

# DAS SYSTEM DER SIMULATIONSMODELLE IN DER ARCHITEKTONISCHEN ENTWURFSTÄTIGKEIT

Von

F. F. MÜLLER

Lehrstuhl für Entwerfen von Gesellschaftsbauten, Technische Universität Budapest  
(Eingegangen am 5. Mai 1972.)

Vorgelegt von Prof. Dr. G. DEÁK

Die Anwendung der Rechenanlagen in der technischen Entwurfstätigkeit führte neben dem praktischen Einsatz der konkreten Rechentechnik in den letzten Jahren zu einer merkwürdigen Erscheinung. Nach den ersten einfachen Versuchen experimentaler Art wurde bei der Organisation und Planung der Entwurfsarbeit rechtzeitig erkannt, daß es sich nicht nur darum handelt, ein neues technisches Hilfsmittel einzusetzen, sondern, daß auch die bisherige *Struktur* der Entwurfsarbeit *von Grund auf zu ändern* ist. Einstige »Dogmen« sind in Vergessenheit geraten, in der Praxis werden »ketzerische« Theorien realisiert. Durch die langsame, aber *auf Methoden und auf Mittel orientierte* Umgestaltung der Struktur wurde ein neuer Prozeß ausgelöst. Dieser Prozeß, der gegenwärtig vor sich geht, ist eine Folge der veränderten strukturellen Verhältnisse. Zwischen den an der Entwurfsarbeit *direkt und indirekt* Beteiligten entstehen neue, teilweise noch »ungewohnte« Beziehungen. Diese verdeutlichen eine Situation, in der sich die Beziehungen des Entwurfsapparats zur Umgebung des Systems vervielfachen bzw. *qualitativ verändern*. Als Ergebnis dieser Erscheinung wird das in den Methoden durch die neuen Beziehungen entstehende Vakuum ausgefüllt. Natürlich darf nicht darauf gerechnet werden, daß diese Methoden und Verfahren rasch Wurzel fassen werden. Auch ist zu berücksichtigen, daß diese Methoden nicht nur im Rahmen der schon erwähnten *neuen Beziehungen*, sondern *im allgemeinen in der ganzen Struktur* auftreten (s. Abb. 1).

Nicht alle Methoden und Verfahren sind auf den Einsatz von Rechenanlagen aufgebaut. Auch vom Computer unabhängige Methoden haben eine Existenzberechtigung, da sie aber auf der Grundlage der veränderten Struktur entstehen, finden sie schon nach kurzer Zeit den Weg zu der Rechenanlage. Diese »Rückkoppelung« zu der Rechentechnik ist nötig, einerseits wegen der zahlreichen Modelle, andererseits wegen der im System schon vorhandenen »computerisierten« Methoden, die die ganze Struktur beeinflussen.

In Abb. 1 wird ein Teil der vorhandenen Methoden als »von der Rechenanlage unabhängig« bezeichnet. Zu der Ausarbeitung dieser Modelle führten nicht die Anforderungen technischer Probleme der architektonischen Entwurfsarbeit. Jedoch »entdeckten« besonders in den letzten Jahren die Architek-

