

ÜBER DIE AUTOMATISIERUNG DER BAU- UND ORGANISATIONSPLANUNG

Von

Zs. TURÁN

Lehrstuhl für Bauausführung, Technische Universität Budapest,

Eingegangen am 5. April 1974

Vorgelegt von Dr. ZOLTÁN VAJDA

1. Anforderungen an die Bauindustrie

Von Ländern oder Wirtschaftseinheiten auf verschiedenen Stufen der wirtschaftlichen Entwicklung werden an die Bauindustrie und über diese an den Bauentwurf unterschiedliche Anforderungen gestellt. Von wenig industrialisierten Gesellschaften mit niedrigem Nationaleinkommen wird heute für die rasche Entwicklung von der Bauindustrie vor allem eine schnelle, billige Massenproduktion erwartet, wobei keine besonderen Ansprüche auf Auswahl erhoben oder diese mindestens den Interessen der Massenproduktion untergeordnet werden. Das war die Lage in der Nachkriegszeit in mehreren europäischen Ländern und so steht es heute mit einem Teil der Entwicklungsländer (der »dritten Welt«). Mit der Bereicherung der Gesellschaft, mit dem gestiegenen Lebensniveau wird neben dem Anspruch auf quantitative Leistung — obwohl diese ihren führenden Platz beibehält — ein zunehmendes Gewicht auf die Auswahl gelegt. Dabei verfügen solche Länder — die als mittelmäßig entwickelt bezeichnet werden sollen — über keine unbegrenzten materiellen und technischen Mittel; daher wird die Art der Wahl von den Varianten durch die ökonomische Wirksamkeit der geplanten Anlage, und auch von den Wirksamkeitsfaktoren, z. B. durch die Investitionskosten, die Bauzeit usw. beeinflusst. Für Länder auf dieser mittleren Entwicklungsstufe ist — auch aus politischer Sicht — das Tempo des Wirtschaftszuwachses, das u. a. durch die genannte Wirksamkeit der Investitionen wesentlich beeinflusst wird, von entscheidender Wichtigkeit. Daher ist auf dieser Entwicklungsstufe jede Methode von besonderer Bedeutung, die durch eine wohlbegründete Entscheidungsvorbereitung die Wahl unter mehreren, technisch gleichwertigen Varianten gestattet.

Bei einer weiteren Bereicherung der Gesellschaft — bzw. auch ohne diese, wenn die Baukapazitäten die Forderungen des Marktes übersteigen — wird der Baumarkt gewissermaßen gesättigt; unter solchen Verhältnissen wird schon der Massenproduktion gegenüber der Anspruch auf Auswahl vorherrschend. Für die produktiven Investitionen verliert jedoch die vielseitige Erwä-

gung der ökonomischen Wirksamkeit der Anlagen auch weiter nicht an Bedeutung, und damit auch die Methoden und Verfahren nicht, die zur gründlichen Vorbereitung der Entscheidungen bereits auf der vorigen («mittleren») Entwicklungsstufe herausgebildet wurden.

Die erste Voraussetzung der gründlichen Entscheidungsvorbereitung ist die Ausarbeitung *mehrerer Planvarianten* von gleichem oder annähernd gleichem Gebrauchswert. Diese müssen bis zu einer Tiefe ausgearbeitet werden, die eine annähernd genaue Bestimmung der für die Realisierung erforderlichen Kraftquellen ermöglicht. Derartige Faktoren sind die Investitionskosten, die wichtigsten und speziellen Werkstoffe bzw. Einzelteile, Ausführungszeit usw. Es ist zu erkennen, daß der technische Entwurf (den technologischen Plan des Investitionsvorhabens usw. inbegriffen) an sich noch keine besondere Aussagekraft für die Entscheidungsvorbereitung hat und ohne ein Organisationsplanschema wertlos ist. *Technischer Entwurf, Ausführungstechnologie und Bauorganisation bilden ein Ganzes*, das unbedingt bekannt sein muß, um von den Varianten die tatsächlich wirksamste auszuwählen.

2. Die Bauplanung

Aus einem sich im Laufe der Jahrhunderte langsam entwickelnden Handwerk begann sich die Bauausführung im vergangenen Jahrhundert zu einer dynamisch wachsenden Großindustrie zu entfalten. Was die Mechanisierung, die Technologie, die Entwicklung der Organisation anbelangt, hielt die Bauausführung im wesentlichen mit den wachsenden quantitativen und Auswahlansprüchen Schritt, wobei auch die Durchlaufzeiten den Erwartungen gemäß vermindert wurden. Bis zum heutigen Tag hat die Bauausführung eine bedeutende Strecke auf dem Weg der Entwicklung zurückgelegt. Ein leistungssteigernder Faktor, der nicht außer acht gelassen werden darf, ist die Vorfertigung in ortsfesten Betrieben, die vom herkömmlichen Mauerstein der historischen Zeitalter, von den handgemauerten Ziegeln, bis zur Großtafel- und Raumzellenbauweise von heute ein großes Stück Weges zurückgelegt hat. Für eine weitere Rationalisierung der Baustellenarbeit wäre eine weitere Vergrößerung der Fertigteilmessungen gewiß vorteilhaft, diese werden jedoch durch Transportbedingungen (Durchfahrtsprofile, Tragfähigkeit der Bahnen; Förder- und Lasthebemaschinen) Grenzen gesetzt.

Die technische Bauplanung kann sich keiner so wesentlichen Rationalisierung von ausschlaggebender Bedeutung rühmen wie es die Vorfertigung in der Bauausführung ist. Ohne zu behaupten, daß man heute in der gleichen Weise entwerfe, wie der Baumeister des Mittelalters, steht dennoch fest, daß *die Leistungsfähigkeit der Planung in geringerem Maße zugenommen hat* als die der Bauausführung. Der Vergleich fällt besonders ungünstig aus, wenn berücksichtigt wird, daß jedes Bauobjekt, das ausgeführt oder für das ein

Bauausführungsplan ausgearbeitet wird, von einer Anzahl gleichwertiger Varianten ausgewählt werden sollte. Der entwerferische Arbeitsbedarf (Arbeitsaufwand) ist heute noch in der Regel zu hoch, um eine eingehende Ausarbeitung von Varianten zu gestatten, und auch die Entwurfstarifsätze ermöglichen die Ausarbeitungskosten nur eines einzigen Planes zu decken, bzw. wird das Entwerfen von mehreren Varianten einem Übereinkommen des Bauherrn mit dem Entwurfsbearbeiter überlassen.

Selbstverständlich wurden auch bisher Schritte für die Rationalisierung der Entwurfsarbeit unternommen. Es wäre zu lang, alle Vorschriften und Behelfe aufzuzählen, die bei der Entwurfsarbeit vor Augen gehalten werden sollten. Solche sind z. B.: verbindliche Landesnormen bzw. Normenempfehlungen, Zweignormen, eigene Normen größerer Institutionen, Bauordnung und Gesetze, technische Vorschriften und Richtlinien, verbindliche Typenpläne, Konstruktionspläne, Produktkataloge usw. Durch dieses System der Regelungen und Behelfe läßt sich die Entwurfsarbeit bis zu einem gewissen Grade rationalisieren, sie bleibt jedoch auch dann noch weit hinter der Rationalisierung der materiellen Produktion zurück.

Durch die notwendige Vertiefung in verschiedenen Fachrichtungen wurde die Entwurfstätigkeit ziemlich schwerfällig. Die Entwurfsorganisationen arbeiten in der Regel in Form von nach Fachrichtungen gegliederten Einheiten.

Trotz der Schwierigkeiten müssen die Entwurfsverfasser eine gute Arbeit leisten. Sie haben eine große gesellschaftliche Verantwortung. Durch das Ergebnis ihrer Arbeit — durch den ausgeführten Plan — wird unsere Umwelt für Jahrzehnte bestimmt und auch die komplexe Wirksamkeit der Investitionen hängt von ihnen ab.

Die verhältnismäßige Rückständigkeit der Produktivität der technischen *Planung* und die gestiegene Arbeitsaufwendigkeit der wirtschaftlich wohlbegründeten *Entscheidungsvorbereitung* sind miteinander *in Widerspruch geraten*. Soll dieser Widerspruch aufgehoben und das zur Verfügung stehende geistige Potential der Entwerfer mit besserer Wirtschaftlichkeit und ergebnisvoller eingesetzt werden, so müssen sämtliche Möglichkeiten erwogen werden, die wenigstens teilweise zur Überbrückung dieses Widerspruchs beitragen können.

3. Einige Möglichkeiten der Weiterentwicklung der Planung

Unter den Systemen für die Regelung und Rationalisierung der Entwurfsarbeit wurden im Vorstehenden auch die Typenpläne genannt. Von den traditionellen Methoden zur Wirksamkeitserhöhung der Planung ist die Typenplanung die wichtigste und erfolgreichste. Die Typisierung berührt das Wesen des Entwerfens; es handelt sich eigentlich um eine ebensolche Vorfertigung, wie jene, die auch in der materiellen Produktion zum Erfolg führte. Dabei ist die Typisierung — besonders wenn das Typenobjekt vorgefertigt werden

kann — auch für die Ausführung von Vorteil. Bei der ersten Ausarbeitung eines Typenplanes ist eine gewisse Mehrarbeit erforderlich, bei den wiederholten Anwendungen beschränkt sich jedoch die Entwurfsarbeit auf die viel weniger arbeitsaufwendige Adaptation der Typenpläne.

Die Verwendung von Typenplänen hat aber ihre Grenzen bzw. Schwierigkeiten. So macht z. B. die Befriedigung der veränderlichen Auftraggeberansprüche Sorgen. Genauer gesagt, die Möglichkeit, veränderliche Ansprüche zu befriedigen, hängt vom Grad der Typisierung ab. Im allgemeinen: eine je vollkommener Grenze ein typisiertes Objekt bildet, umso schwerer kann es sich an wesentlich veränderte Ansprüche anpassen, obwohl jeder Typenplan auch freie Parameter hat. Es werden aus dieser Sicht drei verschiedene Grade unterschieden:

a) Gebäude-Typenplan: seine Anwendung besteht in einfacher Adaptation (Auswahl des geeigneten Planes, Überprüfung, Gründungsplan, Leitungs- und Verkehrsanschlüsse, Kostenvoranschlag);

b) Segment-Typenplan: bei dessen Anwendung das Gebäude zuerst den Forderungen gemäß aus Segmenten zusammengestellt und anschließend die notwendige Adaptationsarbeit (Grundbau, Installationstechnik, Kostenvoranschlag, ergänzende Einzelpläne) durchgeführt wird;

c) Die Anwendung von Typenelementen und -konstruktionen ist maßstäblich fast gleich dem Einzelentwurf unter Anwendung von herkömmlichen Konstruktionen.

