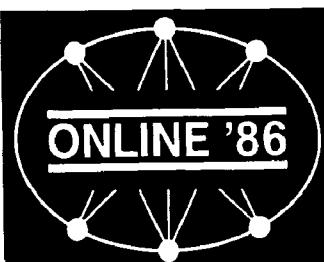


**9. Europäische  
Kongressmesse für  
Technische Kommunikation**

Internationale Fachmesse  
Seminare für die Praxis  
Führende Kongresse  
in Europa

**9th European  
Congress Fair for  
Technical Communications**

International Exhibition  
Seminars for Practice  
Leading Congresses  
in Europe



**Messe  
Hamburg  
CCH**

**05.-08.02.1986**

**SYMPORIUM U**

**CAD/CAM: Auswahl, Einführung, Integration**

**Thema:**

**(4U) CAD auf dem Personal-Computer, Anwendungsschwerpunkte und Integrationskonzepte: Vernetzung der CAD-Anwendungen, NC-Programmierung, Zusammenwirken mit PPS-Systemen**

**Referent:**

**R. Koch, CAD-Abteilung,  
RHV SOFTWARETECHNIK GMBH, Düsseldorf**

**ONLINE '86  
9. Europäische Kongressmesse für Technische Kommunikation**

**05. - 08. Februar 1986 in Hamburg**

CAD auf dem Personal Computer

v o n

Rainer Koch\*

Vortragsgliederung:

1. Entwicklungstendenzen des Personal Computer-Einsatzes
2. Allgemeine Betrachtungen zu CAD-Systemen auf Personal Computer-Basis
3. Vorstellung von Personal Computer-CAD-Systemen am Beispiel von PC-DRAFT und seinen Modulen
4. Verknüpfungsmöglichkeiten mit anderen DV-Systemen
5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

---

\* Rainer Koch, geboren 1953, studierte an der Ruhr-Universität Bochum Maschinenbau. Nach seiner Promotion am Werkzeugmaschinenlabor der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen arbeitete er mit Schwerpunkt CAD-Beratung bei einer Unternehmensberatung. Seit 01.07.1985 ist R. Koch Mitarbeiter bei der Firma rhv softwaretechnik GmbH in Düsseldorf.

Computer unterstützen in immer stärkerem Maße Planungs- und Steuerungsaufgaben im Rahmen des Produktionsprozesses. Neben der direkten Unterstützung von Einzeltätigkeiten und unmittelbar zusammenhängenden Tätigkeitsabläufen (CAD, CAP, CAM, CAD/CAM) wird zunehmend angestrebt, über die eingesetzten Datenverarbeitungssysteme eine redundanzfreie Integration der Datenflüsse während des Produktionsprozesses zu erreichen (CIM = Computer Integrated Manufacturing). Der Aufbau solcher CIM-Systeme zwingt einerseits zur Kopplung unterschiedlicher, häufig bereits vorhandener Einzelsysteme. Andererseits setzt ein solches CIM-System auch umfangreiche EDV-Ausstattungen in den beteiligten Betriebsbereichen voraus. Hier zeichnet sich eine Verschiebung von den "klassischen" Groß-EDV-Systemen hin zu Systemen auf Personal Computer-Basis ab. Bei weit geringeren Investitionsvolumina können solche Systeme für viele Aufgaben technisch und wirtschaftlich interessante Lösungen sein.

Nicht zuletzt deshalb hat sich die Zahl installierter Personal Computer (auch Mikrocomputer, Arbeitsplatzcomputer) innerhalb der letzten fünf Jahre von 300.000 auf 3 Mio erhöht; für die nächsten fünf Jahre wird ein weiteres Wachstum um den Faktor zehn prognostiziert (Bild 1) /1/.

Mit der gestiegenen Rechnerleistung hat sich der Einsatzbereich der PCs, ausgehend von kommerziellen Anwendungen, (Textverarbeitung, Buchführung, Finanzplanung u. ä.) auf datenverarbeitungstechnisch aufwendige Bereiche wie Graphik und technisch-wissenschaftliche Anwendungen ausgedehnt (Bild 2) /2/. Ein wesentliches Anwendungsgebiet bildet dabei auch das rechnerunterstützte Konstruieren (CAD = Computer Aided Design), das ursprünglich Groß-Rechenanlagen vorbehalten war.

Eine detailliertere Betrachtung /3/ dieses Gebietes und der dort bestehenden Aufgabenschwerpunkte zeigt, daß die meisten der benötigten Leistungen zumindest zum Teil auch von CAD-Systemen auf PC-Basis geboten werden (Bild 3). Auch im Bereich der 3-D-Konstruktion sind Ansätze zu erkennen /4/.

Bei der CAD-Einsatzplanung und der Systemauswahl ist weiterhin zu berücksichtigen, welchen Anteil CAD-relevante Tätigkeiten wie

- Berechnen,
- Darstellen,
- Ändern,
- Wiederholen von Zeichnungselementen,
- formales Kontrollieren u. a.

am Gesamtaufwand haben und welche Einsparungen sich voraussichtlich erzielen lassen (Bild 4). Derartige Analysen verdeutlichen häufig, daß das Einsparungspotential geringer ist, als ursprünglich vermutet, und daß sich der Einsatz kostenintensiver Groß-CAD-Systeme mit komplexen Funktionen wirtschaftlich nicht rechtfertigen läßt.

Sinnvolle Alternativen stellen dann auf Mikrorechnern installierte CAD-Systeme der mittleren und unteren Preisklasse dar; Bild 5 enthält eine Auswahl von Systemen dieser Preisklassen.

Vielfach kommen die Systeme der unteren Preisklasse aus dem Bereich der Präsentationsgraphik mit verbesserten Leistungsmerkmalen. Die Anforderungen für die Erstellung von technischen Zeichnungen, wie z. B. das Arbeiten in Realkoordinaten, werden mitunter nicht erfüllt. Dies trifft jedoch nicht für die aufgeführten Beispiele zu.

Zur Preisklasse bis 100 TDM gehören Systeme, welche eine ähnliche, ggf. auch branchenspezifisch verbesserte, Softwarebasis aufweisen wie die Grundsysteme der Preisklasse bis 40 TDM. Dabei kommt häufig eine bessere Hardware zum Einsatz, wie z. B. größere und höher auflösende Rasterbildschirme (Mehrpreis ca. 20-60 TDM).

Zur Preisklasse bis 250 TDM gehören CAD-Systeme auf professionellen Mikrorechnern oder Superminis. Systeme dieser Preiskategorie sind häufig abgemagerte Softwareversionen von großen CAD-Systemen; sie werden deshalb als Einstiegsversionen für große CAD-Anwendungen gesehen. Die weitere Betrachtung soll sich jedoch nur auf die Gruppe der CAD-Systeme auf PC-Basis beziehen.

Beim Einsatz derartiger CAD-Systeme gelten dieselben Randbedingungen wie beim PC-Einsatz im allgemeinen (Bild 6 und 7). Um hier Risiken oder Fehlschläge zu vermeiden, empfiehlt es sich, auf erprobte Hard- und Software-Komponenten zurückzugreifen.

Ein typischer Vertreter für diese Gruppe von Systemen ist das System PC-DRAFT (Bild 8). Dieses System ist ein deutsches Produkt, von rhv softwaretechnik GmbH, Düsseldorf, entwickelt. Es soll hier stellvertretend für die CAD-Systeme der Preisklassen bis DM 40 TDM und bis 100 TDM betrachtet werden /5;6/.

Die Hardwarevoraussetzungen (Bild 9) für die Einschirmversion sind z. B.:

- IBM-kompatibler PC mit
- mind. 384 KByte Hauptspeicher
  - math. Co-Prozessor
  - Herkules-Bildschirmkarte  
(348 x 720 Bildpunkte)
  - Mikrosoft-Mouse oder Digitalisiertablett
  - Tastatur
  - Monochrom-Bildschirm

Das System ist auch als Zweischirmversion mit hochauflösendem, monochromen oder farbigem Graphikbildschirm konfigurierbar (Bild 9). Plotter unterschiedlicher Hersteller werden unterstützt.

Das PC-DRAFT-System ist mit einer 2D-Zeichensoftware für das graphisch-interaktive Arbeiten und für die Variantenkonstruktion ausgestattet. Beide Arbeitstechniken lassen sich beliebig kombinieren.

Alle Funktionen von PC-DRAFT sind übersichtlich in einem Menüblatt dargestellt. Das Menüblatt enthält mehr als 75 Funktionen. Die Funktionen sind untereinander mischbar, so daß sich mehr als 10.000 unterschiedliche Funktionskombinationen zur Zeichnungserstellung und -dokumentation ergeben.

Neben dem Softwarepaket für die Zeichnungserstellung stehen Zusatzmodule wie Variantenprogrammierung, Stücklistenherstellung, Symbol- und Normteilkataloge (Bild 10 und 11) zur Verfügung, mit denen sich PC-DRAFT optimal an unterschiedliche Anwendungsfälle anpassen läßt.

