

# **Entwerfen im Systembau mit Computerhilfe = Systèmes constructifs projetés à l'aide d'ordinateurs = Construction systems designed with the aid of computers**

Autor(en): **Brändle, Kurt / Gregory, Steve**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home :  
internationale Zeitschrift**

Band (Jahr): **29 (1975)**

Heft 11: **Offene Bausysteme/Industriebauten = Systèmes constructifs  
ouverts/Bâtiments industrielles = Open building systems/Industrial  
constructions**

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-335279>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



## Entwerfen im Systembau mit Computerhilfe

Systèmes constructifs projetés à l'aide d'ordinateurs

Construction systems designed with the aid of computers

Der architektonische Entwurfsprozeß ist eine Folge von Lösungen mit zunehmender Detaillierung: Raumprogrammierung, Funktionsanalyse, Vorentwurf, Vorschläge zur Bauart, Kostenschätzung, Detailentwürfe usw. Mit jeder Stufe wird die Informationsbasis erweitert. Entwurfs-Varianten, im allgemeinen zahlreicher am Anfang, müssen bald auf einige wenige begrenzt werden, da selten Zeit und Mittel vorhanden sind, eine große Zahl von Varianten bis ins Werkzeugstadium zu verfolgen.

Der Entscheidungsprozeß, bei dem entschieden wird, welche Alternativen fallen zu lassen und welche weiterzuarbeiten sind, geschieht unter Bedingungen mit bedeutender Ungewißheit. Die Informationsbasis ist noch ziemlich gering, der »Feedback«, obwohl immer vorhanden, ist oft unvollständig, ungeordnet oder schwierig zu interpretieren. Als Folge werden Entscheidungen, oft mehr als erwünscht, intuitiv getroffen.

Je weiter eine Lösung ausgearbeitet ist, um so weniger ist der Architekt im allgemeinen bereit, zu früheren Alternativen zurückzukehren, auch wenn er erkennen mag, daß eine andere Richtung zu besseren Resultaten führen könnte. Das ist zwar nicht immer so, geschieht aber oft genug und hängt offensichtlich von der Kompetenz und dem finanziellen Aufwande des Architekten ab. Die unbefriedigende Situation kann beim Entwerfen mit Bausystemen durch die Anwendung der Computer-Graphik und aufgrund einer breiten Datenbasis verbessert werden. Das Verfahren liefert in kurzer Zeit viele Varianten.

Systematisches Verfahren bei der Gebäudeplanung

Das Bauen mit Systemen hat viele Ursachen. Die Massenproduktion zum Beispiel hatte ihre Motive in dem sich wiederholenden Bedarf einer wachsenden Bevölkerung und der vermehrten Anwendung der Maschinen. Im Bauen hat die Massenproduktion nur zögernd Eingang gefunden: die Hauptgründe dafür sind in der Komplexität des Bauens als individueller Entwurfs- und Produktionsvorgang sowie in der heterogenen Struktur der Bauindustrie zu suchen.

Die Entwicklung von Bausystemen hat die Situation jedoch weitgehend verändert. Bausysteme liefern mehr und genauere Informationen und erlauben, in der gleichen Zeit und dem gleichen Kostenaufwand mehr Entwurfsalternativen für das gleiche Projekt und über das Stadium des Vorentwurfs hinaus zu untersuchen. Bausysteme liefern vorhandene, nicht erst zu erarbeitende Infor-

mation, was die frühere Voraussagbarkeit von Lösungen fördert.

Allerdings muß während des Entwurfsprozesses eine größere Zahl austauschbarer Systeme und Systemelemente zur Auswahl verfügbar sein. Koordinationsprinzipien müssen nicht nur für den Ablauf des Bauprozesses, sondern auch zur Strukturierung des Planungsprozesses entwickelt werden. Sie basieren in der Hauptsache auf modularer Dimensionierung von Bauelementen und auf den Übereinkommen hinsichtlich ihrer Verbindung. Die gesamte Bausubstanz und alle Räume werden auf modulare Raster bezogen. Eine solche Koordination vermindert die Entwurfsfreiheit nicht, zumindest nicht für die meisten Bautypen.

Der Prozeß schließt die Vereinheitlichung von Räumen innerhalb vorbestimmter Anpassungstoleranzen ein<sup>1</sup>. Die Anwendung modularer Koordination und der Auswahl von Elementsystemen mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung sollte allerdings als Teil eines umfassenden Verfahrens bei der Gebäudeplanung herangezogen werden.

Ein Bausystem- und Bauelementmarkt

Die Entwicklung von Bausystemen war hauptsächlich auf die wiederholte Anwendung von Elementen in großen Gebäuden oder auf die Reproduktion ganzer Gebäudetypen auszurichten. Eine Entwicklung, die wahrscheinlich zukunftsweisender ist, stellen offene Systeme dar, die für verschiedene Gebäudetypen verwendet werden können.

Trotz vieler Anstrengungen ist eine vollständige Maßkoordination von Bausystemen bis zu den Abmessungen aller Elemente noch nicht befriedigend gelungen. Zur Weiterentwicklung eines Bausystem- und Bauelementmarktes ist allerdings die Koordination der Verbindungsflächen von Bauteilen verschiedener Funktion unabdingbar, und in besonderen Fällen müssen Koordinationsregeln im Sinne »neutraler« Zonen angewandt werden.

Die Betrachtung der Gebäudestruktur als Summe von Teilsystemen mit Funktionsbereichsabgrenzungen erleichtert die »offene« Industrialisierung. Wenn die Funktionsbereichsabmessungen festgelegt und modular koordiniert sind, entsteht bei der Bauprodukte-Industrie der Anreiz, auf Lager zu produzieren. Auf Lager produzierte Teilsysteme werden dann zur Grundlage der Entwurfsdetaillierung.