Dieser Art der Entwicklung der Planungsarbeit stellt eine schon bisher verwendete Lösung dar. Eine andere Möglichkeit von großer Tragweite reifte erst in unseren Tagen aus; das ist der Einsatz der modernen Rechentechnik, der Automatisierung als Hilfsmittel. Mehrere Bereiche der technischen Planung erhielten bereits mit dieser einen gut brauchbaren Behelf; greifen wir nur als Beispiel die Berechnung von Tragwerken, die geodätischen Berechnungen, die Lösung von hydrologischen, hydraulischen Problemen, die Durchrechnung von Produktionsorganisations- bzw. Investitionsnetzwerken usw. heraus. In der Projektierung von Gebäuden sind bisher lediglich Versuche zu verzeichnen, und auch in diesen wurden bei den Untersuchungen von den drei Gliedern des früher genannten »organischen Ganzen« Ausführungstechnologie und Organisation gänzlich übergangen und auch Wirtschaftlichkeitsfragen werden nur selten erfaßt. Dabei ist es klar, daß die von den *technischen Plänen* ohne Berücksichtigung dieser Faktoren ausgewählte Optimallösung *das Optimum* eines aus einem komplexen System willkürlich ausgewählten *untergeordneten Systems* darstellt, und als solches sich nicht als Optimum des ursprünglichen Systems bewährt. Ein zufälliges Zusammentreffen kann selbstverständlich vorkommen, dies ist jedoch keine Gesetzmäßigkeit.

Es bieten sich auch weitere Möglichkeiten der Entwicklung der Entwurfstechnologie, wie z. B. Einführung der Foto- und Montagetechnik im Doku-

mentationssystem: Teamarbeit usw.; hier soll jedoch auf diese nicht näher eingegangen werden.

Um auf den Gegenstand der Untersuchung, auf die Typenplanung und Automatisierung zurückzukommen, stellt sich nun die Frage, wie sich diese beiden, bisher getrennt verlaufenden Entwicklungsbestrebungen vereinen lassen, ob das einen Vorteil verspricht und welche Voraussetzungen dafür erforderlich sind. Im weiteren sollen diese Fragen beantwortet werden und sollte die Antwort nicht erschöpfend sein, so ist das dem Umstand zuzuschreiben, daß die Forschung selbst nicht ganz abgeschlossen ist, obwohl bereits ein Beispiel aus der Praxis angeführt werden kann.

4. Die Typenplanung im Lichte der Automatisierung

Sowohl durch die bauliche Typisierung allein als auch durch die Einführung einzelner technischer Berechnungen wurde der Entwicklung der Entwurfstechnologie ein kräftiger Anstoß gegeben. Die Frage liegt auf der Hand, ob sich die beiden, bisher selbständigen Methoden nicht verbinden lassen würden. Ihre Verbindung wäre schon deshalb gerechtfertigt, weil die bisherigen Bestrebungen zur Planungsautomatisierung in der Regel funktionsorientiert sind, solange jedoch die Funktion mit keiner konkreten Konstruktion verknüpft wird, muß die Entwurfsarbeit anhand des optimalen Funktionsschemas dennoch manuell fortgesetzt werden, wobei das funktionelle Optimum u. U. gar nicht mit dem komplexen Optimum zusammentrifft (s. das Obengesagte). Die Verknüpfung der beiden Methoden scheint auch schon deshalb zweckmäßig zu sein, weil — wenn einmal die Konstruktion, das konkrete Objekt bekannt ist — zugleich die erforderlichen technologisch-organisatorischen und Kostenrechnungen unternommen werden können. Sollten sich für die Konstruktion mehrere Varianten ergeben, so lassen sich diese mit Hilfe der genannten Berechnungen einer ziemlich komplexen Wirksamkeitsprüfung unterziehen.

Nicht jede Stufe der Typisierung kann jedoch mit der EDV verbunden werden.

a) Der Gebäude-Typenplan ist so ausführlich bearbeitet und hat so wenig freie Parameter, daß bei seiner Anwendung kein großer Variations- und Rechenaufwand erforderlich ist. Eine Ausnahme bildet der Kostenvoranschlag für den Gebäude-Typenplan, der bei der Anwendung nach der aktuellen Preislage umgerechnet werden muß; das kann und läßt sich auch zweckmäßigerweise auf rechentechnischem Wege durchführen, jedoch gehört diese Frage nicht zu unserem Themenkreis.

b) Beim Einsatz von Sektions- und Segment-Typenplänen sind Varianten in großer, jedoch endlicher Zahl, von genauer Konzeption möglich. Gelingt

es die Kodierungsschwierigkeiten zu überwinden, so ist es wohlbegründet, diese Planungsform zu automatisieren.

c) Die Bearbeitung von Einzelplänen unter Anwendung von Typenelementen, vorgefertigten Bauteilen kann beim heutigen Stand der Dinge nur im Falle eines engen Kreises der Vorhaben automatisiert werden. Meistens ist die Lösung der Aufgabe derart ungebunden, daß es ziemlich hoffnungslos zu sein scheint, dafür Berechnungsalgorithmen aufzustellen. Es gibt jedoch eine Methode, mit der man auch in ungebundenem Falle zu einer Lösung gelangen kann; das ist die Anwendung der interaktiven, dialogischen Planungsmethode und der dazu gehörenden rechentechnischen Behelfe (graphic display). Das hat aber mit der Typenplanung wenig zu schaffen, die Behandlung würde ohnehin zu weit führen, daher soll hier darauf nicht näher eingegangen werden.

Im weiteren soll die einzige verbliebene Typenplanungsstufe, die Automatisierung der Anwendung von Segment- und Sektionstypenplänen behandelt werden.

5. Über die Automatisierung der Planung im allgemeinen

Durch die industrielle Revolution, später in unseren Tagen durch die technisch-wissenschaftliche Revolution wurde die Verteilung der Produktionskräfte innerhalb des Gesamtproduktionsprozesses verändert und diese Veränderung setzt sich ständig fort. In der Manufakturperiode erreichte die körperliche Arbeit einen verhältnismäßig großen Umfang, während es wenig geistige Routinearbeit und noch weniger exakt nicht nachbildbare, schöpferische geistige Arbeit gab. Durch die industrielle Revolution wurde der Umfang der körperlichen Arbeit verhältnismäßig herabgesetzt und damit erhielten die geistige Routinearbeit und in geringerem Maße die schöpferische Arbeit — den sich auch sonst stellenden Ansprüchen entsprechend — Raum. Mit dem wachsenden Anteil der geistigen und schöpferischen Arbeit, als eines der Ergebnisse der technisch-wissenschaftlichen Revolution, trat schließlich die exakt nachbildbare geistige schöpferische Arbeit, die sich durch Formeln ausdrücken läßt — in Form der Automatisierung — in den Dienst der Produktion (Abb. 1).

Die zunehmende Arbeitsteilung — d. h. die Aufgliederung auf immer kleinere Teilbereiche und immer mehr spezialisierte Fachgebiete — übt eine gewisse Rückwirkung aus: es erscheinen einerseits Fachleute mit interdisziplinärer Bildung, andererseits sind dazu, daß die hoffnungslos voneinander getrennten Vertreter der einzelnen Fachzweige — trotz ihrer Entfremdung — irgendwie produzieren können, System- und Prozeßplaner erforderlich, um die Spezialkenntnisse zu einem Ganzen zu verflechten. Sobald eine klar organisierte Ordnung herrscht, sind in je einem Fachzweig weniger Spezialisten erforderlich; statt dessen kann die Zahl der Fachzweige weiter zunehmen, umso mehr, da man bestrebt ist, in einem automatisierten System die forma-

lisierbaren geistigen Tätigkeiten womöglich dem Rechenautomaten anzuvertrauen. Das bedeutet gleichzeitig, daß viel mehr geistige Kapazität für Forschungs-Entwicklungsaufgaben übrig bleibt; der Anteil der intuitiven geistigen Arbeit nimmt zu, da die objektive Tätigkeit von der Maschine übernommen wird. Damit muß jedoch die Zahl der Programmierer sowie der sonstige Bedienungspersonalbestand der Automatisierung erhöht werden.

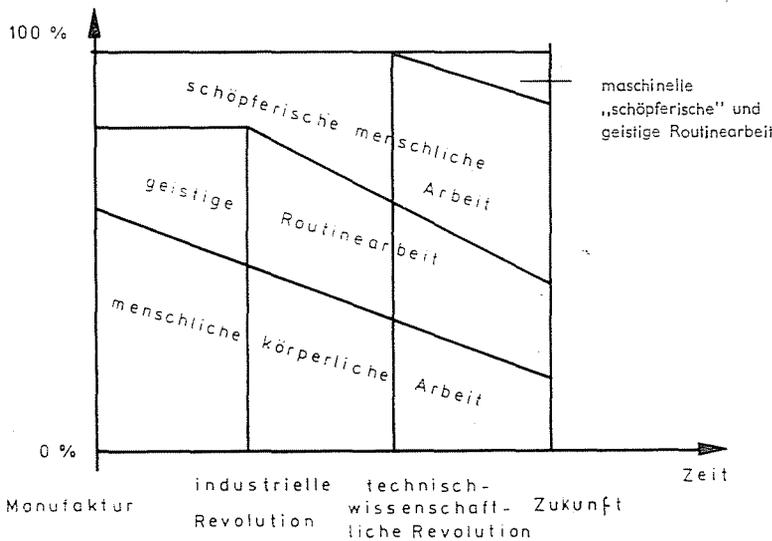


Abb. 1. Gestaltungstendenzen der Beanspruchung der menschlichen Arbeitskraft

Der Weg von der manuellen zur automatisierten Planung läßt sich auf vier Abschnitte unterteilen [2]:

1. die Rechenanlage als Riesenrechenchieber (d. h. manuelles Arbeitswerkzeug);
2. Umsetzung komplexer Berechnungen auf die Maschine (z. B. Bemessung von Tragwerken);
3. Automatisierung von einzelnen vertikalen technologischen Linien des Entwerfens (z. B. optimale Bemessung von Konstruktionen aus Haupt- und Stichträgern);
4. automatisierte Entwurfssysteme.

