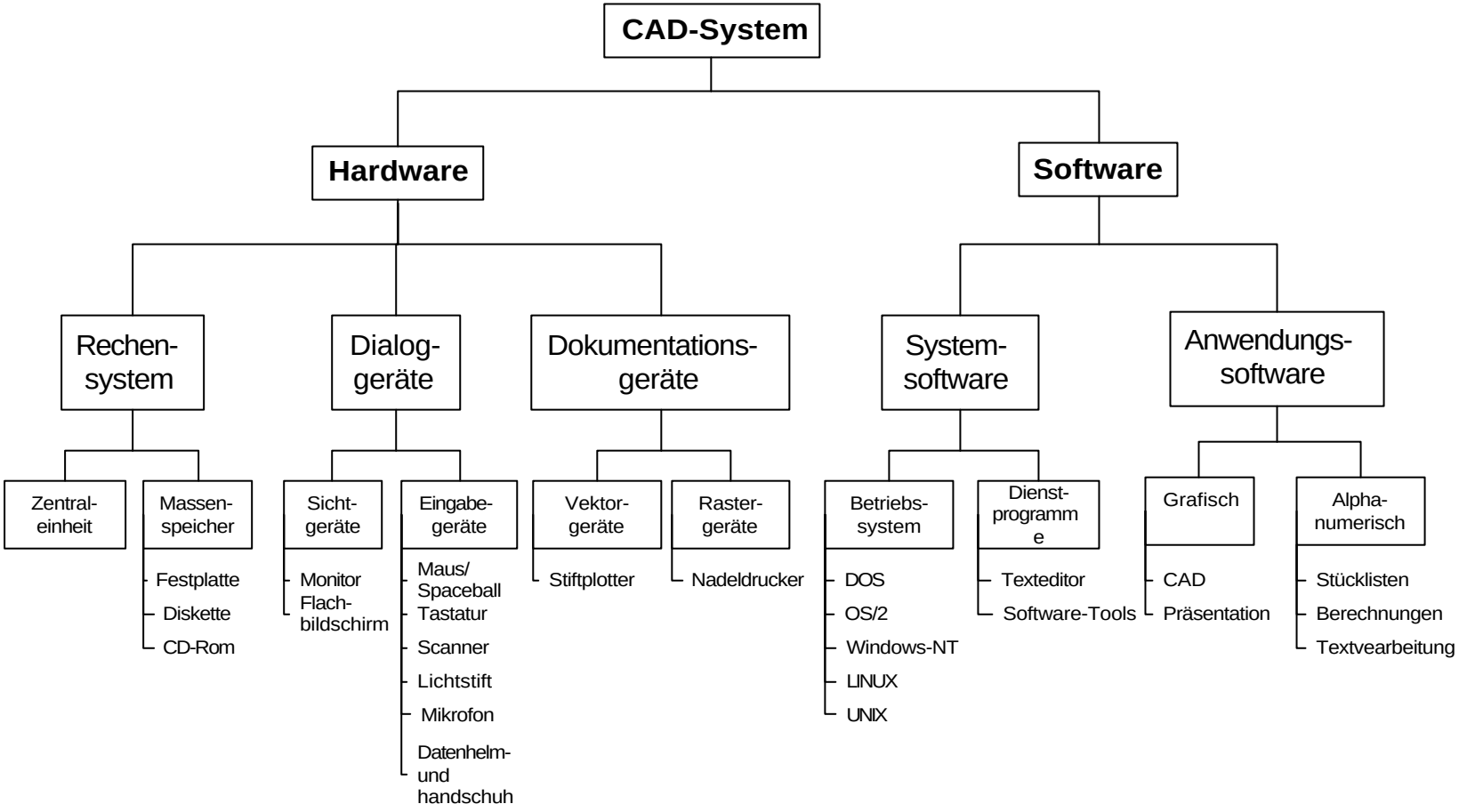
2.3 Hard- und Software

CAD-Systeme bestehen aus Hardware und Software. Beide Komponenten wurden in der Entwicklung aufeinander abgestimmt, das heißt, Software war nicht auf andere Hardware übertragbar.

Gegenwärtig und sicherlich auch künftig müssen diese beiden Komponenten in einem konkreten CAD-System zusammenpassen. Beispielsweise erfordern Grafikkarten Treiber, die wiederum mit einer bestimmten Version eines Betriebssystems zusammenpassen müssen.

Nachfolgend ist eine Übersicht gezeigt, die die wesentlichen Bestandteile eines CAD-Systems enthält.

2.3.1 Gliederung der Komponenten von CAD-Systemen



2.3.2 Kriterien zur Bewertung der Leistungsfähigkeit einer CAD-Anlage

Wortlänge eines Rechners:	8 Bit, 16 Bit, 32 Bit, 64 Bit
Taktfrequenz in MHz:	gegenwärtig 850 bis 1,4 GHz, teilweise auch 1,8 GHz
Arbeitsgeschwindigkeit:	Zahl der pro Zeiteinheit ausführbaren Rechen- und Datentransportoperationen, gemessen in MIPS (engl.: Million Instructions Per Second)
Rechengeschwindigkeit	Zahl der pro Zeiteinheit ausführbaren Fließkomma-Rechenoperationen, gemessen in MFLOPS (engl.: Million Floating Point Operations Per Second)
Transportgeschwindigkeit	Geschwindigkeit, mit der die Daten auf dem Bus zwischen den Rechenbereichen transportiert werden können.
Speicherkapazität	angegeben in MByte (KB) oder GByte (MB), der Hauptspeicher sollte mindestens halb so groß sein, wie die in Arbeit befindlichen Programme
Zugriffszeit	Zeit, die zur Lokalisierung der Daten benötigt wird, gemessen in Millisekunden

2.4 Rechnergestützte Konstruktion als Teil des rechnergeführten Betriebes

Datenbanken werden z.B. in der Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Einkauf, und Lagerhaltung eingesetzt.

Gegenwärtig gibt es ca. 200 industriell genutzte CAD-Systeme auf dem Markt. Diese Systeme werden überwiegend auf Workstations eingesetzt. solche Systeme kosten zwischen 10.000 DM und 250.000 DM.

AutoCAD ist ein typisches 2D-CAD System, das für PCs entwickelt wurde. Die Software kostet etwa 8.000DM. Meist werden zusätzlich Branchenpakete genutzt, die auch 4.000DM bis 12.000 DM kosten. Informationen zu Branchenanwendungen sind im Internet beispielsweise unter http://www.autodesk.de zu finden.

Bekannte 3D-CAD-Systeme sind Pro/ENGENEER; Catia, I-DEAS, SolidEDGE, SolidWorks und andere.
Jedes dieser Systeme hat bestimmte Vorteile. Deshalb werden in großen Firmen oft mehrere CAD-Systeme angewendet.

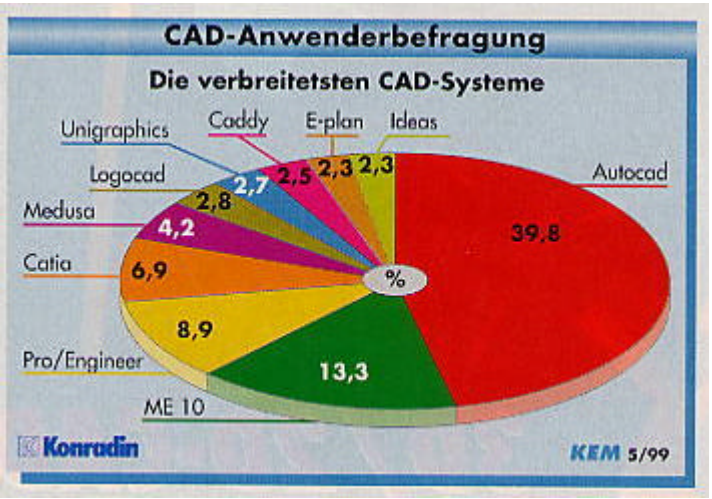
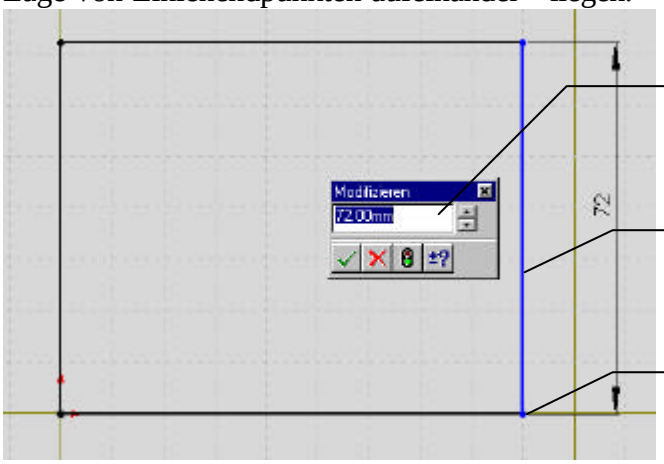


Abbildung 8 Verbreitung der CAD-Systeme

3 Unterschiede zwischen 2D und 3D-CAD

Die Unterschiede zwischen CAD-Systemen lassen sich an charakteristischen Merkmalen erläutern. Aus der Vielzahl von CAD-Systemen ergibt sich auch, dass jede Software die eine oder andere Abweichung von diesen Merkmalen aufweist.
Ein wesentliches Merkmal sind die *Beziehungen* zwischen den geometrischen Objekten – Linien, Kreise, Bögen ...- einer Zeichnung. Solche Beziehungen können in der Festlegung von Abmessungen – Abstands- und Winkelmaßen- oder in der Anordnung der Objekte – etwa der Lage von Linienendpunkten aufeinander - liegen.



Die Maßzahl kann verändert werden, wobei *alle* rechten Winkel erhalten bleiben.

Die Linie – blau gekennzeichnet - ist nicht vollständig definiert, das Maß für die Breite fehlt.

Die Linienendpunkte sind zu einem gemeinsamen Punkt verschmolzen

Abbildung 9 Beziehungen zwischen geometrischen Objekten

Beziehungen zwischen geometrischen Objekten werden von 2D-CAD-Software meist nicht erkannt. Die Änderung einer Maßzahl bewirkt nicht die Änderung einer zugehörigen Linie. Die Software erkennt auch nicht den Zusammenhang zwischen verschiedenen Ansichten eines Modells.
3D-CAD-Software erkennt Flächen und Körper. Änderungen werden bei einer gemeinsamen Datenbasis vom rechnerinternen Modell werden auch auf davon abgeleitete Zeichnungen übertragen.
Es ist möglich, verschiedene Abmessungen eines Teiles mit einer Formel zu verknüpfen. Die Änderung eines Ausgangsmaßes – etwa die Länge eines Teiles – bestimmt die neue Breite als das x-fache der Länge.

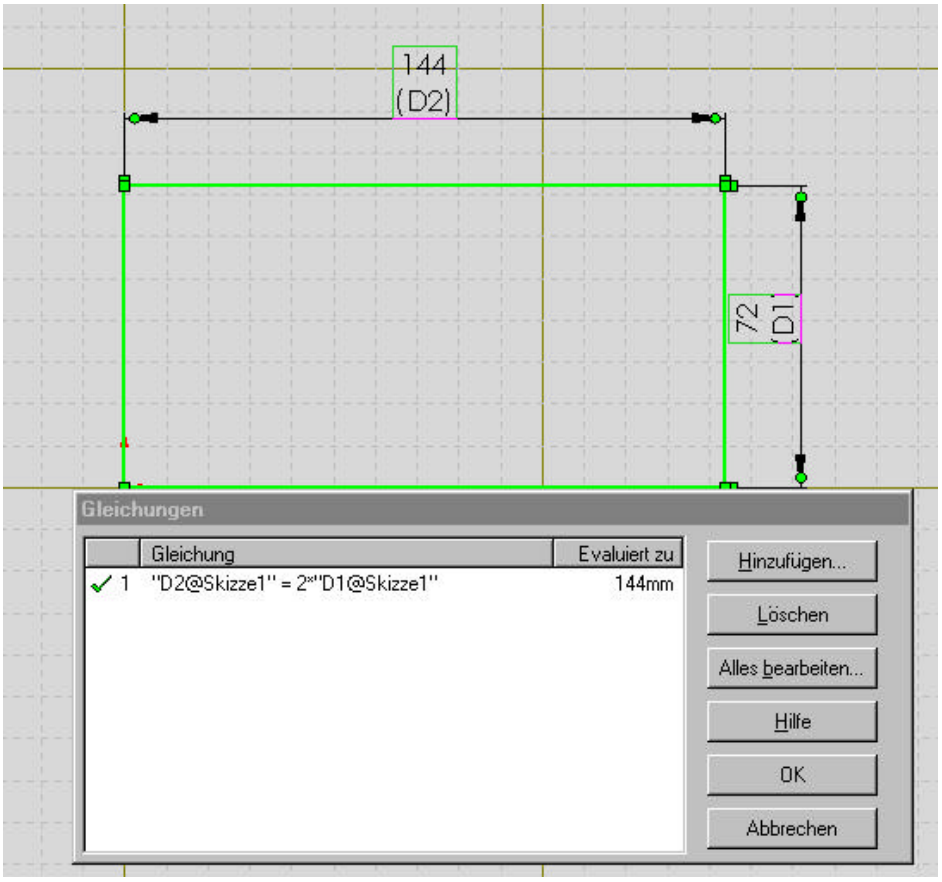


Abbildung 10 Maße in einer Skizze durch eine Gleichung verknüpft

Bauteile können im Rechner zu Baugruppen montiert werden. Mit der Festlegung der Freiheitsgrade zwischen den Bauteilen können starre oder bewegliche Verbindungen – Mechanismen – dargestellt werden. Bewegungssimulationen und Kollisionsprüfungen sind möglich. Von einem rechnerinternen Modell können verschiedene perspektivische Ansichten dargestellt werden. Mit der Wahl der Transparenz der Flächen oder Baugruppen können Elemente undurchsichtig oder teilweise durchsichtig dargestellt werden.

