Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 62 (1971)

Heft: 20

Artikel: Rechnergestütztes Berechnen und Konstruieren

Autor: Reichert, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915859

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Rechnergestütztes Berechnen und Konstruieren

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 22. Juni 1971 in Zürich,

von *K. Reichert*, Baden

681.3.01 : 62.002.612

1. Einleitung

Die Anwendung programmierbarer Rechenanlagen (Digitalrechner, Analogrechner, Hybridrechner) im technischen Bereich hat in den letzten Jahren einen sehr starken Aufschwung genommen. Rechenanlagen, insbesondere Digitalrechner, werden jedoch im wesentlichen nur dazu verwendet, elektrische Maschinen, Transformatoren, elektrische Schaltungen, elektrische Netze usw. nachzurechnen, d. h. zu analysieren.

Programmierbare Rechenanlagen können, wenn ihre Fähigkeiten richtig ausgenützt werden, nicht nur analysieren, sie können auch synthetisieren, simulieren, optimieren, konstruieren, informieren, dokumentieren und Prozesse steuern [1...13][1]).

Die Ziele bei der Anwendung von Rechnern in Berechnungs- und Konstruktionsprozessen (Computer-aided-design) müssen sein:

a) Entlastung des Menschen durch Übernahme von Routinearbeiten;
b) Optimalisierung und Normung des Berechnungs- und Konstruktionsprozesses;
c) Speicherung des Berechnungs- und Konstruktionsprozesses und der für seinen Betrieb notwendigen Information in der Rechenanlage.

Man kann dadurch

a) die Entwicklungs- und Produktionskosten senken,
b) die Entwicklungs- und Produktionszeiten verkürzen,
c) Personal einsparen,
d) die Qualität der Produkte und den Kundendienst verbessern.

Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Elemente des Computer-aided-design (Fig. 1):

a) das Produkt
b) der Mensch
c) die programmierbare Rechenanlage
d) die Berechnungs- und Konstruktionslogarithmen
e) die organisatorischen Hilfsmittel, gekennzeichnet durch den Begriff: Information

optimal aufeinander abgestimmt sind.

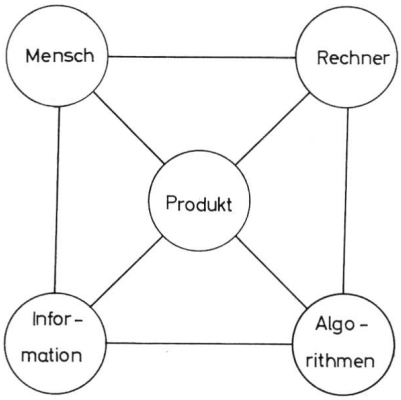

Fig. 1
Elemente von Computer-aided-design

Im folgenden wird darüber berichtet, wie diese Elemente zu vereinen, zu verändern und zu erweitern, bzw. welche Anforderungen an sie zu stellen sind, damit diese Ziele erreicht werden können, und wo der Anwendungsbereich von Computer-aided-design liegt.

2. Der Berechnungs- und Konstruktionsprozess (Design)

Der Berechnungs- und Konstruktionsprozess (Design) ist ein Teil des industriellen Prozesses (Fig. 2). Dieser beginnt

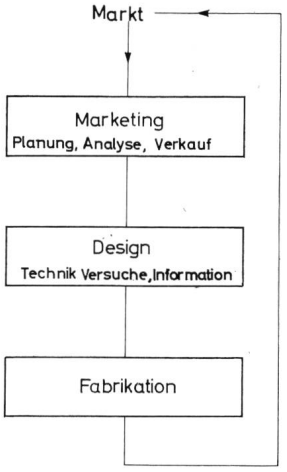

Fig. 2
Industrieller Produktionsprozess

mit dem Marketing, der Festlegung der Anforderungen an das Produkt, der Wertanalyse und endet bei der Fabrikation und dem Vertrieb (Fig. 3).

