

DIE ADDITIVE ENTWURFSMETHODE

EIN BEISPIEL DES PRAKTISCHEN EINSATZES
DER ENTWURFSKYBERNETIK IN DER ARCHITEKTUR

Von

F. F. MÜLLER

Lehrstuhl für Gesellschaftsbauten, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 15. November 1968)

Vorgelegt von Prof. Dr. J. PELIKÁN
(Lehrstuhl für Festigkeitslehre)

Einleitung

Nach den Versuchen der ersten Jahre ist es bereits klar, daß die Aufgabe einer Massenproduktion von Gesellschaftsbauten nur auf Grund eines universalen Konstruktionssystems gelöst werden kann. Daraus folgt mit der Zeit auch die Vereinheitlichung der Entwurfsarbeit. Diese Vereinheitlichung kann unter günstigen Verhältnissen die Automatisierung der Projektierung und den praktischen Einsatz der Entwurfskybernetik bedeuten.

An der Vorbereitung dieser Arbeit betätigt sich mit anderen Institutionen gemeinsam auch der Lehrstuhl für Gesellschaftsbauten unter der Leitung von Prof. Dr. L. GÁDOROS an der TU Budapest. Im Rahmen dieser Vorbereitungsarbeit wurde auch der gegenwärtige Aufsatz verfaßt.

Die gelöste Aufgabe stellte einen der ersten Schritte dar und kann wegen ihres Umfangs den Eindruck erwecken, als ob der Einsatz einer Rechenanlage in diesem Falle überflüssig wäre. Da es sich um ein vollkommen neues Programm handelte, mußte jedoch eine kleinere Aufgabe gesucht werden, wo jeder Schritt durch manuelles Rechnen kontrollierbar ist. Wenn zahlreiche Subroutine diesbezüglich vorhanden sind, bedeutet für den Umfang der Aufgaben nur die Kapazität des Computers eine Beschränkung.

Aufgabenstellung

Das zu projektierende Gebäude ist eine Kinderkrippe mit 2×2 Einheiten und sämtlichen Nebeneinrichtungen. Im Gebäude sind folgende Raumgruppen unterzubringen, die als »Funktionseinheiten« bezeichnet werden:

Funktionseinheit A: Vorraum,
Säugerin-Zelle und WC für Mütter,
Lagerraum für Kinderwagen,
Übernahmeraum,

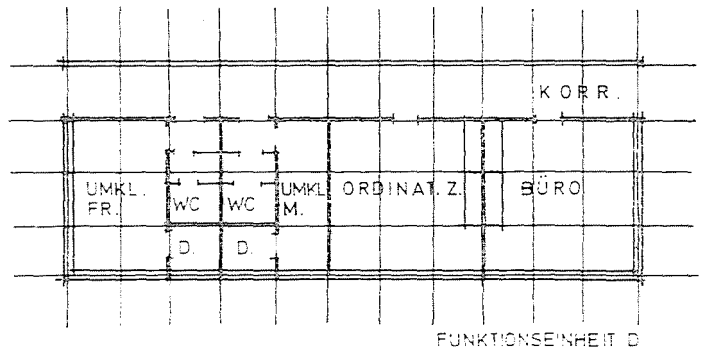
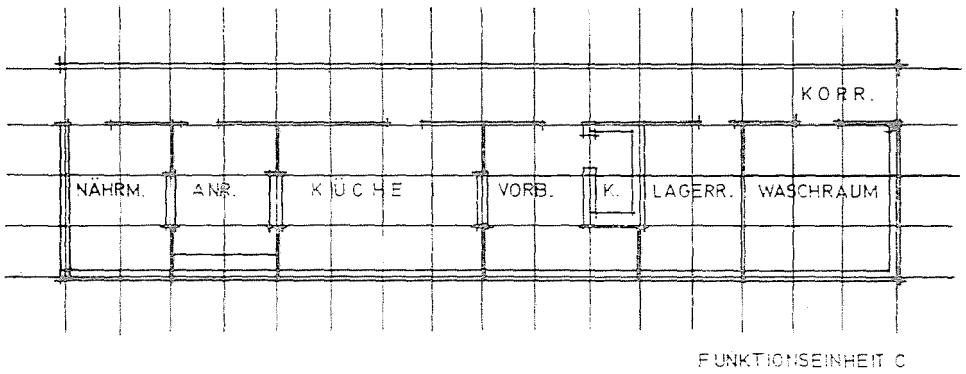
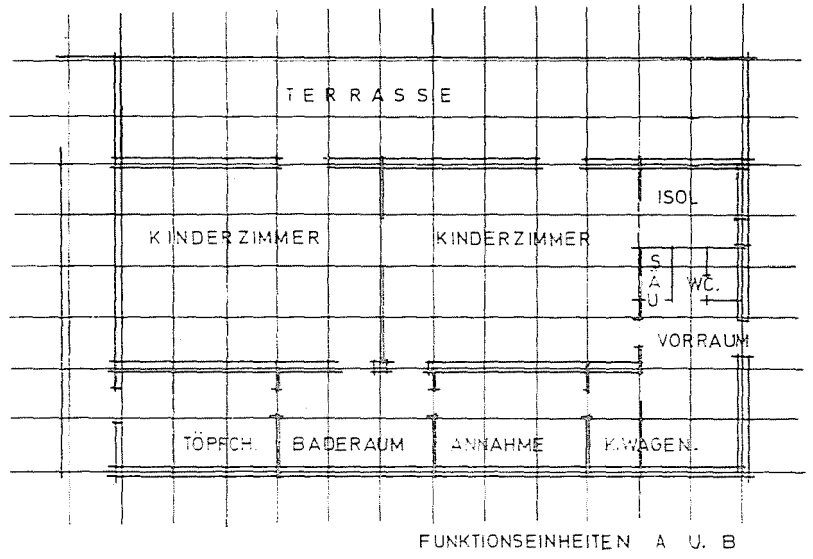