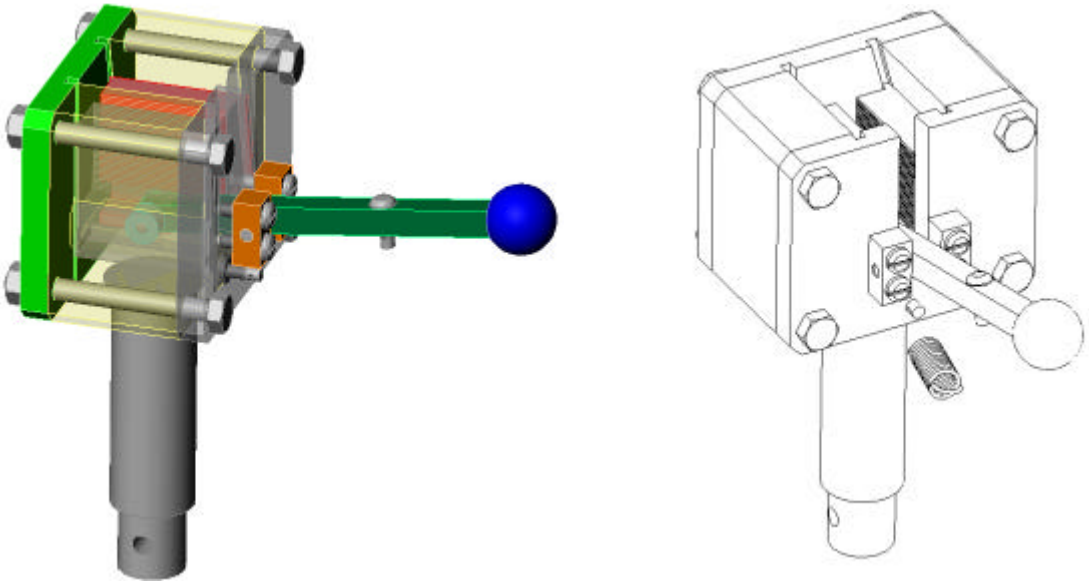


Abbildung 11 Spannvorrichtung
3D-Darstellung mit teilweise transparenten Teilen und als Strichzeichnung

In ein rechnerinternes Modell kann also mit Hilfe der Beziehungen eine Konstruktionsabsicht hinterlegt werden. Die Absicht könnte beispielsweise „ mach den Deckeldurchmesser immer zum Topfdurchmesser passend“.

3.1 Warum SolidWorks

Es ist nicht ohne weiteres zu begründen, welche Software die Beste ist. Hier kommt es zunächst auf das Anwendungsgebiet an. Wesentliche Entscheidungskriterien sind:

- ?? Die Anzahl der Teile in einer Baugruppe, etwa eine kleine Vorrichtung oder eine umfangreiche Maschine
- ?? Die Kompliziertheit der Teile, einfache Prismateile oder Gussteile mit vielen Formelementen, Verrundungen ...
- ?? Die Anzahl der Bearbeiter einer Konstruktion und der damit verbundene Datenaustausch; Einzelplatz oder gleichzeitiger Datenzugriff durch mehrere Konstrukteure
- ?? Die Anforderungen an den Datenaustausch mit anderen Programmen, z.B. Berechnungen mit FEM
- ?? Das Betriebssystem und der Wartungsaufwand; Windows oder Unix ...

SolidWorks ist eine Software, die unter Windows 95, Windows 98, Windows NT und Windows 2000 läuft. Diese Software kann also auf jedem Pentium-PC ab 64 MB RAM verwendet werden. An die Grafikkarten werden keine besonderen Anforderungen gestellt.
Mit SolidWorks werden alle Anforderungen an die moderne Ausbildung von Maschinenbauern erfüllt. Der Administrative Aufwand zur Wartung dieser Software ist auf einem PC nicht schwieriger, als für andere Software.
SolidWorks ist schnell erlernbar und gestattet die Anfertigung von technischen Zeichnungen nach der DIN. Bilder für Präsentationen und Animationen können aus einer Konstruktion abgeleitet werden.
Weitere Softwarepakete für FEM-Berechnungen, die Programmierung von NC-Maschinen usw. sind lieferbar.
Eine Studentenversion von SolidWorks kann erworben werden, siehe
http://www.comsol-online.com/sw/solidworks_d.htm oder http://www.solidline.de .

3.2 Was ist SolidWorks?

SolidWorks ist eine feature-gestützte parametrische Software zur Volumenmodellierung. *Feature* sind charakteristische Formelemente eines Bauteiles, beispielsweise Bohrungen, Nuten oder Absätze.

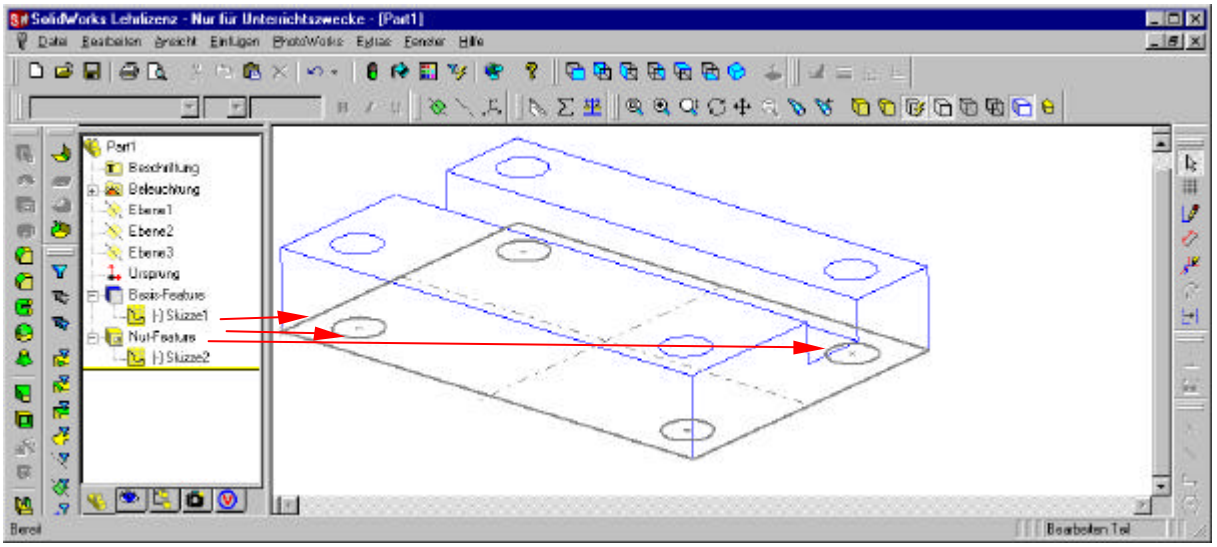


Abbildung 12 Features in SolidWorks
Skizzen-Feature; Angewandte Features

In der Abbildung wird das Basis-Feature aus einer Skizze des Grundkörpers mit Bohrungen gebildet.
Ein Angewandtes Feature ist die Nut, die direkt auf der Seitenfläche des Teiles erstellt wurde.
Parameter in einer Zeichnung sind veränderliche Maße in einer Skizze. Mit Hilfe der steuernden Bemassung kann beispielsweise die Länge eines Teiles verändert werden. Beziehungen zwischen den geometrischen Elementen[1] einer Skizze - das können u.a. rechte Winkel, Parallelitäten oder Tangentialitäten sein – erhalten die Konstruktionsabsicht.

CAD-Software kann verschiedene Modelle verwenden. Anfangs wurden wenig komfortable Drahtmodelle, später Flächen, Volumen oder Hybridmodelle verwendet.

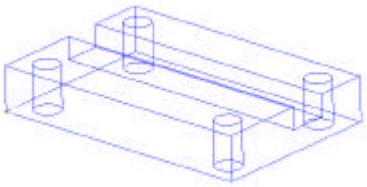


Abbildung 13 Drahtmodell

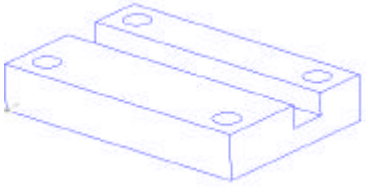


Abbildung 14 Flächenmodell

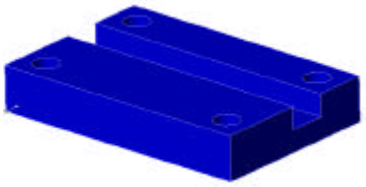
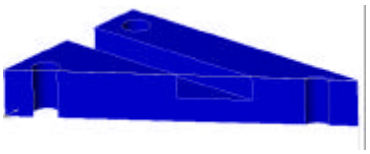


Abbildung 15 Volumenmodell, schattiert

Drahtmodelle können weder Körperkanten verdecken noch schattieren.
Bei Flächenmodellen können verdeckte Körperkanten ausgeblendet oder gestrichelt dargestellt werden.

[1] Beziehungen werden auch als Zwangsbedingungen bezeichnet.



Aus Volumenmodellen können Schittansichten erzeugt werden.

Abbildung 16 Schnittansicht eines Volumenmodells

Wesentlich ist, dass rechnerinterne Modelle in allen Darstellungen – als Einzeilteil, technische Zeichnung und als Baugruppe auf die gleiche Datenbasis zurückgreifen. Änderungen im Modell werden dann in allen abgeleiteten Darstellungen - technischen Zeichnungen mit verschiedenen Ansichten, Einzelheiten und Schnittdarstellungen - automatisch durchgeführt.

3.3 Konstruieren mit CAD-Software;

- ?? Datei- rechnerinternes Modell, Dokumentation, Werkstück,
- ?? Archivierung der Dokumente, Bedeutung der Stückliste
- ?? Was muß man können, um ein Erzeugnis zu konstruieren?

4 Grundlagen von SolidWorks

4.1 Zugang zu SolidWorks im PC-Pool

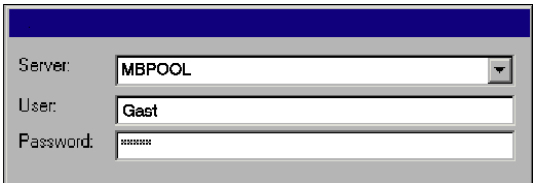
SolidWorks steht mit 16 Lizenzen im Raum 19/219 zur Verfügung. Weiterhin sind für die Vertiefungsrichtung Konstruktion im CAD-Labor Raum 19/217 weitere 10 Arbeitsplätze vorhanden.
Grundsätzlich besteht ständig die Möglichkeit im PC-Pool 2 mit SolidWorks zu arbeiten:
Der Nutzer startet SolidWorks mit einem Doppelklick auf die Verknüpfung zu SolidWorks auf dem Desktop. Das Arbeitsverzeichnis von SolidWorks sollte das jeweilige Homelaufwerk des Nutzers sein Dieser Bereich der Netzwerkfestplatte ist nur dem jeweiligen Nutzer und den Systemadministratoren zugänglich.

Hinweise:
Die PC's sind so eingerichtet, dass *nach jedem Einschalten der Rechner* alle neu angelegten Dateien *gelöscht* werden! Das heißt, es werden sämtliche Dateien, die Sie auf dem Laufwerk C:\ evtl. gesichert haben, gelöscht!
Sichern Sie also ihre Arbeiten auf Ihrem Homelaufwerk M:\ oder auf Disketten.
Vermeiden Sie bei Dateinamen für SolidWorks Dateien nach Möglichkeit Umlaute!

4.2 Die Anmeldung am Rechner und der Programmstart

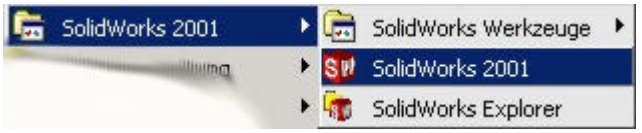
Nach dem **Einschalten** des Rechners wird Ihnen ein Dialogfeld für das Login am Rechner angezeigt.

Login – Beispiel
(Ein Passwort wird nicht im Klartext dargestellt!)



Dieses Login stellt Ihnen (soweit Sie sich bei den Systemadministratoren angemeldet haben) ein Netzlaufwerk M:\ mit 200 MB Kapazität zur Verfügung um Daten abzulegen. Das sollten sie auch tun (siehe Hinweise)! Das Passwort schützt Ihre Einstellungen und Ihre Dateien.

Wichtige Belege, in die Sie häufig viel Zeit investieren mussten, können nicht zufällig von Außenstehenden gelöscht werden.
Der Programmstart erfolgt über einen Doppelklick auf das SolidWorks Icon, dass auf dem Desktop abgelegt ist, oder über das Menü Start => Programme =>SolidWorks .



