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

Band: 13 (1988)

Artikel: CAD Anwendungen im Konstruktiven Ingenieurbau und Expertensystem

Autor: Ehlert, Wolfgang

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-12989

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: 09.08.2025

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

CAD Anwendung im Konstruktiven Ingenieurbau und Expertensystem

Use of CAD in Construction Engineering Design and Expert Systems

Conception assistée par ordinateur et systèmes experts en génie civil

Wolfgang EHLERT
Dr.-Ing.
Strabag Bau-AG
Köln, Bundesrep. Deutschland

Wolfgang Ehlert, geboren 1951, Studium und Promotion an der Ruhr-Universität Bochum. Seit 1981 bei der Strabag Bau-AG, seit 1982 Leiter der Technischen EDV, seit 1987 auch Geschäftsführer der DICAD Software GmbH Köln.

ZUSAMMENFASSUNG
Erfahrungen aus dem CAD-Einsatz im Konstruktiven Ingenieurbau zeigen, daß die Vorteile für das technische Büro und die Baustelle überwiegen und nicht durch die entstehenden Kosten oder die auch vorhandenen Nachteile aufgewogen werden. Aus dem täglichen CAD-Einsatz lassen sich realistische Vorstellungen über die Möglichkeiten von Expertensystemen ableiten, speziell auf dem Gebiet des Datentausches zwischen verschiedenen CAD-Systemen.

SUMMARY
Experience gained from the use of CAD in construction engineering design clearly demonstrates that the advantages for both, engineering offices and construction sites, are overwhelming, and far outweigh the resulting costs or present disadvantages. A realistic idea of the possibilities of expert systems, particularly in the sector of data-exchange between differing CAD systems, can be deduced from the practical, everyday use of CAD programs.

RÉSUMÉ
Des expériences dans l'utilisation de la conception assistée par ordinateur dans le domaine du génie civil montrent que les avantages pour le bureau technique et le chantier sont prédominants et supérieurs aux coûts résultants ou aux désavantages aussi existants. Un concept réaliste concernant les possibilités des systèmes experts, en particulier dans le domaine de l'échange des données, peut découler de l'utilisation quotidienne de la conception aidée par ordinateur.

1. EINLEITUNG

Die überwiegende Anzahl der in Deutschland mit Konstruktivem Ingenieurbau befaßten Technischen Büros, beschäftigt immer noch mehr Bauzeichner und Konstrukteure als Statiker. Während für die Statiker der Rechnereinsatz heute selbstverständlich ist, gilt dies noch nicht für die Konstrukteure.
Es gibt aber CAD (Computer aided detailing)-Systeme, die die Konstruktionstätigkeit so unterstützen, daß ein Rechnereinsatz wirtschaftliche Vorteile bringt.
Diese Vorteile ergeben sich zum Teil aus Zeitersparnissen im Konstruktionsbüro und zu einem ebenso wichtigen Teil durch die hohe Qualität der mit CAD-Unterstützung erstellten Pläne, die sich direkt positiv auf die Bauausführung auswirkt.
Neben diesen Vorteilen ergibt eine Abhängigkeit von Technik immer auch Nachteile, die aber den CAD-Einsatz nicht grundsätzlich in Frage stellen.
Daneben sind heute Expertensysteme im Gespräch, die z.B. in engen Bereichen der Medizin oder des Automobilbaus Beachtung finden.
Gerade aus den Problemen mit einem alltäglichen CAD-Einsatz,lassen sich für den Bereich des Konstruktiven Ingenieurbaus realistische Vorstellungen über die Möglichkeiten eines Expertensystemes ableiten.

2. CAD - ANWENDUNG IM KONSTRUKTIVEN INGENIEURBAU

2.1 Vorteile für das Technische Büro

2.1.1 Erforderliche Wirtschaftlichkeit

Die Aufwendungen für den CAD-Einsatz ergeben sich aus den Kosten für Programme und Hardware, sowie für die Schulung und aus der verminderten Leistungsfähigkeit des Anwenders während der Einführungsphase. Daneben ergeben sich Kosten aus der Abschreibung, Wartung, Verzinsung, ...