In den einzelnen Abschnitten wird ein immer größerer Teil der bislang von den Fachplanern geleisteten Entwurfsarbeit durch die rechentechnische Arbeitsgruppe bzw. durch die Rechenanlage übernommen. Die Effektivität des Entwerferkollektivs erreicht im ersten Abschnitt das 1- bis 1,1 fache, im zweiten das 1,1- bis 1,3fache, im dritten das 2- bis 5fache, im vierten das 5- bis 20fache der Leistung mit manueller (herkömmlicher) Methode [2]. In

der materiellen Produktion ist heute die Zusammenarbeit des Mensch-Maschine-Systems bereits ganz selbstverständlich, wobei die Maschine ein Arbeitsmittel ist, wenn sie auch eine Rückwirkung auf den Menschen ausübt; ebenso selbstverständlich muß die Rechenanlage als geistiges Arbeitsmittel anerkannt werden. Auch hier bildet sich ein Mensch-Maschine-System heraus, wo die Elemente des Systems in Wechselwirkung miteinander stehen, also auch die Maschine auf den Menschen wirkt und umgekehrt; das ist aber durchaus keine unerwartete Folge. Durch die angeführten vier Entwicklungsstufen wird auch die allmähliche, immer engere Verflechtung im Mensch-Maschine-System veranschaulicht. In der Periode des kräftigen wirtschaftlichen Aufschwungs ist es von entscheidender Wichtigkeit, daß neue Warenartikel in einem frühen Abschnitt der Preiskurve (Weltmarktpreis) auf den Markt gebracht werden. Ziehen sich jedoch nicht nur die Ausführung sondern auch das Entwerfen der für die Erzeugung des neuen Artikels erforderlichen Anlagen in die Länge, ist der Zeitverlust von schweren Folgen begleitet. Die Durchlaufzeit der Planungen von der ersten Idee einer neuen Anlage bis zur Fertigstellung der Bauausführungspläne ist momentan so lang, daß eine eingehende Analyse von Investitionsvarianten oft gar nicht möglich ist. Der Arbeitsaufwand für eine umsichtige Planung unter Berücksichtigung von Varianten erreicht das Mehrfache, selbst im einfachsten Falle das Fünf- bis Sechsfache, der für die Ausarbeitung eines einzigen Planes erforderlichen Arbeit. Selbstverständlich enthält auch ein einziger ausgearbeiteter Plan in impliziter Weise gewisse Variantenprüfungen, da doch der Entwurfsbearbeiter im Laufe der Arbeit nach jedem Schritt entscheiden muß, wie er die Arbeit fortsetzen soll. Das ist aber bei weitem keine so reiche Auswahl als theoretisch möglich wäre.

Bei einer Projektierung unter Heranziehung von Varianten kommen folgende sinnvolle Variantenmengen vor:

1. mathematisch (geometrisch) mögliche Varianten; in deren Rahmen
2. technisch mögliche Varianten;
3. funktionell mögliche Varianten;
4. ökonomisch wirksame Varianten;
5. auch in ästhetischer oder in sonst noch nicht berücksichtigter Hinsicht befriedigende Varianten (Abb. 2a).

Die einzelweise Gestaltung, ausführliche Ausarbeitung der Elemente der sich ineinander einfügenden Teilmengen läßt sich — mit der Ausnahme der Teilmenge 5 — zum überwiegenden Teil automatisieren, wie auch die Wahl der Teilmengen $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$ und $3 \rightarrow 4$ (Abb. 2b). Die Wahlstufe $4 \rightarrow 5$ erfordert aber schon unbedingt die Bildung eines Urteils seitens des Menschen, während bei den anderen Stufen Kriterien aufgestellt werden können, die auch der Rechenautomat auswerten kann.

Das wichtigste Ziel eines derartigen Verfahrens ist eigentlich, für die menschliche Entscheidung auf der höchsten Stufe sämtliche Varianten dar-

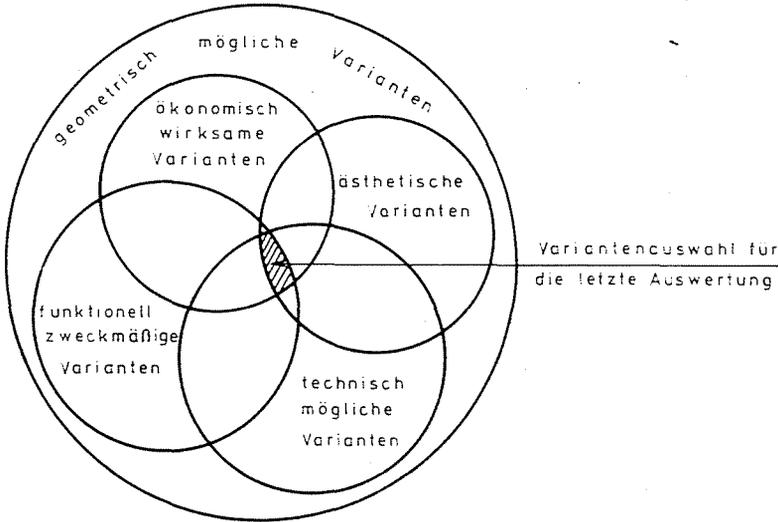


Abb. 2a. Mögliche Varianten eines einzigen Investitionsvorhabens

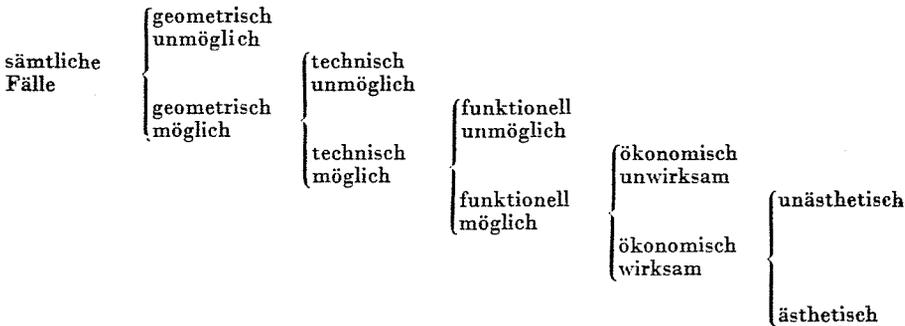


Abb. 2b. Ein Auswahlschema

zubieten. Nach manuellem Entwurfsverfahren läßt sich diese Totalität wegen des riesigen Arbeitsaufwands nicht erreichen. Ohne Rechenanlage können auf diesem Weg kaum die ersten Schritte getan werden; mit Hilfe der Rechen-technik werden hingegen die Entwurfsbearbeiter auch von einem beträchtlichen Teil der früheren Arbeit befreit, zugunsten — wie bereits gesagt — der Forschungs-Entwicklungskapazität.

Die Reihenfolge der Teilmengen 2—3 und 4—5 im Schema in Abb. 2b mag dahingestellt sein. In der Praxis setzt sich bald der eine, bald der andere Gesichtspunkt mit größerem Gewicht durch. Das Problem der Reihenfolge wird besonders in bezug auf die ökonomische Wirksamkeit und auf die ästhetische Erscheinung akzentuiert. Für das Endergebnis spielt jedoch diese Rangfrage eine geringere Rolle als es den Anschein hat, d. h., daß die für die endgültige Auswertung ausgewählten Varianten vermutlich auch bei unter-

schiedlichen Reihenfolgen dieser Wertungsgesichtspunkte in ähnlicher Weise ausgewählt würden.

Das Auswählen der mathematisch-geometrisch möglichen Varianten ist eine »grobe« Wahl. Nehmen wir z. B. ein Lagerhaus mit einem Grundflächenbedarf F (in m^2). In der ersten Phase müssen alle Hallenraster erstellt werden, die die Grundfläche F ergeben. Im Prinzip könnte z. B. ein Gebäude in Form eines Bandes von l m Breite und F/l m Länge entsprechen; derartige absurde Lösungen werden in der ersten Phase ausgeschaltet. Es ist jedoch nicht gewiß, daß sämtliche erhaltene Rastervarianten auch technisch geeignet sind. Es kann sich z. B. darum handeln, daß die Schiffe der Halle in Längsrichtung nur geradzahlige Rahmen enthalten dürfen, weil die Kranbahnträgerlänge zwei Rahmenabständen gleich ist. Bei der funktionellen Untersuchung können auch Einzelheiten betriebswirtschaftlicher Art in Betracht kommen, wie z. B. daß die Weglänge des innerbetrieblichen Transports bei einigen ausgearbeiteten Varianten günstiger als bei anderen ist, usw. Zu der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, die sich bis zu einem gewissen Grade mit der funktionellen Analyse überschneidet, gehören — neben den Betriebs- und Wirtschaftlichkeitskennwerten des zukünftigen Investitionsvorhabens in Betrieb — auch die ökonomischen Faktoren der Abwicklung der Bauausführung. In dieser Weise schränkt sich der Kreis der auswertungswerten Varianten bis zur menschlichen Entscheidung immer mehr ein.

Auf dieser Stufe der Planung läßt sich die Abwicklung des Bauvorhabens nach zwei sehr wichtigen Kriterien beurteilen. Diese sind die Baukosten und die bis zur Inbetriebnahme erforderliche Zeit. Für die Komplexität der Frage ist es kennzeichnend, daß durch beide Faktoren auch die ökonomischen Kennwerte der späteren Anlage in Betrieb beeinflußt werden (z. B. Amortisation, Produktionsfondsabgabe, als Elemente in Zusammenhang mit den Investitionskosten; Umschlagszeit usw., als Faktor in Zusammenhang mit der Bauzeit). Es versteht sich von selbst, daß beim Ausbau des automatisierten Systems eine geeignete Basis für die Kosten- und Bauzeitberechnungen zu schaffen ist. In dieser Weise läßt sich schließlich die einführend genannte dreifache Einheit verwirklichen: in der ersten, zweiten und dritten Phase spielt der technische Entwurf die führende Rolle, in der vierten Phase wird die letzte Wahl durch die organisatorische Lösung — und in deren Rahmen durch die Ausführungstechnologie —, wenn auch über synthetisierte, konzentrierte Kennwerte, beeinflußt.

Beim heutigen Stand der ökonomischen Entwicklung Ungarns stellt sich häufig die Frage, ob die Automatisierung wirtschaftlich sei. Dieser Zweifel wird weniger in bezug auf die Automatisierung der materiellen Produktion als in bezug auf die der geistigen Arbeit geäußert. Das ist auch leicht verständlich, da ja auf dem Gebiet der materiellen Produktion die Notwendigkeit und/oder Wirtschaftlichkeit der Automatisierung in der Regel unwiderleglich

nachgewiesen werden können. Für die Notwendigkeit im Falle der geistigen Arbeit muß oft eine Erklärung gegeben werden, die Wirtschaftlichkeit ist schwer zu beweisen oder es wird gerade das Gegenteil bewiesen. Es ist gleichwohl hinzuzusetzen: »heute noch«. Heute ist noch die Automatisierung der geistigen Tätigkeit nicht immer wirtschaftlich. Oft sind die äußeren Bedingungen nicht zwingend genug, sie spornen nicht genug zur Entwicklung an. Aber auch mit vielen anderen Ergebnissen des technischen Fortschritts lag die Sache nicht anders. Der Pferdewagen ist auch heute noch billiger als die Eisenbahn, geschweige denn als das Flugzeug; man reist trotzdem nicht mit dem Pferdewagen, nicht weil dazu die Möglichkeit fehlt, sondern weil es die äußeren Verhältnisse anders verlangen und ein billiger Preis nicht gleich der Wirtschaftlichkeit ist. Ähnlich steht es auch mit der Automatisierung des Entwerfens: augenblicklich ist sie nicht immer unumgänglich notwendig, bald wird sie jedoch unvermeidbar sein.