- ?? Die Oberfläche von SolidWorks; Fenster, Symbolleisten, Menü's
- ?? Betrachten eines Teiles in verschiedenen Ansichten, drehen, zoomen, schieben mit der Maus, der Tastatur, dem Spaceball
- ?? Verwenden von Mehrfachansichten
  Übung 40-Minuten-Schnellstart, Siehe Anleitung ab 3-1
- ?? Erstellung eines Basis-Features
- ?? Hinzufügen eines Aufsatz-Features
- ?? Hinzufügen eines Schnitt-Features
- ?? Modifizieren von Features (Hinzufügen von Verrundungen, Ändern von Bemaßungen)
- ?? Anzeigen einer Schnittansicht eines Teils

4.3 Hilfen zu SolidWorks

1. Hompage des Fachbereiches unter http://www.mb.fh-stralsund.de/.
2. Hilfen in SolidWorks

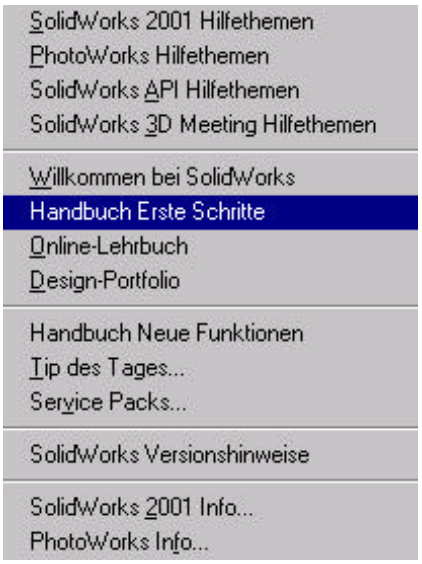


Abbildung 17 Onlinehilfen in SolidWorks

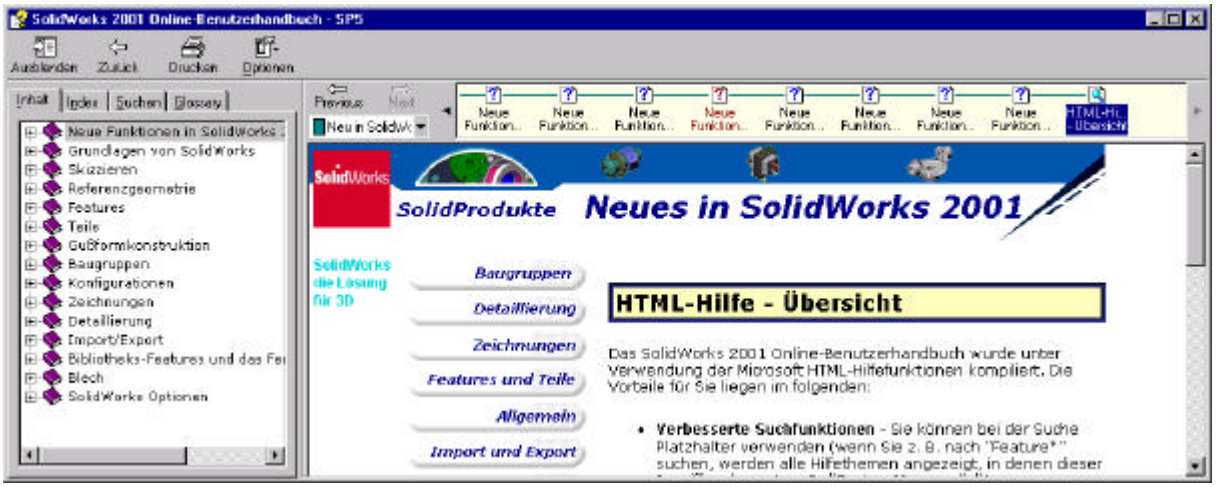


Abbildung 18 SolidWorks 2001 Hilfethemen, Benutzerhandbücher

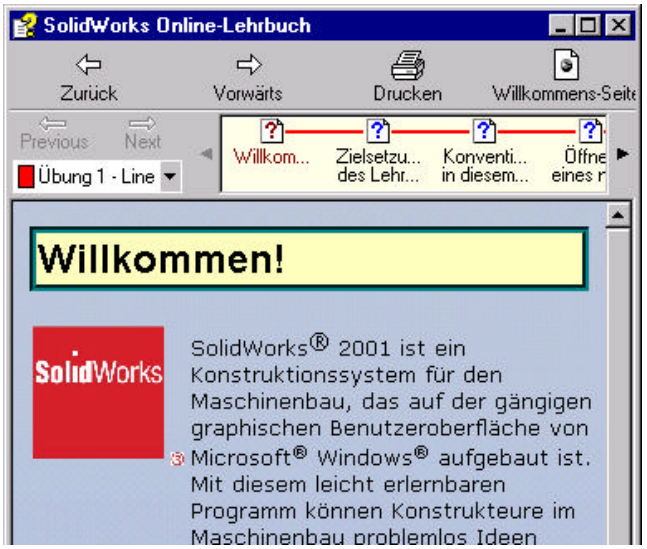


Abbildung 19 SolidWorks Online-Lehrbuch

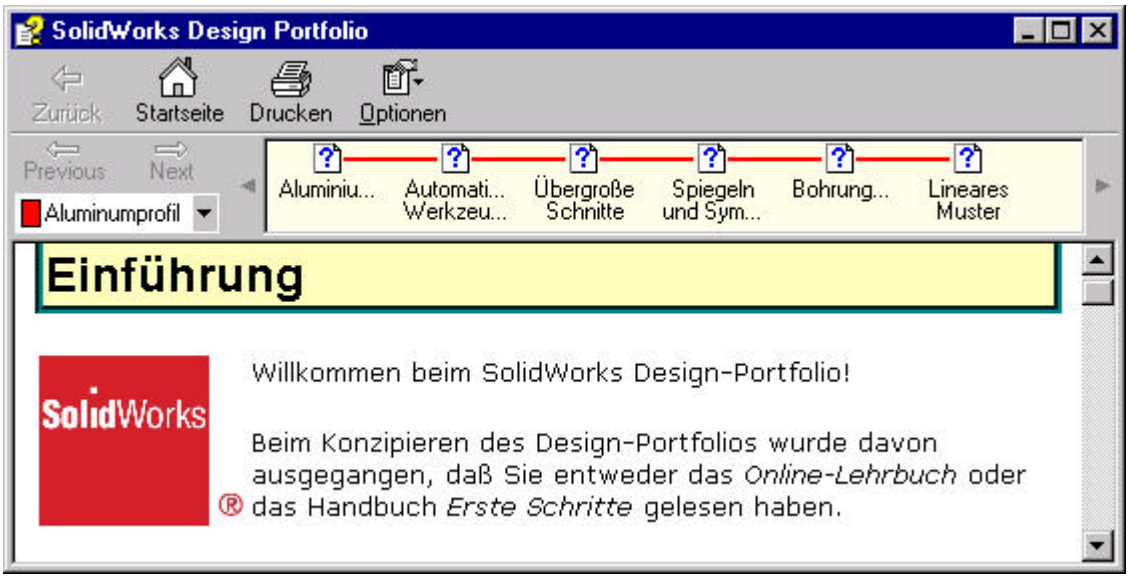


Abbildung 20 Design Portofolio

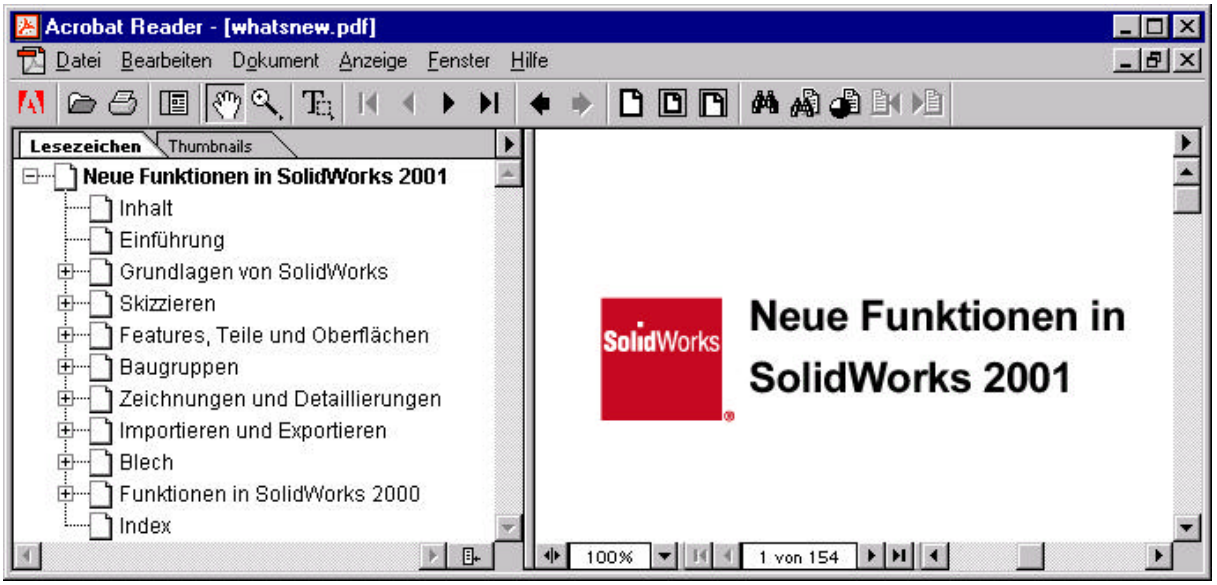


Abbildung 21 Handbuch Neue Funktionen

3. Hilfen im Internet
4. Literatur

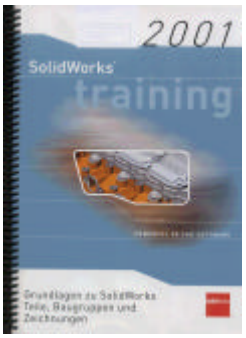


Abbildung 22 SolidWorks Trainingshandbücher

4.4 Grundeinstellungen von SolidWorks

Optionen von SolidWorks 2000
Mit Hilfe der Optionen von SolidWorks können bestimmte Eigenschaften eingestellt werden, die bei der Konstruktion immer wieder verwendet werden sollen.

Die Struktur des SolidWorks 2000 Optionen Dialogfeldes betont den Unterschied zwischen Systemoptionen und Dokumenteigenschaften.
Das Dialogfeld Optionen besteht aus zwei Registerkarten:

Systemoptionen - Die Systemoptionen werden im Register abgelegt und sind nicht Teil des Dokuments. Aus diesem Grund beeinflussen diese Änderungen alle Dokumente, die aktuellen und zukünftigen.

Dokumenteigenschaften - Die Dokumenteigenschaften gelten nur für das aktuelle Dokument, und die Registerkarte Dokumenteigenschaften ist nur verfügbar, wenn ein Dokument geöffnet ist. Neue Dokumente erhalten ihre Dokumenteinstellungen (wie Gitter, Kantenanzeige, Einheiten etc.) von den Dokumenteigenschaften der Vorlage, die bei der Erstellung des Dokuments verwendet wird. Sie können die Registerkarte Dokumenteigenschaften verwenden, wenn Sie die Dokumentvorlagen erstellen. Siehe auch Dokumentvorlagen.

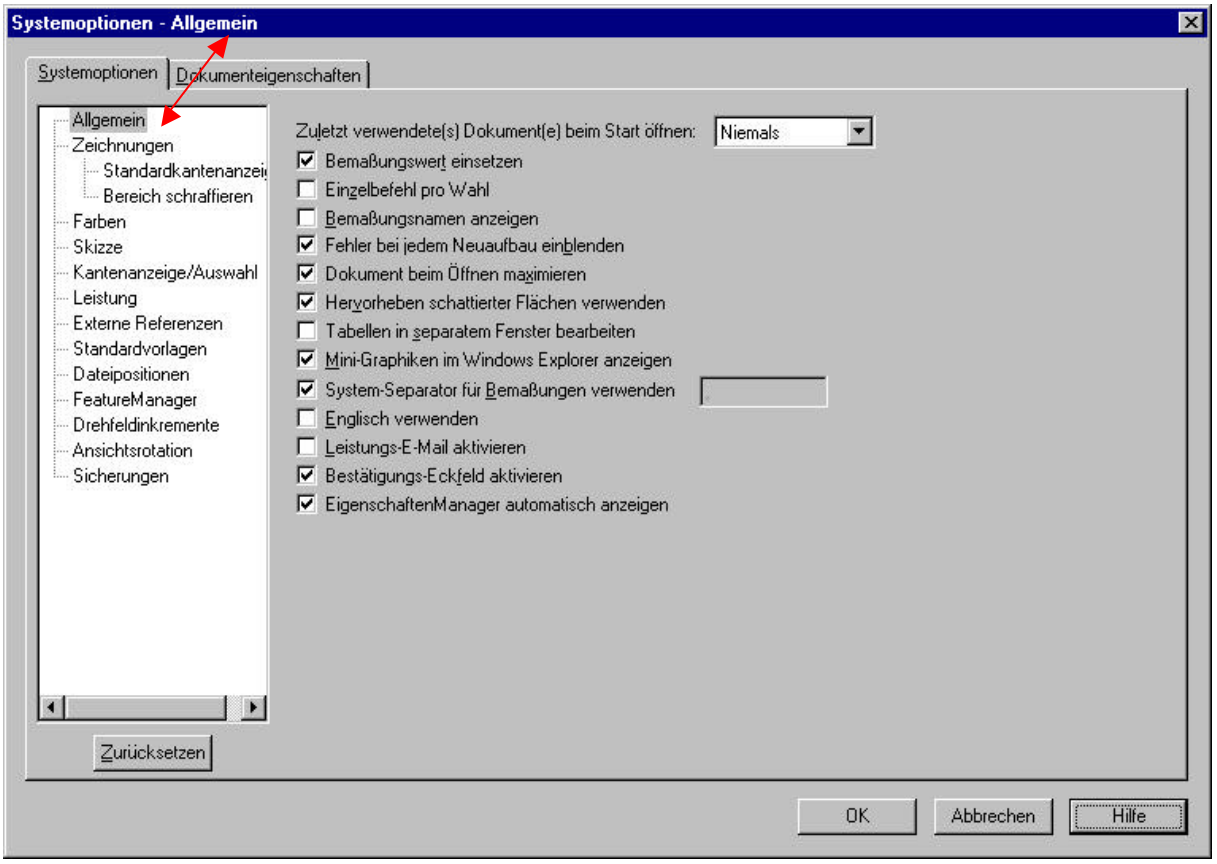


Abbildung 23 Systemoptionen - Allgemein

Die Optionen, die auf den einzelnen Registerkarten aufgelistet sind, werden in einer Struktur auf der linken Seite des Dialogfeldes angezeigt. Wenn Sie auf ein Element in der Struktur klicken, werden die Optionen für das Element auf der rechten Seite des Dialogfeldes eingeblendet. Die Titelzeile zeigt den Titel der Registerkarte und der Optionenseite an.