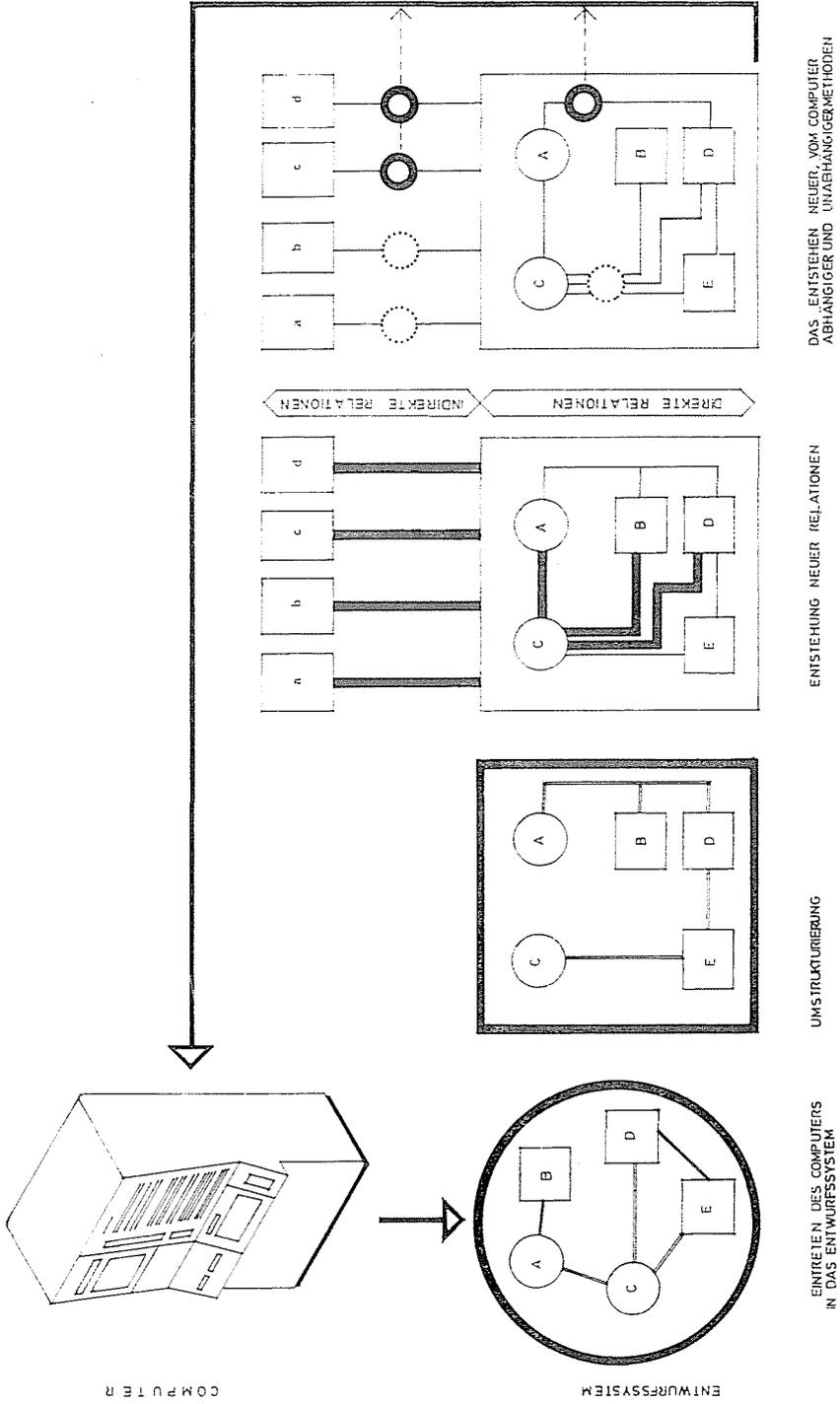


Abb. 1

tur bzw. die Entwurfspraxis für ihre Zwecke die Mathematik. Eine vorhandene mathematische Methode könnte von sich selbst keine Anwendung finden, es bedurfte dazu des Zustandekommens der »Aufnahmefähigkeit« des Systems.

Wie schon erwähnt, ist ein Teil der genannten Modelle vom Computer unabhängig. So sind auch die angewandten Methoden der *Simulationsmodelle* teilweise nicht auf die Rechentechnik orientiert. Haben aber die zu verarbeitenden Daten eine entsprechend hohe Zahl erreicht, müssen auch diese Modelle mit Hilfe der Rechenanlage gelöst werden. Wohlgermerkt wurde vor dem Erscheinen der Rechenanlagen auch die Lösung der betreffenden Probleme der Entwurfsarbeit gerade durch diese »Datenmassen« verzögert.

Auch durch diesen Beitrag soll darauf hingewiesen werden, daß gerade für die Simulationsmodelle die Vereinheitlichung bzw. die Standardisierung im Rahmen eines Problemenkreises, wie z. B. im Schulbau, von großer Bedeutung ist. Eine diesbezügliche »Uniformisierung« der Probleme und ihrer Lösungen würde u. a. die Schaffung eines einheitlichen Codesystems, die Abstimmung von INPUT und OUTPUT, die Möglichkeit der Rückkoppelung der »elementaren Methoden« usw. bedeuten. Dies alles setzt eine weitgehende Anpassung an die rechentechnischen Methoden bzw. Systeme voraus. In der Entwurfspraxis von heute sind die geschilderten Systeme kaum vorzufinden. Unter Berücksichtigung des Entwicklungstempos unserer Zeit, kann in den nächsten 5 bis 10 Jahren real mit dem Erscheinen »kompletter« Systeme in der Entwurfspraxis gerechnet werden.