Diese Betrachtungsweise bedarf aber einer gewissen Ergänzung. Die grundsatzlose, selbstbezweckte Kybernetik darf nicht als fortschrittliche Zielsetzung gelten. Es ist sehr wichtig, daß die ausgearbeiteten Systeme wiederholt angewandt werden können. In der routinemäßigen Entwurfstätigkeit ist kaum ein solcher Rechenaufwand erforderlich, für den es sich lohnen würde, auch Einzelprogramme oder Einzelprogrammsysteme zu erarbeiten: wie z. B. für gewisse astronomische Berechnungen usw. Daher wird die Wirtschaftlichkeit des Systems durch die wiederholte Anwendbarkeit offenbar stark beeinflußt.

Das automatisierte Entwurfssystem muß in die Hierarchie der Systeme höherer, gleicher und niedrigerer Ordnung eingeordnet werden. Praktisch bedeutet das, daß die Ausgabeinformation anderer Systeme als Eingaben und die eigenen Ausgaben als Eingabeinformationen für andere Systeme geeignet sein sollen. Das Entwurfssystem soll sich also z. B. hinsichtlich der Werkstoffe an das Landeswarenummernsystem, an den Bauausführungsbetrieb, an die Verrechnungsordnung usw. anpassen. In diesem Falle wird es geeignet sein, seine Bestimmung restlos zu erfüllen.

6. Organisations- und Personalfragen der Automatisierung des Entwerfens

Dieser Problemenkreis läßt sich im Rahmen des vorliegenden Beitrags nicht erörtern. Es lohnt sich jedoch, kurz auf eine Einzelheit einzugehen. Das ist die Herausbildung des automatisierten Planungssystems.

Für die spätere Einsatzfähigkeit des Systems ist die Art der Organisation ausschlaggebend. An dieser Arbeit müssen sich unbedingt Fachleute angrenzender Wissenschaftsbereiche beteiligen, die sowohl in den wichtigsten Planungskenntnissen als auch in Systemtechnik und Rechentechnik bewandert

sind. Die Arbeit eines unbefriedigend herausgebildeten Systems erfordert auch ständig den Eingriff solcher vielseitiger, hochqualifizierter Fachleute; da jedoch der Bestand an solchen Mitarbeitern beschränkt ist, kann die Leistungsfähigkeit des Systems über eine gewisse Grenze nicht vergrößert werden, wobei durch seine Realisierung gerade eine erhöhte Leistungsfähigkeit bezweckt wird. Ein richtig ausgestaltetes System erfordert höchstens gelegentlich, bei größerer Veränderung der äußeren oder inneren Verhältnisse, einen Eingriff.

Auch durch die Richtigkeit der Daten wird die Wirksamkeit des Systems wesentlich beeinflusst, daher ist die inhaltliche und formmäßige Kontrolle der Daten ebenfalls von großer Wichtigkeit. Die formmäßige Kontrolle macht weniger Sorgen, da sie ja von der Rechenanlage selbst durchgeführt wird, jedoch werden durch jede fehlerhafte Angabe Zeitverlust und auch höhere Maschinenkosten verursacht. Durch inhaltliche Fehler wird hingegen die Durchrechnung der Programme in der Regel nicht verhindert, selbst die Unrichtigkeit des Ergebnisses stellt sich nicht gleich heraus, u. U. auch später nicht. Daher sind die inhaltlichen Fehler besonders gefährlich und, um sie zu vermeiden, müssen in die Organisation entsprechende Kontrollpunkte eingebaut werden und es müssen zuverlässige und wohlbefugte (das bedeutet keine hohe Qualifikation) Mitarbeiter eingesetzt bzw. angeleitet werden.

7. Grundlagen der automatisierten Planung mit Typen-Segmentplänen

Eine grundlegende Voraussetzung der Planung mit Hilfe von Segmentplänen ist, daß sich der Bau auf kennzeichnende Teile unterteilen läßt, oder, daß er gewisse konstruktive Wiederholungen bzw. wenigstens Wiederholungsmöglichkeiten enthält. In dieser Hinsicht sind zwei Fälle möglich:

A) Die Anlage wurde schon im vorhinein in Segmenten, in Teilen geplant, die sich wiederholen können;

B) die Planung erfolgte zwar nicht in Segmenten, das Gebäude läßt sich jedoch (nachträglich) auf einzelne sich wiederholende oder nicht wiederholende, aber charakteristische Teile unterteilen; nach der Unterteilung hat man es mit dem Fall *A)* zu tun.

Da Fall *B)* komplizierter ist, scheint es zweckmäßig, erst die Art und Weise der Zerlegung auf Teile zu behandeln.

Jeder Gegenstand — sofern er keine homogene Masse darstellt — kann je nach den Eigenschaften seiner Komponenten auf Teile unterteilt werden. Diese können je nach der Detailliertheit der Zerlegung materiell unteilbare Einzelteile aus einem einzigen Stück, Bestandteilgruppen, Konstruktionsteile, komplexe Konstruktionen usw. bis zum vollständigen Ganzen sein. Für uns handelt es sich darum, wo der Detailliertheit der Zerlegung eine Grenze gesetzt sein soll, damit vom Wesentlichen nichts verloren geht, jedoch auch die Zerlegung nicht unnötig ausführlich wird. Es ist auch in Erwägung zu ziehen,

daß der Rechenaufwand umso größer ist, in je kleinere Teile das Entwurfsvorhaben zerlegt wird; das kann über gewisse Grenzen der Sache eine sehr ungünstige Wendung geben.

Um eine richtige Wahl zu treffen, ist im vorliegenden Falle nicht vom Kleinen, sondern vom Großen auszugehen. Im ersten Schritt der Zerlegung ist zu ermitteln, welche die freien Parameter, die ungebunden wählbaren Kennwerte des gegebenen Gebäudes oder Gebäudetyps sind. Derartige Werte sind z. B. bei einem turmartigen Gebäude die Höhe, bei Abwasserkanälen der erforderliche Rohrdurchmesser und die Schachtabstände, bei Studentenheimen, Hotels die Zimmerzahl, bei Hallen Länge und Anzahl der Schiffe usw. Der Maßstab der Makro-Aufschlüsselung wird also von oben durch die Forderung abgegrenzt, daß sich die Teilzahl verändere, sobald sich welcher immer der freien Gebäudeparameter ändert. (Für eine Halle genügt z. B. die Aufschlüsselung nach der Anzahl der Schiffe nicht, da durch eine Längenänderung diese Zahl nicht verändert wird.) Von unten wird die Ausführlichkeit der Makro-Aufschlüsselung durch die Forderung eingeschränkt, daß das Gebäude aus den Teilen lückenlos zusammenstellbar sein muß. Gibt es mehrere Aufschlüsselungen, die diese Forderungen erfüllen, wird für die Makro-Aufschlüsselung jene günstig sein, wo sich die Teilzahl auf Wirkung einer Änderung gleich der Einheit der freien Parameter am wenigsten verändert. Schließlich sei noch bemerkt, daß eine Unterteilung nicht nur auf gleiche Teile, sondern auch auf Teilgruppen durchgeführt werden kann (z. B. Treppenhaus — Dreizimmerwohnungen — Zweizimmerwohnungen usw.).

Sind also die freien Gebäudeparameter $x_1, x_2 \dots x_j \dots x_n$ und die Anzahl der Teile in den einzelnen Teilgruppen (m Gruppen) $n_1, n_2 \dots n_i \dots n_m$ dann muß für jedes Wertpaar i, j

$$-\frac{\partial n_i}{\partial x_j} \neq 0$$

gelten. (Diese Bedingung kann nicht immer restlos erfüllt werden.)

Haben wir zwei Zerlegungen verschiedener Art: n_i und k_i , so wird die des Types » n « gewählt wenn

$$\sum_j \sum_i \left| \frac{\partial k_i}{\partial x_j} \right| > \sum_j \sum_i \left| \frac{\partial n_i}{\partial x_j} \right|;$$

bei Gleichheit sind die beiden Aufschlüsselungen gleichwertig; ist die rechte Seite größer, soll der Typ » k « gewählt werden.

Der Anspruch auf Lückenlosigkeit verursacht oft Schwierigkeiten, die sich in der Regel dann einstellen, wenn über Konstruktionsteile oder Bestandteile an der Grenze zwischen zwei Teileinheiten eine Entscheidung getroffen werden soll. Allgemeine Richtlinien können nur insofern gegeben werden, daß der Konstruktionsteil entweder ganz zu einer der Teileinheiten gehören

oder in zwei, nötigenfalls in mehrere Teile zerlegt werden, u. U. selbständig sein soll. Im Falle eines konkreten Gebäudes ist es entscheidend, ob — bei selbständiger Behandlung der Segmente nach der Aufschlüsselung — sich der halbierte Einzelteil neben einem anderen Segment durch seinen fehlenden Teil ergänzen läßt oder nicht. Im ersteren Falle löst sich das Problem von sich selbst, im letzteren müssen unvermeidlich Segmentgruppen eingeführt werden. So kann z. B., bei entsprechender Behandlung, ein einziger Außenwandtafel-Abschnitt ein mit einem Hallenstützenraster 9×9 m gleichrangiges »Segment« darstellen.

Schließlich ergibt sich nach all dem die Lage dem früher erwähnten Punkt *A*) gemäß, da ja die kennzeichnenden Gebäudeteile (»Segmente«) zur Verfügung stehen. Das Gebäude kann aus mehreren Segmentarten so zusammengestellt werden, daß von jeder Null, ein oder mehrere (einander vollkommen gleiche) Segmente erforderlich sind.

Jede Segmentart — im weiteren *Raumelementart* — besitzt individuelle Eigenschaften, die sie von den anderen unterscheidet. Solche sind:

a) *der Vektor des Einzelteilbedarfs für das Raumelement*

Von der Unterteilung auf Segmente abgesehen, besteht ein Gebäude nach der üblichen Fertigungsauffassung aus Einzelteilen, wie z. B. Stützen, Hauptträger, Stützenfundamente, Wandelemente, Verbindungselemente, Fenster, Türen usw. Von diesen entfallen eine gewisse, bestimmte Anzahl auf je ein gegebenes Raumelement. Ist also die Artenzahl aller Bauteile eines Gebäudes gleich $1, 2 \dots k \dots l$, unter denen auch Bauteile sind, die einander ersetzen können (Alternativen innerhalb des Typenplans) (wie z. B. Stützen von 4 und 6 m Höhe), so kann für jede Raumelementart ein l -dimensionaler Vektor angeschrieben werden, der deren Bauteilbedarf ausdrückt. Im Falle alternativer Bauteile ergeben sich auch für eine einzige Raumelementart soviel Vektoren, wie Alternativen möglich sind. In der j -ten Alternative lautet also der Vektor des Einzelteilbedarfs für die i -te Raumelementart:

$$a_{ij} = a_{ij}(b_1, b_2 \dots b_k \dots b_l)$$

wo b_k den Bedarf am k -ten Einzelteil bedeutet.