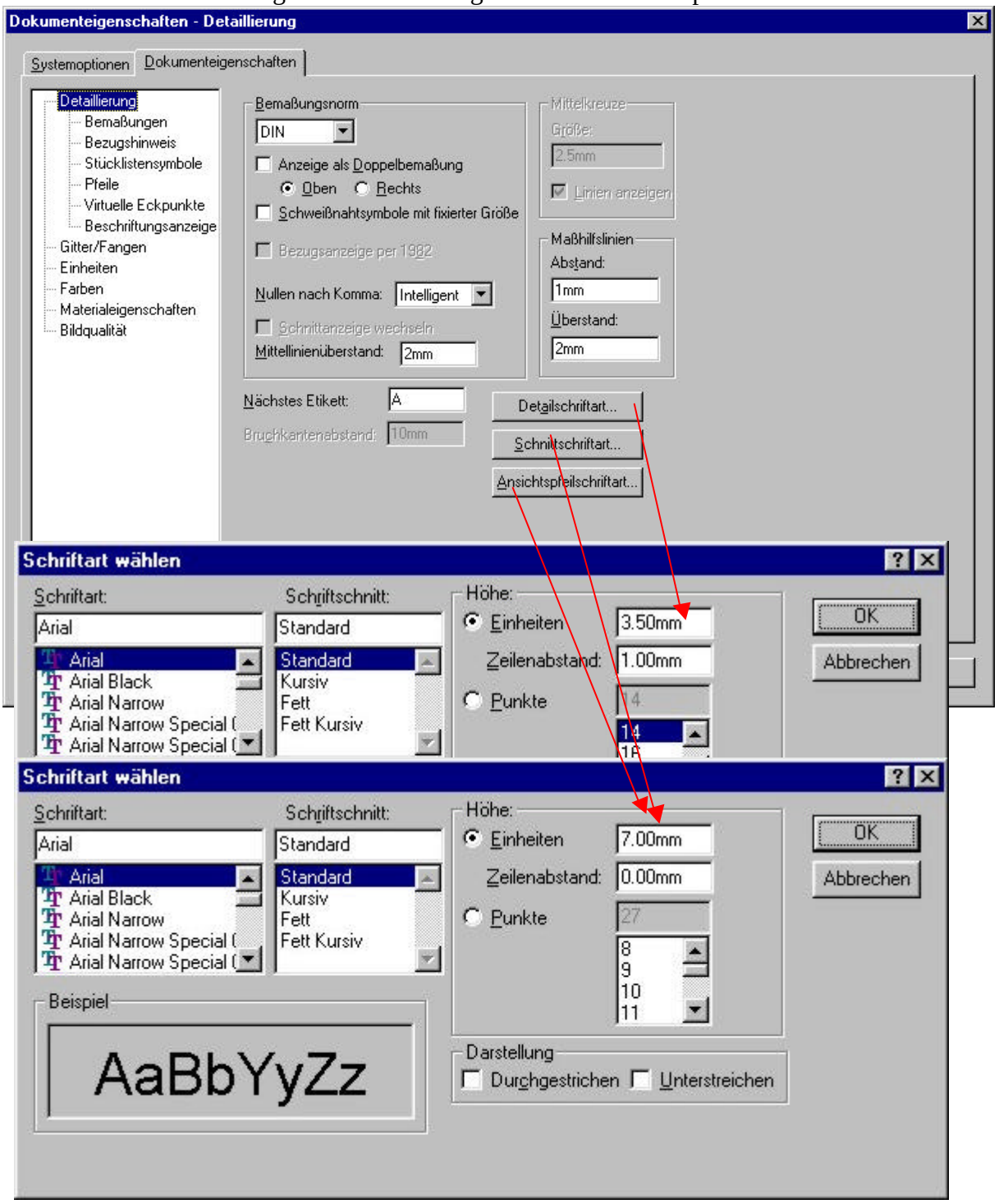


Abbildung 23 Dokumenteneigenschaften - Detaillierung

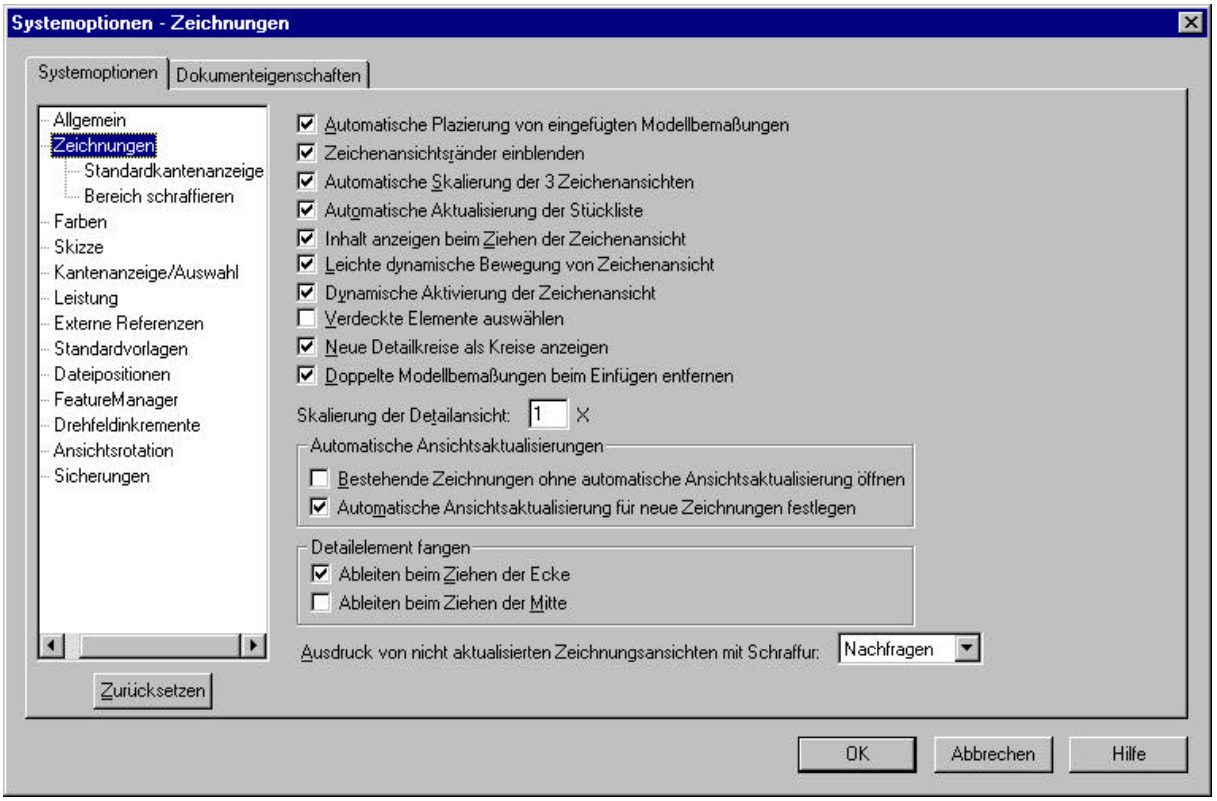


Abbildung 24 Systemoptionen Zeichnungen

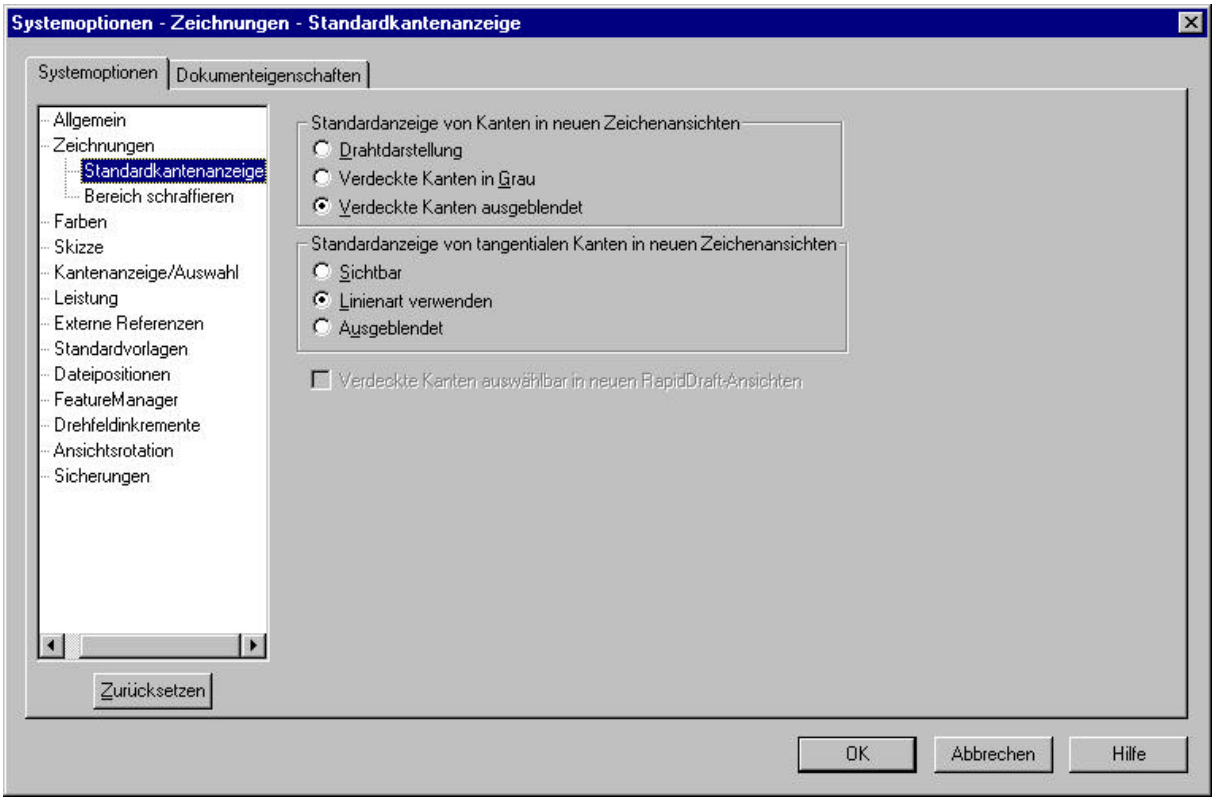


Abbildung 25 Systemoptionen Zeichnungen - Standardkantenanzeige

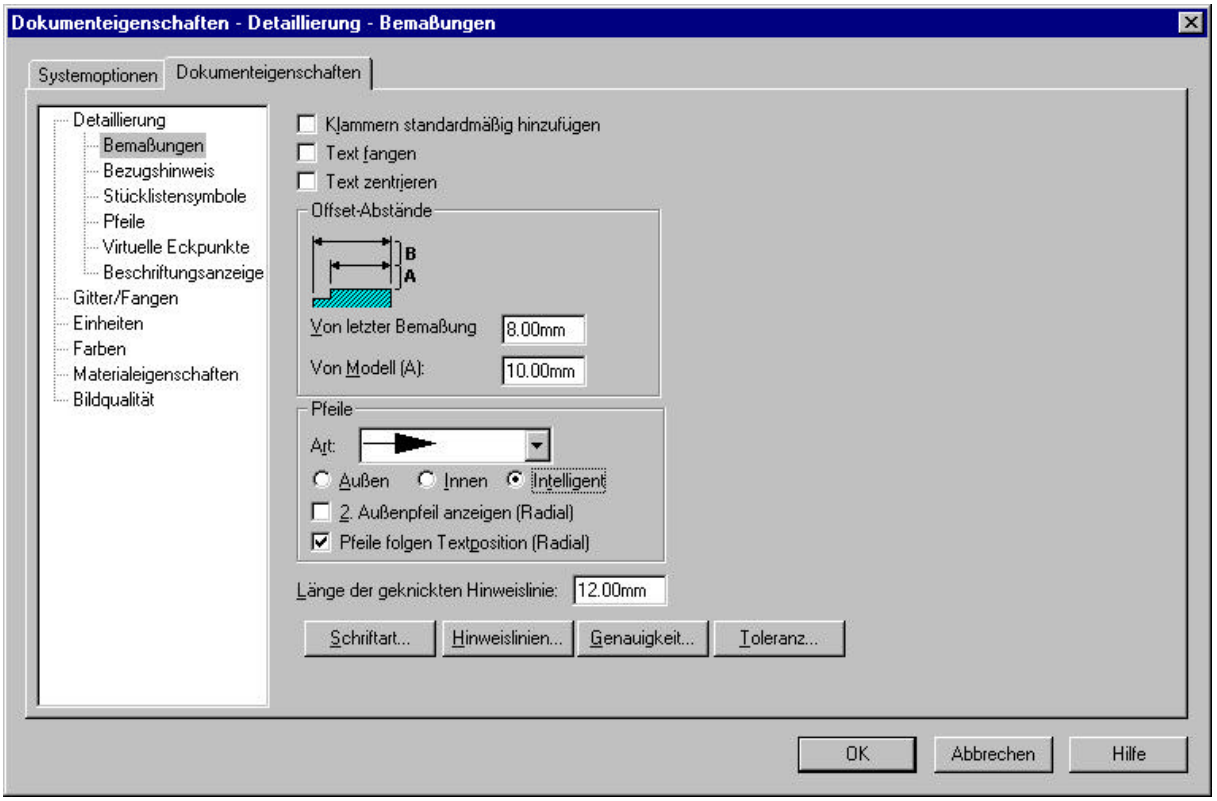


Abbildung 26 Dokumenteneigenschaften - Detaillierung - Bemaßung

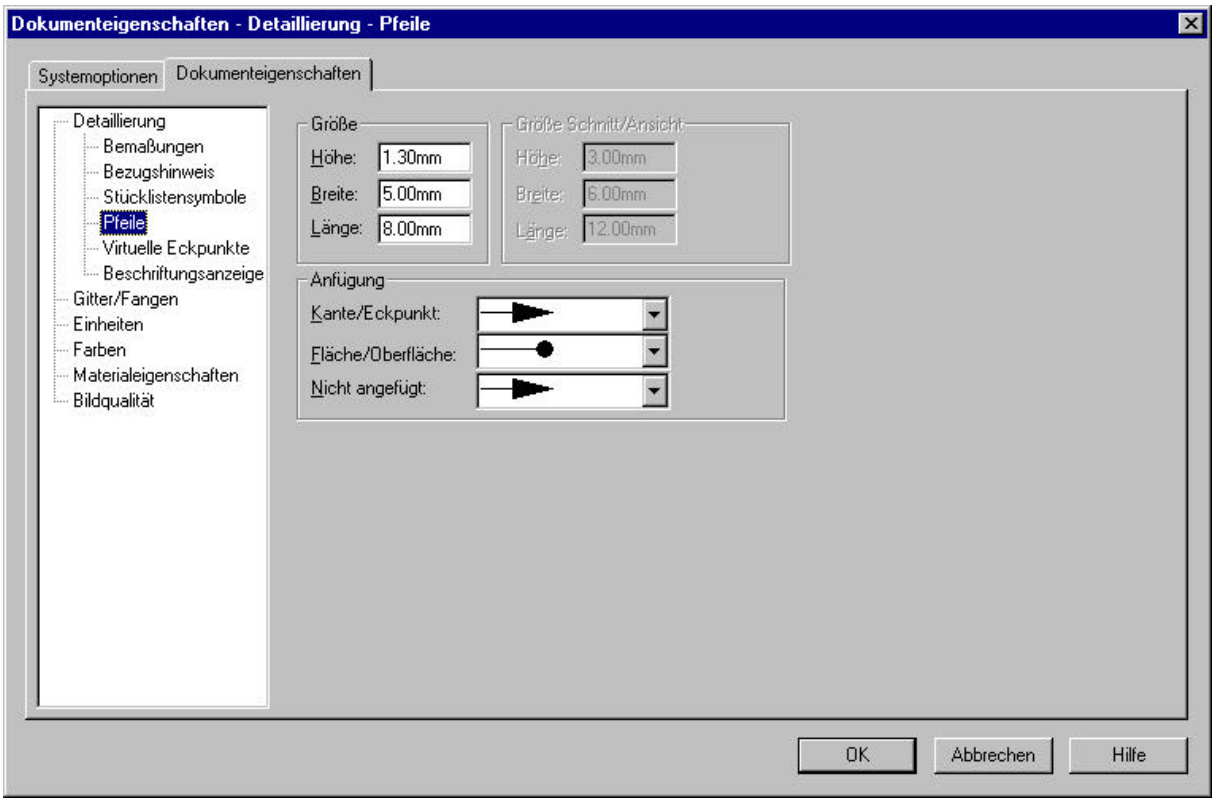