Abb. 1

- Bade- und Töpfchenraum,
 Kinderzimmer: 2 Einheiten,
 Terrasse vor den Kinderzimmern,
 Isolierzimmer.
- Funktionseinheit B: Wie Einheit A, doch mit veränderter Ausbildung
 der Kinderzimmer und des Bade- und Töpfchenraumes.
- Funktionseinheit C: Lagerraum,
 Vorbereitungsraum mit Kühlzelle,
 Küche und Anrichte,
 Nährmittelküche,
 Waschraum,
 u. U.: Kessel- und Boilerraum, Anwärmeküche, usw.
- Funktionseinheit D: Büroraum des Leiters,
 Ordinationszimmer,
 Umkl. WC, Duschr. Frauen, Männer.

Das Verhältnis der Funktionseinheiten zueinander kann nach mehreren Grundschemas dargestellt werden. Natürlich sind diese nicht gleichwertig. Auf Grund des inneren Verkehrs könnte z. B. eine Reihenfolge aufgestellt bzw. ein optimales Schema bestimmt werden, allein lediglich mit einem Optimum zu arbeiten kann unter Umständen nicht immer zweckentsprechend sein. Oft sind Gebundenheiten des Baugeländes und der Umgebung zu berücksichtigen, die vielleicht durch die optimale Lösung nicht befriedigt werden.

Im Falle dieser einfachen Aufgabe ist ein einziges Grundschema genügend, u. zw. jenes, das eine primäre Verbindung zwischen den Einheiten A und B, A und C und D darstellt.

Verbindungen

Die Einführung dieses Begriffes ist ausschließlich zur Vereinfachung der praktischen Ausführung nötig. Als *Verbindungen* werden die primären Verbindungen zwischen den einzelnen Funktionseinheiten bezeichnet. Die Verwirklichung bzw. das Zusammenbauen des Zielensembles erfolgt im Raum determiniert. Die Grundlage dieser Determination wird durch ein entsprechendes Maßordnungssystem bzw. Raster gebildet. Um das Zielensemble, von Einheit zu Einheit zusammengebaut, hinsichtlich der Anordnung zu bestimmen bzw. die räumliche Lage der einzelnen Einheiten im Verhältnis zueinander festzulegen, muß der Standort der betreffenden Einheit bestimmt werden. Auf die Koordinaten dieser determinierten Einheit sind sämtliche Koordinaten der übrigen Einheiten eindeutig beziehbar.

In den Verbindungen ist immer das Inhalts- und Raumverhältnis zwischen einer primären und einer sekundären Einheit interpretiert.