Der Vektor drückt das Material des technischen Entwurfs aus.

b) *Anschluß an andere Raumelemente*

Werden die einzelnen Raumelementenarten mit Identifizierungsmarken versehen, kann verständlich ausgedrückt werden, an welche Raumelementarten sich die besprochene Raumelementart räumlich anschließen läßt. Wird eine Zerlegung auf Rechteckprismen angenommen, hat jedes Raumelement sechs

Seiten, an die sich andere bestimmte Raumelemente anschließen können (aber auch diese nur mit bestimmten Seiten). Es muß das Raumelement »Null« eingeführt werden, ein leerer Raum, der erforderlich ist, z. B., um die äußeren Anschlüsse des obersten Geschosses und der Umfassungs-Raumelemente zu beschreiben. Diese Beschreibungsweise ist grundsätzlich notwendig, um die einzelnen Raumelemente nach irgendeinem Algorithmus im Raum nebeneinander zu ordnen und auswertbare Gebäudevarianten herauszubilden. Diese Beschreibungsweise stützt sich übrigens nur auf den technischen Entwurf (Abb. 3).

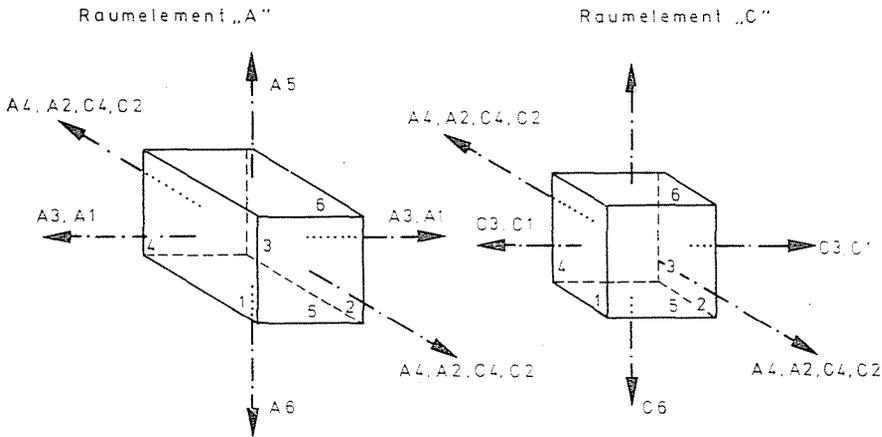


Abb. 3. Beispiele für den Anschluß zweier Raumelemente (A, C)

Nun sollen die einzelnen Bestandteile — im weiteren *Konstruktionseinheiten* — untersucht werden.

Diese werden zweckmäßigerweise in einer Unterteilung behandelt, wie es auch die Bau- und Montagearbeiten auf der Baustelle erfordern. So darf, zum Beispiel, eine — an sich komplexe — Decken- oder Wandplatte als eine einzige Konstruktionseinheit betrachtet werden, als selbständige Konstruktionseinheit gilt aber auch das Schraubenpaket für die Verbindung der Stahlstütze mit dem Kranbahnträger. Je eine Konstruktionseinheit wird in der Regel in einem Stück oder in gemeinsamer Verpackung auf die Baustelle geliefert. Kenngrößen der Einzelteile oder Konstruktionsteile:

c) *Materialbedarf*

In formal ganz gleicher Weise, wie der in Punkt a) konstruierte Vektor a_{ij} wird der Vektor

$$c_i = c_i(d_1, d_2 \dots d_j \dots d_n)$$

angeschrieben, der den Bedarf an Werkstoffarten $1, 2, \dots, j \dots n$ der i -ten Konstruktionseinheit bedeutet. Es kann selbstverständlich vorkommen, daß der Vektor nur ein einziges von Null verschiedenes Element hat. (n ist die Zahl aller für das Gebäude erforderlichen Werkstoffe.) Um die Vektoren anzuschreiben, muß lediglich der technische Plan bekannt sein. Es ist zweckmäßig, sich an das Materialwirtschafts-Kodesystem des Baubetriebs anzupassen.

Aus der Sicht der Organisation ist es auch vorteilhaft, hier bereits die Informationen über die Materialbeschaffung in folgender Aufschlüsselung einzubauen:

- Stoffe auf Lager oder natürliche Stoffe (unverzüglich anwendbare)
- kommerzielle Stoffe (die in kurzer Zeit zu beschaffen sind)
- besondere Stoffe (speziell hergestellte, ausländische Stoffe usw., nur in längerer Zeit beschaffbar).

d) *Nicht technische Daten*

Diese können folgende sein: Preis; Zeit- oder Arbeitsaufwand für Montage- oder Baustellenarbeiten; in der Montagereihenfolge eingenommene Stelle; Lieferungsstelle (von wo die betreffende Konstruktionseinheit angeschafft werden kann); Einflußfaktoren des Kostenanschlages; sonstiges. — Letzten Endes werden also hier unter »nicht technischen« Daten die organisatorischen, technologischen und Kosteninformationen verstanden. Werden diese in einer vorbestimmten Ordnung festgelegt, und beträgt ihre Zahl $1, 2 \dots p \dots r$, so ergibt sich der Vektor der nicht technischen Daten für die i -te Konstruktionseinheit zu

$$e_i = e_i(f_1, f_2 \dots f_p \dots f_r).$$

Das ist die erste wichtige Etappe, wo das Problem mit der Einführung von Organisations- und ökonomischen Kennwerten beginnt, ein komplexes Bild zu geben. Um diese Vektoren anzuschreiben, genügt der technische Entwurf nicht mehr, es müssen der Kostenvoranschlag (und in dessen Rahmen der mengenmäßige Ausweis mit Preisangaben), das Organisationsprotokoll, das Bauzeitplanschema (z. B. Typennetzwerk) und die Normzeiten sowie die Merkmale des Baubetriebs und die Transportmöglichkeiten bekannt sein. Einzelne Elemente des Vektors bleiben solange unverändert, bis sich der Typenplan nicht ändert, andere verändern sich je Baustelle und Zeitpunkt.

Das bisher Gesagte umfaßt wichtige und notwendige technisch-wirtschaftliche Informationen, die jedoch noch in keiner Verbindung mit den wirklichen Gebäuden sind. Die Informationsgruppe d) scheint mit einem konkreten Gebäude in Verbindung zu sein; tatsächlich hängt sie jedoch nur mit einer bestimmten Baustelle und mit bestimmten Segmenttypen zusammen.

Form, Größe, Kennwerte des Gebäudes sind noch ungebunden, d. h. von den bisher angeführten Datengruppen unabhängig.

Die eigentliche Adaptation steht noch bevor und läßt sich in zwei Phasen unterteilen:

e) *Festlegung der freien Parameter des Typenplans*

Das sind die Angaben, die bei jedem Entwurfsauftrag, für jedes einzelne Objekt wieder festgestellt werden müssen; wie z. B. Grundrißanordnung, Grundfläche des Gebäudes, Geschoßzahl, Anordnung der Aufzüge bzw. Treppen, Gründungssohle, Anordnung der Fenster und Türen, Nutzlastgrundwert usw. Wie zu erkennen ist, wird durch die freien Parameter einerseits die Anzahl und eventuell der Typ der anwendbaren Raumelemente direkt bestimmt, andererseits beeinflussen sie wesentlich einzelne Konstruktionseinheiten (z. B. Grundbau), erfordern bzw. die Nachprüfung einzelner Konstruktionsteile (Belastung). Die Einfügung letzterer in das Programm macht keine besonderen Schwierigkeiten und beeinflußt nicht die Raumelementzahlen.

f) *Änderung der Einzelteilbedarfsvektoren*

Es kommt vor, daß im Auftrag von der Typenlösung abweichende besondere Ansprüche gestellt werden. Es werden z. B. fensterlose Seitenwandtafeln oder andere Typenfenster und -türen als die im betreffenden Typenplan vorgesehenen verlangt. Das bedeutet eine Veränderung des oder der unter a) behandelten Vektoren a_{ij} . Dies hat auch Folgen für die Vektorengruppen c und e , da diese durch die c - und e - Vektoren der neu eingeführten Bauteile zu ergänzen sind; wird die Anzahl n der Werkstoffe wegen der neuen Bauteile durch weitere erhöht, müssen bei den beibehaltenen Bauteilen entsprechende neue Elemente (zwar mit einem Wert gleich Null) eingeführt werden.

*

Damit stehen sämtliche Ausgangsdaten für die weiteren Schritte der Planung zur Verfügung. Ihrem Charakter gemäß zusammengefaßt sind diese Ausgangsdaten wie folgt:

Datengruppe x_1 : den Typenplänen entnommene konstante Daten (die Vektoren a , c , ein Teil der Elemente des Vektors e , Anschlußparameter)

Datengruppe x_2 : Adaptationsdaten (siehe unter e) und f))

Datengruppe x_3 : veränderliche Daten der Entwurfsunterlagen (der restliche Teil der Vektorelemente e)

Ziele der Adaptierungsplanung sind:

1. Entwicklung gleichwertiger Gebäudevarianten,
2. im Rahmen jeder einzelnen Variante
 - 2.1 Bestimmung der Stückzahlen der Konstruktionseinheiten
 - 2.2 Ausweis des Materialbedarfs
 - 2.3 Kostenausweis
 - 2.4 Bauzeitberechnung.

Zu 1. Entwicklung gleichwertiger Gebäudevarianten

Die Planung mit Hilfe von Segmenten, Raumelementen hat den großen Vorteil, daß mit diesen als Bausteinen zahlreiche Entwurfsvarianten für die eingehendere Analyse vorbereitet werden können. Es handelt sich also nur darum, nach der obigen Unterteilung für die Programmteile 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 bei jeder Projektvariante als Ergebnis mitzuteilen, wieviel diese von den einzelnen Raumelementen enthält.

Die Grenzen für die Erstellung der Varianten werden durch die einschlägigen, wichtigen freien Parameter der Adaptationsdatengruppe bestimmt.

Verfolgen wir den Verlauf an einem prinzipiellen Beispiel. Es soll ein eingeschobiges, hallenartiges Lagerhaus mit der gegebenen Grundfläche F entworfen werden.

