

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 13 (1988)

Artikel: Der rechnerunterstützte Ingenieurarbeitsplatz: Anforderungen und
Lösungen

Autor: Werner, Heinrich

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-13004>

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: 19.02.2026

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

Der rechnerunterstützte Ingenieurarbeitsplatz – Anforderungen und Lösungen

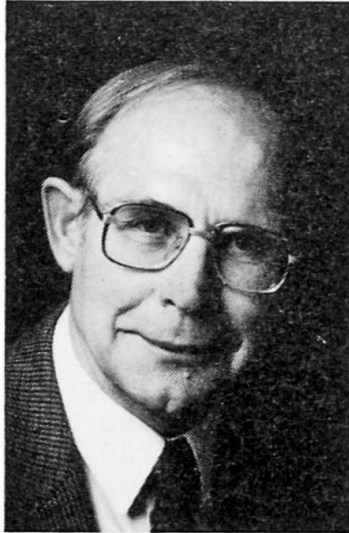
The CAE – Workstation – Requirements and Approaches

La place de travail informatisée: besoins et propositions

Heinrich WERNER

Prof. Dr.-Ing.

Technische Universität München
München, Bundesrep. Deutschland



Heinrich Werner, geboren 1931, promovierte 1965 als Bauingenieur an der Universität Hannover. In den nachfolgenden fünf Jahren war er in der Bauindustrie besonders mit dem Rechnereinsatz im konstruktiven Ingenieurbau befaßt. 1969 habilitierte er sich für das Fach Elektronisches Rechnen im konstruktiven Ingenieurbau. Seit 1971 ist er Universitätsdozent und seit 1977 Universitätsprofessor an der Technischen Universität München.

ZUSAMMENFASSUNG

Der multifunktionale Ingenieurarbeitsplatz wird zur Standardausrüstung in den nächsten Jahren. Über ihn steht der Ingenieur in interaktiver Verbindung sowohl mit den Bearbeitungsprogrammen als auch mit anderen, am Planungs- oder Entwurfsprozeß beteiligten Personen. Die Kommunikation in lokalen und überörtlichen Netzen erhält eine Schlüsselrolle. In dem Beitrag werden Anforderungen an die Softwarequalität und an die Dialoggestaltung aufgestellt und Lösungen beschrieben.

SUMMARY

The multifunctional engineering workstation is supposed to become general equipment within the next years. By means of this equipment the engineer is interactively connected to engineering software and to other people involved in the design process. Communication in local area networks and in remote networks are becoming a key object. In the paper some requirements of software quality and user interfaces are given and current approaches are indicated.

RÉSUMÉ

Dans un proche avenir, la place de travail de l'ingénieur sera multifonctionnelle et informatisée. Grâce à celle-ci, l'ingénieur sera en liaison interactive aussi bien avec les programmes de calcul de structures qu'avec d'autres personnes concernées dans le processus du projet. La communication joue un rôle déterminant dans les réseaux locaux et à grande distance. La contribution mentionne les qualités requises du logiciel ainsi que les interfaces nécessaires aux utilisateurs; les solutions actuelles sont indiquées.



1. EINFÜHRUNG

In den kommenden Jahren werden rechnerunterstützte, multifunktionale Arbeitsplätze zur Standardausrüstung der Ingenieure gehören. Ihre Vernetzung ermöglicht eine weitreichende Kommunikation zwischen den am Planungs- oder Bauprozess Beteiligten und zur Außenwelt. Diese technischen Entwicklungen haben tiefgreifende Konsequenzen auf das Ingenieurgeschehen: War bisher die Datenverarbeitung ein Mittel zur Herstellung besserer Entwürfe mit geringerem Aufwand, so ist jetzt die Bauinformatik dabei, Entwurfs-, Planungs- und Bauprozesse selbst zu analysieren und zu modellieren. Der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken wird zur Schlüsselaufgabe in einem sich verschärfenden Wettbewerb.

2. HARDWARE /2/

Seit dem Beginn der Vermarktung von Mikroprozessoren 1974 haben die Prozessorleistung und die Speicherkapazität pro Chip sich aller drei Jahre vervierfacht.