Im angeführten Beispiel kommt die Funktionseinheit A nur als eine primäre Einheit vor.

Die einzelnen Verbindungen werden wie folgt bezeichnet:

Verbindung zwischen A und B : 1

A und C : 2

C und D : 3

Das Schema kann also durch Addition aus folgenden Verbindungen bzw. der primären Einheit zusammengesetzt werden:

Schema : $A + 1 + 2 + 3$.

Maßordnung, Anordnung .

Um die einzelnen Funktionseinheiten durch die Verbindungen eindeutig bestimmen zu können, muß ein geeignetes Koordinationsnetz verwendet werden, dessen Modulviereck auf Grund von Funktion und konstruktiven Möglichkeiten bestimmt ist.

Im Entwurfsprozeß werden zwei Koordinationssysteme verwendet:

1. Das sog. *globale Koordinationssystem*. In diesem System werden die einzelnen Ensemblevarianten immer am ständigen Ort abgebildet.

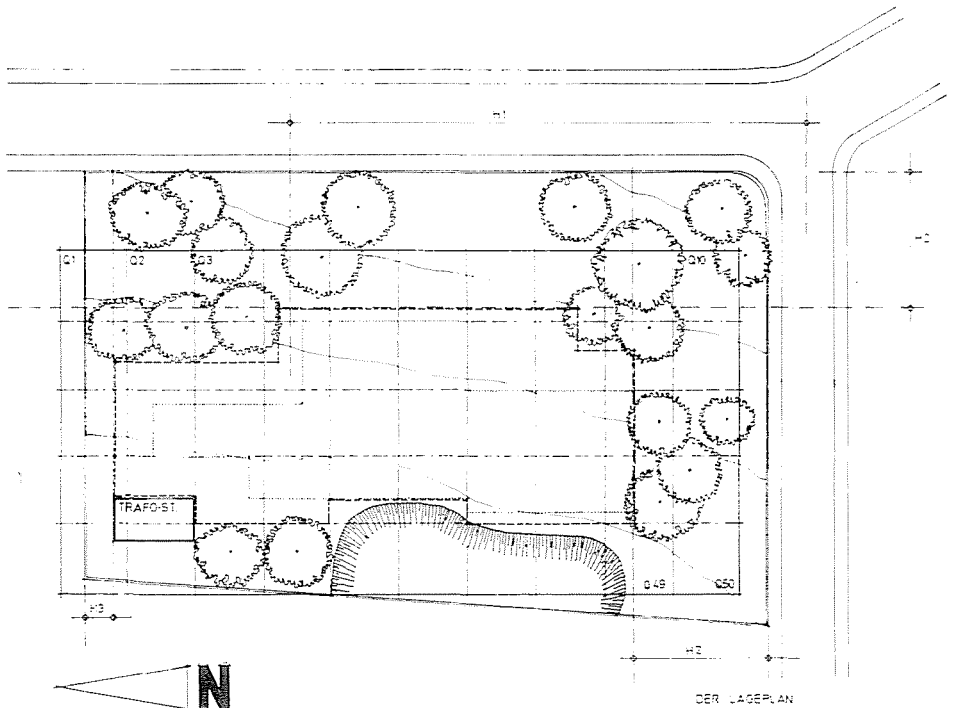


Abb. 2

2. Das sog. *lokale Koordinationssystem*. Dieses System enthält die einzelnen Situationspläne mit den wichtigsten topographischen Daten.

Das globale Koordinationssystem stellt mit seinen Daten die ständigen Informationen dar, und im lokalen Koordinationssystem werden die den augenblicklichen Forderungen entsprechenden Informationen festgelegt. Im ersten Schritt des Entwurfsprozesses werden die einzelnen Elemente — Modulvierecke —, der zwei Koordinationssysteme verglichen. Natürlich wird während eines Aufgabenabschnittes nur ein einziges lokales Koordinationssystem mit mehreren der Zahl der Varianten entsprechenden globalen Koordinationssystemen verglichen. Im Laufe der einzelnen Vergleichsprozesse werden die den Forderungen des Lageplanes entsprechenden Varianten ausgewählt und selektiert. Dieser Prozeß entspricht in der allgemeinen Praxis der Fertigstellung des Anordnungsplanes.