Eine erhebliche Bedeutung für die Fertigungspraxis hat dabei die Ankopplung der CNC-Programmierung an die rechnerunterstützte Zeichnungserstellung (PC-DRAFT Geometriedaten (Bild 12) und bewirkt erhebliche Rationalisierungseffekte und Zeiteinsparungen bei der NC-Programmierung.

Das Modul beinhaltet eine Konturverfolgung und Funktionen, die aus Zeichnungsgeometriedaten direkt CNC-Sätze nach DIN 66025 generieren (Bild 12). Alle notwendigen Technologiedaten oder steuerungsspezifischen Kommandos lassen sich im Rechner oder an der Maschinensteuerung editieren. Das CNC-Modul steht für Dreh- und Fräsbearbeitungen ("2,5-D") zur Verfügung.

Erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen in der Konstruktion und auch in den nachfolgenden Fertigungsbereichen sind durch die Verwendung von Normteilen und Standardelementen zu erreichen. Für Normteile können häufig vom Systemanbieter vorgefertigte Kataloge bereitgestellt werden (Bild 13). Wesentlicher als die vollständige Berücksichtigung aller Varianten eines Normteiles ist bei derartigen Katalogen die Möglichkeit, daß der Anwender die Katalogdaten an die firmenspezifischen Normen anpassen kann. Nachdem die Normteilkataloge aufgebaut bzw. angepaßt sind, lassen sich die Normteildarstellungen mit wenigen Eingaben aufrufen und bei der Zeichnungserstellung weiterverwenden.

Für betriebsspezifische Standardteile oder Baureihen sind im allgemeinen keine vorgefertigten Kataloge erhältlich. Hier kann mittels des Variantenprogrammier-Moduls (Bild 14) eine ähnliche Bearbeitungsvereinfachung erreicht werden wie bei Normteilen, indem für die Standardteile Variantenprogramme entwickelt werden. Die Möglichkeiten, derartige Variantenprogramme zu erstellen, sind bei den marktgängigen CAD-Systemen unterschiedlich. Das hier betrachtete System bietet zwei Alternativen:

1. Der Konstruktionsablauf am System wird in einer Datei protokolliert; diese wird anschließend bearbeitet, um die notwendigen Variablen, Dialoge u. ä. einzubringen.
2. Das Variantenprogramm wird direkt in einer "pascalähnlichen" Sprache geschrieben.

Neben diesem klassischen Anwendungsgebiet eignet sich das Variantenprogrammiersystem auch, um Berechnungen und graphische Darstellungen zu verknüpfen. Darüber hinaus läßt es sich nutzen, um den Funktionsumfang des Basissystems durch anwendungsspezifische Funktionsfolgen oder sogar durch komplette Anwendungspakete zu erweitern.

Sowohl das Grundsystem, wie auch die Symbolbibliotheken, die Normteilkataloge und auch das Variantenprogrammiersystem sind in der Lage, zusätzlich zu den graphischen Darstellungen auch nicht-graphische Informationen zu verwalten.

Diese nicht-graphischen Informationen ermöglichen z. B. die automatische Erstellung von Stücklisten (Bild 15). Der Stücklistengenerator wertet dabei die Zeichnungsdatei hinsichtlich der enthaltenen nicht-graphischen Informationen aus und ergänzt z. B. aufgrund der ermittelten Einzelteile oder Baugruppen-Identifikationen die zugehörigen Beschreibungsdaten, die in einer Katalogdatei enthalten sind. Diese Katalogdatei kann entweder mit einem normalen Texteditor bzw. Textverarbeitungssystem erstellt oder - im Sinne einer ersten Integrationsstufe - aus dem Stücklistenverwaltungssystem übernommen werden.

Als Nachteil dieser Lösung ist anzusehen, daß der Datenbestand in der Katalogdatei Redundanzen zum Stücklistenverarbeitungssystem aufweist. Dieser Nachteil besteht nicht bei dem folgenden Konzept (Bild 16). Zwischen CAD- und Produktions-Planungs- und Steuerungssystem werden nur Stücklisten-"gerüste" ausgetauscht, die Stammdatenverwaltung und Stücklistenerstellung erfolgen über das PPS-System. Seitens des CAD-Systems sind dann die notwendigen Schnittstellen für den Datentausch durch Makros bzw. den Stücklistengenerator zu realisieren.

Mit der Kopplung des CAD-Systems an ein - häufig schon eingeführtes - Stücklistenverwaltungs- oder PPS-System wird zwangsläufig der Themenkreis des Hostrechneranschlusses oder der Vernetzung von PCs berührt (Bild 17). Beim Host-Anschluß von PCs wird zwischen der Verwendung der PCs als einseitigen oder zweiseitigen Datentresoren /7/ unterschieden; d. h. im Zusammenhang mit dem CAD-Einsatz unter anderem, daß beim einseitigen Datentresor keine zentrale Datenhaltung bzw. Aktualisierung möglich ist. Dies ist bei einem zweiseitigen Datentresor realisierbar. Eine zentrale Datenhaltung kann auch bei einem Netzwerkaufbau verwirklicht werden. Bild 18 zeigt ein Netzwerk mit vier PC-DRAFT-Arbeitsstationen und Server-Rechnern für Drucker, zentrale Datenhaltung und Plotter.

Die relativ vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten und die niedrigen Investitionen für CAD-Systeme auf PC-Basis lassen erwarten, daß der Einsatz solcher Systeme auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist /8/.

Bild 19 zeigt als Beispiel einen Berechnungsgang, der sich für Nachkalkulationen und für Wirtschaftlichkeitsrechnungen mit vorgegebenen Reduzierungsfaktoren nutzen läßt.

Ein anderer Berechnungsansatz geht nicht von vorgegebenen Reduzierungsfaktoren aus, verdeutlicht aber andererseits die Grenzen des wirtschaftlichen Einsatzes. Ziel dabei ist, die Zeitreduzierungsfaktoren zu ermitteln, bei denen sich die Kostengleichheit von rechnerunterstützter und konventioneller Zeichnungserstellung ergibt. Einflußgrößen für diese Berechnung sind in Bild 20 zusammengestellt. Für ein System auf PC-Basis ergibt sich bei einer derartigen Berechnung ein notwendiger Reduzierungsfaktor von 1,5 (Bild 21).

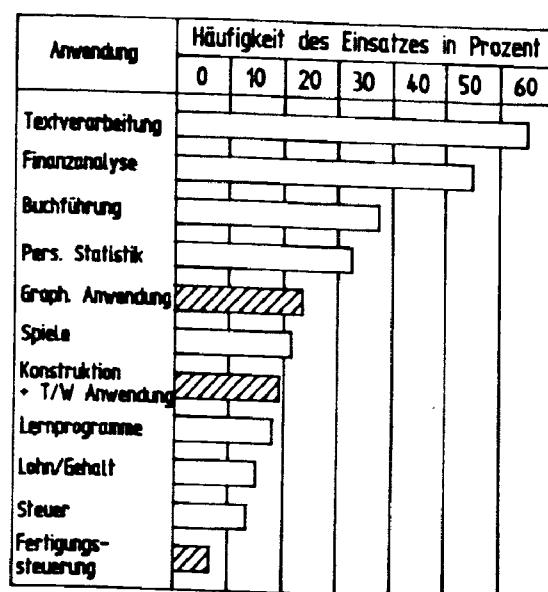
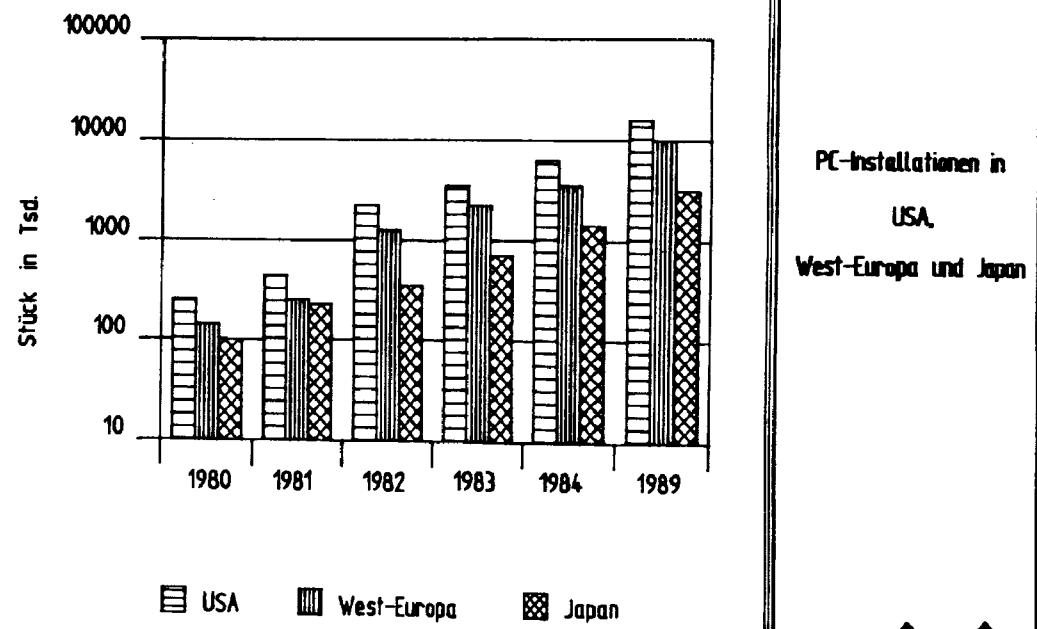
Zieht man in Betracht, daß für viele Aufgabenstellungen vernetzte PC-Systeme mit zentraler Datenhaltung eine technisch gleichwertige Alternative zu Groß-CAD-Systemen sein können, ergibt sich die in Bild 21 dargestellte Vergleichsrechnung /9/.