Es läßt sich gut vorstellen, daß man es — soll das Gebäude z. B. in beiden Richtungen wahlweise mit Kombinationen von Rahmen von 6, 9 bzw. 12 m errichtet werden — gleich am Anfang mit einer großen Anzahl Varianten zu tun hat. Sowohl das Längen- als auch das Breitenmaß der Halle können gesondert als verschiedene Zusammenstellungen von 6, 9, 12 erhalten werden. (Es dürfte hier auf ein Gesetz der Zahlentheorie erinnert werden, nach dem über einem gewissen Schwellenwert K aus beliebigen Elementen A, B jede Zahl ausgelegt werden kann [3]).

Die Grundfläche F ergibt sich z. B. aus einem Zahlenpaar, wobei eines der Glieder desselben gleich 24 m ist. Diese Seite läßt sich in folgender Weise zusammenstellen:

$$\begin{array}{rcl}
 6 + 6 + 6 + 6 & = & 24 \\
 6 + 6 + 12 & = & 24 \\
 6 + 9 + 9 & = & 24 \\
 12 + 12 & = & 24
 \end{array}$$

und dabei wurde noch von der Reihenfolge der Elemente abgesehen. In der anderen Richtung ähnliche Zusammensetzungen angenommen, erhält man selbst für ein einziges Zahlenpaar, das F ausgibt — und dabei kann es viele solche Zahlenpaare geben —, bereits mehrere Varianten.

Das sind aber lediglich mathematisch mögliche Varianten. Dabei ist es nicht gewiß, ob die einzelnen benachbarten Raumelemente auch technisch kompatibel sind usw.

Welche Anzahl der möglichen Gebäudevarianten wird sich dann ergeben, wenn — Rasterelemente gleicher Abmessungen vorausgesetzt — zwei derselbe einander sowohl technisch als auch funktionell ersetzen können? Diese beiden Raumelemente durch A und B bezeichnet und als wenig umfangreiches Beispiel eine Halle mit 2×2 Feldern gewählt, sind folgende Varianten möglich:

AA BA AB AA AA
AA AA AA BA AB

BB AB AA BA BA AB
AA BA BB AB BA AB

AB BA BB BB BB
BB BB AB BA BB

Es ergeben sich also schon bei einem so kleinen Beispiel 16 Varianten.

Durch eine Formel ausgedrückt, lassen sich Varianten in der Zahl

$$r = k^n$$

bilden, wo k die Zahl der sich gegenseitig ersetzenden Elemente (hier 2),

n die Zahl der Positionen (hier $2 \times 2 = 4$) bedeuten.

(Das ist die Zahl der aus k Elementen gebildeten Wiederholungsvariationen n -ter Klasse.)

Wollte man sämtliche, bei einem gegebenen Gebäude mathematisch mögliche Varianten gleichzeitig betrachten, würde dies zur Unübersichtlichkeit führen, man müßte ja das gesamte Material des in Abb. 4a dargestellten Baumes gleichzeitig in Evidenz halten und kennen. (Der Baum ergibt sich aus dem konsequenten Verfolgen sämtlicher in den einzelnen Phasen des Entwurfsvorgangs möglichen Varianten.) Das ist selbst für den Rechenautomaten — wenigstens beim heutigen Stand der Rechentechnik — unmöglich, daher auch kein gangbarer Weg.

Abb. 4c zeigt den Fall, wo über die Varianten eine voreilige Entscheidung getroffen wird. Wie die Aufschiebung bis zum Äußersten, kann auch die voreilige Entscheidung Nachteile bringen. Die verhältnismäßig günstige Lösung ist in Abb. 4b dargestellt; in diesem Falle ist die Entscheidung über die Varianten nicht bis zur ausführlichen Bearbeitung sämtlicher erdenklicher Varianten aufgeschoben, sondern sie entsteht noch während der Herausbildung des Baumes, sobald die Unbrauchbarkeit der eben geprüften Variante offen-

sichtlich genug ist. Dieses Verfahren stellt einen wegen der beschränkten Kapazität der Rechenanlagen notwendigen Kompromiß dar, wobei es zweckmäßig ist, das Schema 4a womöglich anzunähern.

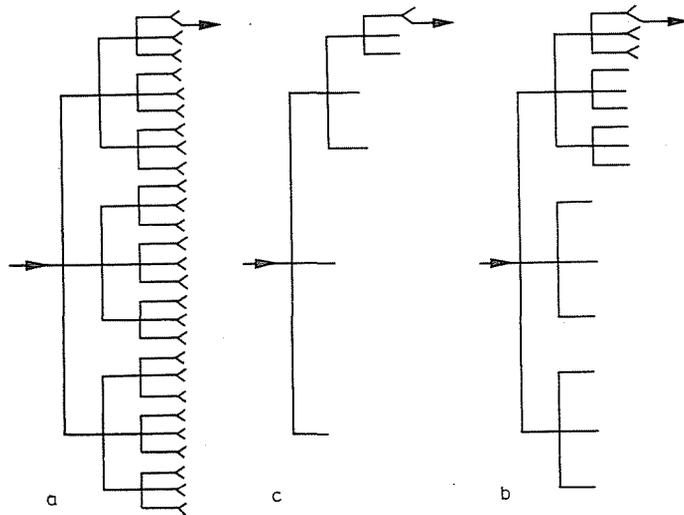


Abb. 4a, 4b, 4c. Entscheidungsfindung für die Wahl von Varianten: a) aufgeschobene Entscheidungen; c) voreilige Entscheidungen; b) rechtzeitig getroffene Entscheidungen.

Zu 2.1 Bestimmung der Stückzahlen von Konstruktionseinheiten

Der oder die letzten Zweige des oben erörterten Baumes bedeuten je eine selbständig auszuwertende Variante. Die technische und die funktionelle Auswertung erfolgten bereits im Laufe der Analyse, die einzelnen Zweige des Baumes wurden ja anhand von technischen und funktionellen Kriterien »beschnitten«. Die weiteren Erörterungen (2.1—2.2—2.3—2.4) betreffen die Auswertung der ökonomischen Wirksamkeit.

Dabei stellt die Bestimmung der Stückzahlen der Konstruktionseinheiten den ersten Schritt dar. — In der vorigen Entwurfsphase wurde der Bedarf an Raumelementen ermittelt, es ist also für jedes Raumelement bekannt, wieviel davon zur Herstellung einer gewissen Gebäudevariante erforderlich sind; für die j -te Variante der i -ten Raumelementart ist diese Zahl g_{ij} .

Der Bestandteilbedarf der i -ten Raumelementart wird durch den Vektor \mathbf{a}_{ij} allgemeiner Form ausgedrückt; den Vektor \mathbf{a}_{ij} mit der Skalare g_{ij} multipliziert, erhält man die Gesamtzahl der für die j -te Variante der i -ten Raumelement erforderlichen Bestandteile (Konstruktionseinheiten):

$$g_{ij} \cdot \mathbf{a}_{ij} = \mathbf{a}_{ij}^* (g_{ij} \cdot b_1, g_{ij} \cdot b_2 \dots g_{ij} \cdot b_k \dots g_{ij} b_l) = \mathbf{a}_{ij}^* (b_1^*, b_2^*, \dots, b_k^*, \dots, b_l^*).$$

Bei festgelegtem i -Wert nach j summiert, sodann die Summierung auch nach i durchgeführt, läßt sich der gesamte Konstruktionseinheitbedarf für die untersuchte Variante des vollen Gebäudes ermitteln:

$$\mathbf{h}(h_1, h_2, \dots, h_k, \dots, h_l)$$

mit

$$h_k = \sum_i \sum_j (b_k^*)_{ij}$$

Zu 2.2 Materialbedarfsnachweis

Mit den einzelnen Elementen des Vektors \mathbf{h} des Konstruktionseinheitbedarfs als Skalaren die Zeilenvektoren mit gleichen Indizes des Materialbedarfmatrix \mathbf{c} multipliziert, erhält man den Materialbedarf für die Realisierung der Gesamtstückzahl der betreffenden Konstruktionseinheit:

$$\mathbf{h}_k \cdot \mathbf{c}_k \rightarrow \mathbf{c}_k^* (d_1^*, d_2^*, \dots, d_j^* \dots d_n^*)$$

Der Gesamtbedarf an einzelnen Baustoffsorten ($1, \dots, j, \dots, n$) für das ganze Gebäude ergibt sich zu

$$\mathbf{r} (r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, r_n)$$

wo

$$r_j = \sum_k (d_j^*)_k$$

Bei ganz ausführlicher Aufschlüsselung kann » n « — die Gesamtzahl aller Baustoffsorten — sehr hoch sein. (Darunter ist zu verstehen, daß die Aufschlüsselung nach dem Landes-Materialartikelnummernsystem erfolgt.)

In diesem Falle werden z. B. die verschiedenen Winkelstahlsorten nach Abmessungen, u. U. nach Werkstoffgüte einzeln angeführt; eine gewisse Schraubenmutter, eine gewisse Zementsorte usw. gelten als ein besonderer Werkstoff. Erfasst die Planung nur den Rohbau — wobei z. B. Innenarchitektur und installationstechnische Einzelheiten unbeachtet bleiben — ergibt sich eine Datenmenge, die noch zu handhaben ist, obwohl » n « auch in diesem Falle eine Größe von mehreren Tausenden erreichen kann.

Bei einer anhaltweisen Auswertung lassen sich auch bedeutende Zusammenhänge anwenden, wobei sich Werte in der Größe von $n = 10$ bis 20 ergeben (z. B. Betonbedarf in m^3 , Mörtel in m^3 , Betonstahl in q , Profilstahl in q , Holz in m^3 usw.).

Der Materialbedarfsnachweis muß neben dem Vorgesagten auch insofern auf den bauausführenden Betrieb abgestimmt sein, daß sich der Baustoffbedarf nach einzelnen Organisationen (z. B. Lagern) aufschlüsseln läßt.

Zu 2.3 *Kostenanschlag*

In Kenntnis der früher angedeuteten, die Kosten beeinflussenden Größen des Vektors e , des Vektors h , der den Gesamtkonstruktionseinheitbedarf des Gebäudes ausdrückt, sowie des Algorithmus, der in Abhängigkeit von den Kostenelementen und den Stückzahlen den »Preis in eingebautem Zustand« je einer Konstruktionseinheit angibt, läßt sich dieser für jede Konstruktionseinheit berechnen und für das Gesamtgebäude summieren.

Das ist eigentlich die Zusammenziehung einzelner Posten des Kostenvoranschlags und stellt solange keine Abweichung von der Wirklichkeit dar, bis die Größen der zusammengezogenen Posten, jede gesondert für sich, den Stückzahlen der Konstruktionseinheiten proportional sind. Entgegengesetztenfalls muß man von der Wirklichkeit abweichen und diese Abweichung wird nach einer der folgenden Methoden korrigiert:

a) man hält an der Verarbeitung durch eine regelmäßige Preisanalyse des geschriebenen Kostenvoranschlags fest;

b) es werden Zusammenziehungen durchgeführt, und für die erforderlichen Abschätzungen die aus der Nachkalkulation früher ausgeführter Gebäude gewonnenen Daten benutzt.