Computerhilfe beim Entwerfen mit Bausystemen

Modulare Teilsystem- und Bauelementab-

messungen erlauben für die Entwurfsprozesse ein unkompliziertes Computermodell. Entwurfsvarianten, hauptsächlich solche raumgeometrischer Art, sind recht einfach zu erreichen, da sie sich innerhalb einer klar definierbaren Ordnung abspielen.

Manipulationen mit Hilfe des Computers sind auch deshalb möglich und wirksam, weil von den auf Vorrat entworfenen und hergestellten Bausystemen und -elementen die meisten Eigenschaften und ihr Verhalten bekannt sind, wie Kosten, Gewicht, Dämmungseigenschaften, Durchlaufkapazitäten. Solche Informationen erlauben, im Zusammenhang mit dem Gebäudesystem, schnelle Voraussagen über das Verhalten des Bauwerks für sehr viele gewünschte Varianten, während im konventionellen Entwurfsprozeß jede Variante als Spezialfall behandelt werden muß.

Der Hauptvorteil des Entwerfens mit der Hilfe von Bausysteminformationen und des Computers besteht in der Einsparung von Zeit und in der Möglichkeit, in der gleichen Zeit mehr zu entwickeln und zu vergleichen, – ein Vorteil, der durch die Vorleistung geschaffen wird, die mit der Entwicklung von Bausystemen verbunden ist.

Die MODCOP-Verfahren

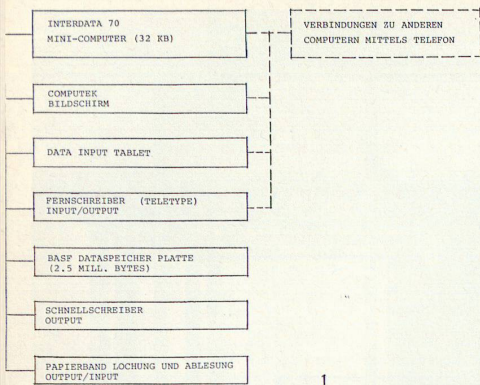
Für die Kleincomputer-Anlage der Architekturabteilung der Universität Utah wurde eine Programm-Reihe mit der Bezeichnung »MODCOP-System« erarbeitet (Modular Coordination for Open Systems). Die Forschung war 1972 von der National Science Foundation vergeben worden »zur Entwicklung von Computer-Verfahren für das Entwerfen mit Offenen Systemen im Industrialisierten Bauen«<sup>2</sup>.

Die Ausgangsbasis ist ein Grundriß für rechteckige, eingeschossige Gebäude. Der Grundriß wurde als Ergebnis einer konventionellen Vorentwurfsplanung und als Output des Computer-Planungsprogramms IMAGE übernommen<sup>3</sup>. Die Grundlage von MODCOP besteht aus einer allgemein anwendbaren Datenbasis zur Gebäudedarstellung und Programmorganisation. An diese Datenbasis können Subprogramme verschiedenster Art angeschlossen werden, etwa solche zur Analyse statischer Systeme, zur Darstellung von Bauelement-Kombinationen oder zur Berechnung der Kosten.

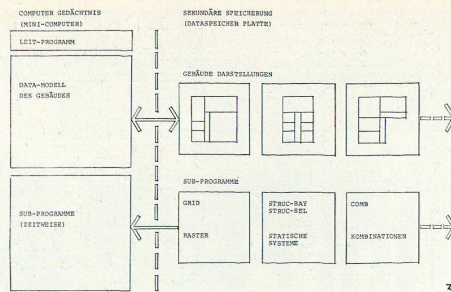
Abbildung 1 stellt das Computer-System dar, und Abbildung 2 zeigt die technische Rechen-Ausrüstung.

Der Computer mit Bildschirm, Teletype, Input-Platte, Datenspeicher mit Gerät und

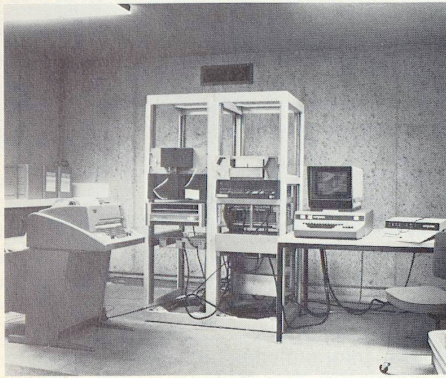




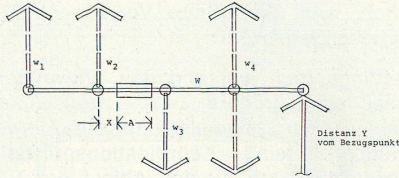
1



3



2



Die Wand W ist verbunden mit den Wänden  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$ ,  $w_4$  und hat die Distanz Y vom Bezugspunkt.

Das Element E (z.B. Fenster) liegt auf W zwischen den Wänden  $w_2$  und  $w_3$ . Es hat die Distanz X von  $w_2$  und die Abmessung A.

TOPOLOGIE  
DIMENSION

TOPOLOGIE  
DIMENSION

4

Textoutput-Anlage kostet weniger als 40 000 Dollar. Diese relativ niedrigen Kosten sind für die EDV-Anwendung auch in kleineren Architektur- und Ingenieurbüros von Bedeutung. Das »Arbeitsgedächtnis« des Computers umfaßt zur Zeit 32 000 Bytes. Für umfangreichere Berechnungen steht über eine Telefonleitung die Verbindung mit einem Großcomputer zur Verfügung. Das MODCOP-System ist in Abbildung 3 dargestellt. Ein Leitprogramm regelt die Anordnung und kontrolliert den Informationsfluß und die Ausführung der Subprogramme. Gebäudedarstellungen sind auf der Datenplatte gespeichert und werden je nach Anforderung in das Arbeitsgedächtnis des Computers übertragen. Die ursprüngliche Gebäudedarstellung wird über eine Textausgabe oder durch Digitierung der Zeichnung über die Datenplatte eingegeben. Die Subprogramme, die auf die Gebäudedarstellung einwirken, sind ebenfalls auf der Datenplatte und stehen auf Abruf zur Verfügung. Die Gebäudedarstellung hat die in Abbildung 4 gezeigte Form. Die Bestimmung der Lage von Bauteilen, wie Wände, Türen, Fenster, wird durch die Lagebezeichnung und Abmessungsinformation erreicht. Zum Beispiel ist eine Wand durch ihre Anschlüsse zu Wänden in der rechtwinklig dazu verlaufenden Richtung