Die in Bild 23 dargestellte Tabelle läßt sich nutzen, um eine Amortisationsrechnung unter Berücksichtigung eines sich ändernden Reduzierungsfaktors durchzuführen /10/. Zur Vereinfachung wird dabei für die einzelnen Zeitabschnitte ein konstanter Reduzierungsfaktor angesetzt, der sich im Laufe der Systemnutzung stufenweise erhöht. Eine entsprechende Vergleichsrechnung für die bereits in Bild 17 zitierten Modellinstallationen ist in Bild 24 dargestellt.

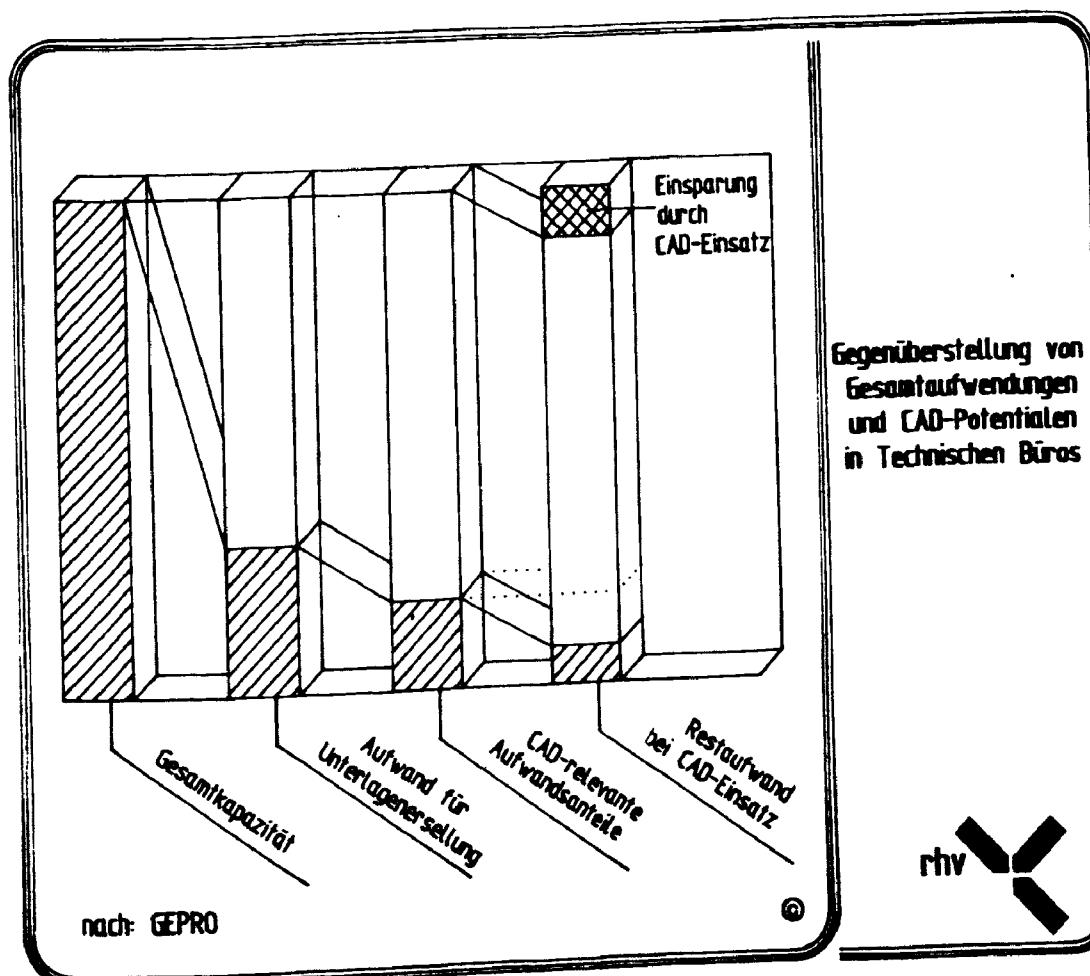
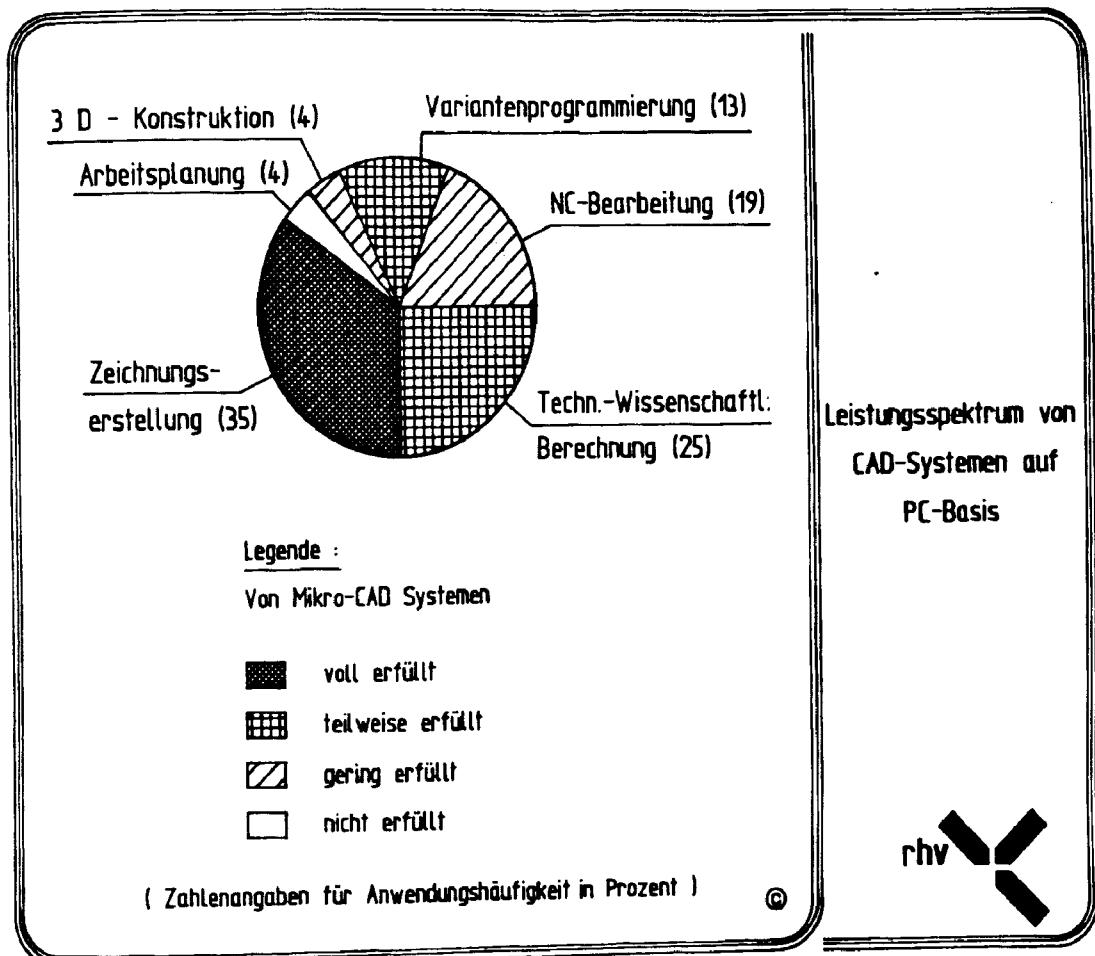
Diese Betrachtungen zeigen, daß CAD auf PCs - vernetzt oder auch in Verbindung mit anderen CAD-Systemen - technisch und ökonomisch zweckmäßige Lösungen für unterschiedlichste Anwendungen sein können.