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit des CAD-Einsatzes läßt sich nicht aus einem möglichen Beschleunigungsfaktor beantworten. Stattdessen ist die Ermittlung eines erforderlichen Faktors wesentlich hilfreicher zur Abwägung des CAD-Einsatzes.
Durch Auswahl für CAD geeigneten oder ungeeigneten Projekten kann dann der Einsatz und die Wirtschaftlichkeit vom Anwender gesteuert werden.
Die Preise für zwei Arbeitsplätze auf PC-Basis stellen sich wie folgt dar :

2 x PC-Rechner (80386 CPU), 20" Farbbildschirm Eingabetablett : 2 x DM 30.000,--	DM 60.000,--
1 DIN A0-Plotter	DM 30.000,--
2 x Programme und Schulung	DM 77.000,--
Investition :	DM 167.000,--
Laufende Kosten :	
Abschreibung auf 5 Jahre ca.	DM 33.400,--
Verzinsung ca.	DM 8.400,--
Wartung, Verbrauchsmaterial	DM 21.200,--
Jahreskosten für 2 Arbeitsplätze :	DM 63.000,--
Monatl. Kosten je CAD-Arbeitsplatz (starker PC)	DM 2.625,--

Die Kosten beim Einsatz einer Anlage der mittleren Datentechnik wie z.B. einer Micro-VAX II, liegen in den Investitionen um ca.
DM 20.000,-- höher. Auf den Monat bezogen ergibt sich dabei:

Monatl. Kosten je CAD-Arbeitsplatz (Micro-VAX II Basis)	DM 2.850,--

Setzt man für die Konstrukteurstunde einschließlich Lohnnebenkosten und sonstiger Umlagen 70,-- DM/Std an, so ergeben sich bei 175 produktiven Tagen im Jahr monatliche Kosten von :

70 x 175 x 8/12 = DM 8.167,--

Aus diesen Zahlen ergibt sich ein erforderlicher Beschleunigungsfaktor von

1 + 2625/8167 = 1,32

Erfahrungsgemäß reicht ein schneller DIN A0-Plotter für 4 CAD-Arbeitsplätze aus, so daß sich bei 4 Arbeitsplätzen ein erforderlicher Faktor von ca. 1,23 ergibt.

2.2.1 Erreichbare und erreichte Wirtschaftlichkeit

Die vorgenannten Faktoren können bei der Bearbeitung eines einzelnen A0-Planes nicht ohne weiteres erreicht werden. Sobald der einzelne Plan aber Teil einer Plankette ist, sind die Faktoren leicht zu erhalten. Der Effekt der Plankette ist im Konstruktiven Ingenieurbau fast immer allein dadurch gegeben, daß Schalung und Bewehrung bei mittleren und allen größeren Bauvorhaben auf mehreren Plänen dargestellt werden müssen. Wenn zusätzlich weitere Gewerke wie z.B. die Haustechnik oder als Vorlauf sogar die Planer mit CAD gearbeitet haben, sind immer erhebliche wirtschaftliche Vorteile der Konstruktionstätigkeit gegeben.
Als typisches Beispiel für Pläne, bei dem die Einzelbearbeitung mit CAD nicht den erforderlichen Faktor liefern kann, dient Bild 1.