und durch ihre Distanz von einem Bezugspunkt festgelegt. Türen in einer Wand sind durch ihre Lage hinsichtlich der Kreuzungspunkte der Wand mit rechtwinklig dazu verlaufenden Wänden und durch die Distanz von solchen Wänden festgelegt. Diese Information erleichtert Grundrißveränderungen, da das Verschieben einer Wand nur die Distanzveränderung mit Hinsicht auf den Bezugspunkt erfordert. Veränderungen des Entwurfs durch den Computer selbst sind nicht – noch nicht – zugelassen: das MODCOP-System trifft keine Entscheidungen. Eine solche Fähigkeit würde zusätzliche Forschung und Programmierung erfordern. Die gegenwärtigen Programme erzeugen Alternativen in Form von Grundrissen, Schnitten und Ansichten, welche durch den Entwerfer beurteilt werden. Erfolgversprechende Alternativen werden durch Wiederholungsprozesse kontrolliert und entsprechend verbessert. Dazu muß nur ein Bruchteil der für das konventionelle Entwerfen notwendigen Zeit aufgewendet werden, obwohl die Alternativen einen höheren Grad an Gewißheit über das Endergebnis zulassen. Noch sind nicht alle Subprogramme entwickelt. Zur Zeit ist es auch noch schwierig zu beurteilen, wieviele Subprogramme notwendig sind, um dieses Verfahren für die

meisten Bauaufgaben anwendbar zu machen. Das Ziel war, die Durchführbarkeit zu demonstrieren – was gelungen ist – und ein grundlegendes Verfahren zu entwickeln, das Entwurfslösungen manipuliert mit Hilfe der Modulkoodination (GRID), der Feststellung von günstigen Spannweiten (STRUC-BAY), der Wahl von tragenden Bausystemen (STRUC-SEL) und der Analyse von Bauelementkombinationen (COMB)<sup>4</sup>.

### Das GRID-Verfahren

Da die Bausysteme auf der Basis von Modul-Einheiten koordiniert werden, müssen Grundrisse und Schnitte entsprechend angepaßt werden. Der Vorentwurf wird zur Aufbewahrung in den Datenträger eingegeben, und für Modifikationen wird er von dort auf den Bildschirm projiziert. Zur Untersuchung kann jeder Planungs-raster gewählt werden. Der Computer paßt die Wände dem Raster an und zeichnet den veränderten Grundriß rechts neben den ursprünglichen Grundriß (Abb. 5 + 6). Die Wände können zur Vergrößerung und Verkleinerung der Räume verschoben werden. Mit einem »Rundungs«-Verhältnis von z. B. 0,25 wird ein Wandabstand von 6,25 Modul-Einheiten auf 6,00 verkleinert oder 6,40 auf 7,00 vergrößert. Während der Abstand zwischen zwei Wänden verkleinert oder vergrößert wird, bleiben alle anderen Abmessungen konstant, und das gesamte Gebäude wird damit um den Anpassungsbetrag verkleinert oder vergrößert. Nachdem alle Räume angepaßt sind, wird der Schnellschreiber zur Tabellarisierung der Flächen und Flächenveränderungen eingesetzt. Große Prozentveränderungen sind leicht erkennbar. Allerdings ist zum Erkennen problematischer Veränderungen eine gewisse Erfahrung nötig. Hohe Prozentsätze können für kleine Räume unwichtig sein, während bei großen Räumen schon relativ kleine Prozentsätze einen unerwünschten Einfluß auf die Gesamtfläche ausüben (Abb. 5–13).

1  
EDV-Anlage des MODCOP-Systems.  
L'ordinateur du système MODCOP.  
MODCOP system computer.

2  
Die technische Ausrüstung.  
L'équipement technique.  
The equipment.

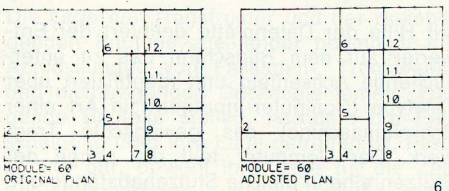
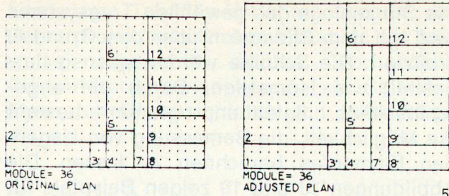
3  
Das MODCOP-System.  
Le système MODCOP.  
The MODCOP system.

4  
Die MODCOP-Datenstruktur für Gebäudedarstellungen.  
La structure des données du système MODCOP pour la représentation de bâtiments.  
The MODCOP system as applied to the representation of buildings.  
5+6  
Grundrißteile.  
Parties de plans.  
Parts of plans.

5  
Grundrißanordnung mit dem Rastermodul von 36 Inches (ca. 90 cm).  
Disposition de plan obtenue avec le réseau de 36 pouces (env. 90 cm).  
Plan disposition obtained with the 36-inch grid (approx. 90 cm).

6  
Grundrißanordnung mit dem Rastermodul von 60 Inches (ca. 150 cm).  
Mit dem 60-Inch-Raster resultiert eine kleinere Grundfläche als mit dem 36-Inch-Raster. Mit 60 Inches sind zudem die Abweichungen der Raumflächen gegenüber den geforderten Flächen des Programmes kleiner (vergl. auch Abb. 7+8).  
Disposition de plan obtenue avec le réseau de 60 pouces (env. 150 cm).  
La surface de base résultant du réseau de 60 pouces est plus petite que celle obtenue avec le réseau de 36 pouces. De plus les différences entre les surfaces obtenues et les surfaces exigées par le programme sont plus faibles avec le réseau de 60 pouces (voir aussi vues 7+8).  
Plan disposition obtained with the 60-inch grid (approx. 150 cm).