Der Abschnitt Design bietet im allgemeinen die günstigsten Möglichkeiten für eine sinnvollen Einsatz des Digitalrechners:

a) Der Berechnungs- und Konstruktionsprozess ist sowohl logisch als auch digital erfassbar;
b) Der Anteil der Berechnungs- und Konstruktionskosten an den Gesamtkosten ist im allgemeinen insbesondere in der Maschinenindustrie sehr gross.

Unabhängig von der Art des Produktes kann der Designprozess eines Produktes folgendermassen beschrieben werden:

Ausgehend von den Anforderungen an das Produkt, den Systemdaten und den Nebenbedingungen wird zunächst durch eine Synthese, d.h. durch Berechnung, Konstruktion ein Modell erstellt und identifiziert, d.h. mit definierten, berechneten Eigenschaften versehen. Dieses Modell wird durch Simulation oder Versuche analysiert, d.h. er wird darauf geprüft:

a) Ob die Analyse des Modells oder die Synthese die Verhältnisse richtig wiedergeben bzw. diese Verfahren verbesserungsbedürftig sind,

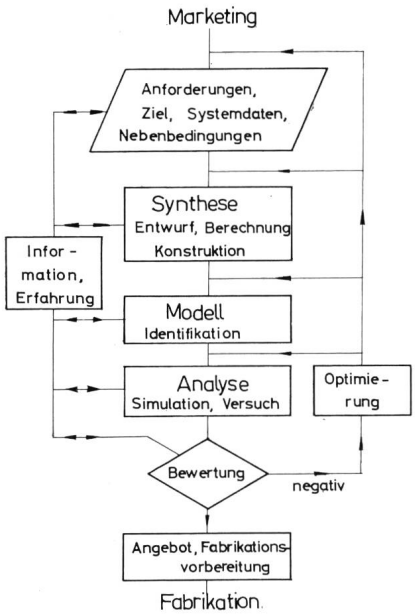

Fig. 3
Design-Prozess

b) Ob das Produkt die Anforderungen erfüllt,
c) Ob das Produkt optimal ist,
d) Ob das Produkt wirtschaftlich hergestellt werden kann.

Kommt die Bewertung zu einem negativen Ergebnis, so müssen entsprechende Massnahmen getroffen werden: Verbesserung der Analyse, des Modells oder der Synthese im Sinne einer Optimierung. Dieser Prozess ist so lange zu wiederholen, bis die gestellten Anforderungen erfüllt sind. Können diese nicht erfüllt werden, so kann der Prozess unter Umständen mit abgeänderten Anforderungen, Zielen oder Nebenbedingungen wiederholt werden.

Ist die Bewertung positiv ausgefallen, so können die Unterlagen für Angebote, bei Bestellung für die Fabrikation des Produktes erstellt werden.

Die Information hat im Designprozess eine grosse Bedeutung: im allgemeinen ist man bei der Festlegung der Ausgangswerte des Designprozesses, bei der Auswahl geeigneter Synthese, Analyse und Bewertungsmethoden auf Erfahrungen angewiesen. Während des Designprozesses müssen alle notwendigen Daten von Komponenten des Produktes zur Verfügung stehen. Die Designmethoden müssen während des Prozesses zum Teil laufend verbessert werden. Es ist sinnvoll, den Ablauf des Prozesses festzuhalten, so dass bei weiteren Designprozessen auf die früheren Erfahrungen zurückgegriffen werden kann.

Abhängig von der Art des Produktes und den zur Verfügung stehenden Designmethoden beherrschen einzelne Abschnitte mehr oder weniger den Designprozess. Dieser besteht z. B. bei der Produktion genormter Serienfabrikate nur noch aus der Festlegung der Anforderungen, der Bewertung und der Fertigungsvorbereitung.