Das erstere Verfahren ist genau, die Planung gestaltet sich jedoch aus mehreren Ursachen schwerfällig:

— für jeden Kostenpunkt sind gesondert genaue Mengenangaben zu liefern, was sich u. U. schwer mit der Segmententeilung bzw. mit der Gruppierung nach Konstruktionseinheiten in Einklang bringen läßt;

— das Verfahren ist zeitaufwendig (selbst auf der Rechenanlage).

Das letztere Verfahren ist weniger genau, jedoch wesentlich leichter und rascher als das erstere, daher darf dieses für die Auswahl der zweckmäßigen Entwurfsvariante als geeignet betrachtet werden. Für die endgültigen Ausführungsunterlagen ist auch weiterhin die Verarbeitung des ausführlichen Kostenvoranschlags erforderlich.

Es ist womöglich für die Aufschlüsselung des Kostenvoranschlags nach bauausführenden Organisationen zu sorgen.

Zu 2.4 *Die Bauzeit*

a) die mögliche kürzeste Zeitdauer (T_r)

Aus technologischen Gründen läßt sich ein Bauvorhaben auch dann nicht früher als in einer gewissen Mindestzeit abwickeln, wenn für die Ausführung unbeschränkte Kraftquellen zur Verfügung stehen. Diese technologischen und unvermeidlichen organisatorischen Voraussetzungen werden am

zweckmäßigsten in einem Typennetzwerkplan oder in einem aus untergeordneten Typennetzwerken zusammengestellten Netzwerkplan festgelegt. (Die Wahl des geeigneten untergeordneten Netzes und sein Einbau können automatisiert werden.) In Kenntnis der Stückzahlen der Konstruktionseinheiten sind die einzelnen Tätigkeiten zugeordneten Mengen gegeben und — sind auch die betreffenden Zeitnormen bekannt —, so kann die Zeitdauer der einzelnen Tätigkeiten und damit die zeitliche Gestaltung des Netzwerkplans mit den sonstigen zugehörigen Ergebnissen (kritischer Weg, Reservezeiten) berechnet werden. Die Berechnung nach einem Typennetz läßt sich in das Adaptationsprogramm einbauen, es ist kein Sonderprogramm für die Analyse des Netzwerkplans erforderlich — obwohl dieses offenbar eine breitere Palette der Daten liefern würde.

b) Einplanbare Bauzeit (T_i)

Die oben erörterte Zeitrechnungsweise nimmt in ihren Grundvariante weder die Begrenztheit der Ausführungskraftquellen noch den Umstand in Betracht, daß einzelne Bauteile nicht gleich zur Verfügung stehen, sondern gefertigt werden müssen (z. B. Türen und Fenster, Skelettkonstruktionsteile usw.). In bezug auf die Baustellenarbeiten kann man sich eine Durchrechnung des Netzwerkplanes für die Kraftquellenallokation vorstellen, diese würde aber, einerseits, ein allzu arbeitsaufwendiges Programm erfordern, andererseits, die Einzelteile, Konstruktionseinheiten ebenfalls als sogleich lieferbar annehmen. Obwohl dies im Prinzip möglich ist, läßt sich dieses Problem unter den gegenwärtigen Möglichkeiten durch die Allokationsanalyse eines auch die zentralen Nebenbetriebe oder Nachauftragnehmer des Baubetriebs umfassenden Netzwerkplankomplexes nicht lösen.

Statt dessen bietet sich eine ausführbare Lösung unter Berücksichtigung der Produktionswerte der Bauausführung (von deren Nebenbetrieben bzw. Nachauftragnehmern). Können die Kosten nach dem in Punkt 2.3 Gesagten nach Organisationen aufgeschlüsselt werden (z. B. Bautischlerei X Ft, Schlosserei Y Ft, Baustellenarbeiten Z Ft) — und das hat in der Regel kein Hindernis —, so können aus den üblichen Produktionswerten dieser Organisationen die Fertigung-Ausführungszeiten errechnet und — unter Berücksichtigung der bereits früher für die Zukunft in Anspruch genommenen Kapazitäten der Betriebe — kann auch der Fertigstellungstermin angegeben werden. Die in dieser Weise ermittelte Zeit T_i kann selbstverständlich nicht kürzer als T_r sein.

* * *

Für die Beurteilung der ökonomischen Wirksamkeit des Bauwerks können weitere Berechnungen erforderlich werden, für die als Eingabedaten auch die Ergebnisse der erörterten Berechnungsphasen benutzt werden. Diese sind jedoch bereits in engem Zusammenhang mit dem Zweck, der Bestimmung des Bauwerks, daher ist eine allgemeine Behandlung hier nicht begründet.

Um die menschliche Entscheidung noch mehr zu erleichtern, können einzelne Reihendarstellungsoperationen (z. B. nach Kosten, nach Ausführungszeiten) der Maschine überlassen, u. U. durch diese der kennzeichnende Grundriß und Schnitt gezeichnet werden usw. All das läßt sich ohne besondere Schwierigkeiten programmieren.

8. Praktisches Beispiel

Eine konkrete Verarbeitung nach den im Vorigen behandelten Prinzipien und Methoden wird ausführlicher in [1] dargelegt. Wegen Raummangels kann diese hier nur kurz zusammengefaßt werden.

Das bearbeitete Objekt ist eine mehrschiffige Industriehalle in Stahlkonstruktion, mit Kranbahn. Es wurden alle Baukonstruktionen (Skelett, Umfassungen, Dachdecke, Türen und Fenster, Fundamente usw.) erfaßt und die folgenden Unterlagen geliefert:

Antrag (Preis, Hauptbaustoffbedarf) (Abb. 6);

ausführliche Bearbeitung:

- Bedarf an Konstruktionseinheiten (Nummern der Zeichnungen mit Gewichtsangaben und anderen Daten) auch nach Fertigerbetriebseinheiten gruppiert (Abb. 7);
- ausführlicher Materialbedarfsausweis, nach Betriebseinheiten gruppiert, im Artikelnummernsystem (Abb. 8);
- Fertigungs — Lieferungstermine der Konstruktionseinheiten (nach Lieferbetrieben gruppiert);

Eingabedaten für das Programm:

konstante Daten:

- Anführung der Montageeinheiten mit Zeichnungsnummern, wichtigsten Baustoffmengen und den je Segment erforderlichen Stückzahlen;
- Mengen aller vorkommenden Baustoffe und Einzelteile je Montageeinheit, mit Artikelnummern und Nennung;
- konstante Daten des Typennetzwerkplans;

veränderliche Daten:

- Preisbildungsdaten, Montagezeitbedarf, Kennungszeichen des Lieferbetriebs je Konstruktionseinheit;

Adaptationsdaten:

veränderliche Daten des Typenplans (freie Parameter): Anzahl der Schiffe, Hallenlänge, Anzahl und Lage der Tore, Anzahl der Türen, Gründungstiefe (Abb. 5).

VORDRUCK FÜR DIE ADAPTATION

Typenindustriehalle »Metallarbeiter« mit Kranbahn

Name des Auftraggebers und Datum des Auftrags (wörtliche Information)

Zahlenangaben
Benennung (Kode):

Anmerkung:

Zahl der Schiffe (sz)

$1 \leq sz \leq 5$; Hallenbreite = $sz \times 12$ m

Zahl der Hallenteile
von 24 m Länge (h)

$1 \leq h \leq 3$; Länge = $h \times 24$ m

Hallenstirnwand I:
Zahl der Schubtore
(t_i ; $i = 1,2,3,4,5$)

| | |
|-------|----------------------|
| t_1 | <input type="text"/> |
| t_2 | <input type="text"/> |
| t_3 | <input type="text"/> |
| t_4 | <input type="text"/> |
| t_5 | <input type="text"/> |

$t_i = 1$, mit Tor, $t_i = 0$ ohne Tor in der Stirnwand (sämtlichen Zeilen ausfüllen, auch wenn weniger als 5 Hallen vorhanden sind)

Hallenstirnwand II:
Zahl der Schubtore

| | |
|-------|----------------------|
| t_1 | <input type="text"/> |
| t_2 | <input type="text"/> |
| t_3 | <input type="text"/> |
| t_4 | <input type="text"/> |
| t_5 | <input type="text"/> |

Nummerierung der Schiffstirnwände

| | | | | | |
|----|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----|
| I. | 1 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 5 |
| | 2 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 4 |
| | 3 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 3 |
| | 4 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 2 |
| | 5 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 |
| | | | | | II. |

Seitenwände:
Zahl der zweiflügeligen Türen

| | |
|----------|----------------------|
| (aj) | <input type="text"/> |
| (ab) | <input type="text"/> |

Tür aj gemäß Plan (rechts montiert),
Tür ab spiegelbildartig (links montiert)

Gründungstiefe in m

Kontrollzahl

Das Datenband 1 enthält die Zahlen in den umrahmten Rechtecken

Abb. 5

Das Beispiel umfaßte 119 Konstruktionseinheiten. Die einer Zusammenstellung der Adaptationsdaten entsprechende Verarbeitung — d. h. die ausführliche Ausarbeitung einer Gebäudevariante — erforderte auf einer Rechenanlage mittlerer Leistung etwa 20 Min., was — die Aufbereitung der Daten inbegriffen — Maschinenkosten in der Höhe von 500 bis 600 Ft entspricht. Die Gesamtdurchlaufzeit einer Planadaptation auf einem Mietrechner beträgt höchstens 1 bis 2 Tage, jedoch selbstverständlich auch dann nicht mehr, wenn nicht nur eine einzige Variante durchgerechnet wird.