## Literatur

- /1/ N.N. Kein Wachstumsknick bei Mikrocomputern  
Studie, IDC Wiesbaden  
Computer Woche 11.1.1985
- /2/ N.N. Der Softwaremarkt für Mikrocomputer  
PC-Studie '84 IDC Wiesbaden  
Computer Woche 30.11.1984
- /3/ Holz, B. Stand der Entwicklung von Mini-CAD-Systemen  
RKW-Vortragsveranstaltung  
Düsseldorf, Nov. 1984
- /4/ N.N. MICROCAD - Der neue Maßstab in der 3D-Konstruktion  
Command GmbH, Karlsruhe, 1984
- /5/ Albien, E. CAD mit PC-DRAFT  
Markt und Technik Verlag,  
München, 1985
- /6/ N.N. PC-DRAFT  
CAD-System auf Mikro-Computer  
VDI-Verlag  
Düsseldorf, 1985
- /7/ Schorn, G. Das PC-Management muß unternehmensweit gesehen werden  
2. Europ. Kongreß von CW-CSE über Bürosysteme und Informationsmanagement  
Computer Woche 28.9.1984
- /8/ Lörks, W. Einführung eines Low-cost-CAD-Systems im Konstruktionsbüro  
Zimmer, H.-U. KEM, 10/84, Seite 136 ff.
- /9/ Koch, R. Systemauswahl und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen  
VDI-Bildungswerk  
"Technische Graphik auf Personal Computern"  
Düsseldorf 1985
- /10/ Eversheim, W. WZL-SVBF-Seminar  
Abolins, G. "CAD-Einsatz"  
Buchholz, G. Zürich, 1984  
Knauf, A.  
Koch, R.

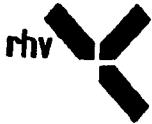


Einsatzhäufigkeit von professionellen Mikrocomputern



Preisklasse	Anzahl Anbieter	CAD-Systeme - Beispiele	
bis 40 TDM	12	Hersteller	Systemname
		Autodesk	AutoCAD
		Datalec	cado
		Kettler	VersaCAD
		Logotec	LogoCAD
		rhv	PC-Draft 1
		Ziegler Instruments	CADDy
bis 100 TDM	26	Datagraph	mini-CADD
		Dedata	Memo-Plot III
		KTI	Cascade X
		MCS	Superdraft
		rhv	PC-Draft 2
		rotring	RDS-400
bis 250 TDM	22	Calcomp	System 25
		Hewlett-Packard	HP-Draft
		Isykon/PROCAD	Proren
		Partec	Detail 2/Gipro

Übersicht über CAD-Systeme auf Mikrorechnerbasis nach Preisklassen



©

5

Nachteile beim Einsatz von Low-cost Systemen	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Junger Anbietermarkt</li> <li>• Systemvielfalt</li> <li>• vielfältige Versionen eines Anbieters</li> <li>• Supportprobleme</li> <li>• rascher Hardwarewandel</li> <li>• Vernetzung von Systemen in Anfängen</li> <li>• Speicherkapazität von Haupt- und Massenspeicher relativ niedrig</li> </ul>	<p>Mögliche Nachteile von CAD-Systemen auf PC-Basis</p> <p></p> <p>©</p> <p>6</p>

### Vorteile beim Einsatz von Low-cost Cad-Systemen

- einfacher Einstieg in CAD-Anwendung
- anpassfähig an organisatorische Veränderungen nach Einführung
- Technologie der Lowcost-Systeme -Hard- und Software- seitig- ist übersichtlicher
- geringere Schulungs- und Akzeptanzprobleme
- Schnittstellenprobleme lassen sich rascher meistern als bei zentraler DV
- Zuschnitt der Systeme auf Klein- und Mittelbetriebe oder Fachabteilungen einfacher
- pragmatischer Einsatz eines Low-cost-Systems legt schneller die Bedürfnisse des Anwenders offen als jede langwierige Analyse

### Vorteile und von CAD-Systemen auf PC-Basis



7

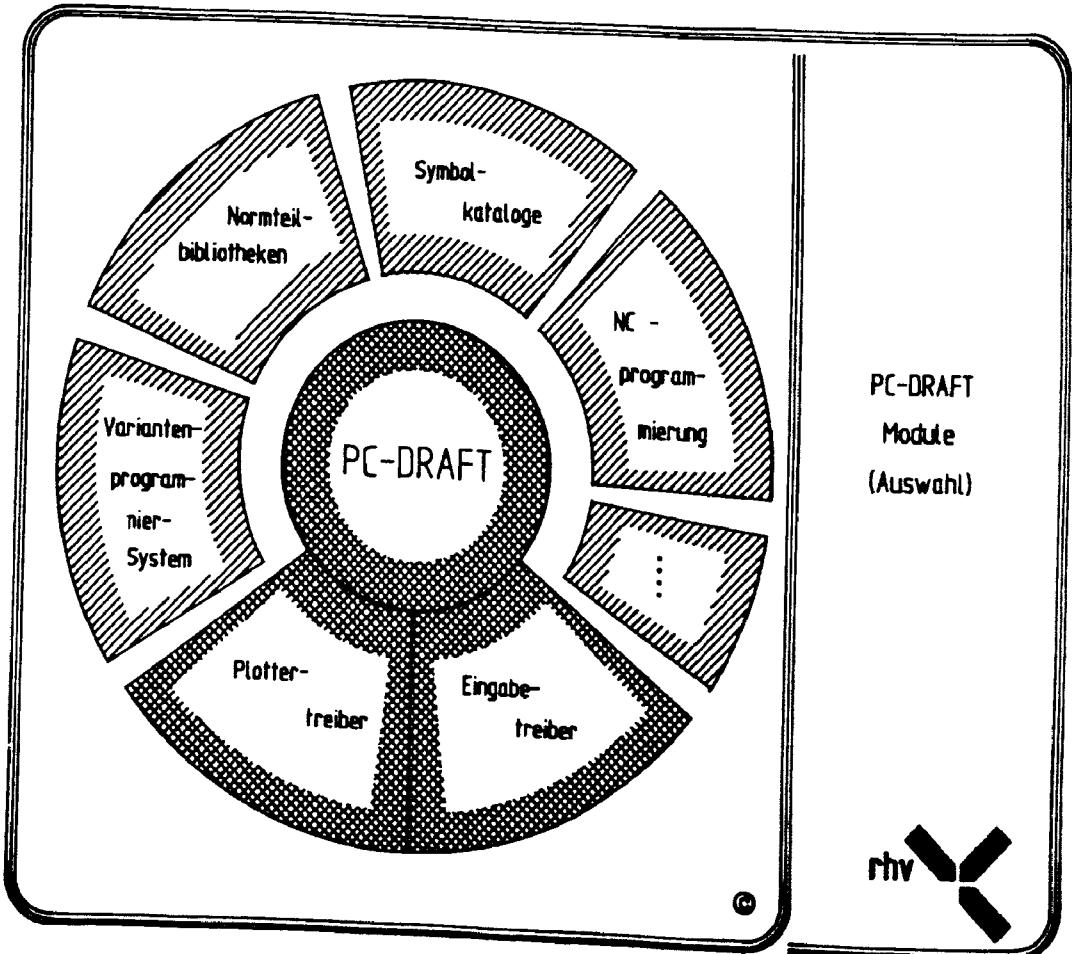
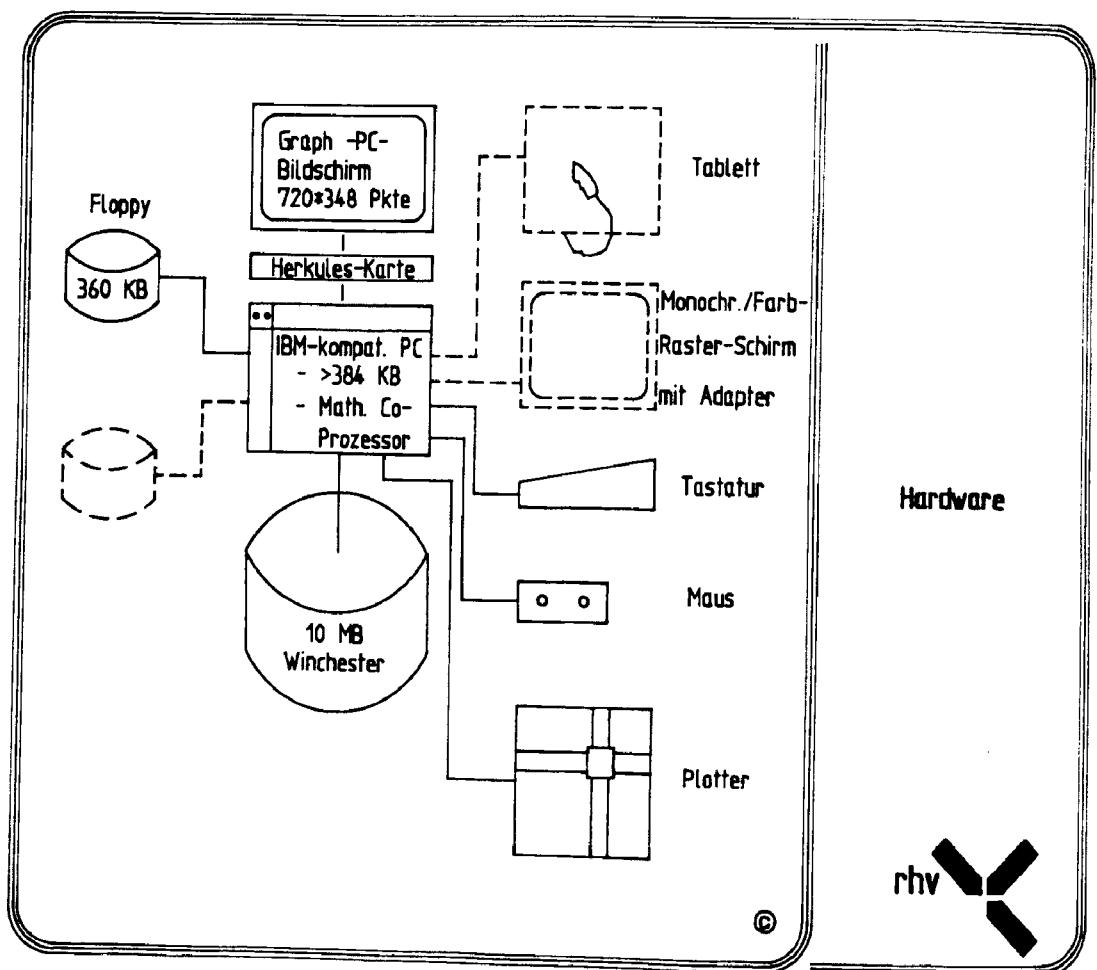