Bei der Entwicklung eines Systems dagegen haben die Synthese, Analyse und Optimierung eine überragende Bedeutung. Allerdings liegt zurzeit dabei der Schwerpunkt immer noch bei der Synthese auf Grund von Erfahrungsbeziehungen, der Analyse und der iterativen Korrektur. Die echte Synthese mit Optimierung ist nur bei der Entwicklung einfacher Komponenten wie z. B. bei der Filterentwicklung zu finden. In diesem Fall kann ausgehend von einer Zielfunktion und von Nebenbedingungen das Syntheseproblem in einem Schritt mit Hilfe von Optimierungsmethoden (lineare, nichtlineare Optimierung) gelöst werden.

Bei der Auswahl eines Hochspannungsschalters mit Einschaltwiderständen läuft der Designprozess ungefähr folgendermassen ab:

Gefordert wird eine bestimmte Ausschaltleistung, Betriebsart, Begrenzung der Einschaltüberspannung usw. Auf Grund der Erfahrung (Information) und der vorhandenen Geräte, wird ein bestimmter Schalter ausgewählt (Synthese). Die Einschaltwiderstände werden festgelegt. Das Verhalten dieser Anordnung im Netz wird nun simuliert und analysiert. Es wird untersucht, welche Einschaltüberspannungen von dem gewählten Schalter erzeugt werden und wie der Schalter beim Abschalten von Kurzschlüssen beansprucht wird. Die Ergebnisse dieser Anyalse werden bewertet. Es wird geprüft, ob die gewählte Schalteranordnung optimal ausgenützt ist und ob damit die gestellten Anforderungen erfüllt werden können.

3. Gegenüberstellung: Mensch — Rechenanlage (Digitalrechner)

Da die Rechenanlage nur bestimmte Aufgaben des Menschen im rechnergestützten Berechnungs- und Konstruktionsprozesses übernehmen kann, sollen zunächst die Aufgabengebiete abgegrenzt werden.

Die Entwicklung der Digitalrechner wird immer stärker von den zu lösenden Problemen bestimmt:

Im Rechenbetrieb geht man immer mehr von der zentralen Ein- und Ausgabe und der Stapelverarbeitung (batch process) zur dezentralen Ein- und Ausgabe und zur Mehrfachverarbeitung (time-sharing, multiprocessing) über, um einen möglichst kontinuierlichen Rechenprozess zu erhalten. Die Speicherplatzkapazitäten, die Rechengeschwindigkeiten und die Genauigkeit der Rechner wachsen immer noch. Die Ein- und Ausgabe wird den zu lösenden Problemen immer besser angepasst. Neben der Ein- und Ausgabe über Datenträger (Lochstreifen, Magnetband, Lochkarte, usw.) gewinnen die graphische (Display, CRT) und die analoge Ein- und Ausgabe an Bedeutung. Durch die Weiter- und Neuentwicklung problemorientierter Programmsprachen wie FORTRAN und PL/1 für technisch-wissenschaftlichen, APL und BASIC für den konversationellen Rechenbetrieb, wird die Benützung des Digitalrechners auch für Nichtfachleute problemlos. Programmsysteme sind heute wesentliche Bestandteile eines Datenverarbeitungssystems.

Durch diese Entwicklung sind Rechenanlagen dem Menschen, bezüglich der Zuverlässigkeit und der Genauigkeit, der Verfügbarkeit, der Rechengeschwindigkeit, der Speicherplatzkapazität, der Anpassungsfähigkeit und der Programmierbarkeit, weit überlegen geworden. Dagegen kann nur der Mensch schöpferisch denken, Ideen entwickeln, diese Ideen bewerten und über deren Weiterverwendung entscheiden, die Rechenanlage programmieren, Rechenprozesse entwickeln, auslösen und steuern.