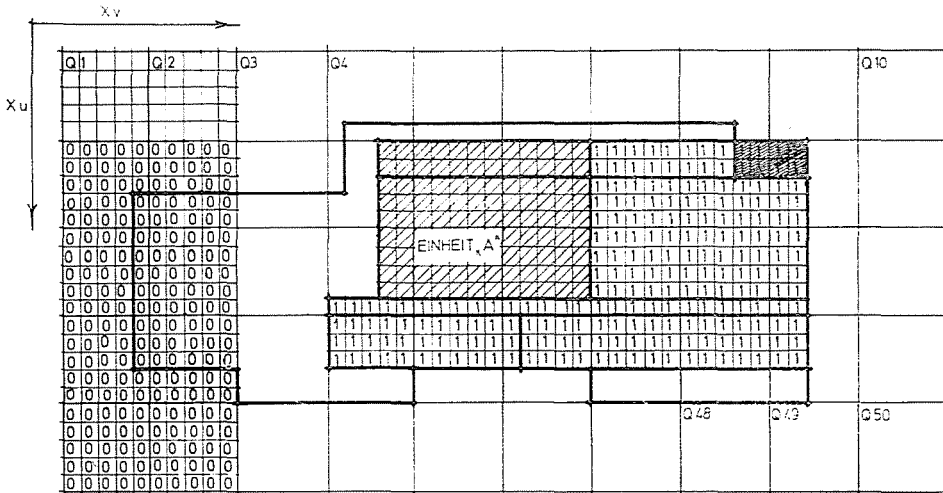
Selektionsprozeß mit Hilfe einer Rechanlage

Die Marken, die die einzelnen Modulvierecke der zwei Koordinationssysteme darstellen, werden wie folgt bezeichnet:

Globales Koordinationssystem: $X [u, v]$

Lokales Koordinationssystem: $Y [u, v]$

(Siehe die Abbildung!)

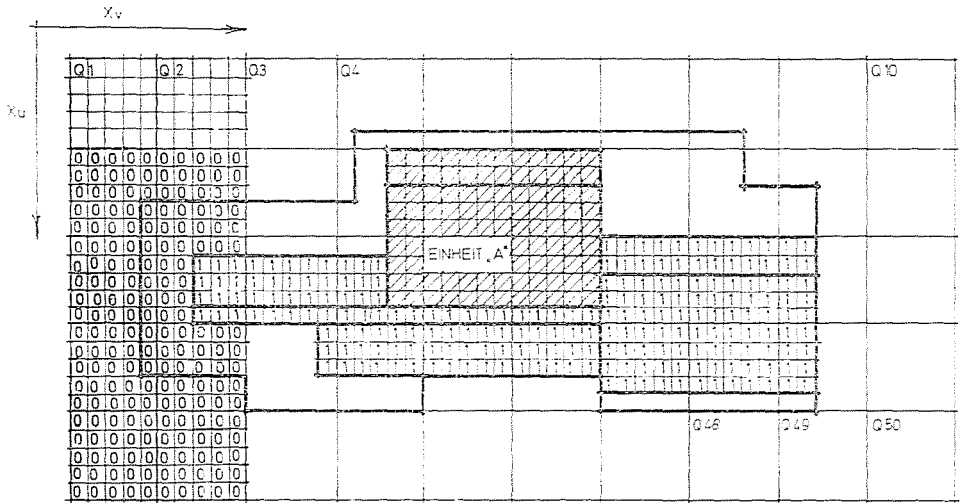


DAS GLOBALE KOORDINATIONSSYSTEM
DAS ENSEMBLE ENTSPRICHT NICHT DEM LAGEPLAN

Abb 3

Ein Modulviereck einer Funktionseinheit kann folgende Inhalte haben:

1. Bezeichnung der Funktionseinheit.
2. Das betreffende Viereck bildet einen Teil der Hauptfläche; oder
3. der Verkehrsfläche; oder
4. der zugeordneten Nebenfläche.
5. Die Bezeichnung der Güteklasse des betreffenden Viereckes.
6. Güteklasse für die Kennzeichnung der haustechnischen Forderungen.