AUSWEIS DER MONTAGEEINHEITEN (Zusammenstellung)

(Ausschnitt)

| Nr. | Kode | Montageeinheiten Benennung, Zeichnungsnummer und Produktnummer | Hauptwerkstoffmengen je Montageeinheit | | | | | | Montageeinheit | | | | Zahl der erford. Montage- einheiten St. | Gesamtpreis an der Bau- stelle Ft | Nr. des Liefer- betriebs |
|-----|--------|---|--|--------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------|---|---|--------------------------------|
| | | | Stahl in Kp | Alu in Kp | Blech in Kp | Flachglas in m ² | Kopilit in m ² | Beton in m ² | Gewicht in Kp | Grundpreis in Ft | Lieferpreis in Ft | Preis an der Baustelle in Ft | | | |
| 1 | AL-1. | Gründungskörper 9-0-5-082-01.00 | 246.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 2.50 | 6000.00 | 3.00 | 726.00 | 729.00 | 20.0 | 14 580.00 | 1 |
| 2 | AL-2. | Fundamentträger 9-0-5-082-02.00 | 108.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 5.28 | 1267.00 | 4.00 | 136.00 | 140.00 | 14.0 | 1 960.00 | 2 |
| 3 | AL-3. | Fundamentplatte 9-0-5-082-03.00 | 4.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 4.00 | 5.00 | 56.00 | 61.00 | 36.0 | 2 196.00 | 3 |
| 4 | AL-4. | Montagebeton 9-0-5-082-00.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 4.84 | 1065.00 | 6.00 | .00 | 6.00 | 20.0 | 120.00 | 0 |
| 5 | AL-5. | Ankerschraube 9-0-5-082-05.00 | 6.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 6.00 | 7.00 | 1534.00 | 1541.00 | 120.0 | 184 920.00 | 1 |
| 6 | AL-6. | Betondiele in 12.12 m -Einheiten 9-0-5-082-00.01 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 21.60 | 7920.00 | 8.00 | .00 | 8.00 | 12.0 | 96.00 | 0 |
| 7 | AL-7. | Verguß der Hülsenfundamente auf der Baustelle | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .40 | 88.00 | 9.00 | .00 | 9.00 | 20.0 | 180.00 | 0 |
| 8 | AL-8. | Sockelehdichtung unter den Umfassungswänden | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 83.00 | 1.00 | .00 | 1.00 | 14.0 | 14.00 | 0 |
| 9 | AL-9. | Gehweg um das Gebäude | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 10.00 | 2.00 | .00 | 2.00 | 162.4 | 324.70 | 0 |
| 10 | AL-10. | verdichtete Kiesschüttung unter dem Gehweg | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 2200.00 | 3.00 | .00 | 3.00 | 162.4 | 487.05 | 3 |
| 11 | A-1. | äußere Stütze 9-0-5-081-02.00 | 527.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 527.00 | 4.00 | 136.00 | 140.00 | 10.0 | 1 400.00 | 2 |
| 12 | A-2. | kleine Seitenwandstütze 9-0-5-081-03.00 | 49.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 49.00 | 5.00 | 56.00 | 61.00 | 18.0 | 1 098.00 | 3 |
| 13 | A-3. | Zwischenstütze 9-0-5-081-04.00 | 705.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 705.00 | 6.00 | 1764.00 | 1770.00 | 12.0 | 21 240.00 | 1 |
| 14 | A-4R. | äußerer Kranträger I (nach Zeichnung) 9-0-5-081-05.00 | 3920.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 3920.00 | 7.00 | 85.00 | 92.00 | .5 | 46.00 | 2 |
| 15 | A-4T. | äußerer Kranträger I (Spiegelbild) 9-0-5-081-05.00 | 3920.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 3920.00 | 8.00 | 32.00 | 40.00 | .5 | 20.00 | 3 |
| 16 | A-5R. | äußerer Kranträger II (nach Zeichnung) 9-0-5-081-05.00 | 3860.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 3860.00 | 9.00 | 1074.00 | 1083.00 | 1.0 | 1 083.00 | 1 |
| 17 | A-5T. | äußerer Kranträger II (Spiegelbild) 9-0-5-081-05.00 | 3860.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 3860.00 | 1.00 | .00 | 1.00 | 1.0 | 1.00 | 0 |
| 18 | A-6R. | äußerer Kranträger III (nach Zeichnung) 9-0-5-081-05.00 | 3940.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 3940.00 | 2.00 | 17.00 | 19.00 | .5 | 9.50 | 2 |
| 19 | A-6T. | äußerer Kranträger III (Spiegelbild) 9-0-5-081-05.00 | 3940.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 3940.00 | 3.00 | 72.00 | 75.00 | .5 | 37.50 | 3 |
| 20 | A-7. | zwischenliegende Kranbahn I 9-0-5-081-06.00 | 5740.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 5740.00 | 4.00 | 496.00 | 500.00 | 1.0 | 500.00 | 1 |
| 21 | A-8. | zwischenliegende Kranbahn II 9-0-5-081-06.00 | 5680.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 5680.00 | 5.00 | 119.00 | 124.00 | 4.0 | 496.00 | 2 |
| 22 | A-9. | zwischenliegende Kranbahn III 9-0-5-081-06.00 | 5740.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 5740.00 | 6.00 | 48.00 | 54.00 | 1.0 | 54.00 | 3 |
| 23 | A-10. | äußerer Stützenstumpf I 9-0-5-081-07.00 | 15.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 15.00 | 7.00 | .00 | 7.00 | 10.0 | 70.00 | 0 |
| 24 | A-11. | äußerer Stützenstumpf II 9-0-5-081-08.00 | 48.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 48.00 | 8.00 | 1304.00 | 1312.00 | 34.0 | 44 008.00 | 1 |
| 25 | A-12. | Zwischenstützenstumpf 9-0-5-081-09.00 | 49.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 49.00 | 9.00 | 51.00 | 60.00 | 34.0 | 2 040.00 | 2 |
| 26 | A-13. | Hauptträger 9-0-5-024-03.00/B | 495.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 495.00 | 1.00 | .00 | 1.00 | 51.0 | 51.00 | 0 |
| 27 | A-14. | Zubehöre des Fassadenhauptträgers 9-0-5-075-00.00 | 173.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 173.00 | 2.00 | 1686.00 | 1688.00 | 6.0 | 10 128.00 | 1 |
| 28 | A-15. | Dachpfette (zwischenliegende) 9-0-5-078-00.00 | 100.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 100.00 | 3.00 | 17.00 | 20.00 | 42.0 | 840.00 | 2 |
| 29 | A-16. | Dachpfette (äußere) 9-0-5-079-00.00 | 100.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 100.00 | 4.00 | 16.00 | 20.00 | 34.0 | 680.00 | 3 |
| 30 | A-17R. | Seitenpfette, untere, obere (zwischenliegende) 9-0-5-024-14.00/A | 37.00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | 37.00 | 5.00 | .00 | 5.00 | 12.0 | 60.00 | 0 |

Abb. 7

Lieferbetrieb Kecskemét

Materialbestellung für die Typenhalle »Metallarbeiter«

Auftraggeber: ein BETRIEB

16. Januar 1972

| | | | |
|---------|------------------|--------------|------------|
| 1434606 | Flachstahl | 25 × 10 Kp | 21.000 |
| 1435476 | Flachstahl | 50 × 10 Kp | 9.906 |
| 1436476 | Flachstahl | 75 × 10 Kp | 48.000 |
| 1436926 | Flachstahl | 100 × 10 Kp | 21.000 |
| 1442046 | Breitflachstahl | 145 × 10 Kp | 24.000 |
| 1443096 | Breitflachstahl | 200 × 20 Kp | 87.000 |
| 1444046 | Breitflachstahl | 250 × 10 Kp | 60.000 |
| 1444626 | Breitflachstahl | 288 × 6 Kp | 429.000 |
| 1444646 | Breitflachstahl | 288 × 10 Kp | 153.000 |
| 1421126 | Stahlblech | 680 × 6 Kp | 2 370.000 |
| 2830510 | Schrauben | M30 × 80 St. | 30.000 |
| 2834290 | Schraubenmuttern | M30 St. | 30 000.000 |
| 2835580 | Federunterlagen | M30 St. | 30 000.000 |

Budapester Betrieb 1

Materialbestellung für die Typenhalle »Metallarbeiter«

Auftraggeber: ein BETRIEB

16. Januar 1972

| | | | |
|---------|------------------|--------------|------------|
| 1434606 | Flachstahl | 25 × 10 Kp | 57.500 |
| 1436476 | Flachstahl | 75 × 10 Kp | 70.000 |
| 1436926 | Flachstahl | 100 × 10 Kp | 130.000 |
| 1442046 | Breitflachstahl | 145 × 10 Kp | 176.000 |
| 1443096 | Breitflachstahl | 200 × 20 Kp | 226.000 |
| 1444026 | Breitflachstahl | 250 × 10 Kp | 220.000 |
| 1444626 | Breitflachstahl | 288 × 6 Kp | 924.000 |
| 1444646 | Breitflachstahl | 288 × 10 Kp | 224.000 |
| 1421126 | Stahlblech | 680 × 6 Kp | 17 204.000 |
| 2830510 | Schrauben | M30 × 80 St. | 96.000 |
| 2834290 | Schraubenmuttern | M30 St. | 96 000.000 |
| 2835580 | Federunterlagen | M30 St. | 96 000.000 |

Abb. 8

Zusammenfassung

Auf einer gewissen industriell-ökonomisch-sozialen Entwicklungsstufe machen sich die Probleme der Bauwerkswahl geltend. Die zur Ausführung vorgesehene Gebäudevariante muß technisch und funktionell geeignet sowie ökonomisch hochwirksam sein auch hinsichtlich der Ausführungstechnologie und Organisation.

Die Leistungsfähigkeitszunahme der Bauplanung ist hinter jener der Industrie zurückgeblieben, wo doch für die Planung mit Hilfe von Varianten, für die Vorbereitung umsichtiger Investitionsentscheidungen eine gestiegene Leistungsfähigkeitszunahme erforderlich wäre.

Im Beitrag wird von den Entwicklungsmöglichkeiten der Planung der gemeinsame Einsatz von Typenplanung und Rechentechnik als ein für die Überbrückung der angeführten Widersprüche geeigneter Ausweg behandelt. Es werden die einzelnen Abschnitte der automatisierten Planung, die maschinelle Erstellung und Auswahl der einzelnen Gebäudevarianten, die Voraussetzungen und Bedingungen der Automatisierung erörtert. Es werden die Grundlagen und Methoden der automatisierten Planung mit Typensegmentplänen, die Wirkung der Ausführungsbedingungen auf die Wahl der geeigneten Gebäudevariante und schließlich ein praktisches Bearbeitungsbeispiel dargelegt.

Nach der vorgeschlagenen Methode kann in kürzester Zeit ein wohlfundierter Unternehmerantrag (mit Preis- und Terminangaben) gestellt, Arbeitsaufwand und Kosten für die Planung können vermindert und dem Investitionsträger eine breite Auswahl dargeboten werden.

Schrifttum

1. SALÁT, G.—TURÁN, Zs.: Planung mit Hilfe der Rechenanlage nach Typensektions- und Segmentplänen*. Magyar Építőipar 1972/11—12.
2. JÄNIKE, J.: Beiträge zur Technologie der Projektierung 1,2,7. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1969—72.
3. OTTMÁR, B.—PATTANTYÚS-Á. Á.—PETRÓ, B.: Maßordnung in der Leichtbauweise*. (Forschungsbericht, Lehrstuhl für Baukonstruktionslehre, Technische Universität Budapest).

* In ungarischer Sprache

Assistent Dipl.-Ing. ZSOLT TURÁN, H-1521 Budapest