Seit drei Jahren werden 32-Bit-parallel verarbeitende Mikroprozessoren angeboten, deren Rechnerleistung bei 4 Mips (= 4 Millionen Instruktionen pro Sekunde) liegen; für die nächste Zukunft können wir davon ausgehen, daß alle Ingenieurarbeitsplätze mit 'persönlichen' Rechnern der 32-Bit-Klasse ausgestattet sind.

Die Arbeitsumgebung des Ingenieurs bilden der Bildschirm mit Tastatur und Stift oder Maus, die Ausgabegeräte Drucker und Plotter, Plattenspeicher und der Anschluß an lokale und öffentliche Netze. Der Trend, diese peripheren Geräte mit separaten Prozessoren zu betreiben, führt zu einer Steigerung der Gesamtleistung der Systeme. Insbesondere setzen bei den graphischen Bildschirmen eigene Bildprozessoren vektorielle und flächenhafte Informationen schnell in Bildpunkte um.

Farbbildschirme verbessern die Übersicht des konstruktiv tätigen Bearbeiters so entscheidend, daß dieser darauf nicht mehr verzichten wird. Hochauflösende Laserdrucker kommen in akzeptable Preisbereiche, insbesondere wenn sie von mehreren Arbeitsplätzen aus angesteuert werden.

3. SOFTWARE

3.1 Betriebssysteme und fachübergreifende Software

Mit der Entwicklung weitverbreiteter Mikroprozessoren haben sich Betriebssysteme auf dem Markt durchgesetzt, die zum Quasi-Standard wurden; so z.B. MS-DOS oder sein Nachfolger OS/2 für PCs.

Zur Erhöhung des Bedienungskomforts tragen stift- oder mausgesteuerte graphische Benutzeroberflächen bei, wie z.B. GEM von Digital Research. Die volle Leistungsfähigkeit der heutigen 32-Bit-Prozessoren wird durch das Betriebssystem UNIX ausgenutzt, das dabei ist, zum verbreiteten Qasi-Standard für Workstation-Computer und für alle Computer der höheren Leistungsklasse zu werden.

Insbesondere ist UNIX durch seine Mehrprozeß-, seine Mehrbenutzer- und durch seine Netzfähigkeit ausgezeichnet.

Mit verbreiteten Betriebssystemen konnte sich fachübergreifende Software entwickeln, die wegen ihrer hohen Verkaufszahlen durch

- eine hohe Zuverlässigkeit, durch
- bemerkenswerten Handhabungskomfort und durch
- ein sehr günstiges Preis-/Leistungs-Verhältnis

gekennzeichnet ist.

Zu ihr zählen z.B. Textbearbeitungssysteme, Desktop-Publishing-Systeme, Datenverwaltungssysteme, Tabellenkalkulationsprogramme (Spreadsheets) sowie graphische Zeichnungssysteme.

3.2 Benutzeroberflächen

Die Bedienung der Arbeitsplätze erfolgt im Dialog über die 'Benutzeroberfläche'. Ihre Ergonomie beeinflusst entscheidend die Akzeptanz und die Effektivität rechnerunterstützten Arbeitens /1/.

Der Ingenieurdialog umfaßt im Bauwesen etwa die Funktionen:

1. Interaktive Dateneingabe über Tastatur, Stift oder Maus,
2. Darstellung und Interpretation von Ergebnissen in Tabellen, Zeichnungen oder Schaubildern,
3. Steuerung der Aufruffolge von Bearbeitungsprogrammen und
4. Informationsgewinnung und -weitergabe auf Kommunikationswegen.