ROOM ADJUSTMENTS FOR 36 INCH GRID

ROOM 1	X	Y	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	30-0	9-0	270.0		
ADJUSTED	30-0	9-0	270.0	0.0	0.0

ROOM 2	X	Y	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	35-6	45-10	1627.1		
ADJUSTED	36-0	51-0	1836.0	208.9	12.8

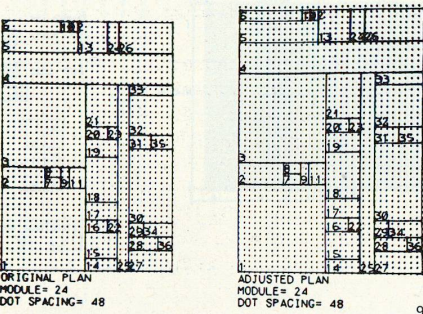
ROOM 3	X	Y	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	5-6	9-0	49.5		
ADJUSTED	6-0	9-0	54.0	4.5	9.1

ROOM ADJUSTMENTS FOR 60 INCH GRID

ROOM 1	X	Y	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	30-0	9-0	270.0		
ADJUSTED	30-0	10-0	300.0	30.0	11.1

ROOM 2	X	Y	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	35-6	45-10	1627.1		
ADJUSTED	35-0	45-0	1575.0	-52.1	-3.2

ROOM 3	X	Y	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	5-6	9-0	49.5		
ADJUSTED	5-0	10-0	50.0	0.5	1.0



ROOM ADJUSTMENTS FOR 24 INCH GRID

TOTALS	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	21600.0		
ADJUSTED	24320.0	2720.0	12.6

ROOM ADJUSTMENTS FOR 30 INCH GRID

TOTALS	AREA	CHANGE	%-CHNG
ORIGINAL	21600.0		
ADJUSTED	23587.5	1987.5	9.2

The 60-inch grid yields a smaller base surface than the 36-inch grid. Moreover, there is less discrepancy between the areas obtained and those desired (cf. also Fig. 7+8).

7 Grundflächen-Anpassungen bei der Anwendung des 36-Inch-Rasters.

Ajustages des surfaces de base dans le cas du réseau de 36 pouces.

Area adaptations using the 36-inch grid.

8 Grundflächen-Anpassungen bei der Anwendung des 60-Inch-Rasters.

Ajustages des surfaces de base dans le cas du réseau de 60 pouces.

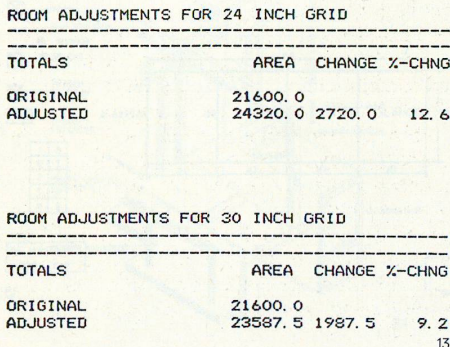
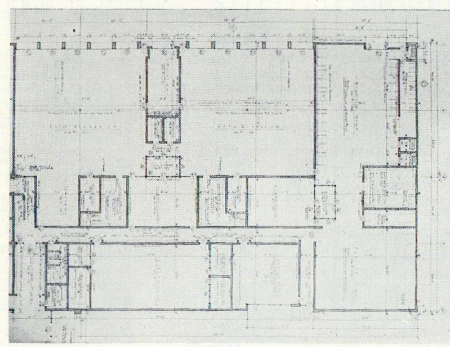
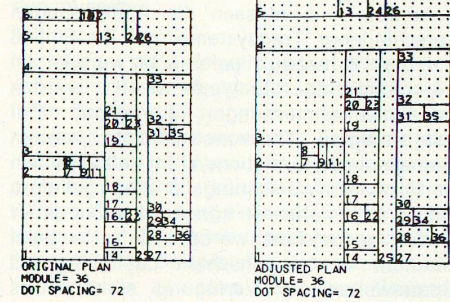
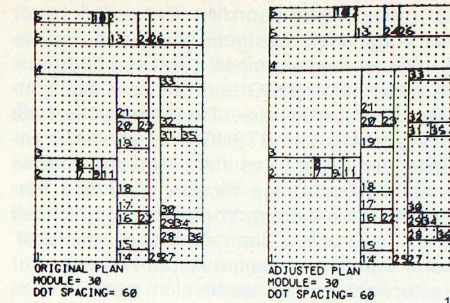
Area adaptations using the 60-inch grid.

9-11

Von der Schule, die in den Abb. 5 und 6 gezeigt ist, wurde ein größerer Ausschnitt untersucht (Grundriß siehe Abb. 12). Es ist ersichtlich, daß der 30-Inch-Raster (Abb. 10) mit 60-Inch-Rasterpunkten der günstigere ist. Die Tabelle der Gesamtlächen aller Räume (Abb. 13) zeigt für diesen Raster nur geringfügige Abweichungen vom Originalplan.

Une partie importante de l'école présentée dans les vues 5 et 6 a été étudiée (voir plan vue 12). On voit que le réseau de 30 pouces (vue 10) avec des entraxes de 60 pouces est le plus favorable. La table indiquant la surface de toutes les pièces (vue 13) ne signale que des décalages minimes par rapport au plan original.