Die Rechenanlage kann also, wenn sie richtig eingesetzt wird, das ideale Arbeitstier sein, das den Menschen von seinen Routinearbeiten: Ausführung von Berechnungen, Informationsverwaltung und -verarbeitung usw. entlastet, so dass sich dieser nur den schöpferischen Arbeiten: Formulierung der

Aufgabe, Auswahl der Algorithmen, Bewertung der Ergebnisse, Entwicklung neuer Methoden usw. zuwenden kann. Der Mensch wird dementsprechend auch im Computerzeitalter die Führung des industriellen Prozesses insbesondere des Designprozesses behalten müssen. Es wird gerade von seinen schöpferischen Fähigkeiten abhängen, wie er mit Hilfe von programmierbaren Rechenanlagen den Designprozess optimal gestaltet.

4. Über die Verwendung von Rechenanlagen im Designprozess

Die Verwendung von programmierbaren Rechenanlagen (Digitalrechner) im Berechnungs-, Konstruktions- und Entwurfsprozess wird zweckmässigerweise mit dem Begriff Computer-aided-design (CAD) gekennzeichnet.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, einen Digitalrechner in einem Designprozess einzusetzen: off-line und on-line.

Im Off-line-Computer-aided-designprozess (Fig. 4) wird der Designprozess vom Menschen durchgeführt. Die Information, die im Laufe des Designprozesses entsteht, wird dabei vom Menschen verwaltet. Der Digitalrechner wird im einfachsten Fall nur als schneller Rechenschieber verwendet. Im allgemeinen überträgt man dem Digitalrechner die Behandlung von Detailproblemen mit Hilfe vorhandener Programme wie z. B. die Nachrechnung des magnetischen Kreises oder der Erwärmung beim Entwurf von elektrischen Maschinen.

Off-line-Computer-aided-design ist das zurzeit übliche Verfahren sowohl für die Entwicklung als auch für die Routine.

Die Vorteile des Off-line-CAD sind:

a) Geringer Programmieraufwand:
Für die Lösung von Detailproblemen können Standardprogramme verwendet werden; für die Simulation kontinuierlicher Systeme z. B. CSMP.

b) Grosse Anpassungsfähigkeit:
Jeder Designprozess kann mit Off-line-CAD behandelt werden, da das Gelingen des Designprozesses nicht unbedingt von der Existenz geeigneter Algorithmen und Programme abhängig ist. Off-line-CAD bietet daher auch in der Zukunft allein die Möglichkeit Neuentwicklungen durchzuführen und mit Hilfe einer Rechenanlage schöpferisch zu arbeiten.

c) Relative Hardware-Unabhängigkeit:
Off-line-CAD stellt keine festen Anforderungen an die Ausrüstung der Rechenanlage. Ein Dialogverkehr mit dem Rechner wäre zwar in diesem Falle besonders erwünscht, jedoch keine Voraussetzung.

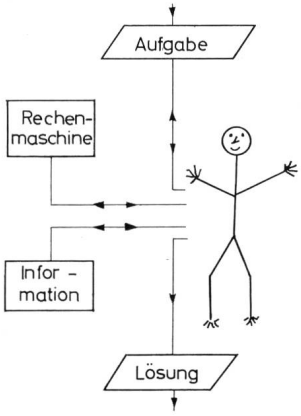

Fig. 4
Off-line-Compute-aided-design

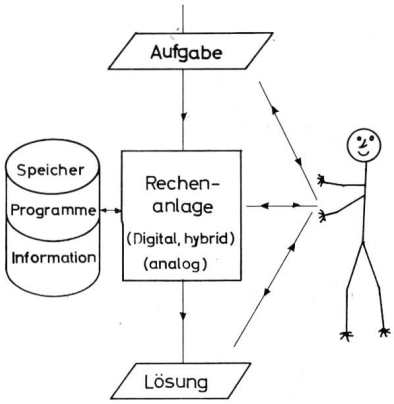

Fig. 5
On-line-Computer-aided-design

Da die Prozessdaten nicht gespeichert werden, können auch Kleinrechner verwendet werden.