Abbildung 27 Dokumenteneigenschaften - Detaillierung-Pfeile

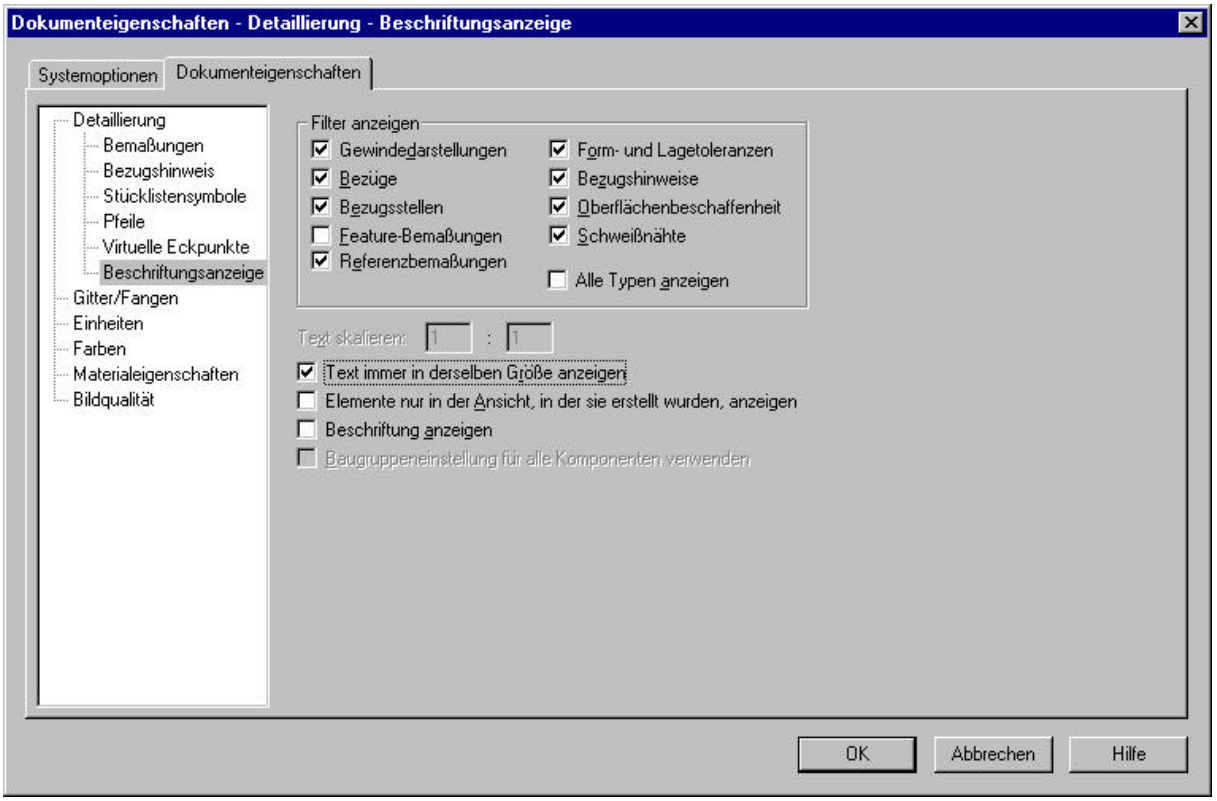


Abbildung 28 Dokumenteneigenschaften - Detaillierung- Beschriftungsanzeige

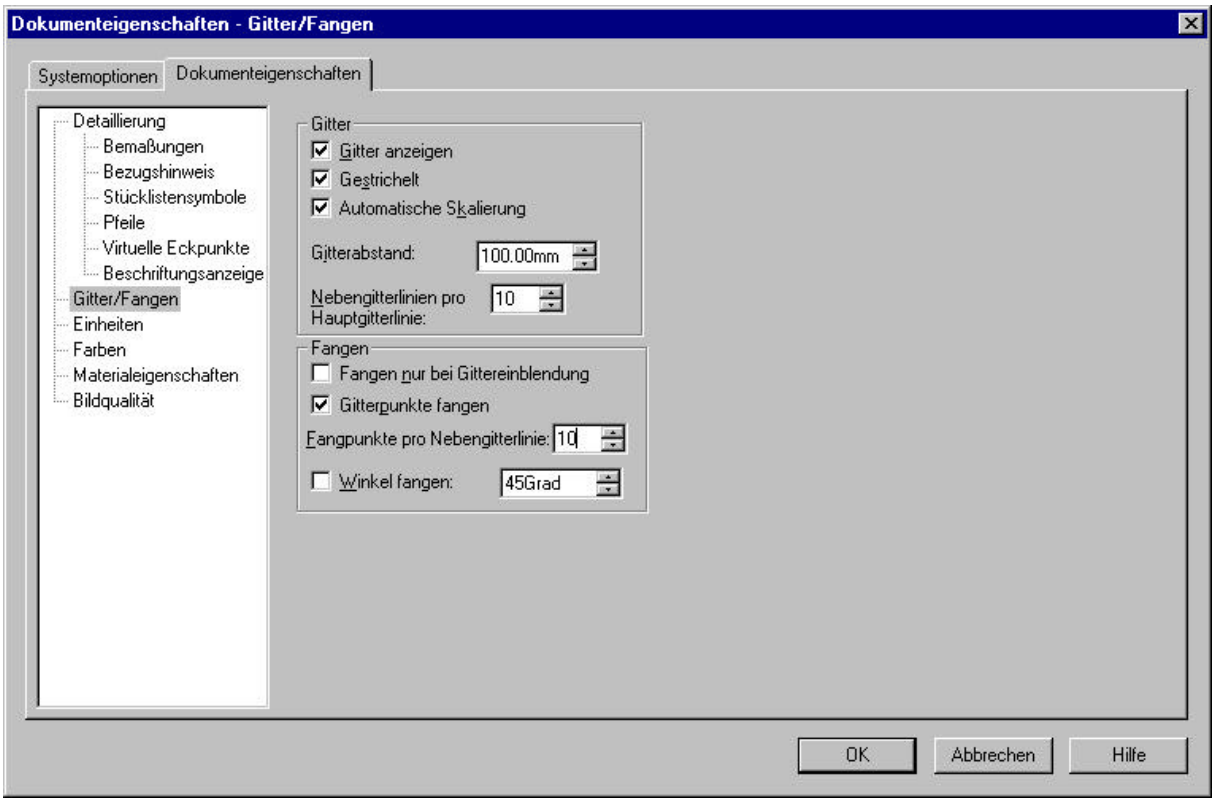


Abbildung 29 Dokumenteneigenschaften - Gitter/Fangen

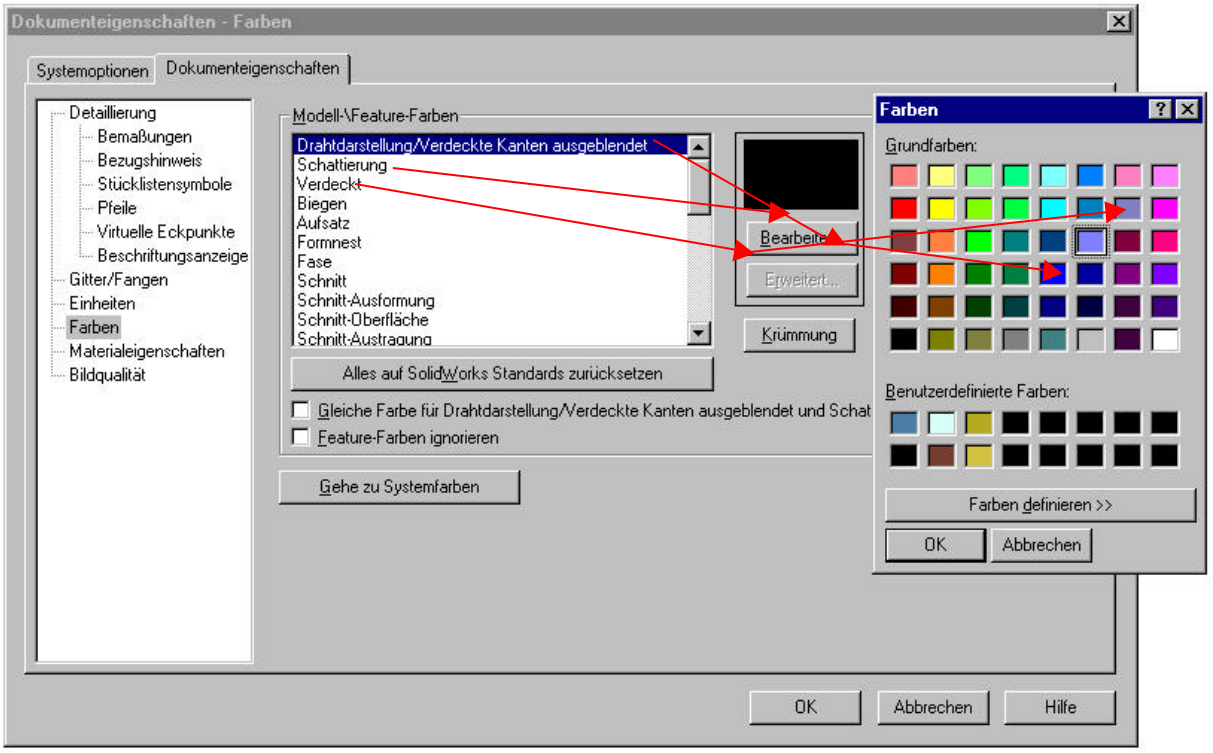


Abbildung 30 Dokumenteneigenschaften - Farben

Speichern Sie die Änderungen in einer Vorlage.