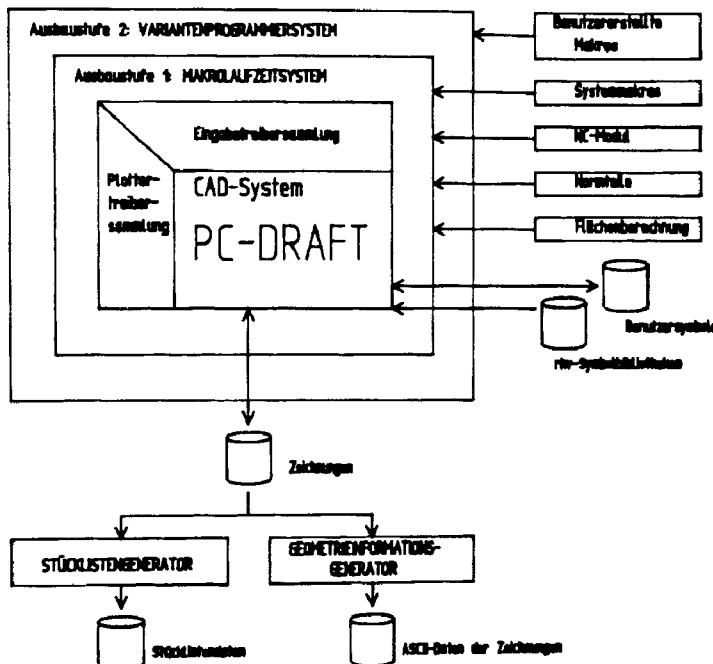
PC-Draft als  
beispielhafter Vertreter  
eines  
Mikro-CAD-Systems