Diesen Vorteilen stehen folgende Nachteile entgegen:

a) Der Off-line-CAD-Prozess ist diskontinuierlich, da der Prozess vom Menschen gesteuert, verwaltet und die Rechenanlage nur diskontinuierlich beansprucht wird.

b) Die für die Durchführung des Designprozesses notwendige Erfahrung ist im Menschen gespeichert. Der Off-line-CAD-Prozess kann daher nur von einem Sachbearbeiter durchgeführt werden, der darin erfahren ist.

c) Off-line-CAD-Prozesse bringen keine wesentliche Verminderung der Routinearbeiten. Der Datenverkehr mit dem Rechner und die Verwaltung der Prozessdaten bleiben dem Menschen überlassen. Dabei können sehr leicht Fehler gemacht werden, so dass die Zuverlässigkeit der Aussagen unnötigerweise in Frage gestellt ist.

Der von der Rechenanlage durchgeführte, vom Menschen gesteuerte Designprozess (On-line-Computer-aided-design) (Fig. 5) hat diese Nachteile nicht.

Mit On-line-CAD lässt sich ein kontinuierlicher Designprozess verwirklichen, der vom Menschen nur gesteuert wird. Die Routinearbeit, wie die Informationsverarbeitung und -verwaltung, übernimmt in diesem Fall die Rechenanlage. Damit vermindert sich auch die Fehlerwahrscheinlichkeit.

Da die Erfahrung in den Programmen des On-line-CAD-Prozesses gespeichert ist, kann der Designprozess auch von weniger erfahrenen Sachbearbeitern durchgeführt werden.

On-line-CAD hat jedoch auch Nachteile:

a) On-line-CAD ist problemorientiert.
Es ist daher nur auf den Entwurf bekannter Systeme oder Produkte anwendbar und setzt das Vorhandensein vollständiger Designprogramme für das zu entwickelnde Produkt voraus. Mit einem Programm kann im allgemeinen nur ein Produkt entwickelt werden.

b) Der Aufwand für die Programmierung ist sehr gross, da das Programm alle Möglichkeiten enthalten muss.

c) Die Berechnungs- und Konstruktionsalgorithmen müssen sehr vollkommen sein und die Entwurfsstrategie und Erfahrung vollständig enthalten.

d) Der Rechneraufwand ist sehr gross, da der Rechner nicht nur die Rechenarbeit sondern auch die Informationsverarbeitung und Speicherung übernehmen muss.

Wird der Designprozess automatisch, d.h. abgesehen von der Festlegung der Anforderungen, der Programme und der Datenein- und -ausgabe ohne menschliche Beteiligung durchgeführt, so spricht man von ADE (automated-design-engineering). Ein solcher Prozess kann nicht schöpferisch sein, wenn man von gewissen zufälligen Ergebnissen absieht. Trotzdem hat ADE eine sehr grosse Bedeutung, da es die Routineaufgaben des Designprozesses übernimmt.

5. Anforderungen an die Komponenten bei Computer-aided-design

Diese Gegenüberstellung der grundsätzlichen Möglichkeiten der Anwendung des Digitalrechners im Designprozess zeigt, dass im Sinne einer optimalen Produkterzeugung der On-line-CAD-Prozess anzustreben ist. Es ist wenig sinnvoll, dem Digitalrechner nur gewisse Rechenarbeiten zu übertragen. On-line-CAD kann jedoch wegen seiner besonderen Eigenschaft nur dann angewandt werden, wenn alle Komponenten des Prozesses gewisse Anforderungen bzw. Voraussetzungen erfüllen.

Ein Produkt kann nur dann mit On-line-CAD entwickelt, berechnet und konstruiert werden, wenn durch eine Konstruktions- und Berechnungssystematik der Designprozess lückenlos und in einer für die Rechenanlage verständlichen Form beschrieben wird. In dieser Systematik müssen die Formulierung der Ziele, der Anforderungen und der Variablen, die Gliederung der Konstruktion bzw. die Auflösung der Konstruktion in Baugruppen und Bauteile, enthalten sein [10...13]. Alle Vorgänge des Designprozesses müssen durch programmierbare Algorithmen und durch Entscheidungstabellen eindeutig beschrieben sein.