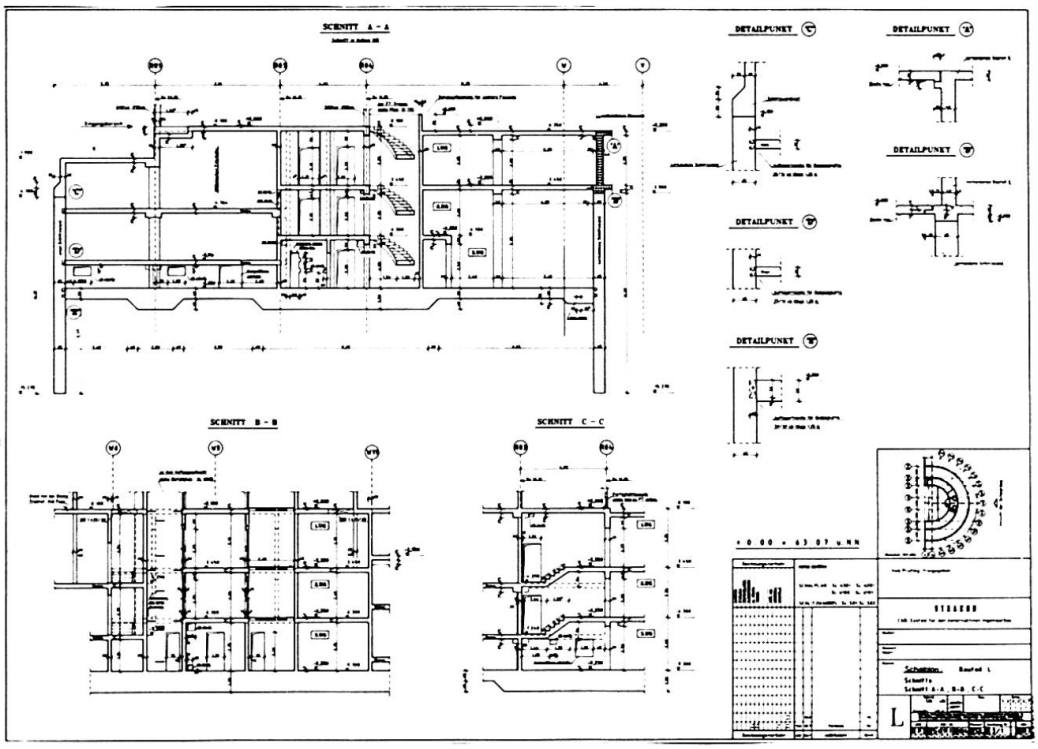

Bild 1
Beispiel für Plan der mit CAD-Bearbeitung keinen ausreichenden Beschleunigungsfaktor liefert.

Im Vergleich dazu erreicht man bei der Ausarbeitung des einzelnen Grundrissplanes des gleichen Bauvorhabens, der als Übersicht in der rechten unteren Ecke von Bild 1 sichtbar ist, durch die vorhandene Geometrie, Faktoren größer 2.

Neben dem Effekt der Plankette ergeben sich bei geeignetem CAD-System immer auch Einsparungen bei Bewehrungsplänen (s.Bild 2)

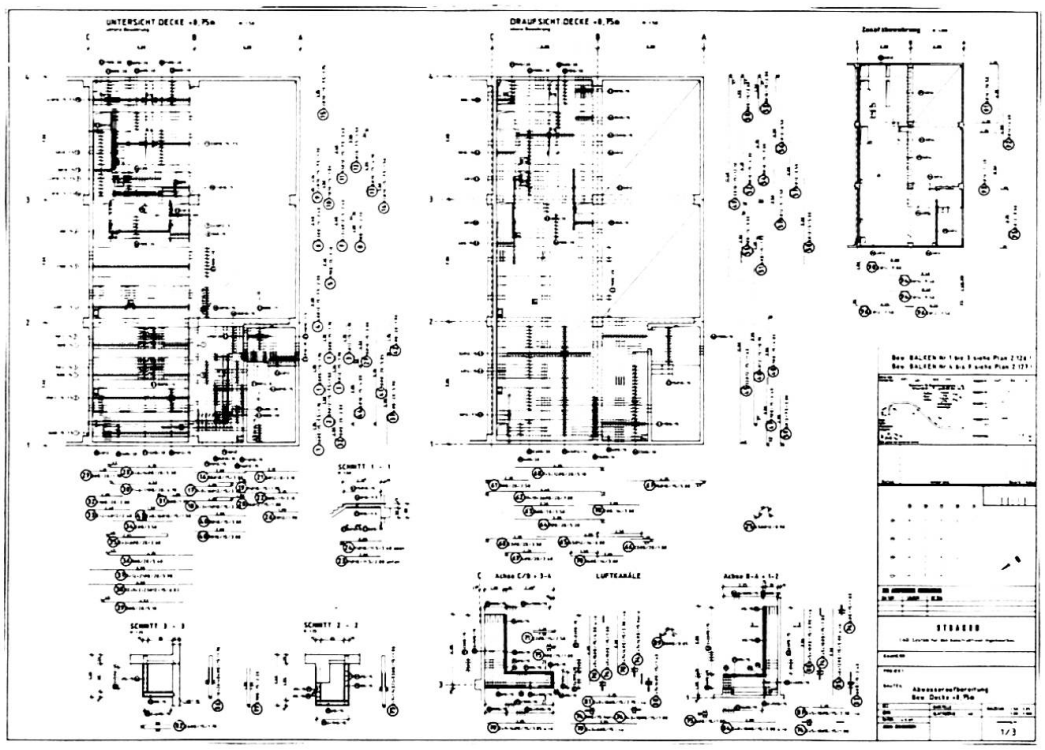

Bild 2
Bewehrungsplan bei dem der erforderliche Faktor erreicht wurde.

Da sich die Länge und die Anzahl der Bewehrungsstäbe aus der Anbindung an die Schalungsgeometrie ergeben, wird auch im schweren Industriebau (Bild 2) ohne den Effekt der Plankette immer mindestens der Faktor 1,2 erreicht.
Die Faktoren liegen bei Fertigteilen, z.B. Fassadenfertigteilen, Fertigteilstützen und -balken, ... immer über den erforderlichen.