DAS GLOBALE KOORDINATIONSSYSTEM
DAS ENSEMBLE ENTSpricht DEM LAGEPLAN

Abb. 4

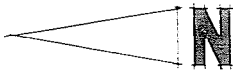
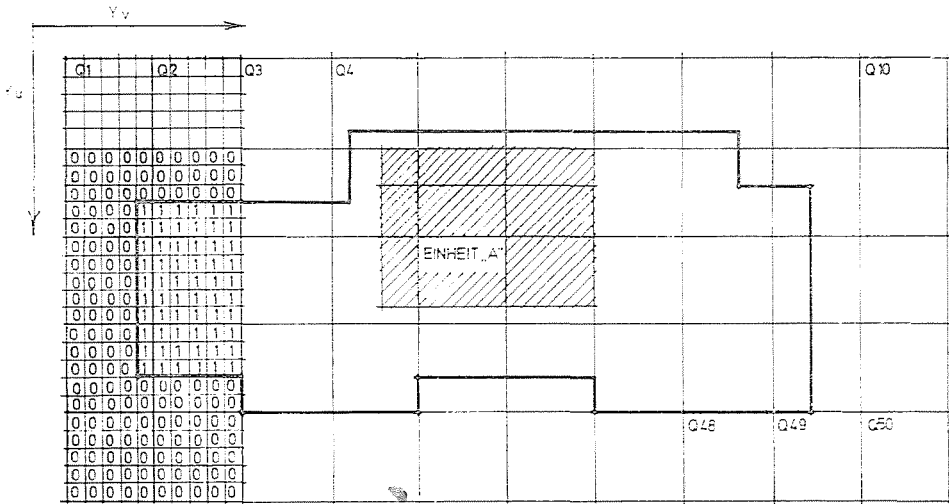
Vorausgesetzt, daß das Koordinationssystem — wie im Beispiele — aus 25×50 Modulvierecken zusammengesetzt ist, werden die einzelnen Marken mit Informationen von 1 bis 1250 versehen. Um den Selektionsprozeß zu vereinfachen, wird nicht mit dem Block X [1 : 25, 1 : 50], sondern mit $x_1, x_2, \dots, x_{1250}$ gerechnet.

Neben den Marken x_1, \dots, x_{1250} wird mit Block Y [1 : 25, 1 : 50] operiert.

Die Selektion kann in einem oder in mehreren Schritten durchgeführt werden. Im Grunde genommen werden sämtliche Ensembles gesucht, die die Gesichtspunkte der Untersuchung berücksichtigen, den Forderungen des Lageplanes entsprechen. Das bedeutet, daß im ersten Schritt geprüft wird, ob die einzelnen Ensemblevarianten auf der gegebenen Baufläche unterge-

bracht werden können. Diese Untersuchung wird einfach so durchgeführt, daß alle Modulvierecke des lokalen Koordinationssystems, welche einem Modulviereck des globalen Koordinationssystems entsprechen, daraufhin untersucht werden, ob sie bebaut werden können. Dieser Prozeß wird folgenderweise durchgeführt:

Es wird untersucht, ob z. B. die Modulvierecke mit den Marken x_{62} und x_{63} des globalen Koordinationssystems mit den Modulvierecken Y 2,12 und Y 2,13 des lokalen Koordinationssystems identisch sind.



DAS LOKALE KOORDINATIONSSYSTEM

Abb. 5

Werden die Modulvierecke des globalen Koordinationssystems, die zu einer geeigneten Ensemblevariante gehören, mit dem Kode »1« bezeichnet, so erhalten die übrigen Modulvierecke den Kode »0«. Genau so werden anhand des Kodes »1« alle Modulvierecke des lokalen Koordinationssystems bestimmt, die eine »Baufläche« darstellen.

Ob ein Ensemble den Forderungen des Lageplanes entspricht, kann auch durch weitere Untersuchungen ermittelt werden. Unter bestimmten Bedingungen kann z. B. vorgeschrieben werden, daß ein Teil des Baugrundes nur für eine bestimmte Funktionseinheit geeignet sei. Die Selektion erfolgt auf Grund folgenden Programmes.