Von den verschiedenen Konstruktionen erfüllen nur die auf Prinziplösungen beruhende Variantenkonstruktion (z.B. Asynchronmotor, Transformator), die aus Normteilen bestehende Baukastenkonstruktion und die durch Optimierungsalgorithmen beschreibbare Optimalkonstruktion diese Voraussetzungen. Die Produkte müssen daher, falls sie mit CAD bearbeitet werden sollen, in diesem Sinne gestaltet werden. Die reine Einzelkonstruktion muss mittels einer produktbezogenen Normung durch Varianten, Baukasten- oder Optimalkonstruktion ersetzt werden. Man muss davon abkommen, wenn man den Konstruktionsprozess mit Hilfe von Rechenanlagen rationalisieren will, jede Konstruktionsaufgabe durch eine Neukonstruktion lösen zu wollen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn man auf Prinziplösungen und auf eine entsprechende Produktnormung zurückgreifen kann.

Das Informationssystem hat bei CAD nicht nur die Aufgabe, die CAD-Prozess benötigten Angaben über Werkstoffe, Normteile, Normprodukte mit Hilfe einer allgemeinen Datenstruktur und eines Klassifizierungssystems bereitzustellen, es soll den Anwender auch bei der Beschaffung der für die Entwicklung von CAD-Prozessen notwendigen Literatur über Algorithmen, Berechnungsmethoden, Programmierverfahren usw. behilflich sein.

Betrachtet man verschiedene CAD-Prozesse, so stellt man fest, dass meist gleichartige Aufgaben zu lösen sind: Elektronische Schaltungen sind zu analysieren. Das Funktionieren einer logischen Schaltung ist zu überprüfen. Kontinuierliche, durch Differential- und Systemgleichungen beschreibbare Systeme sind zu simulieren. Elektrische, magnetische, thermische und mechanische Felder sind zu berechnen (Verfahren der Finiten Elemente). Parameter einer Anordnung sind so zu bestimmen, dass eine Zielfunktion ein Minimum annimmt (lineare und nichtlineare Optimierung). Daten sind einzugeben, abzuspeichern, auszugeben oder vom Speicher zu lesen. Gespeicherte Daten sind abzuändern. Stücklisten sind auszuschreiben, Entscheidungstabellen sind zu bearbeiten, Zeichnungen sind mit einem Plotter anzufertigen, Prozessdaten sind in Steuerdaten für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen umzusetzen.

Es ist sinnvoll, für derartige, häufig wiederkehrende Aufgaben allgemein verwendbare Programme zu erstellen, die in jeden CAD-Prozess eingefügt werden können. An diese Programme müssen daher folgende Anforderungen gestellt werden:

a) Einfache Dateneingabe oder Eingabesprache;
b) Modularer Aufbau, so dass problemorientierte Zusatzprogramme angefertigt werden können oder der Einbau des Programmes in ein CAD-Programm möglich ist.
c) Verwendung einer allgemein gültigen Programmiersprache.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, die Programmierung zu normen, d.h. eine Standardprogrammierlogik zu verwenden und dann für die Programmierung von CAD-Prozessen ein allgemeines Rahmenprogramm wie z.B. ICES vom MIT zu benützen, welches die allgemeinen Aufgaben eines CAD-Programmes wie z.B. die Dateneingabe und Ausgabe usw. löst.

Die Anforderungen an die Rechenanlage lassen sich sehr allgemein angeben:

Sie muss einfach zu bedienen sein, Speicher verschiedener Grösse mit verschiedenen Zugriffszeiten zur Verfügung stellen, schnell antworten, verschiedene Ein- und Ausgabemittel besitzen und preiswert sein.