An die Gestaltung des Dialogs sind hohe Anforderungen zu stellen:

1. Einheitlichkeit auch bei unterschiedlichsten Aufgaben:
 - Gleichartige Aktionen sind mit gleichartigen Interaktionen auszulösen (z.B. Kopieren eines Briefes oder einer Zeichnung),
 - die Dialogform darf nicht mit jeder Aufgabe wechseln,
 - die manuellen Arbeitsmittel (z.B. Aktenordner, Papierkorb, Lineal) sollten auf dem Bildschirm symbolisch beibehalten werden.
2. Selbsterklärungsfähigkeit der Benutzeroberfläche (eine zusätzliche Handbuchbenutzung widerspricht dem Dialogcharakter):
 - statische Auskunftssysteme, deren Auskünfte auf Anfrage unabhängig vom Bearbeitungszustand erfolgen und
 - Beratungssysteme, die als Expertensysteme die Bearbeitungsgeschichte mitverfolgen und die sich bei Fehlern melden.
3. Steuerbarkeit und individuelle Gestaltbarkeit:
 - ständiger Zugang zum Arbeitsplatz, stete Zugriffsmöglichkeit auf alle benötigten Daten und Programme und jederzeitige Auskunft über den aktuellen Bearbeitungszustand,
 - Steuerung der Aktionenfolge, der Datenverwaltung und des Geräteeinsatzes durch den Bearbeiter,
 - UNDO- und REDO-Fähigkeiten sowie
 - Anpassung des Dialogs an den Erfahrungs- und Wissensstand des Benutzers sowie an seine Fähigkeiten und seine Eigenheiten. Eine Überforderung des Benutzers führt zur Ablehnung, eine Unterforderung zur Eintönigkeit.

Es ist erkennbar, daß in der Gestaltung von Bedieneroberflächen Multifenstertechniken mit Maus- oder Stiftsteuerung die kommende Entwicklung bestimmen.

Graphische Darstellungen eingegebener Objekte, Manipulationen an diesen Objekten durch Anpicken von zu verändernden Objektteilen und von Menüfeldern sowie die geometrische Eingabe mittels eines Digitalisierstiftes greifen ingenieurmäßige Arbeitstechniken wieder auf. Fig. 1 zeigt einen Vorschlag für die interaktive Generierung finiter Elemente /5/.

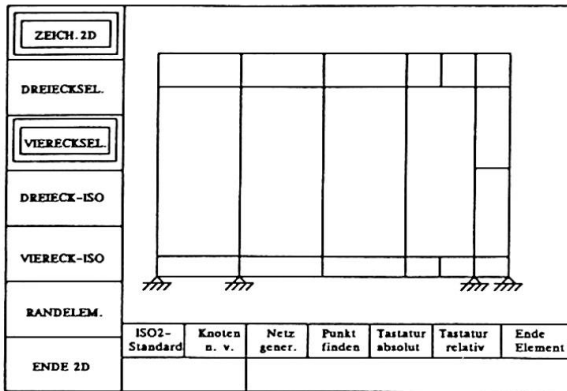


Fig.1 Erzeugung eines Finite-Element-Netzes

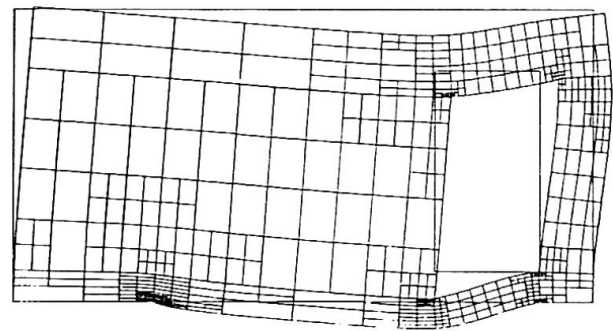


Fig.2 Adaptiv verfeinertes Finite-Element-Netz

3.4 Fachspezifische Software

Mit dem Fortschritt der Informationstechnik wachsen die Anforderungen an die Leistung und die Qualität fachspezifischer Software:

1. Zwingend notwendig erscheint die Einbindung vorhandener Einzelösungen in Konzepte der vernetzten Bearbeitungen. Das erfordert eine umfangreiche Analyse der Prozeßabläufe in Entwurf, Konstruktion, Planung und Bauausführung. Ihr folgt eine Feststellung der Informationsflüsse und die Formulierung von Schnittstellen.
2. Es empfiehlt sich, fachspezifische Aufgaben so zu modellieren, daß bei der Realisierung in möglichst hohem Maße fachübergreifende Software als Werkzeuge mit eingestzt werden kann. Dazu gehören z.B. der Rückgriff auf Datenverwaltungssysteme, auf Graphiksysteme oder der verstärkte Einsatz von Tabellenkalkulationsprogrammen, aus denen heraus fachspezifische Berechnungen aufgerufen werden.
3. Bei der Handhabung von Programmen ist es einem Ingenieur nicht zuzumuten, daß er gedanklich laufend von einer zur anderen Eingabevorschrift umwechselt. Heutige Fenstertechniken wie z.B. X-WINDOWS ermöglichen standardisierte Dialogformen in unterschiedlichsten Programmumgebungen.
4. Ein wichtiges Merkmal qualitativ hochwertiger Software ist ihre Zuverlässigkeit. Sie umfaßt
 - richtige Problemlösungen in abgegrenzten Einsatzbereichen,
 - Minimierung von Abstürzen durch Programmierfehler und
 - Plausibilitätskontrollen der Eingabedaten.

Dem ersten Punkt kann man sich durch die Erarbeitung von Patchtests, die freizugebende Programme mindestens erfüllen müssen, nähern. Bemerkenswert sind hier die Patchtests der britischen Organisation NAFEMS für Finite-Element-Programme.

Der zweite Punkt wird durch modernes Softwareengineering mit erprobten Testmethoden sowie durch vermehrten Einsatz ausgereifter Softwarebausteine erreicht.

5. Programme des rechnerunterstützten Ingenieurwesens (CAE) stützen sich auf Ingenieurmodelle. Diese Modelle erhalten im Laufe eines

Entwurfs- oder Planungsprozesses zunehmenden Verfeinerungsgrad. Eine Effizienzsteigerung wird erreicht, wenn durch automatische Abschätzung der Güte eines Ergebnisses das verwendete Modell adaptiv verfeinert werden kann.

Bekannte Beispiele in dieser Richtung sind die adaptiven Finite-Element-Modelle, in denen auf Grund lokaler Fehlerschätzungen /6/ entweder die Elemententeilung (Fig. 2) oder die Elementwertigkeit oder beides zusammen /7/ verändert wird.

4. KOMMUNIKATION

4.1 Überblick

Über den Arbeitsplatzrechner ist der Ingenieur als Sachbearbeiter in vernetzte Planungs-, Konstruktions- oder Herstellungsprozesse eingebunden. Der Bildschirm wird zum wichtigen Kommunikationsmittel

- zwischen den an den Prozessen beteiligten Bearbeitern und Gewerken (horizontaler Informationsaustausch),
- zwischen den nacheinander ablaufenden Phasen der Projektentwicklung (vertikaler Informationsfluß),
- zwischen den Bearbeitern und der 'Außenwelt' (Bauherr, Behörde, Informationsdienste) sowie
- zwischen den Arbeitsplätzen und gemeinsam genutzten Geräten (Laserdrucker, Plotter oder Massenspeicher).

4.2 Lokale Netze

Lokale Netze (LANs) dienen dem Informationstransfer zwischen gleichberechtigten Rechnern in einem räumlich begrenzten Gebiet. Angebotene Basisdienste der lokalen Netze /3/ sind z.B.

- der Zugriff auf Dateien anderer Rechner (remote file acces),
- der Zugriff auf Geräte, die durch andere Rechner betrieben werden (remote device acces),
- die Nutzung fremder Rechenkapazität (remote execution) und
- die Kommunikation zwischen auf unterschiedlichen Rechnern aktiven Prozessen (intertask communication)

Die Ausnutzung der genannten Fähigkeiten vergrößert den Leistungsbereich eines einzelnen Arbeitsplatzes beträchtlich durch

- parallele Nutzung mehrerer Prozessoren, durch
- gemeinsame Nutzung teurer Peripheriegeräte oder durch
- dezentral verwaltete, aber gemeinsam benutzte Datenbestände.