Aufbau des Datenstreifens (das behandelte Beispiel)

($Y_{1,1}, Y_{1,2}, Y_{1,3}, \dots, Y_{25,4}, Y_{25,49}, Y_{25,50}$ [Serienzahl 1] $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{124}, x_{1249}, x_{1250}$) Serienzahl 2 ($x_1, x_2, \dots, x_{124}, x_{1249}, x_{1250}$) \dots Serienzahl n ($x_1, x_2, \dots, x_{124}, x_{1250}$)

Das Programm

```

BEGIN COMMENT SELEKTION;
  INTEGER I, J, SERIENZAHL;
  REAL X;

  ARRAY Y [1 : 25, 1 : 50];
  FOR I: = 1 STEP 1 UNTIL 25 DO
  BEGIN
    FOR J: = 1 STEP 1 UNTIL 50 DO
      {EINGABE VON Y [I, J]}
    END;
  END;

  F1: {SERIENZAHL EINGABE}
  FOR I: = 1 STEP 1 UNTIL 25 DO
  BEGIN
    FOR J: = 1 STEP 1 UNTIL 50 DO
    BEGIN
      {EINGABE VON X}
      IF X  $\neq$  0 THEN
      BEGIN
        IF Y I, J  $\neq$  X THEN GO TO F1
      END;
    END;
  END;
  END;

  {TEXTDRUCK DER SERIENZAHL}
  GO TO F1
END SELEKTION;

```

Als Ergebnis der Selektion erhält man eine Reihe von Ensembles, die alle Forderungen des Lageplanes erfüllen. Wie schon erwähnt, können zahlreiche Varianten den Erfordernissen der Baustelle entsprechen. Möglichenfalls wird nur ein einziges Optimum gesucht, oder es können zwischen bestimmten Grenzen mehrere optimale Lösungen gesucht werden. Die Auswahl erfolgt mit Hilfe einer Zielfunktion, die charakteristische Daten der inneren Funktion und der bauphysikalischen Forderungen beschreibt.

KOZSOEPULLETTERVEZELSI TSZ. (MULLER)
 KOZSOESSEGI EEPULETEK TERVEZESEENEK AUTOMATIZAALASA 335033

```
'BEGIN' 'COMMENT' SZELEK(IGG);
'INTEGER' DB,S, I,J,K,L;
'INPUT' (DB,K,L);
'BEGIN' 'INTEGER' 'ARRAY' V,V1,[1:K,1:L];
'INPUT' ('ARRAY' V);
A1:'INPUT' (S,'ARRAY' V1);
'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' K'DO'
'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' L'DO'
'IF' V[I,J] 'NEG' V1[I,J] 'THEN' 'GOTO' F1;
'LINE' 5; 'TEXT' SORSZAA; 'SPACES' 2;
'OUTPUT' (S:3);
F1:'IF' S'NEG' DB'THEN' 'GOTO'
A1'END'
'END'*
```

```
'BEGIN' 'COMMENT' PILLERERLINDSZEL (A K,L);
'INTEGER' DB,S, I,J,K,L,M;
'REAL' AAR;
'INPUT' (DB,K,L); M:=2*L;
'BEGIN' 'ARRAY' P1[1:L,1:L],P1[1:L],1[1:L];
'INPUT' ('ARRAY' P);
A1:AAR:=0;
'INPUT' (S,'ARRAY' P1);
'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' K'DO'
'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' L'DO'
'IF' P[I,J]=1 'THEN'
'BEGIN' 'IF' P1[I,2*J-1]=1 'THEN'
AA:=AAR+P1[I,2*J] 'ELSE'
'GOTO'
F1'END';
'LINE' 5; 'TEXT' SORSZAA; 'SPACES' 2;
'OUTPUT' (S:3); 'LINE' 2;
'TEXT' KOELTSEEG; 'SPACES' 2;
'OUTPUT' (AAR:4:1);
F1:'IF' S'NEG' DB'THEN' 'GOTO'
A1'END'
'END'*
```

SORSZAA 2

KOELTSEEG 136.0

Die Auswahl der Konstruktion

Wie bereits erwähnt, wird schon während der Bestimmung der Abmessungen des Modulviereckes bzw. der Verbindungen der Charakter der in Frage kommenden Konstruktion berücksichtigt.

Auf Grund der diesbezüglichen Forschungsarbeiten ist es klar, daß für Kommunalbauten zur Zeit nur eine Punktlagerung, — also ein Skelettbau — in Frage kommen kann.