©



8



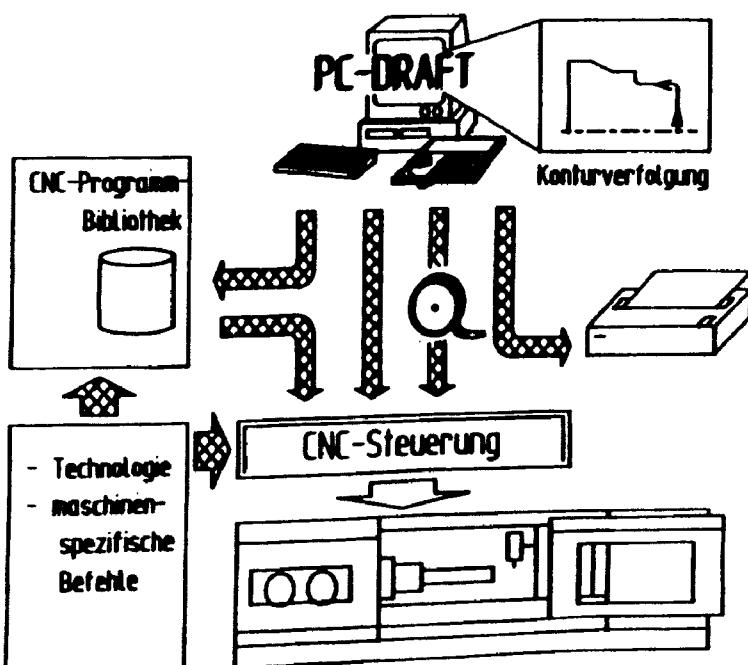


©



Programmsystem PC-Draft

11

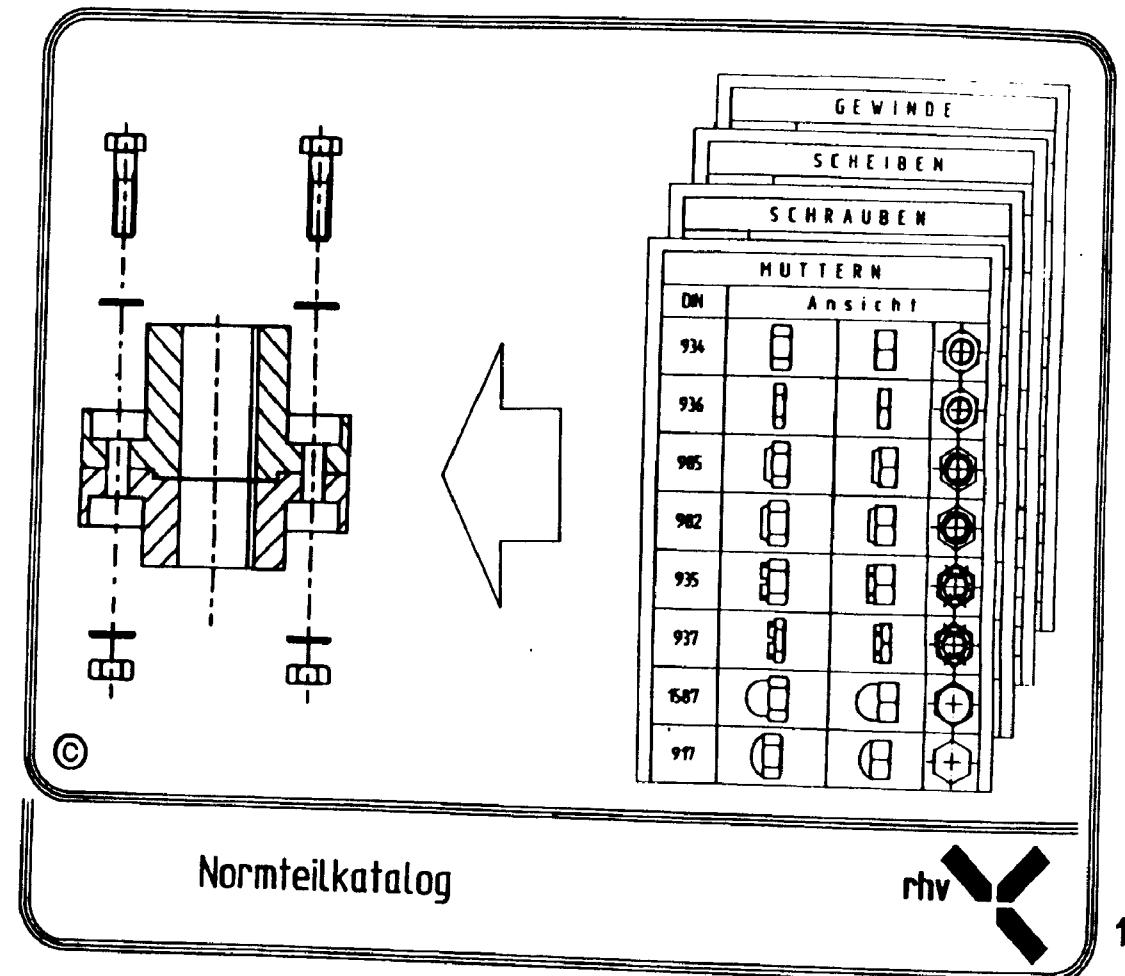


©

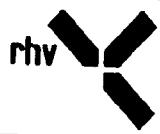


CNC-Modul

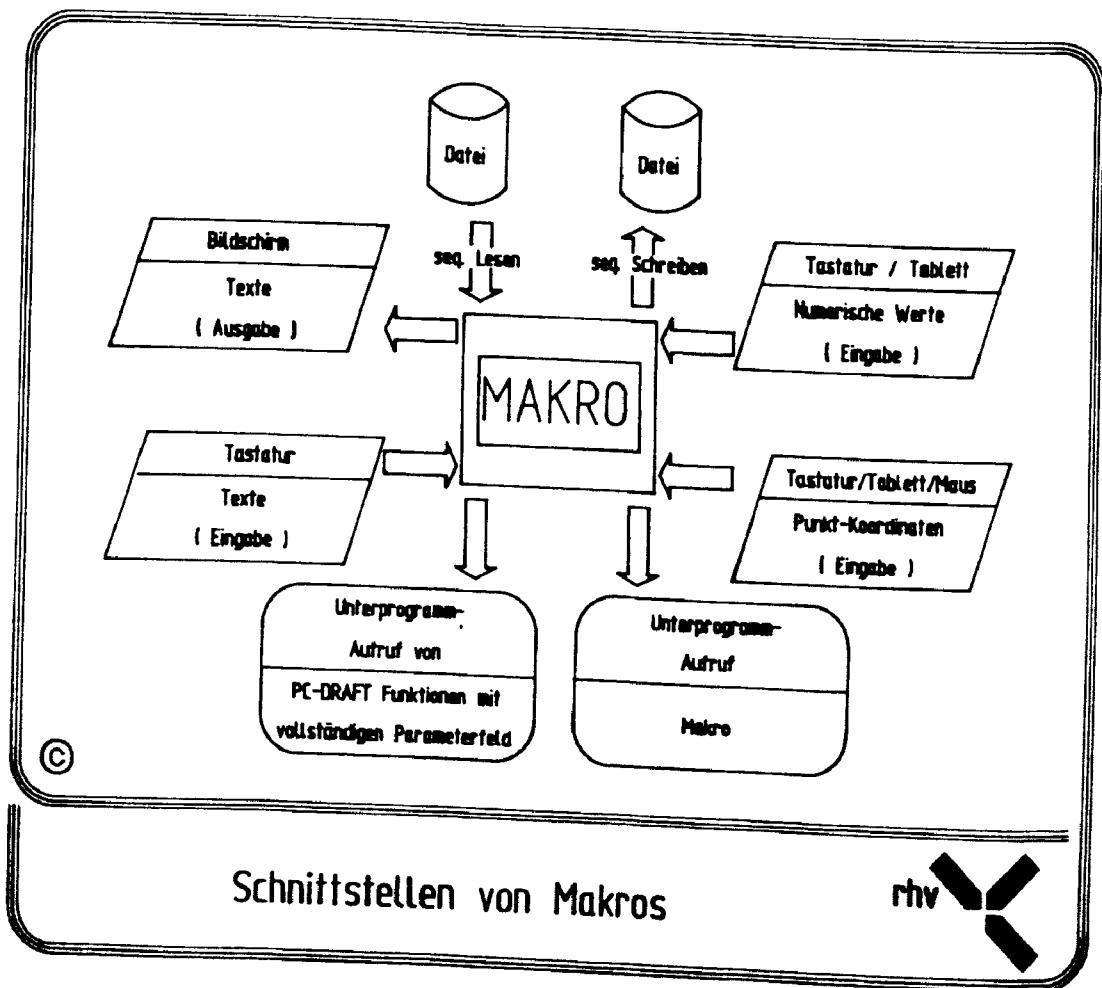
12



## Normteilkatalog



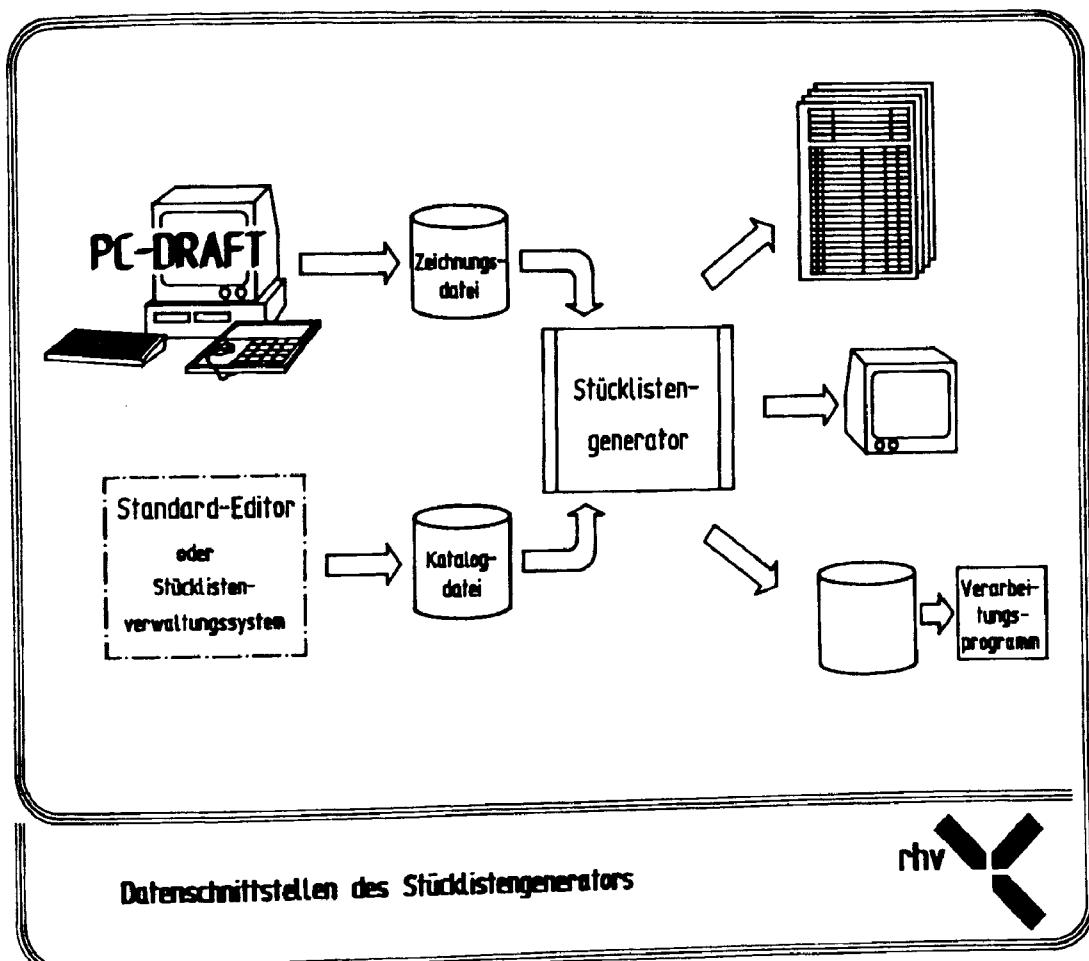
B



## Schnittstellen von Makros

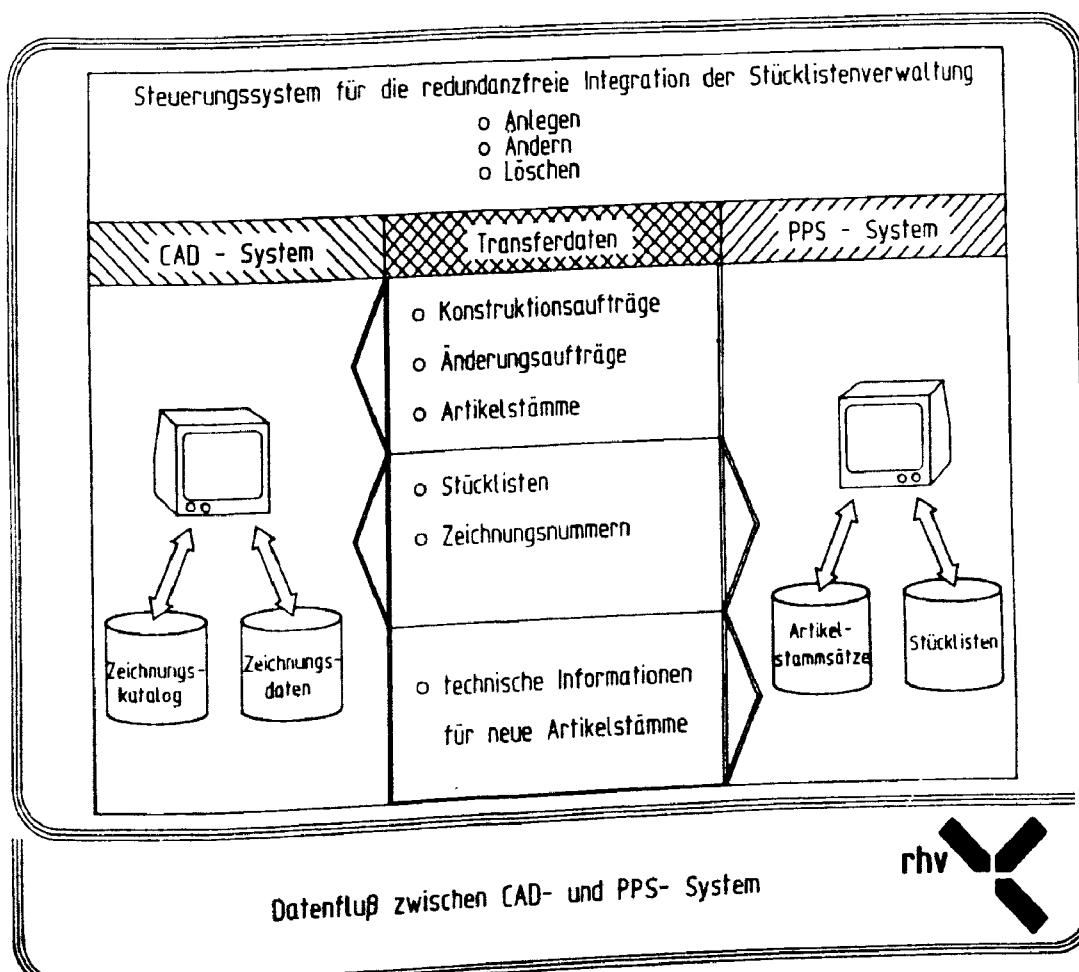


14



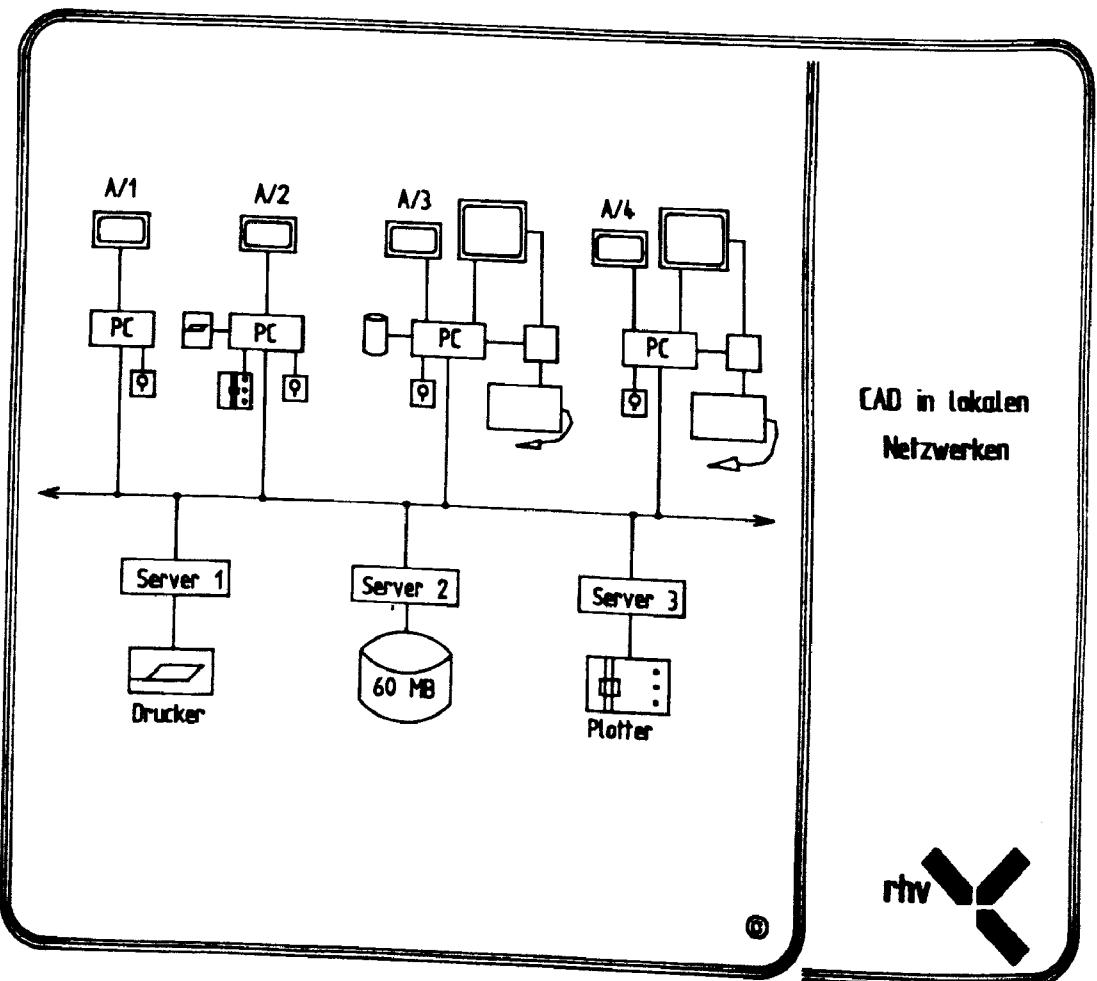