Klicken Sie auf Datei, Speichern unter.

Wählen Sie in der Liste Dateityp ein Vorlagentyp aus:

- Teilvorlagen - (*.prtdot)
- Zeichenvorlagen - (*.drwdot)
- Baugruppenvorlagen - (*.asmdot)

Geben Sie einen Namen – DIN-Vorlage - in das Feld Dateinamen ein. Die Erweiterung wird automatisch hinzugefügt.

Suchen Sie nach dem Ordner, in dem Sie die Vorlage speichern möchten (standardmäßig auf M:\Eigene Vorlagen; NICHT auf C:* !!), und klicken Sie anschließend auf Speichern.

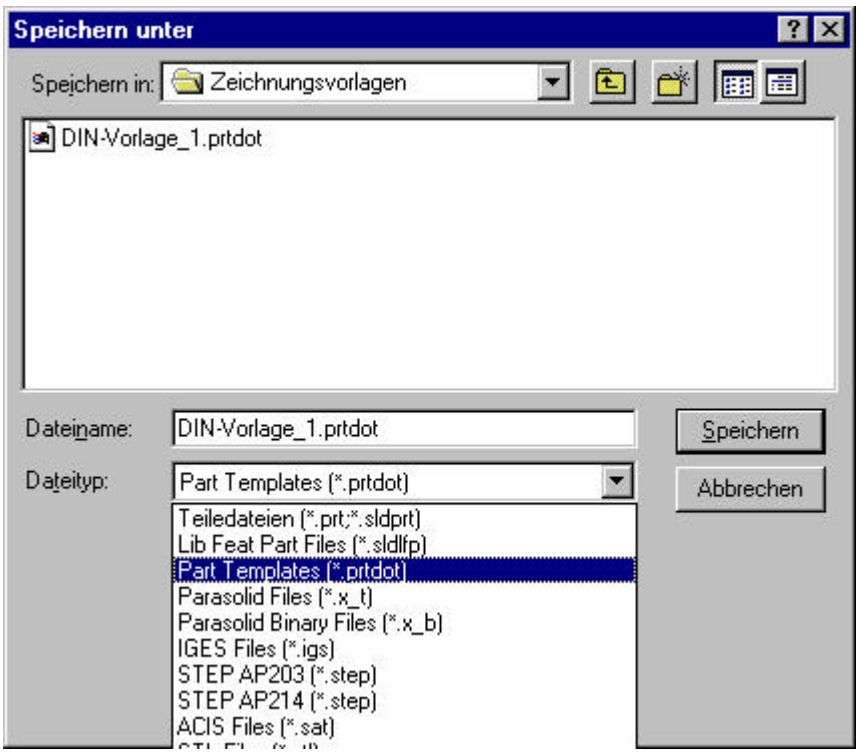


Abbildung 31 Zeichnungsvorlagen Speichern

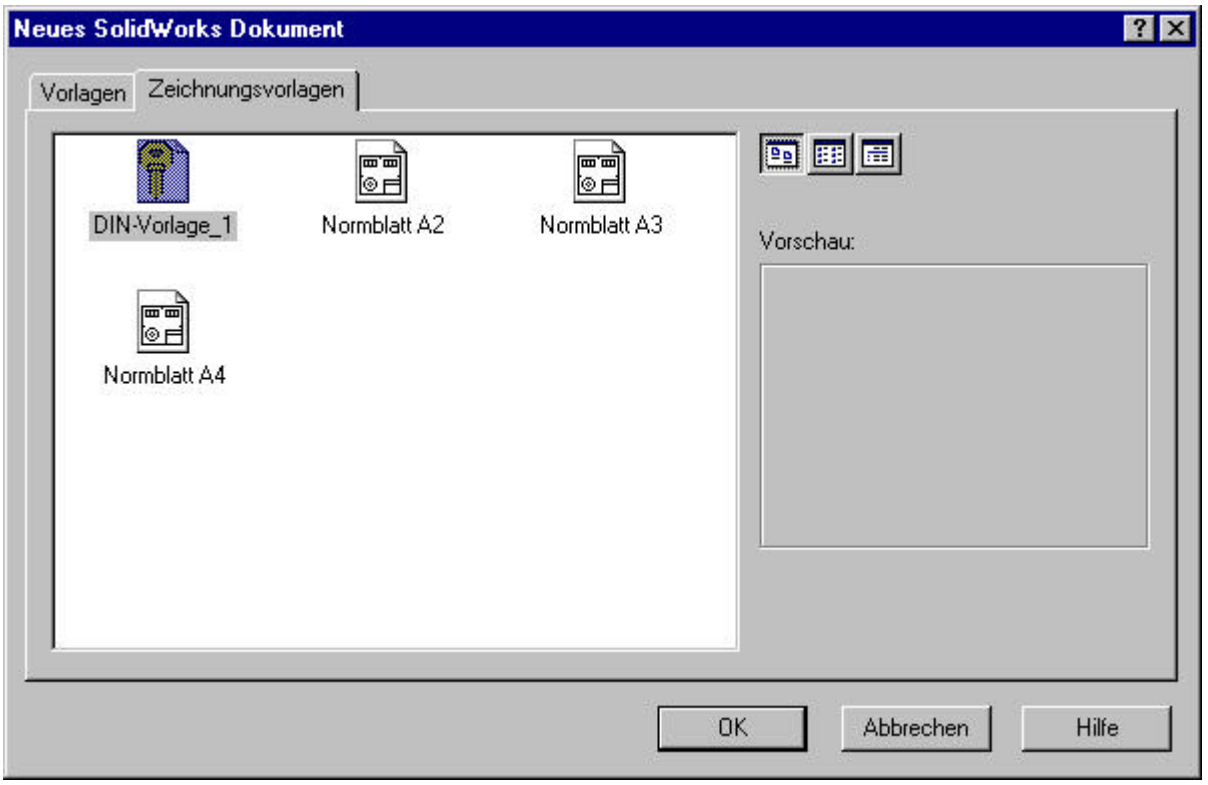


Abbildung 32 Vorlagen aufrufen

Die neue Vorlage ist nun eingefügt und kann mit den Voreinstellungen aufgerufen werden.