A fairly large section of the school shown in Fig. 5 and 6 was investigated (Plan, cf. Fig. 12). It is evident that the 30-inch grid (Fig. 10) with interaxes of 60 inches is better. The table showing total areas of all rooms



Anpassungslimiten sind vorausbestimmbar, so etwa zur Erfüllung von Vorschriften über Korridorbreiten bei Schulen. Türen und Fenster werden mit den Wänden verschoben; der Abstand von der Bezugs-Raumdecke bleibt aber konstant.

Die Dicke der Wände kann einen wesentlichen Teil der Grundrißfläche ausmachen. Das Programm erlaubt die Festlegung von Wanddicken in Maßsprüngen von 2,5 cm. Zur Zeit sind die Wandachsen mit den Rasterlinien identisch. Programmweiterungen erlauben, Begrenzungslinien mit Rasterlinien gleichzusehen.

Eine wichtige Weiterentwicklung wird sich mit Festpunkten befassen. Treppen und deren Abstände voneinander oder Klimakanalschächte und Installationswände beeinflussen die Grundrisse; darum ist eine entsprechende Untersuchung besonders für mehrgeschossige Gebäude unerlässlich.

Das STRUC-BAY-Verfahren

Die Untersuchung von Tragsystemen, die mit der Raumorganisation übereinstimmen müssen, setzt im ersten Entwurfsstadium ein. Die Lage der tragenden Wände und Stützen beeinflusst das Konzept der Gebäude. In den Vorentwürfen müssen daher Kriterien der Gebäudefunktion mit den Tragsystemen zu einer Übereinstimmung kommen. Ein gewisser Spielraum für Veränderungen bei der Entwurfsarbeit ist allerdings vorzusehen.

Die erste Entscheidung bezieht sich auf die Frage: sollen die vertikalen Tragelemente aus Wänden, Stützen oder aus einer Mischung von beiden bestehen? Die zweite Entscheidung hängt eng damit zusammen: Wo können diese tragenden Bauteile platziert werden? Im allgemeinen werden sie auf den Achsen oder nahe bei den raumbildenden Bauteilen vorgesehen, - bei variablen Grundrissen dort, wo raumbildende Bauteile am ehesten zu erwarten sind. Die Achslagen in den Grundrissen der Vorentwürfe und der Achsabstand sind des-

(Fig. 13) reveals only slight deviations from the original plan.

12 Teil-Grundriß der Bingham High School, Utah. Plan partiel de la «High School» de Bingham, Utah. Partial plan of Bingham High School, Utah.

13 Grundrißflächen-Veränderungen bei verschiedenen Rastergrößen.

Variation des surfaces selon les diverses mailles des réseaux.

Plan area variations with differing grids.

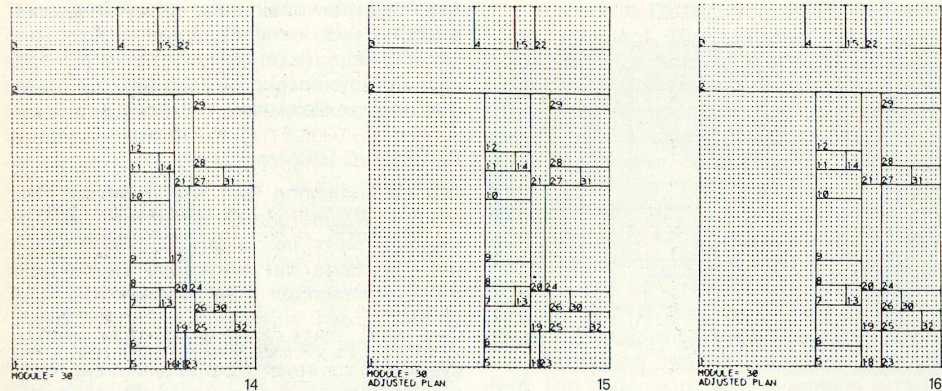


halb von grundlegender Bedeutung. In oft wiederholten Raumprogrammen mit ähnlichen Raumzusammenhängen und -größen sowie mit unveränderlichen Wänden sind die günstigsten Achslagen meist bekannt. In den anderen Fällen besteht über die optimalen Achslagen keine Klarheit. Diese Unklarheit wird oft noch durch die Möglichkeit vergrößert, Primärachsen in beiden, rechtwinklig zueinanderliegenden Grundrißrichtungen zu wählen.

Das STRUC-BAY-Programm dient dazu, die optimalen Achslagen und Achsabstände zu suchen. Der Entwerfer steuert den Computer – bei gleichzeitiger Beobachtung des Grundrisses –, um Zonen in jenen X- oder Y-Richtungen zu untersuchen, in denen Wände vorhanden sind.

Das Resultat ist ein Durchschnittswert für die Wandlagen, der die anteiligen Wandlängen berücksichtigt (Abb. 14–16). Die Lage der Wände wird auf den Bildschirm projiziert.

Das STRUC-BAY-Verfahren wird üblicherweise dann angewandt, wenn die Grundrisse mittels GRID angepaßt sind. Nach der STRUC-BAY-Untersuchung kann eine abermalige Kontrolle mit GRID ratsam sein, um die gegenseitige Teilsystem-Abhängigkeit zu erfahren.



14–16 Die Darstellungen zeigen das STRUC-BAY-Verfahren für Wände zu beiden Seiten eines Versuchsgründens unregelmäßig angelegten Korridors (Abb. 14). Abbildung 15 zeigt die Anpassung der linken, Abbildung 16 die Anpassung der rechten Wandfolge. Zur Anpassung wird eine Zone mit Lage und Breite festgelegt, innerhalb welcher nichtangepaßte Wände liegen. Der Computer paßt die Wände an die nächstliegende Rasterlinie unter Bezug auf einen Durchschnittswert an, der aus der anteiligen Länge der betroffenen Wände resultiert.

Les figures ci-contre montrent le procédé STRUC-BAY appliqué aux parois de chaque côté d'un couloir irrégulier dans sa forme pour les besoins de l'étude (vue 14). La vue 15 montre l'ajustage de la série des éléments de cloison non ajustés. L'ordinateur ajuste ces éléments sur l'axe du réseau le plus proche en tenant compte d'une valeur moyenne résultant de la part de longueur représentée par chaque élément de cloison.