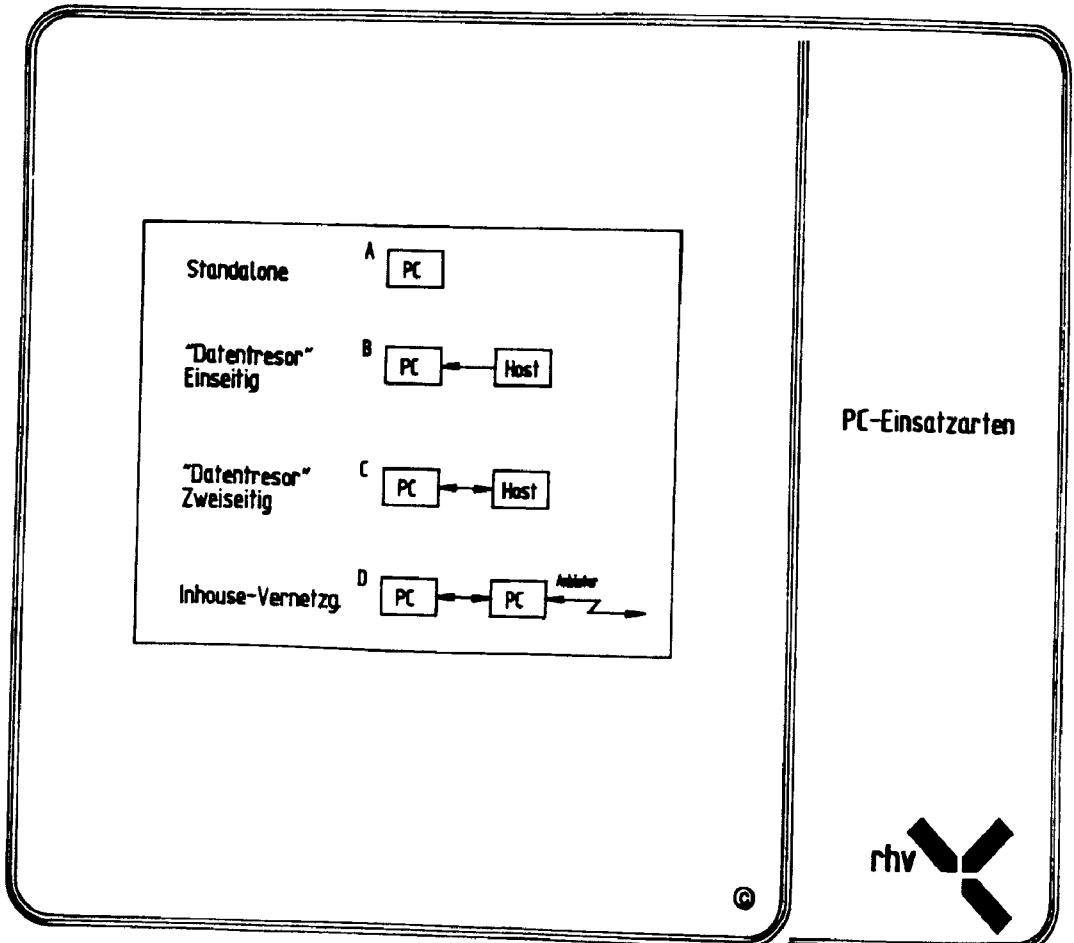
rhv

15



rhv

16



Ausgangssituation :

- Anzahl Zeichnungen Gesamt	895
- Umrechnung auf A4-Format (Formate A3 und A4)	858
- Bezahlung auf A4-Format	DM 150,00
- Gesamtauftragsvolumen	DM 128.700,00
- Konventionelle Mitarbeiterstunde	DM 40,00

Konventionelle Betrachtung :

- Mitarbeiterkosten: 858 (A4) * ca. 3 Std/A4 * 40 DM/Std.	DM 102.960,00
- Verwaltungsaufwand 10%	DM 10.296,00
- Gewinn vor Steuern	DM 15.444,00