Erstellen einer neuen Registerkarte „Erste Schritte“ , Seite 2-11

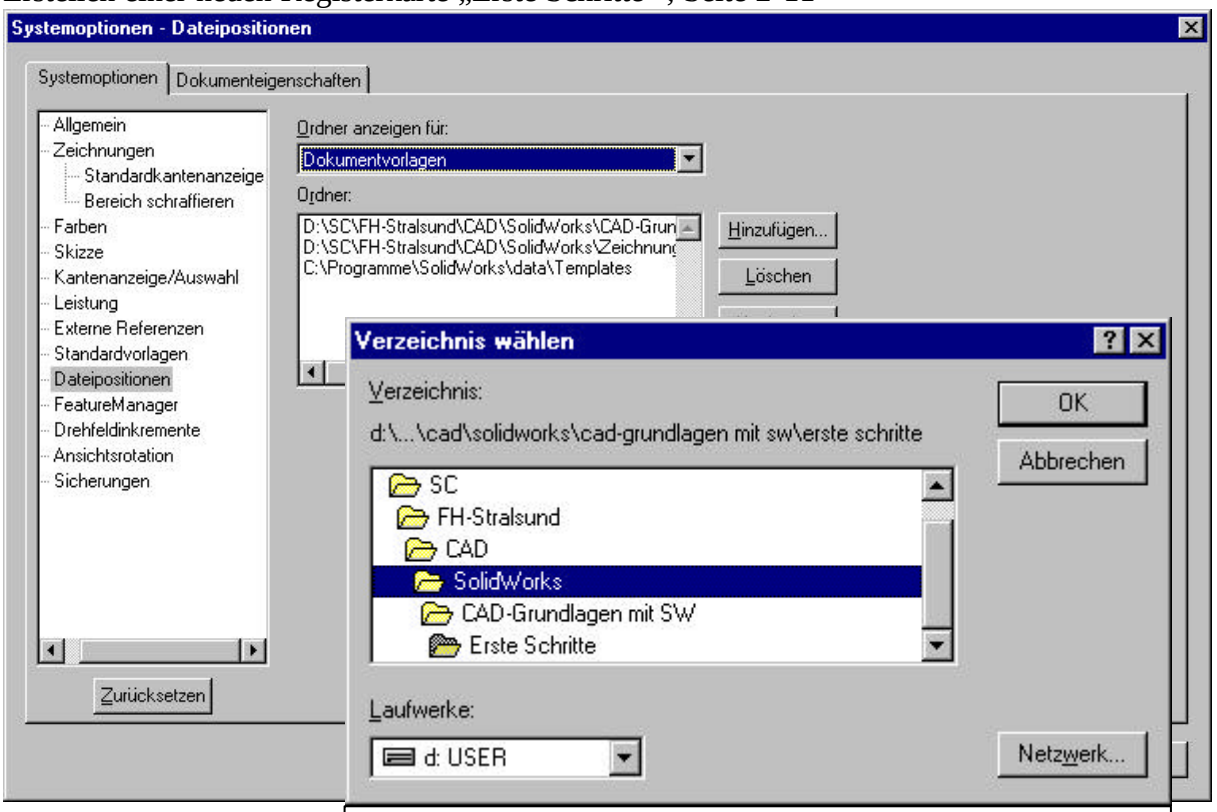


Abbildung 33 Pfad für Dokumentenvorlagen einstellen

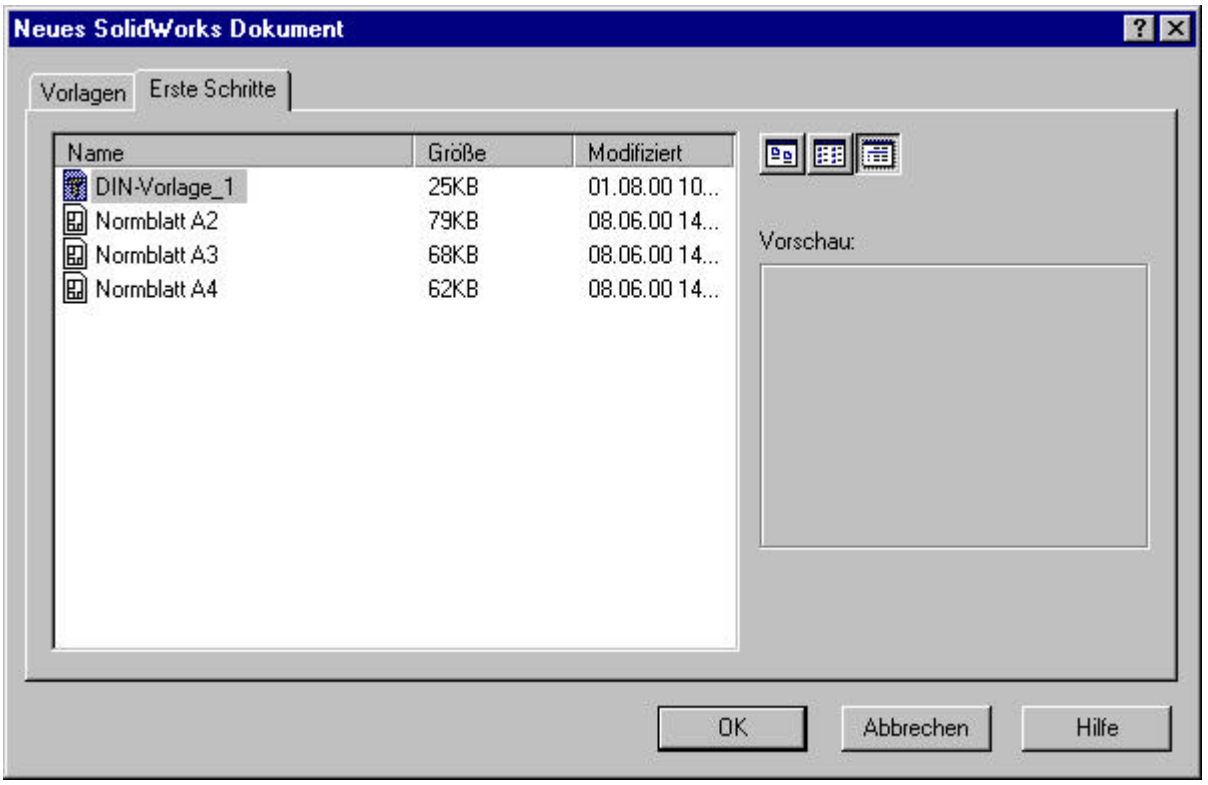


Abbildung 34 Neue Registerkarte für Vorlagen

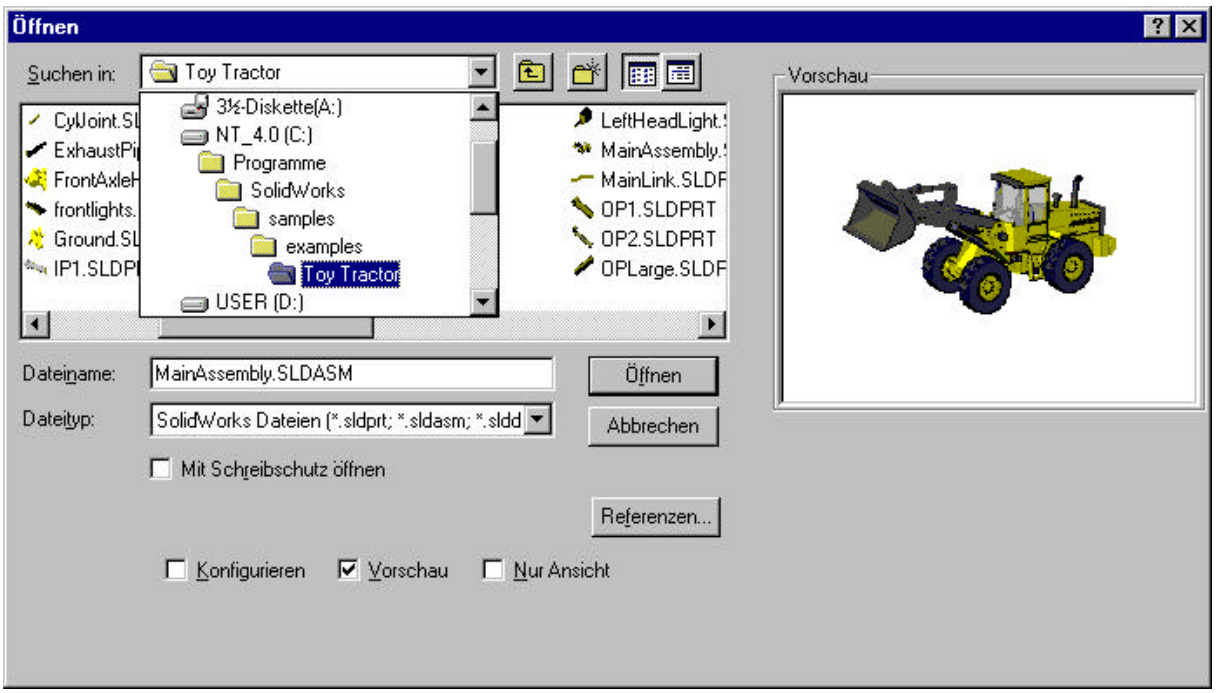


Abbildung 35 Öffnen einer Datei und Pfad zu Beispielen

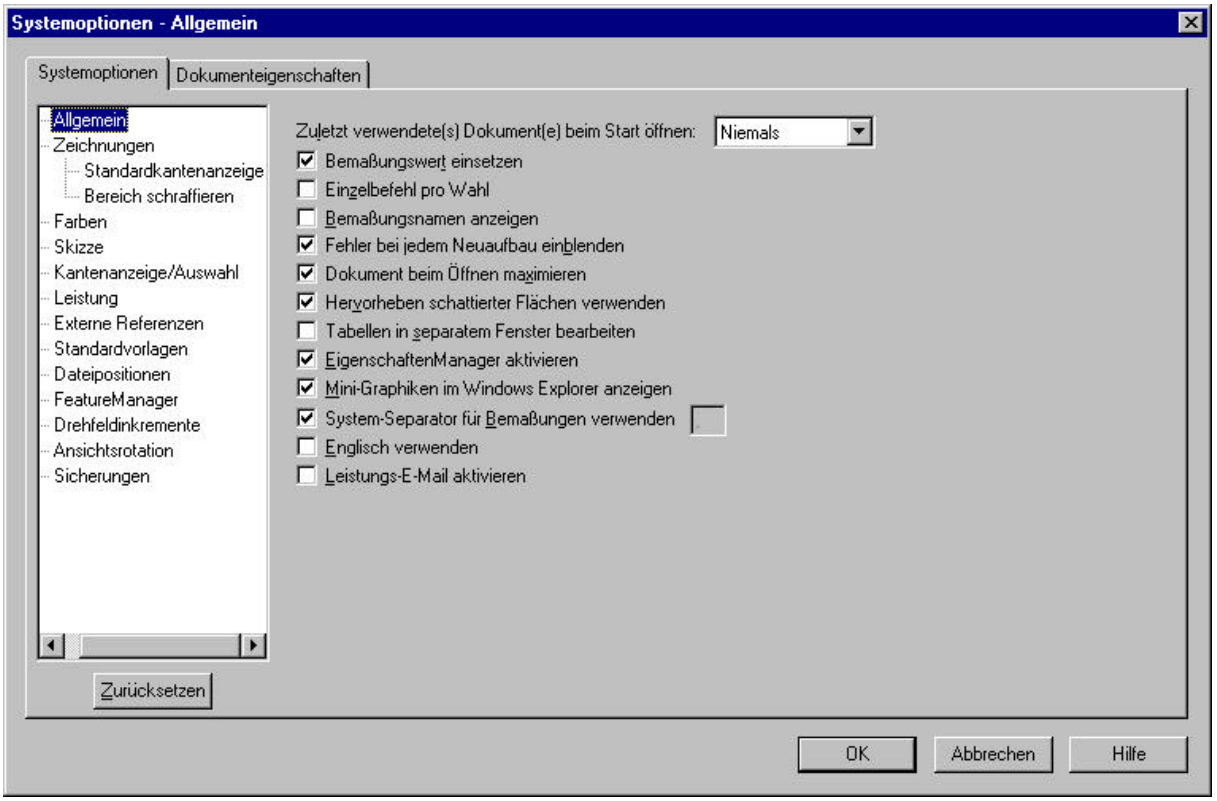


Abbildung 36 Grundeinstellungen Systemoptionen - Allgemein

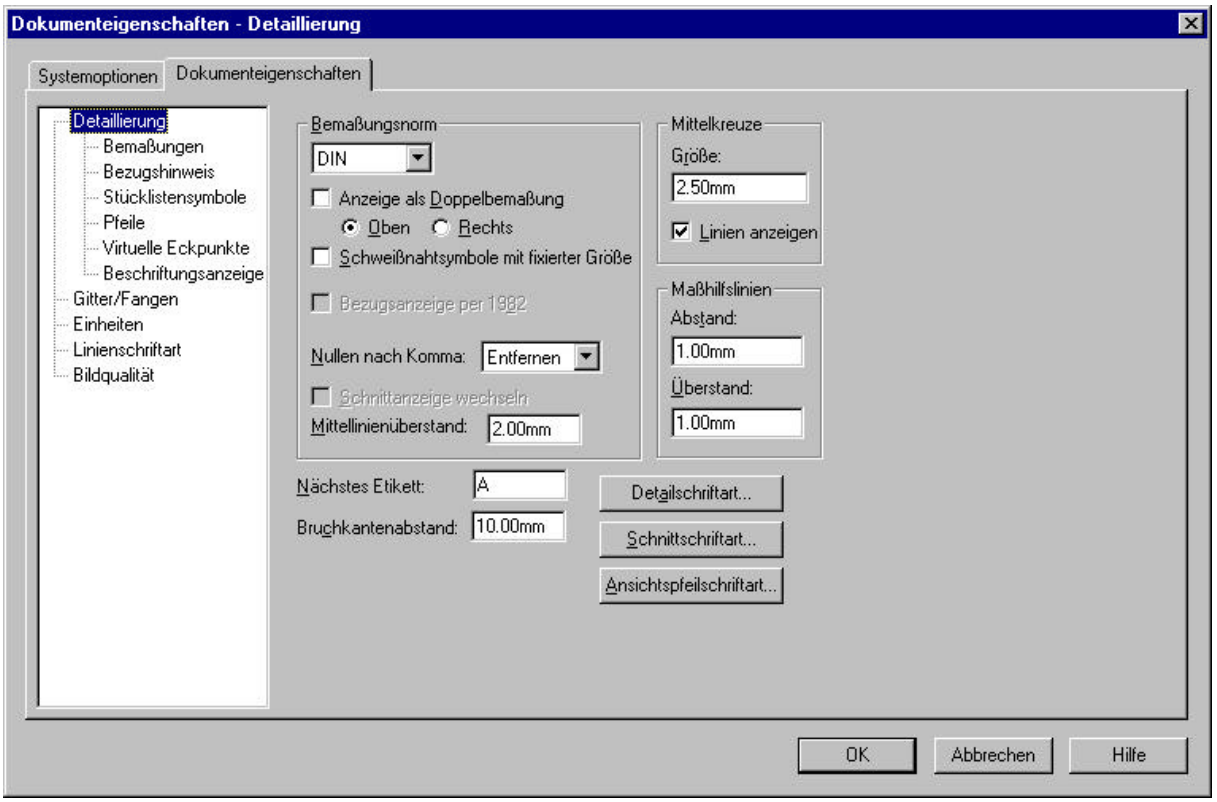


Abbildung 37 Zeichnen : Nullen nach dem Komma entfernen

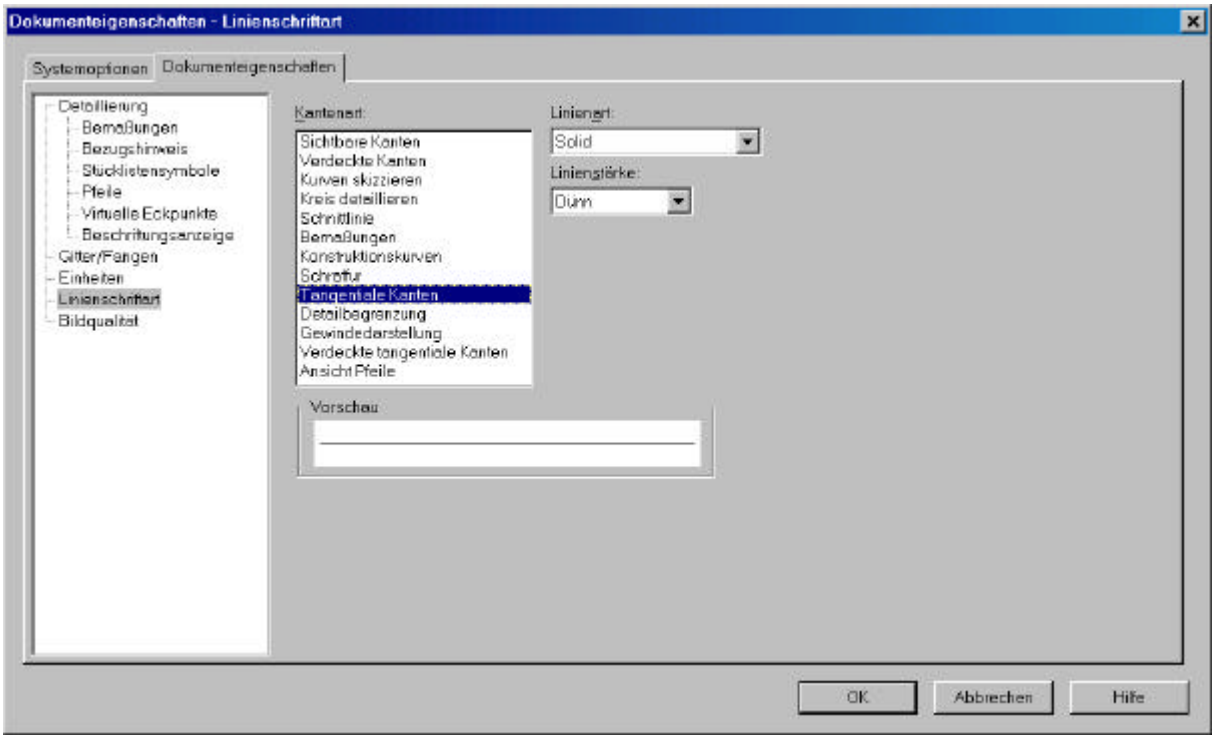


Abbildung 38 Einstellung tangentialer Kanten als Lichtkante

Einrichten der Liniendicke.

1. Beachte Systemeinstellung Abb.19 Linienart verwenden
2. Abbildung 39 Einstellung tangentialer Kanten als Lichtkante usw.
3. Einstellung der Liniendicke unter Datei/Seite einrichten/ Seiteneinrichtung für die Liniengruppe 0,5

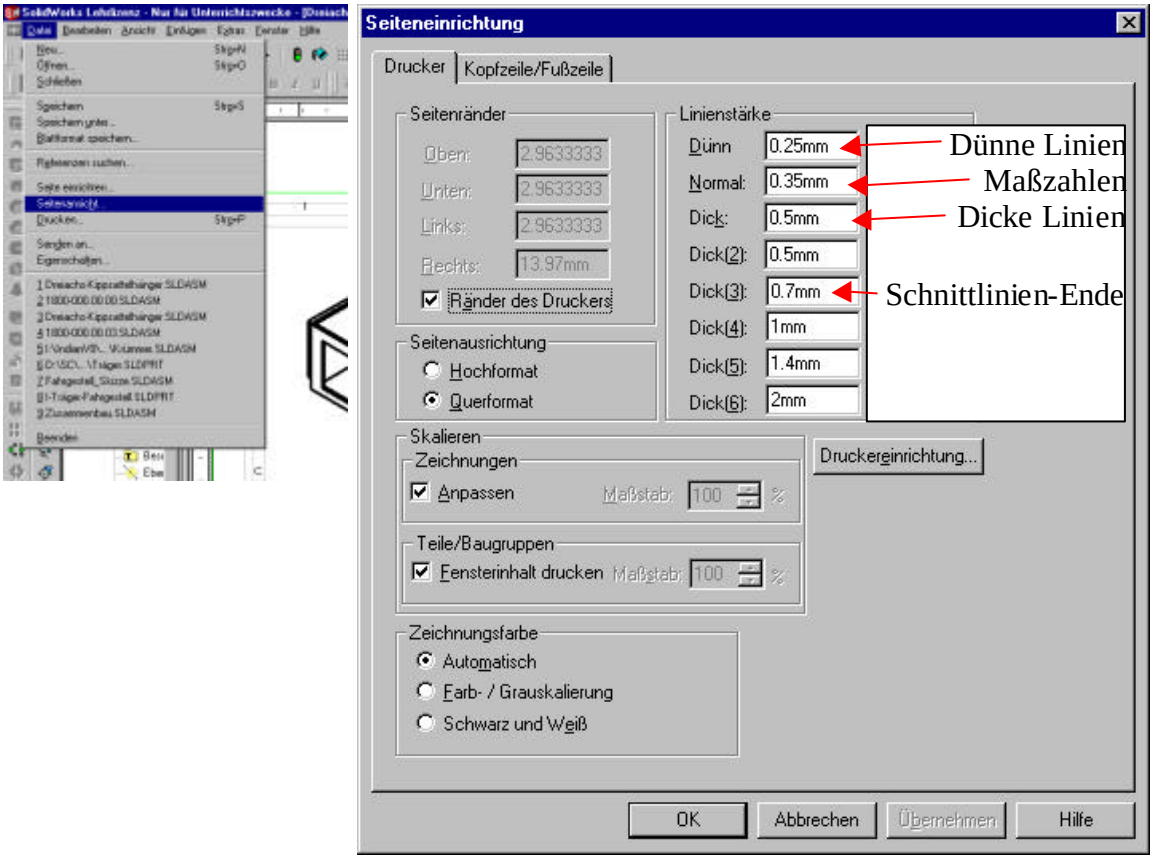


Abbildung 39 Einstellung der Liniendicke

4.4.1 Verwenden von Konfigurationen

Konfigurationen können vorteilhaft bei ähnlichen Teilen verwendet werden. Beispielsweise bei Schweißteilen in rechter und linker Ausführung. Dazu das nachfolgende Beispiel:

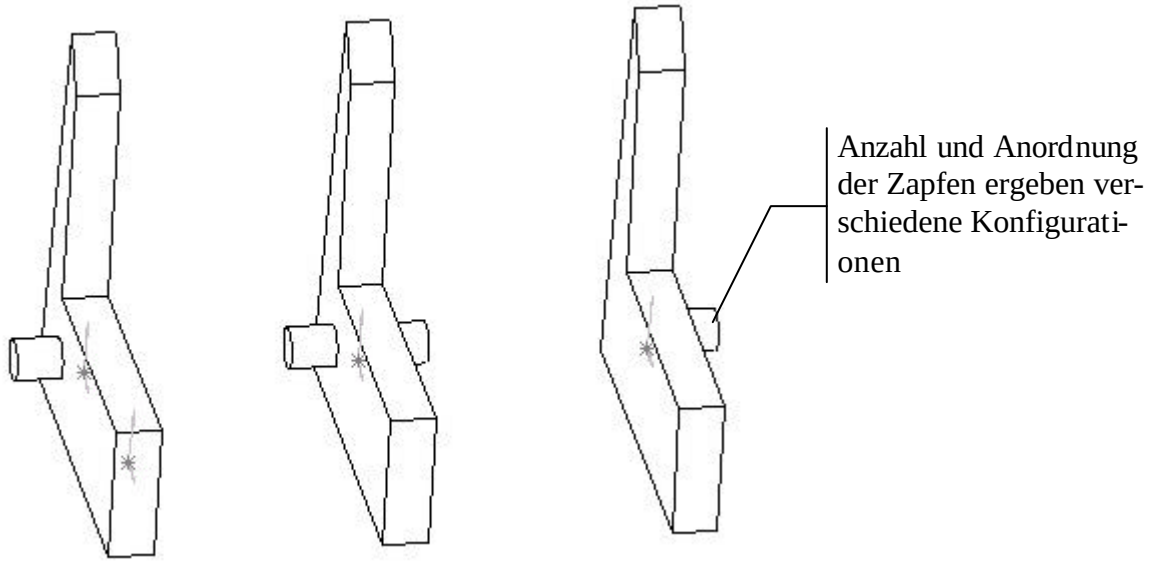
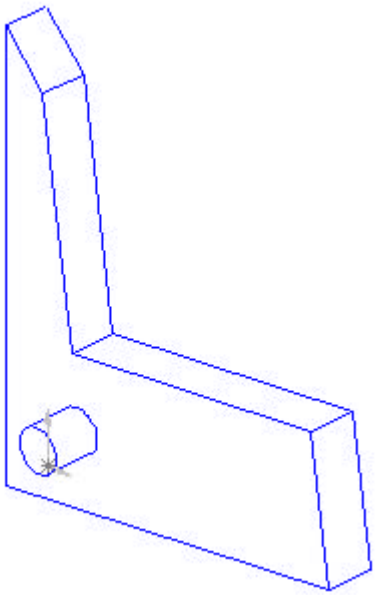


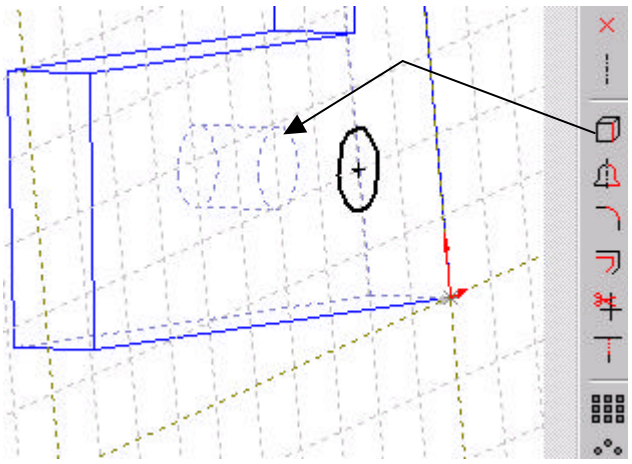
Abbildung 40 Schweißteil in verschiedenen Konfigurationen

Mit der nachfolgenden Anleitung wird gezeigt, wie Konfigurationen erzeugt werden können.

1. Zeichen Sie ein Teil ähnlich der Abbildung



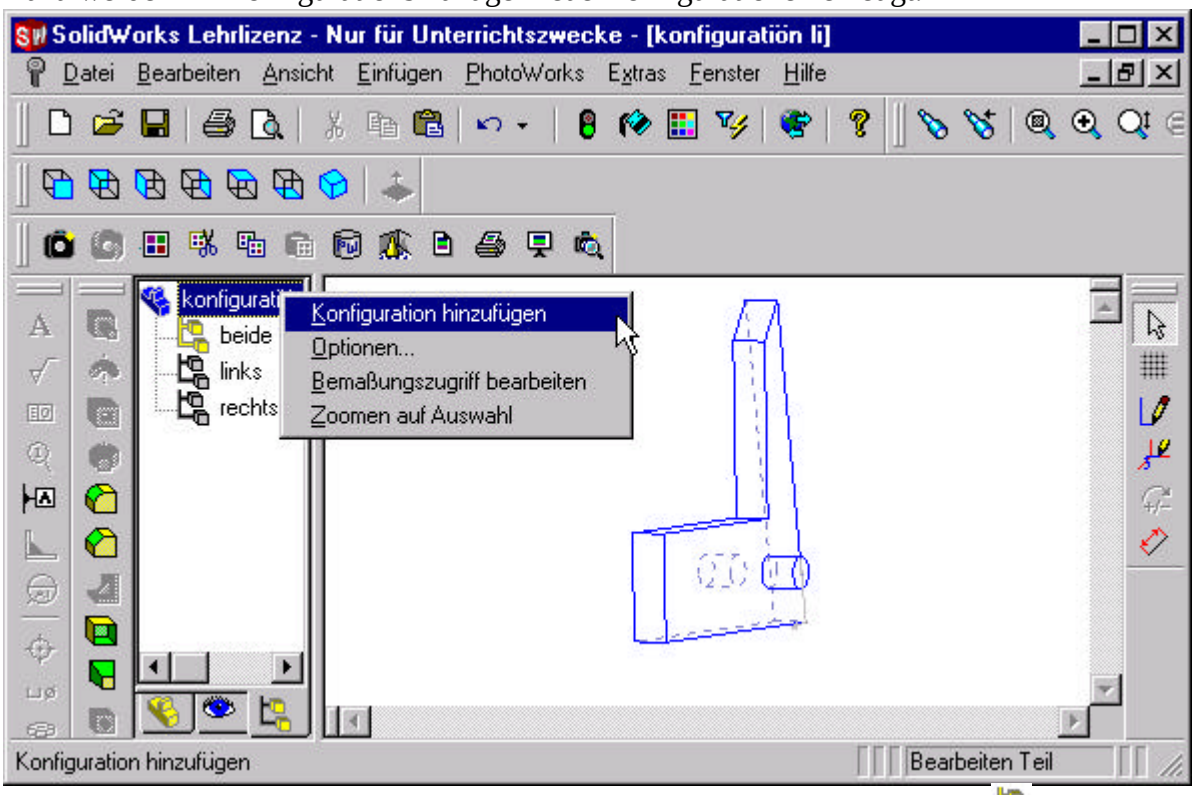
2. Zeichnen Sie den zylindrischen Ansatz auch auf der anderen Seite des Teiles. Verwenden Sie dazu den Befehl „Element übernehmen“



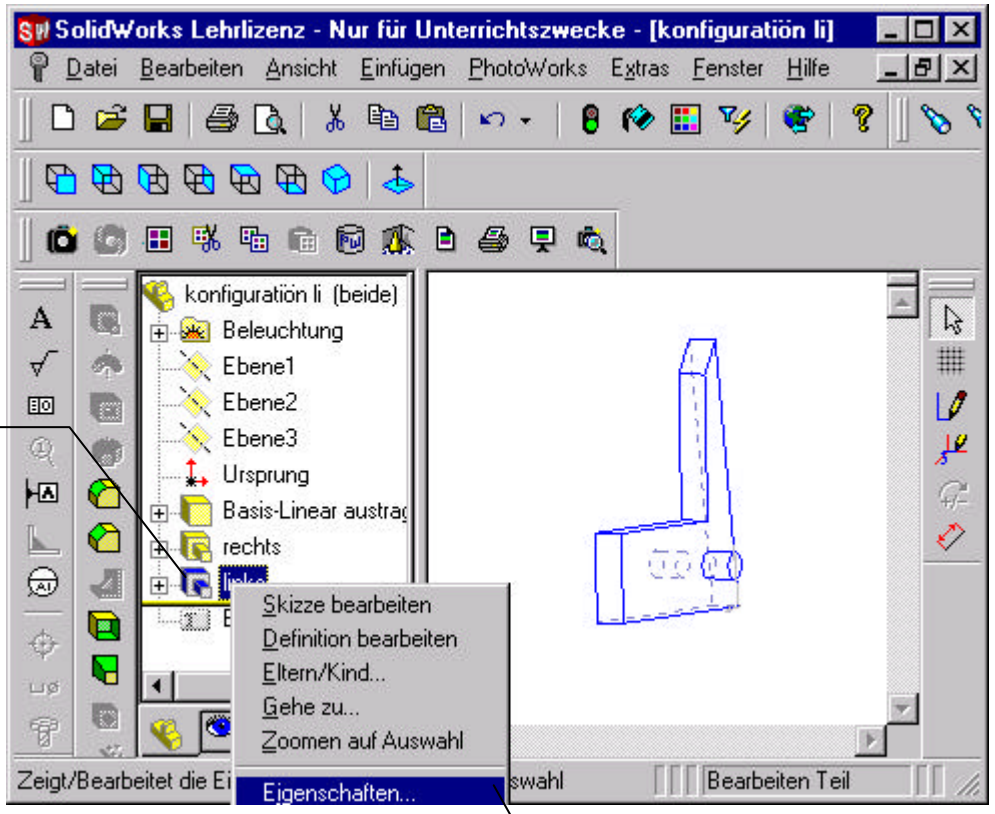
Mit diesem Befehl wird nicht nur der gleiche Durchmesser übernommen, sondern auch eine Zwangsbedingung zwischen beiden Elementen hergestellt.
Diese Zwangsbedingung stört die beabsichtigte Konfiguration der Bauteile.
Deshalb muß diese Zwangsbedingung später gelöscht werden. Extrudieren Sie den Kreis zum Zylinder.

3. Das Bauteil soll nun in drei Konfigurationen verwendet werden:
   - ?? Ein Zapfen links
   - ?? Ein Zapfen rechts
   - ?? Ein Zapfen rechts und einer links.

Dazu werden im Konfigurationsmanager neue Konfigurationen erzeugt.



Die Konfiguration links wird mit einem Doppelklick auf das Icon aktiv gemacht. Anschließend wird in der Konfiguration links der rechte Zapfen unterdrückt bzw. in de Konfiguration rechts der linke Zapfen.



Feature markieren

Mit der rechten Maustaste das Untermenü Eigenschaften auswählen

Im Untermenü Eigenschaften Unterdrückt wählen.

Zum Unterdrücken können auch die Icons eingerichtet werden.

4.5 Baugruppen – Grundlagen Siehe Anleitung ab 4-1

Zeichnen eines Teiles

1. Auswahl einer Vorlage mit Grundeinstellungen
2. Bestimmen der Baisisfläche des Teiles und öffnen der Skizze auf einer Zeichnungsebene (Ebene 1, Ebene 2, Ebene 3 oder Vorn, Oben, Rechts)
3.

4.6 Grundlagen des Zeichnens, Siehe Anleitung ab 5-1

[i]Hildebrand, S.: Feinmechanische Bauelemente. München: Hanser Verlag 1978

Häntschel-Clairmont, W.:Die Praxis des modernen Maschinenbaues. Verlag von C.A. Weller 1917

Vanja, S.: CAD/CAM für Ingenieure Vieweg 1994, ISBN 3-528-06476-5

KEM 1999, Mai: Das ist die Praxis, CAD-Anwenderbefragung