Die Bestimmung der Konstruktion wird in 3 Abschnitten durchgeführt:

1. Bestimmung der vertikalen Tragkonstruktion mit den horizontalen Hauptträgern und Wechselbalken.
2. Bestimmung der Deckenkonstruktion auf Grund des Vorstehenden.
3. Zuletzt, Bestimmung der Ausbaukonstruktionen (Fenster, Türen, Trennwände, Einbaumöbel, usw.) bzw. der Bodenbeläge.

Da alle drei Arten der Konstruktionsdetails auf Grund desselben Systems bestimmt werden, sollen wegen Raumangel bei der vertikalen Tragkonstruktion allein die Fragen der Programmierung klargestellt werden.

Kurz über die Faktoren, die die Bestimmung der Konstruktion in erster Reihe beeinflussen:

1. Auf Grund des Ergebnisses der Selektion können die in Frage kommenden Tragsysteme der Skelettbaukonstruktion eindeutig bestimmt werden.
2. Ist ein Quer- oder Längswandsystem zu wählen?
3. Mit welcher Größenordnung der Belastung muß gerechnet werden?

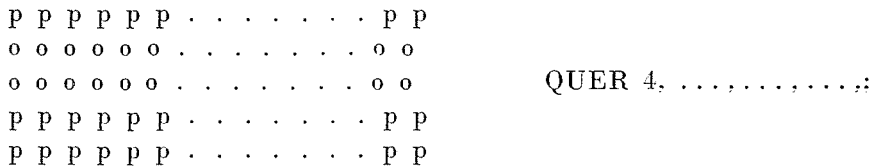
Sämtliche Varianten der einzelnen Systeme, von denen mit Hilfe der EDV die den Forderungen am meisten entsprechende Lösung gewählt wird, müssen vorhanden sein.

Als Beispiel sollen einige Varianten eines 4-Trakt-Quersystems vorgeführt werden. Bei diesem System kommen die Funktionseinheiten C und D in Frage. Mit p wurden die Netzpunkte bezeichnet, die eine Stütze darstellen, und mit dem Zeichen o alle Netzpunkte, die »frei bleiben«.

Quersystem, 4 Trakte, 6 Stützenreihen, 1. Größenordnung der Belastung, Variante 1:



Ein weiteres Beispiel eines 4-Trakt-Systems, mit n Stützenreihen:



Jedem einzelnen Element wurde der sog. »ÉKN«* Einheitspreis zugeordnet. Diese Preise werden dann während des Ablaufes wieder summiert.

Aufbau des Datenstreifens:

(P_{1,1}, P_{1,2}, . . . PZ,Z) Serienzahl 1 (p Einheitspreis, p, Einheitspreis, . . . p,

* Ungarische Vorschriften für die »Baukostennormen«

Einheitspreis) Serienzahl 2 (p, Einheitspreis, p, Einheitspreis, . . . p, Einheitspreis) . . . (p, Einheitspreis, p, Einheitspreis, . . . p, Einheitspreis);

Erster Abschnitt (P . . .): die Daten unserer Grundriß-Variante

2., 3., . . . Abschnitt (p, Einheitspreis, . . .): Die Daten der Varianten 1, 2, . . . des entsprechenden Stützensystems.

Das Programm

```

BEGIN COMMENT STÜTZENSYSTEM QUER M, N;
  INTEGER I, J, SERIENZAHL, P, M, N;
  REAL EINHEITSPREIS, KOSTENAUFWAND;
  {EINGABE VON M, N}
  BEGIN ARRAY P [1 : M, 1 : N]
    FOR I := 1 STEP 1 UNTIL M DO
      BEGIN
        FOR J := 1 STEP 1 UNTIL N DO
          {EINGABE VON P [I, J]}
        END;
      END;
    END;
  FI: {SPRUNG AM DATENSTREIFEN ZUR NÄCHSTEN SERIENZAHL}
  {EINGABE DER SERIENZAHL}
  KOSTENAUFWAND = 0;
  FOR I := 1 STEP 1 UNTIL M DO
    BEGIN
      FOR J := 1 STEP 1 UNTIL N DO
        BEGIN
          {EINGABE VON P}
          {EINGABE DES EINHEITSPREISES}
          IF P ≠ 0 THEN
            BEGIN
              IF P [I, J] ≠ P THEN GO TO FI;
              KOSTENAUFWAND := KOSTENAUFWAND + EINHEITSPREIS
            END;
          END;
        END;
      END;
    END;
  END;
  {TEXTDRUCK DER SERIENZAHL UND DES KOSTENAUFWANDES}
  GO TO FI;
END STÜTZENSYSTEM QUER M, N;

```

Wie schon erwähnt, wird auch die Deckenkonstruktion nach dieser Methode bestimmt.