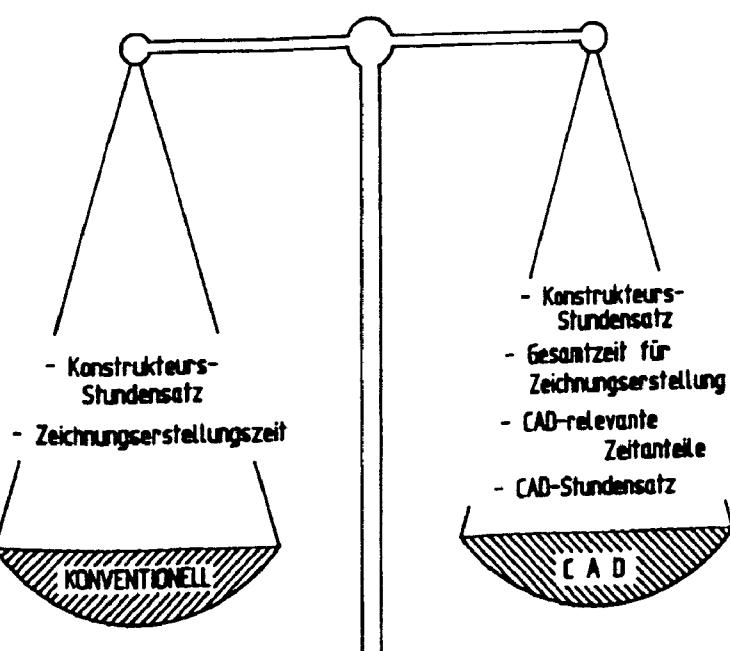
CAD - Betrachtung :

- Systemkosten PC-Draft etc.	DM 35.400,00
- Mitarbeiterkosten: 858 (A4) * ca. 1,5 Std/A4* * 40 DM/Std.	DM 51.480,00
- Verwaltungsaufwand 10%	DM 5.148,00
* Erstellungszeit, interaktiv und plotten	
- Gewinn vor Steuern	DM 36.672,00

nach Lörks

Wirtschaftlichkeits-  
betrachtung

19

Einflußgrößen für  
Kostenvergleich  
zwischen  
konventioneller  
und rechner-  
unterstützter  
Zeichnungserstellung

20

Hard- und Software (1 Arb. Platz)	70 TDM
Systembetreuung (1/2 MJ./J.)	50 TDM
Wartung / Versicherung	5 TDM
Abschreibung (5 Jahre)	14 TDM
Kalk. Zinsen (ca. 6%)	2 TDM
<b>CAD-Systemkosten / Jahr</b>	<b>71 TDM</b>
 Tägliche Nutzungsdauer (8h)	
Arbeitstage / Jahr (230)	
CAD-Stundensatz / Arbeitsplatz	39 DM/h
 Zeichnungskosten	
Kosten (konventionell) (2h * 80 DM/h)	160 DM
CAD-relevanter Anteil (50% = 1h)	80 DM
Gesamtstundensatz (Konstrukteur + CAD)	119 DM/h
zulässige Bearbeitungszeit (CAD-relevanter Anteil / Gesamtstundensatz)	$\frac{80 \text{ DM}}{119 \text{ DM/h}} = 0.67 \text{h}$
notwendiger Reduzierungsfaktor	1.5

CAD-Einsatz  
Berechnungsbeispiel  
für  
PC - DRAFT



	"Groß-CAD"	PC-DRAFT
Hard- und Software (4 Arb. Plätze)*	850 TDM	300 TDM
Systembetreuung (1/2 MJ./J.)	100 TDM/a	100 TDM/a
Wartung / Versicherung	85 TDM/a	25 TDM/a
Abschreibung (5 Jahre)	170 TDM/a	60 TDM/a
Kalk. Zinsen (ca. 6%)	26 TDM/a	9 TDM/a
<b>CAD-Systemkosten / Jahr</b>	<b>381 TDM/a</b>	<b>194 TDM/a</b>
 Tägliche Nutzungsdauer (8h)		
Arbeitstage / Jahr (230)		
CAD-Stundensatz / Arbeitsplatz	52 DM/h	26 DM/h
 Zeichnungskosten		
Kosten (konventionell) (2h * 55 DM/h)	110 DM	110 DM
CAD-relevanter Anteil (50% = 1h)	55 DM	55 DM
Gesamtstundensatz (Konstrukteur + CAD)	107 DM/h	81 DM/h
zulässige Bearbeitungszeit (CAD-relevanter Anteil / Gesamtstundensatz)	$\frac{55 \text{ DM}}{107 \text{ DM/h}} = 0.51 \text{h}$	$\frac{55 \text{ DM}}{81 \text{ DM/h}} = 0.68 \text{h}$
notwendiger Reduzierungsfaktor	1.95	1.47

CAD-Einsatz  
Berechnungsbeispiel



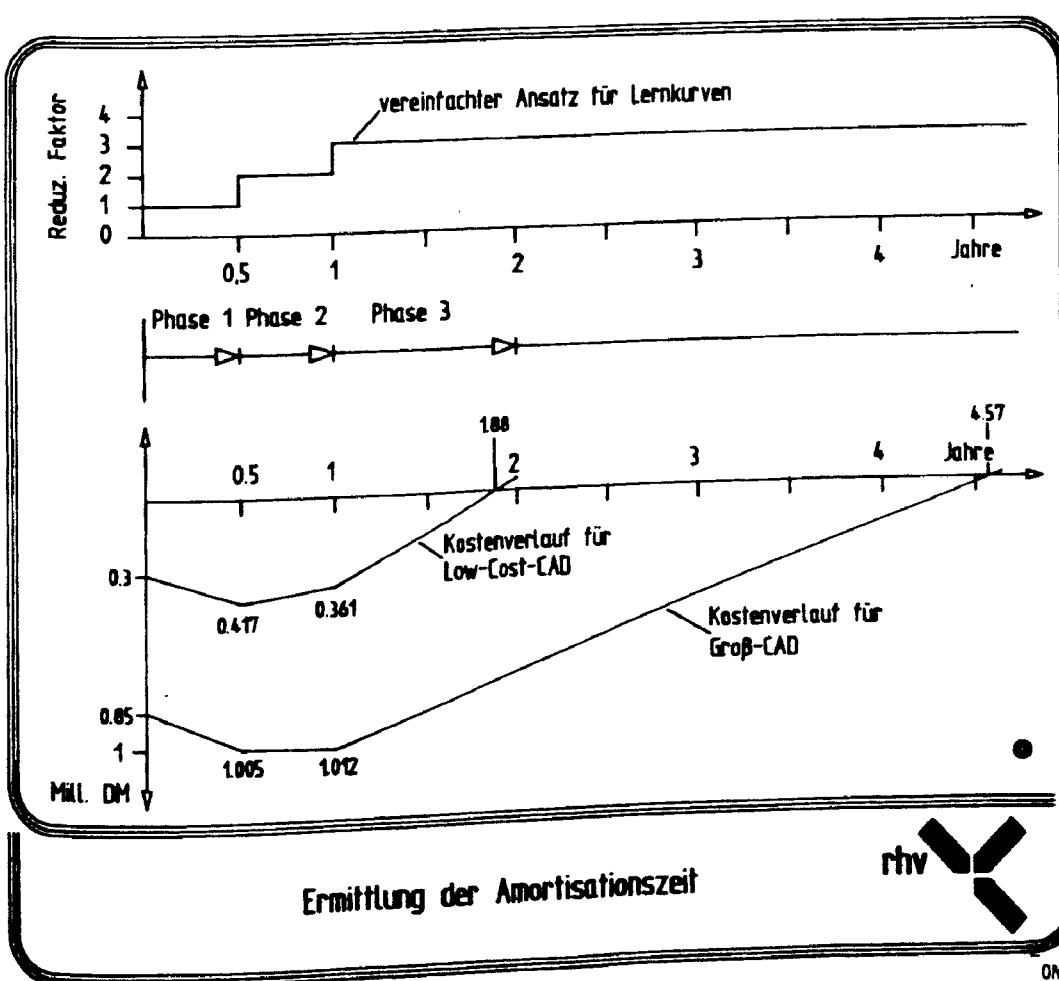
\* Kosten für weiteren Systemausbau bei Groß-CAD höher als bei PC-Lösung

	Groß - CAD			Low - cost - CAD		
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Erst-/Folgeinvestitionen (DM)	850.000	--	--	300.000	--	--
Reduzierungsfaktor	1	2	3	1	2	3
Konstruktion	3	3	3	3	3	3
Grunddatenaufbereitung	1	1	1	1	1	1
verfügbare Konstruktionszeit (h)	2.700	2.700	5.400	2.700	2.700	5.400
Fixkosten						
Grunddatenaufbereitung (DM)	50.000	50.000	100.000	50.000	50.000	100.000
Operator (DM)	50.000	50.000	100.000	50.000	25.000	50.000
Verzinsung (DM)	12.750	12.750	25.500	4.500	4.500	9.000
Wartung/Versicherung (DM)	42.500	42.500	85.000	12.500	12.500	25.000
Summe (DM)	155.250	155.250	310.500	117.000	92.000	184.000
eingesparte Konstruktionszeit (h)	0	2.700	10.800	0	2.700	10.800
Ersparnis an Konstruktionszeit (DM)	0	148.500	594.000	0	148.500	594.000
effektive Ersparnis (DM)	-155.250	-6.750	283.500	-117.000	56.500	410.000

Ermittlung der Amortisationszeit ( Tabelle )

rhv

23



24