2.2 Nachteile aus dem CAD-Einsatz für das Technische Büro

Die in Deutschland vielfach übliche baubegleitende Planung, ist ein wesentlicher Störfaktor für eine ordnungsgemäße Abwicklung der konstruktiven Bearbeitung und der Bauausführung.
Häufig werden noch Änderungen nach dem Betonieren vorgenommen. Diese z.T. chaotische Planung verschwindet leider nicht, wenn im Bereich des Konstruktiven Ingenieurbaus CAD eingesetzt wird. Es ist viel zu zeitaufwendig, für jede kleine Änderung CAD einzusetzen, auch wenn der Plan mit CAD erstellt wurde.
Stattdessen ist eine ordentliche Dokumentation der "per Hand" aufgelaufenen Änderungen erforderlich, die, soweit notwendig, bei passender Gelegenheit in den CAD-Datenbestand übernommen werden. Diesem erhöhten Aufwand steht eine erhöhte Sicherheit bei Änderungen mit einem CAD-System gegenüber. Z.B. ändern sich bei Verschiebung einer Schalkante automatisch die Vermaßung, die Flächen-, Umfangs- und Gewichtsberechnungen sowie die entsprechenden Bewehrungspositionen bzw. -formen. Hier ist der mündige Anwender aufgerufen, einen gesunden Kompromiß zu finden.

Beim Einsatz von Technik entstehen Abhängigkeiten.
Während in den vergangenen Jahrzehnten nur die Pausmaschine eine kritische Stelle für unvorhergesehene Probleme mit dem Planversand bildete, ist beim CAD-Einsatz die Abhängigkeit vervielfacht.

Nachfolgende Liste von Stoßgebeten der CAD-Anwender gibt einen kleinen Einblick in die Problematik :

- hoffentlich stürzt das Programm jetzt nicht ab,
- hoffentlich streikt mein Monitor, bzw. mein Rechner nicht,

- hoffentlich sind meine Dateien noch alle vorhanden,
- hoffentlich speichert mein Rechner meine Tagesarbeit problemlos,
- hoffentlich läuft der Plotter,
- hoffentlich schreiben alle Tuschestifte während mein Plan gezeichnet wird,
- usw.

Natürlich gab und gibt es in allen vorgenannten Bereichen Störungen, die sich mehr oder weniger negativ bis katastrophal auf die Tagesarbeit auswirken. Nur der Einsatz von bewährter Soft- und Hardware minimiert diese Risiken.

Für den CAD-Einsatz haben sich fast als Standard, 20" Farbmonitore durchgesetzt. Größere Monitore sind zur Zeit gar nicht oder nur zu unverhältnismäßigen hohen Preisen verfügbar. Die eingesetzten Monitore sind zu klein.
Durch die Verwendung eines zweiten Schirmes oder eines Graphiksystems, in dem sich Planausschnitt und gleichzeitig der Gesamtplan speichern lassen und auf Knopfdruck ohne Zeitverlust schaltbar sind, kann man eine ausreichende Akzeptanz beim Anwender erreichen.
Die Kontrolle des Planes durch den Ingenieur während der Bearbeitung durch den Konstrukteur wird aber sehr stark behindert. Hier bot das Zeichenbrett wesentlich mehr Möglichkeiten. Dieser Mangel kann nur durch einen erhöhten Aufwand, z.B. durch das Plotten von Zwischenzuständen der Bearbeitung, gemildert werden.

Keiner der aufgelisteten Nachteile hat bisher die Vorteile des CAD-Einsatzes im Konstruktiven Ingenieurbau aufgewogen.

3. VOR- UND NACHTEILE FÜR DIE BAUAUSFÜHRUNG

Die Vorteile für die Bauausführung ergeben sich aus der Qualität der Pläne samt den zugehörigen Listen (z.B. Stahl- und Einbauteillisten). Richtige Maße und richtige Stücklisten, sowie ein mehr an Informationen auf den Plänen (z.B. die Fläche eines komplizierten Brückenquerschnitts), führen zu weniger Rückfragen im Technischen Büro und zu einem ungestörten Bauablauf.