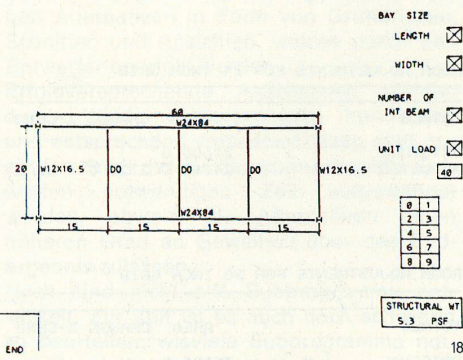
The representations show the STRUC-BAY procedure for walls on both sides of a corridor that is irregular for test purposes (Fig. 14). Fig. 15 shows the adaptation of the left, Fig. 16 the adaptation of the right wall sequence. For the adaptation a zone with position and width is determined within which nonadapted walls are situated. The computer adapts the walls to the nearest grid line with reference to an average value resulting from the lengths of the walls involved.

17 Beispiel einer Tabelle mit Informationen über Eigenschaften von Bauteilen.

Auf diese Weise kann der Entwerfer, bevor das Tragsystem bestimmt wird, den optimalen Raster erkennen? In gewissen Fällen ist es vorteilhaft, den Grundriß zuerst auf günstige Achslagen der Tragkonstruktion zu untersuchen, also STRUC-BAY vor GRID anzuwenden. Die Resultate davon können dann als Grundlage für die Wahl des Planungsrahmens dienen. Von dieser Möglichkeit wird gewöhnlich dann Gebrauch gemacht, wenn Vorentwürfe keine klaren Hinweise zur Rasterwahl geben, wenn sich zum Beispiel die Lage von Trennwänden nicht bestimmen läßt.

Das STRUC-SEL-Verfahren

Nachdem günstige Tragkonstruktionsachsen gefunden sind, müssen die Abmessungen verschiedener Tragsysteme und ihr Einfluß auf den Vorentwurf untersucht werden. Im herkömmlichen Entwurfsprozeß werden Bauelementabmessungen berechnet. Bei vorgefertigten Tragkonstruktionen werden Bemessungsinformationen im allgemeinen in Form von Belastungstabellen geliefert. Diese Informationen können im Computer derart gespeichert werden, daß sie beim Studium von gewünschten Lastfällen und Spannweiten zur Verfügung stehen. Das Beispiel einer Informations-Tabelle ist in Abbildung 17 wiedergegeben.



Exemple de table donnant des informations sur les qualités de pièces constructives. Example of a table giving information on qualities of building parts.

18–19 Die Abbildungen zeigen den graphischen Output eines Statiksubprogramms für die Anwendung von Stahlprofilen.

Les vues ci-contre montrent le output graphique d'un programme statique secondaire en vue de l'utilisation de profils en acier.

The figures show the graphic output of a structural sub-programme for the application of steel sections.

20–22 Die Darstellungen zeigen eine Kombinationfolge von Deckenelementen, Balken und Stützen. Der Entwerfer

Die Stürzenlage des gewählten Tragsystems wird auf dem Bildschirm über den Grundriß projiziert. Die Schnitte werden ebenso dargestellt wie Isometrien. Durch ein abgeschlossenes Satellitenprogramm besteht die Möglichkeit, die Bemessung von tragenden Elementen berechnen zu lassen. Die Abbildungen 18 und 19 zeigen Beispiele für Stahlkonstruktionen.

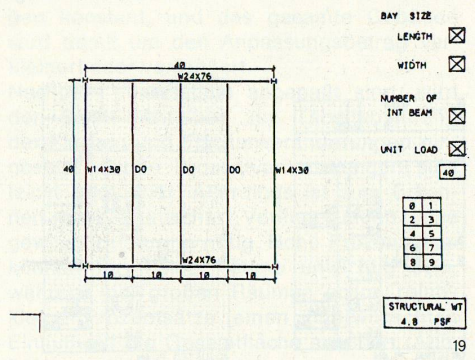
Mit Hilfe der Datenplatte definiert der Entwerfer auf dem Bildschirm das zu untersuchende Achsenfeld und identifiziert über Teletype (Computer-Inputgerät in Art einer Schreibmaschine) das gewünschte Tragwerk. Der Computer teilt die Länge der Stützenreihe in gleiche Stützenabstände und zeichnet die Stützen und die Deckenelemente in den Grundriß ein (Abb. 20–22).

Je mehr »Belastungstabellen« gespeichert sind, desto größer sind die Möglichkeiten zur Planung mit Computerhilfe. Maßliche Konsequenzen in horizontaler und vertikaler Richtung und die Vereinbarkeit oder Unvereinbarkeit von Teilsystemen werden schnell deutlich. Für Baukostenvergleiche kann die Kosteninformation in Indexform jedem Teilsystem beigelegt werden.

Ein weiteres Arbeitsgebiet ist die Integrierung von Heizungs- und Klimaanlage. Hier

DECKENELEMENTE*, STAHLBESTON		Wustlast 300 kg/m													
Spannweite, cm		360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	1080	1200	1320	1440
MASSIVPLATTEN															
Höhe, cm		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Breite, cm		120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Gewicht, kg/m		250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
HOHLPLATTEN MIT 5 CM ÜBERSCHÜSS															
Höhe, cm		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Breite, cm		120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Gewicht, kg/m		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
U-PROFIL-PLATTEN MIT 5 CM ÜBERSCHÜSS															
Höhe, cm		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Breite, cm		120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Gewicht, kg/m		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
DOPPEL-T-PLATTEN MIT 5 CM ÜBERSCHÜSS															
Höhe, cm		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Breite, cm		120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Gewicht, kg/m		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Höhe, cm		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Breite, cm		240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Gewicht, kg/m		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

\* aus mehreren Lasttabellen für vorgefertigte Stahlbauelemente zusammengestellt



gibt die Lage der Stützenreihen über die graphische Platte und dann über Teletype die gewünschte Stützzahl ein – in diesem Fall sind es acht – und ruft vom Datenspeicher die Deckenelement-Balken-Kombinationen ab. In diesem Fall sind es für den unteren Grundrißteil 6 Fuß (ca. 180 cm) breite I-Elemente, für den oberen Grundrißteil 8 Fuß (ca. 240 cm) breite I-Elemente. Die Abstände in der Deckenpannung über den Stützen (nach jedem dritten Deckenelement) sind Öffnungen für vertikale Sanitär- oder Luftkanaldurchführungen.