Auch an den Menschen stellt CAD neue Anforderungen:

Der Mensch hat die Aufgabe, CAD-Prozesse zu entwickeln, zu organisieren und zu programmieren. Er muss die Produkte für CAD vorbereiten, normen, Prinzipkonstruktionen und Baukastensysteme festlegen. Der Mensch wird diese Aufgabe nur lösen können, wenn er in Systemen denkt, bereit ist zur Teamarbeit und seine Programme so allgemein und modular auslegt, dass diese Gegebenheiten leicht angepasst werden können.

6. Anwendungsbereiche von Computer-aided-design

Bei einer sinnvollen Anwendung von CAD müssen sowohl Aufwand und Ertrag in einem vernünftigen Verhältnis zueinander stehen als auch die Komponenten gewisse Anforderungen erfüllen. Beim heutigen Personalmangel wird daher CAD so anzuwenden sein, dass einerseits die Rechenanlage die Routinearbeit des Designprozesses übernimmt, – dadurch wird das technische Personal entlastet und steht zur weiteren Einführung von CAD zur Verfügung –, und anderseits der Aufwand für die Programmierung von CAD-Prozessen möglichst gering ist.

Von diesen Kriterien ausgehend, sind folgende Anwendungsbereiche für On-line-CAD zurzeit gesichert:

a) Der Entwurf, die Berechnung, die Konstruktion bzw. die Auslegung von Normprodukten, Prinzip- und Optimalkonstruktionen, wie z. B. elektrische Maschinen, Transformatoren, Bauteile der Elektronik, Turbinen, Turbolader, Induktionsöfen usw., sowie die Erstellung entsprechender Angebote, Auftrags- und Fertigungsunterlagen;
b) Der Entwurf und die Auslegung von Produkten und Systemen nach dem Baukastenprinzip aus genormten Einzelteilen, wie z. B. numerische Steuerungen, Stromrichteranlagen, Induktionsofenanlagen usw.

Off-line-CAD wird aber dennoch daneben in der Bedeutung noch wachsen, da es allein die Möglichkeit bietet, Entwicklungsprozesse mit Hilfe von Rechenanlagen zu rationalisieren, zu verfeinern und zu optimieren, und vor allem grosse Systeme zu entwickeln.

Literatur

[1] International conference on computer aided design. 15...18 april 1969 held at the University of Southampton. IEE Conference Publication No. 51. London, Institution of Electrical Engineers, 1969.

[2] Proceedings of the fifth annual SHARE-ACM-IEEE 1968 design automation workshop, july, 15...18, 1968. Washington, D. C., IEEE CAT 68 C36CPR, 1968.

[3] Special issue on computer-aided design. Proc. IEEE 55(1967)11.

[4] *B. J. Bennington* and *C. M. I. Rattray:* A general examination of engineering design. Proc. of the fifth annual SHARE-ACM-IEEE 1968 design automation workshop, technical session paper No. 23.

[5] *B. H. Anstiss:* MDELTA — a digital program for control analysis. Proc. of the fifth annual SHARE-ACM-IEEE 1968 design automation workshop, technical session paper No. 9.

[6] *A. J. Ellison* and *A. Twardzicki:* Computer as an electrical machine design aid. Electrical Times 155(1969)13, p. 50...52 No. 14, p. 46...48.

[7] *D. Pflugbeil* und *L. Wolf:* Programmierte Prinzipkonstruktion. Siemens Z. 44(1970)3, S. 152...160.

[8] *H. W. Bradly* and *J. Houstoun:* The computer evaluation of steam turbine plant and its extention to graphic on-line design. Internation conference on computer aided design 1969. IEE Conference Publication No. 51, p. 216...220.

[9] *K. Brankamp, U. Claussen* und *H.-P. Wiendahl:* Die elektronische Datenverarbeitung — ein Hilfsmittel der Rationalisierung im Konstruktionsbereich. Konstruktion 22(1970)4, S. 132...142.