Um die Frage darzulegen, wird der Aufbau eines Informationsnetzes gezeigt:

Deckenkonstruktion des Systems QUER 4, 6, 1, 1.: :

```

P P P P P P
  D1 D2 D2 D2 D2
P P P P P P
  D4 D5 D5 D5 D5
o o o o o o
  D6 D7 D7 D7 D7
o o o o o o
  D8 D3 D3 D3 D3
P P P P P P

```

Im Programm der Stützenkonstruktion wird immer nur eine konstruktive Möglichkeit untersucht. Bei den Deckenkonstruktionen und den Ausbaukonstruktionen stellen die einzelnen Codes nicht nur eine einzige Lösung, sondern eine Reihe von Lösungen dar, von denen der Rechenautomat — unter Berücksichtigung der optimalen Wirtschaftlichkeit — die günstigste auswählt.

Natürlich ist das Informationsnetz der Ausbaukonstruktionen noch verwickelter. Um das zu zeigen, wird ein Teil der Funktionseinheit »D« erörtert.

Es ist noch zu bemerken, daß in diesem Falle ein einziger Raster nicht mehr ausreicht.

Neben einem primären Raster (Stützenreihen) wird auch ein sekundäres eingeführt.

Auch bei der Bestimmung der Lösungen für die Haustechnik verfährt man nach der schon bekannten Methode: die möglichen Kombinationen werden mit der vorhandenen Auswahl verglichen. Der Prozeß wird in 2 Schritten durchgeführt:

1. Auf Grund der Bezeichnungen der haustechnischen Forderungen werden die einzelnen Einrichtungsgegenstände und ihre Anordnung bestimmt.
2. Auf Grund der so festgelegten Einrichtungsgegenstände werden die günstigsten Lösungen für die Linienführung der Leitungen ausgewählt.

Das Endergebnis oder die Reihe der Ergebnisse können in einfacher Form ausgedrückt werden, oder — bei Vorhandensein einer geeigneten Anlage — kann die Erschließung in der üblichen Form der Bauzeichnungen erfolgen.

Bemerkung: Die mitgeteilten Programme wurden mit Hilfe des Rechenautomaten RASDAN III des Universitäts-Rechenzentrums verarbeitet.

P2	z	AF	z	O	z	AF	z	P5	z	AF	z	O	z	AF	z	P5
z																
AG																
z																
P9	f	CAf	CA	O	CC	CCf	f	P7	f	CCf	CC	O	f	CGf	CC	P7
Cp			CC					k			CC					k
c			CCf					k			CCf					k
co			CC	CCf	h	h	CCf	CC								k
O			f					k			f					k
∞			f					k			f					k
c			CC	CCf	h	h	CCf	CC								k
co			f					k			f					k
O			O	f	f	f	O	f	f	f	O					O
co			HH					k			HH					k
c			HHf					k			HHf					k
cp			f					k			f					k
P2	AS	AS	AS	O	AS	AS	AS	P5	AS	AS	AS	O	AS	AS	AS	P5

INF. MATRIX - DETAIL DER FUNKTIONSEINHEIT O

Abb. 6

Zusammenfassung

Durch die Addition von Funktionseinheiten entstehen die einzelnen Ensembles. Durch den praktischen Einsatz eines Rechenautomaten (RASDAN III) wird die für die Baustelle am besten geeignete Lösung gesucht. Als Konstruktion wurde eine Skelettkonstruktion vorgesehen. Um auch diesbezüglich die optimale Lösung zu finden, wird eine automatisierte Entwurfsmethode dargelegt.

Für beide automatische Prozesse werden auch die entsprechenden ALGOL-Programme mitgeteilt.

Oberassistent Dr. FERENC FARKAS MÜLLER, Budapest XI, Műgyetem rkp. 3, Ungarn