Ces figures montrent une suite de combinaisons entre des éléments de planchers, de poutres et de poteaux. Le projeteur indique la position des lignes d'appuis sur la table graphique, puis par téletype il donne le nombre de poteaux désirés (dans ce cas huit); enfin à partir de la mémoire de l'ordinateur, il obtient les combinaisons de planchers et de poutres correspondantes. Dans le cas présent il s'agit d'éléments en I



kann das Tabellen-Verfahren wegen der vielen projektspezifischen Variablen nur teilweise angewandt werden. Vorhandene Computerprogramme können als Satelliten etwa zum Dimensionieren von Luftkanälen dienen.

### Das COMB-Programm

Die Lage der Tragstruktur und der raumbildenden Bauteile zueinander beeinflusst die Abmessungen von Fassaden-, Trennwand- und nichttragenden Deckenelementen. Tragende Bauteile stellen, nachdem die Entscheidung über ihre Lage getroffen ist, Festpunkte dar, obwohl ihre Lage für die Zeit der Untersuchung nur als vorläufig anzusehen ist.

Alle anderen Bauteile müssen maßlich auf das Tragsystem bezogen werden und können entweder dazwischen oder daneben angeordnet werden. Im ersten Fall umschreiben Tragsysteme die Begrenzungen für raumbildende Bauelemente dar. Ein typischer Fall sind Trennwände zwischen den Stützen. Im zweiten Fall umschreibt das Tragsystem die Begrenzungen nicht; das »Ausweichen« kann aber mehr oder weniger großen Einfluß auf die maßliche Koordination der geometrischen Struktur haben.

Zum Anpassen solcher Teilsysteme zwischen variierende Begrenzungen dient das Programm COMB. Dieses Programm wurde entwickelt, weil »... ein Gebäude selten als Ganzes in ein einziges System koordinierter Elemente aufgeteilt werden kann. Projekte müssen deshalb in Teilsysteme geordnet werden, deren Berührungsflächen besondere Anforderungen hinsichtlich der Verbindung zu anderen Teilsystemen erfüllen. Diese Anforderungen sind von jenen verschieden, die zwischen Elementen innerhalb des Teilsystems herrschen. Durch ein solches Vorgehen wird die Modularkoordination der Elemente und in der Folge auch die Art der Verbindung vereinfacht, da weniger umfassende Bedingungen beachtet werden müssen«<sup>5</sup>.

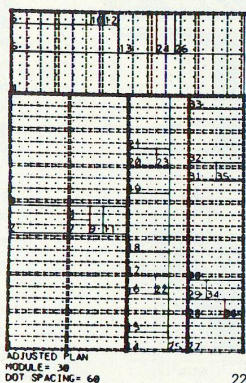
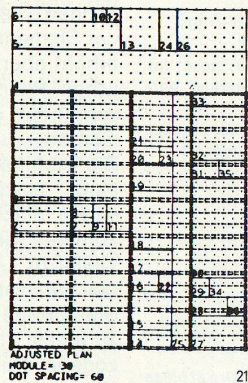
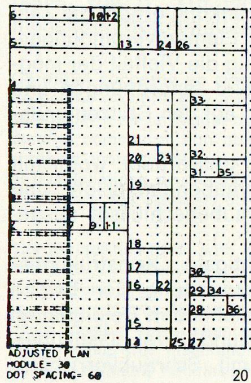
Nachdem die Begrenzungsabmessungen von Teilsystemen festgelegt und dem modularen Raster zugeordnet sind, kann die Bemessung der Elemente nach Gesetzen der Kombinatorik erfolgen. Mit dem Computerprogramm COMB können alle möglichen Kombinationen ausgewählter Elemente für bestimmte Gesamtabmessungen ermittelt werden, zum Beispiel für Trennwand- und Türelemente zwischen tragenden Stützen. Die Abbildung 23 zeigt eine Tabelle eines Falles von den möglichen Kombinationen für

vier Gesamtabmessungen und die Darstellung von zwei Kombinationen auf dem Bildschirm. COMB unterteilt in einer Richtung, während die Abmessung rechtwinklig dazu, z. B. die Deckenhöhe, eingegeben werden muß. Gesamtabmessungen in einer zweiten Richtung können ebenfalls mittels COMB aufgeteilt werden.

### Weiterentwicklung von MODCOP

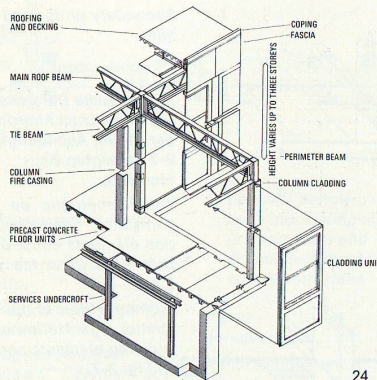
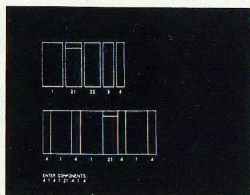
Das MODCOP-Programm dient dem Studium zusammenhängender Subprogramme in ziemlich komplexen Systemen. Neben der Notwendigkeit, die entwickelten Programme zu verfeinern und die Datenbasis unter Einbeziehung vieler Bausysteme zu erweitern, sind vor allem die Anwendung für mehrgeschossige Bauten und für die Integrierung der Haustechnik, im besonderen der Klimaanlagen, zu erforschen.