[10] *W. Eversheim:* Konstruktionssystematik — Aufgaben und Möglichkeiten. Habilitationsschrift Technische Hochschule Aachen 1969.

[11] *K. Kapfberger:* Programmierte Prinzipkonstruktion. Ein Verfahren zur Herstellung von Werkstattzeichnungen für die Einzelfertigung. Siemens Schriftenreihe data praxis.

[12] *H. Klotz:* Verfahren zur Berechnung und Entwicklung von Transformatoren. Siemens Schriftenreihe data praxis.

[13] *G. Merker:* Computergestützte Konstruktion — Entlastung für den Konstrukteur. Feinwerktechnik 73(1969)11, S. 488...493.

Adresse des Autors:

PD Dr.-Ing. *Konrad Reichert,* Chef der Abteilung technisch-wissenschaftliche Analyse und Rechnen der AG Brown, Boveri & Cie., 5400 Baden.

ABBE JEAN ANTOINE NOLLET

1700—1770

Larousse, Paris

Jean Antoine Nollet, geboren am 17. November 1700, wurde von seinem Vater, einem armen Bauern, für den geistlichen Stand bestimmt. Um die Zeit, da der Sonnenkönig Louis XIV. starb, kam der junge Nollet ins Collège von Beauvais und nachher nach Paris, wo er Theologie und Philosophie studierte. Es war die Zeit, da es zum guten Ton gehörte, mit Hilfe von Elektrisiermaschinen allerhand elektrische Versuche anzustellen. Nollet interessierten nicht nur diese, sondern auch alles was mit Physik zusammenhing. *Réaumur* stellte ihm sein Laboratorium zur Verfügung, und dort stellte er Versuche an, so über den Einfluss der Elektrizität auf das Pflanzenwachstum und auf Tiere, Wirkung von Spritzen, Verhalten von mit Flüssigkeiten und Gasen gefüllten Kapillaren im elektrischen Feld.

1734 unternahm er zusammen mit *Dufay* eine Reise nach Holland und England. In London wurde er als Mitglied der Royal Society aufgenommen. Nach Paris zurückgekehrt, gewann er die Gunst des Dauphin, des nachmaligen Louis XV. Dessen erster Minister, Kardinal *Fleury* schaffte 1736 speziell für Nollet einen Lehrstuhl für Physik. Drei Jahre später wurde er Mitglied der Académie française. Dank seines Rufes musste Nollet Vorlesungen auch in Turin und Bordeaux halten. 1753 wurde er auf den Lehrstuhl für Physik am Collège de Navarre in Paris berufen und 8 Jahre später überträgt man ihm die wissenschaftliche Leitung der Artillerie- und Genieschule in Mézières.

Nollet entdeckte 1748 die Osmose, 1747 sprach er auf Grund von Beobachtungen an einer Elektrisiermaschine die Vermutung aus, Funke und Blitz seien das Gleiche. Später hat *Benjamin Franklin* diese Übereinstimmung bewiesen, was aber Nollet nicht hinderte, *Franklins* Ansichten über den Blitzableiter sowie verschiedene seiner Schriften abzulehnen.

Ferner baute Nollet ein einfaches Elektroskop, mit dem er Elektrizitätsmengen messen konnte. Die Wirkung der Elektrisierung führte er dem König Louis XV. mit 180 Karthäuser Mönchen vor. Er brachte die Bezeichnung «Leidener Flasche» auf, weil er der irrigen Auffassung war, *Musschenbroek* in Leiden habe sie zuerst erfunden, während diese Ehre *Ewald Jürgen von Kleist* (1676–1749) zufällt.

Nollet verfasste zahlreiche wissenschaftliche Berichte und fünf Bücher über experimentelle Physik, insbesondere über Elektrizität. Als er am 24. April 1770 in Paris starb, stand er im Ruf eines begnadeten Experimentators und hervorragenden Lehrers. *H. Wüger*