4.3 Öffentliche Netze

Über öffentliche Wählnetze (Telefonnetze, Datex-Netze) wird der Arbeitsplatzrechner mit der gesamten Außenwelt, z.B. mit Informationsdatenbanken oder mit Projektpartnern an anderen Orten verbunden. Im Bereich der Universitäten wird seit einigen Jahren erfolgreich das EARN ('European Academic Research Network') der IBM für den elektronische Briefverkehr und für Dateiübermittlungen eingesetzt. EARN ist über 'Gateways' mit dem Nachbarnetz BITNET in den USA verbunden; eine Einrichtung, die einen raschen wissenschaftlichen Austausch innerhalb und zwischen beiden Kontinenten ermöglicht hat. In der Bundesrepublik Deutschland wird zur Zeit das Deutsche Forschungsnetz 'DFN' aufgebaut und in Pilotprojekten erprobt. In ihm können Arbeitsplatzrechner und Großrechner unterschiedlicher Bauart



über Standardprotokolle miteinander kommunizieren.
Eines der DFN-Pilotprojekte ist die 'Softwarebörse Bauwesen', in dem an verschiedenen Orten Aufgaben der Tragwerksplanung im Verbund bearbeitet werden. Ziel ist es, die dezentrale Projektplanung modellhaft zu erproben.

5. AUSBILDUNGSFRAGEN

Einen Hauptkostenfaktor bei der Einführung von CAE in einem Ingenieurbüro bildet die Ausbildung und die Schulung der Mitarbeiter. Die CAE-Ausbildung an den Universitäten hat mit der technologischen Entwicklung nicht Schritt gehalten. Verstand man seither unter Technik die Beherrschung von Materialien, von Kräften und von Energien, so tritt heute die Beherrschung und Verarbeitung von Informationen in den Vordergrund. Dieser Veränderung hat die Ingenieurausbildung Rechnung zu tragen. Im Bereich des Bauingenieurwesens formiert sich als neues Querschnittsfach die Bauinformatik. Die Schwerpunkte in Lehre und Forschung der Bauinformatik liegen in der Analyse und der Modellierung von Prozessen des Bauwesens sowie in der Entwicklung von Methoden zu ihrer Realisierung. An der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technischen Universität München wurden im Rahmen des Computerinvestitionsprogrammes der Bundesregierung (CIP) 20 untereinander vernetzte UNIX-Arbeitsplätze für die rechnerunterstützte Lehre bereitgestellt. Auf ihnen erhalten die Studenten eine, auf einem vorangehenden Programmierkurs aufbauende, Querschnittsausbildung im Fach Bauinformatik mit den Themenbereichen

- Betriebssysteme und Datenverwaltung,
- geometrische Modellierung und interaktive Computergraphik,
- bauspezifische Prozesse, Modelle, Algorithmen und Software.

Im Vertiefungsstudium bauen fachspezifische Lehrangebote, wie z.B. Finite Elemente in der Tragwerksberechnung, darauf auf.

LITERATURVERZEICHNIS

1. BULLINGER H.-J. (Hrsg.), Softwareergonomie '85. B.G. Teubner, Stuttgart 1985.
2. LOHRMANN J., Arbeitsplatzrechner im Überblick; Konzepte, Komponenten, Konfigurationen. Informationstechnik 29 (1987), H.5 (Sonderheft Arbeitsplatzrechner), S. 275-289.
3. HEGERING H.-G.; KAUFFELS F.-J., Verbundmöglichkeiten für Arbeitsplatzrechner. ebd. S. 289-301.
4. WERNER H., CAE-Arbeitsplatzrechner im Bauingenieurwesen. ebd. S. 302-306.
5. DOSTER A.; WERNER H., Ingenieurgerechte Dateneingabe bei Berechnungsprogrammen. Bauingenieur 63 (1988), Heft 3.
6. RANK E.; ROSSMANN A., Fehlerschätzung und adaptive Netzanpassung bei Finite-Element-Berechnungen. Bauingenieur 62 (1987), Heft 10.
7. BELLMANN J., Hierarchische Finite-Element-Ansätze und adaptive Methoden für Scheiben- und Plattenprobleme. Dissertation, München 1987.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Leere Seite
Blank page
Page vide