Mehrgeschossige Bauten sind hauptsächlich ein Problem größerer Komplexität, besonders wegen den Bedingungen der vertikalen Übereinstimmung etwa hinsichtlich der Anwendung von mehrgeschossigen Tragkonstruktionen für verschiedenartige Anforderungen. Die Integrierung der Haustechnik erfordert eine Datenbasis mit Subprogrammen, die die vielen variablen Umweltfaktoren berücksichtigt.



ASSEN DIM=250  
COMP 13 24 34 48 0 TOL

12	0	1	0	0	0
8	3	1	0	0	0
4	6	1	0	0	0
0	9	1	0	0	0
10	0	2	0	0	2
6	3	2	0	0	0
2	6	0	0	0	0
5	1	4	0	0	0
1	4	0	0	0	0
3	1	9	0	0	0
5	1	1	1	0	0
4	4	1	1	0	0
0	7	1	1	0	0
0	1	2	1	0	2
0	2	4	2	1	0
1	1	2	4	1	0
1	4	2	1	2	0
0	0	5	1	2	0
2	2	2	2	0	0
2	1	0	4	2	0
4	0	1	3	0	0
0	3	1	3	0	0
2	0	0	2	3	0
0	1	1	4	0	0



de 6 pieds de large (env. 180 cm) pour la partie inférieure du plan et d'éléments en l de 8 pieds de large (env. 240 cm) pour la partie supérieure du plan. Les espaces dans le sens de la portée entre les poteaux (tous les 3 éléments) sont des trémies destinées aux passages verticaux des gaines de ventilation et des conduites sanitaires.

The representations show a sequence of combinations of ceiling elements, beams and supports. The designer indicates the position of the support rows above the graphic plate and then via teletype the desired number of supports - in this case, eight - and then reads off from the computer the ceiling element-beam combinations. In this case, for the lower part of the plan, it is 6-foot wide l-elements, for the upper part 8-foot wide l-elements. The intervals in the span direction above the supports (after every third ceiling element) are openings for vertical sanitary or ventilation ducts.

Die Tabelle ist ein Beispiel des numerischen Outputs des COMB-Programms für alle möglichen Kombinationen von vier Elementabmessungen (18, 24, 34 und 48 Inches) für vier Gesamtabmessungen (240, 242, 250 und 260 Inches). Das Beispiel gibt die Tabelle mit 250 Inches Gesamtabmessung wieder. Kombinationen mit zwei Inches Toleranz sind ebenfalls ermittelt (Reihe TOL). Speziell gewünschte Elementkombinationen können auf dem Bildschirm dargestellt werden, wobei die Elementfolge durch die Eingabe von Bezeichnungsnummern festgelegt ist (Beispiel mit Pfeilangabe).

Cette table est un exemple du output numérique du programme COMB valable pour toutes les combinaisons possibles de 4 éléments de grandeurs différentes (18, 24, 34 et 48 pouces). La table de l'exemple indique une dimension totale de 250 pouces. Des combinaisons avec tolérances de 2 pouces sont également définies

<sup>1</sup> Brändle, K., Bauen mit Elementkombinationen, Studienhefte zum Fertigbau, Heft 7/8, Essen 1968.  
<sup>2</sup> National Science Foundation Grant; Dr.-Ing. Kurt Brändle, Professor; Steve Gregory, Assistant Professor; Edward F. Smith, Assistant Research Professor; Wayne Donaldson, Wayne Rossberg, James Roland, Graduate Students; Graduate School of Architecture, University of Utah.  
<sup>3</sup> Johnson, T. E., und Weinzapfel, G., Computer Assisted Synthesis under Geometric Constraints, Industrialization Forum, Band 3, Nr. 1, Oktober 1971, S. 17-24.  
<sup>4</sup> GRID = Raster. STRUC-BAY = Structural Bay = Distanz zwischen vertikalen tragenden Bauteilen. STRUCSEL = Structural Selection = Auswahl von Tragsystemen. COMB = Combinations = Kombinationen.  
<sup>5</sup> Brändle, K. und Smith, E. F., The Application of Computer Techniques for the Sizing and the Selection of Building Components, Environmental Design Research, Band 2, S. 499-501, Stroudsburg, Pa. 1968.

(série TOL). Des combinaisons d'éléments spéciales peuvent à la demande être représentées sur l'écran; pour cela la chronologie des éléments est fixée par une série de dénominations numériques (exemple à l'aide de flèches).

The table is an example of the numerical output of the COMB programme for all possible combinations of four element dimensions (18, 24, 34 and 48 inches) for four total dimensions (240, 242, 250 and 260 inches). The example shown presents the table with 250-inch total dimension. Combinations with 2-inch tolerance are also obtained (TOL row). Specially desired element combinations can be represented on the screen, in which case the sequence of elements is determined (example with arrows) by a series of numerical denominations.

24 Weiter fortgeschrittene Planungsmethoden mittels Computer wurden in Großbritannien vor allem für technische Zeichnungen für das Oxford-System für Krankenhausbau entwickelt. Das Bausystem wird seit zehn Jahren verwendet. Die Computer-Programme sind unter dem Namen OXSYS-System seit 1970 in der Entwicklung.

Des méthodes plus élaborées de planification à l'aide d'ordinateurs ont été développées en Grande-Bretagne avant tout pour les détails techniques du système Oxford pour les constructions hospitalières. Le système constructif est utilisé depuis bientôt dix ans. Les programmes d'ordinateur sont en développement depuis 1970 sous le nom de système OXSYS.

More advanced planning methods using computers have been developed, mainly in Great Britain, for technical drawings for the Oxford system for hospital construction. The building system has been employed for ten years. The computer programmes have been under development since 1970 under the name of OXSYS system.