Wir wissen aus einem wirtschaftlich erfolgreich abgewickelten U-Bahn Bauvorhaben (Bausumme 100 Mio. DM), daß alleine aus fehlendem bzw. falschem Bewehrungsstahl, der kurzfristig teuer beschafft werden mußte, Mehrkosten entstanden sind, die die Anschaffung von 2 CAD-Arbeitsplätzen ermöglicht hätten.
Nachteile aus dem CAD-Einsatz gibt es bei einem geeigneten System nicht. Bei geeigneten Systemen sehen Bauzeichnungen so aus, wie sie vom besten Konstrukteur unter Berücksichtigung aller Baustellenbelange erstellt werden.

4. EXPERTENSYSTEM UND CAD

Expertensysteme [1] [2] können die 3. Stufe der Rechneranwendung im Konstruktiven Ingenieurbau bilden. (Stufe 1: Berechnung - Statik, Stufe 2: Interaktive rechnergestützte Zeichnungserstellung-CAD).

Die Grundlage vorhandener Expertensysteme beruhen auf neuen Softwaretechnologien, überwiegend auf Basis der Programmiersprachen PROLOG, bzw. LISP.
Expertensysteme erscheinen geeignet, um z.B. den Datenaustausch zwischen beliebigen CAD-Systemen durchzuführen.

Erfolgt heute ein Datenaustausch zwischen zwei verschiedenen CAD- Systemen, so sind folgende programminterne Möglichkeiten vorhanden :

a) beide Systeme beherrschen die Datenausgabe bzw. -eingabe eines Standard - Datenaustauschformates (z.B. IGES im Maschinenbau).
b) in einem der CAD-Systeme ist die möglichst vollständige Umsetzung der Daten in das andere CAD-System realisiert.

Im Fall a) ist der Datenaustausch für den Bereich des Konstruktiven Ingenieurbaus infolge der Mängel der existierenden, genormten Schnittstellen immer mit dem Verlust von Dateninhalten verbunden. Im Fall b) ist im günstigsten Fall eine sehr ähnliche Datenstruktur der CAD-Informationen vorhanden, die einen Datentausch mit geringem Programmieraufwand ermöglichen; im ungünstigsten Fall ist ein immenser Aufwand zur Umsetzung der unterschiedlichen Verwaltung der Dateninhalte erforderlich.

Aus der Struktur der realisierten Expertensysteme [3] [4] [5] läßt sich ableiten, daß die Nachteile in a) und b) vermieden werden können.

Ein Expertensytem mit den nachfolgenden Fähigkeiten :

-Phase I 1) Lerne : Was ist ein Baukörper, Einbauteil, Bewehrungskörper.... im CAD-System A,B,C....,

2) Speichere dieses Wissen,

-Phase II 3) Lies die Daten eines beliebigen CAD-Systemes,

4) Gib die Daten an ein beliebiges CAD-System weiter,

schließt die Nachteile von a) und b) aus.

Der Anwender eines CAD-Systemes wäre nicht mehr von den Programmierfähigkeiten bzw. -kapazitäten der betroffenen Softwarehäuser abhängig, um Daten zwischen den etwa 30 bauwesengeeigneten CAD-Systemen auszutauschen. Die betroffenen Softwarehäuser wären vom Zwang befreit, sich auf einen gemeinsamen Standard (in der Regel der kleinste gemeinsame Nenner) zu verständigen. Falls die Realisierung eines Expertensystems für den Datentausch zwischen beliebigen CAD-Systemen des Baubereiches gelingt, darf man auch hoffen, daß z.B. die automatische, optimale Bewehrungsführung eines geometrisch komplizierten Tragwerksknoten durch ein anderes Expertensystem gelöst werden kann.

5. SCHLUSSBEMERKUNG

CAD-Einsatz im Konstruktiven Ingenieurbau ist heute für jedes Technische Büro wirtschaftlich sinnvoll. Ohne Menschen, die diese Technik wollen, ist aber kein Erfolg erreichbar.

LITERATURVERZEICHNIS

1. RICH E., Artificial Intelligence.
   Mc Graw-Hill Book Company 1985
2. SAVOY S., Künstliche Intelligenz und Expertensysteme.
   Oldenbourg, München 1985
3. MOLK W., Wie fünf Minuten nach dem Urknall.
   VDI Nachrichten Nr. 13/28. März 1986
4. SCHMIDT E., Korrisionsschutz-Tips aus dem Computer.
   VDI Nachrichten Nr. 22/30. Mai 1986
5. BAUMGART R., CAD-Based Design Expert System for Reinforced
   Concrete detailing. Darmstadt Concrete Volume 21987,
   Institut für Massivbau TH Darmstadt