Unter der Bezeichnung Simulationsmethoden ist in der Entwurfspraxis grundsätzlich etwas anderes zu verstehen als im allgemeinen in der Technik. In letzterem Falle versteht man unter Simulation die *Nachbildung spezieller Verhaltensweisen von Systemen mittels anderer Systeme* bzw. spricht man von Simulation, wenn *ein bestimmtes System mit Hilfe eines anderen Systems reproduziert wird*. Diese Reproduktion wird meistens mit Rechenanlagen erreicht. Z. B. läßt sich das Verhalten eines Regelkreises mit dem Analogrechner oder ein lernendes System mit dem Digitalrechner reproduzieren. Die Reproduktion bzw. die Nachbildung mit der Rechenanlage wird als der Simulator des zu simulierenden Systems bezeichnet. Das zu simulierende System  $A$  und der Simulator  $A_s$  sind hinsichtlich des Verhaltens gegeneinander homomorphe Systeme. Zwei Systeme (Gebilde) werden als homomorph bezeichnet, wenn ihre Strukturen analog sind, d. h. sich Elemente (Teile) von  $A$  durch eindeutige Abbildung den Elementen von  $A_s$  so zuordnen lassen, daß jeder Beziehung zwischen Elementen von  $A$  eine bestimmte Beziehung zwischen Elementen von  $A_s$  entspricht.

Neben den genannten sind auch die sog. Echtzeit-Simulatoren bekannt, die das zeitliche Verhalten eines Systems im gleichen Maßstab nachbilden. Simulatoren dieser Art werden bei der Ausbildung des Bedienungspersonals von Kernreaktoren bzw. für komplizierte kriegstechnische Geräte eingesetzt.

In diesen Fällen hat die Simulation den Vorteil einer zeitsparenden und verhältnismäßig einfachen Prüfung bzw. jenen das Erlernen der Bedienung von Anlagen zu ermöglichen, die teuer sind oder das Menschenleben gefährden.

Dies alles mußte vorangeschickt werden, um die unterschiedlichen Deutungen der Simulation zu betonen. Es ist leicht einzusehen, daß die Homomorphie zwischen architektonischem Entwurfsprozeß und einem entsprechenden Simulator nur schwer möglich wäre. (Wäre diese Frage gelöst, würde auch die Entwurfsautomatisation weiter kein ungelöstes Problem sein.) Infolge des unterschiedlichen Charakters des entwerfenden und denkenden Menschen bzw. der Rechenanlage kann nach den Kenntnissen von heute eine erwünschte Homomorphie kaum bestehen.

Das Entwerfen mit dem Computer ist nämlich keine Simulation der traditionellen menschlichen Entwurfstätigkeit. Aus den schon genannten Gründen ist der computerisierte Entwurfsprozeß in jeder Hinsicht eine qualitativ unterschiedliche Disziplin. Der Platz der Simulationsmethoden in diesem Problembereich läßt sich noch eindeutiger bestimmen, wenn man einsieht, daß das Entwerfen am Zeichentisch selbst ein Simulationsprozeß ist, u. zw. eine Simulation bei der die für den Bau, die Realisierung bzw. die Inbetriebhaltung erforderliche Zeit erspart wird.

Nach den vorstehenden Feststellungen soll unter dem Begriff der Simulationsmethoden in der Entwurfsarbeit folgendes verstanden werden: Es werden alle Methoden bzw. Verfahren als Simulation bezeichnet, mit deren Hilfe die Elemente der objektiven Wirklichkeit — als Gegenstand der Planungsarbeit — in einem von dem ursprünglichen Verhältnis verschiedenen Maßstab nachgebildet werden. Der unterschiedliche Maßstab bezieht sich auf physikalische Größenordnung, auf Zeitangaben und alle quantitativen und qualitativen Kategorien. Die Entwurfstätigkeit ist ein gerade solches Element der objektiven Wirklichkeit, wie eine andere vom Menschen unabhängig bestehende Erscheinung.

Es wird darauf hingewiesen, daß im allgemeinen Bewußtsein die Existenzberechtigung der Rechentechnik in der technischen Planungstätigkeit nur als ein Weg zum Optimum lebt. Das scheint auch zum Teil zutreffend zu sein, aber gerade die Untersuchung der Simulationsmethoden beweist, daß die Rechentechnik auch dort eine bedeutende Rolle spielen kann, wo Grundinformationen (Grunddaten) für eine wirksame Planung nur auf diesem Wege zu gewinnen sind.

Nach der Begriffsbestimmung sollen Gebiete der Planungstätigkeit dargestellt werden, die als Aufgaben für die Anwendung der Simulationsmethoden in Frage kommen. Es wird darauf aufmerksam gemacht, daß die Aufgaben hier nur beiläufig angegeben werden. Bei der gegenwärtigen dynamischen Entwicklung wäre es unmöglich, alle möglichen Aufgaben zusammenzufassen. Es ist klar, daß jede den Ansprüchen der Gegenwart entsprechende neue Planungs-

aufgabe gleichzeitig mit großer Wahrscheinlichkeit auch eine neue Simulationsaufgabe darstellt. Um die Simulationsaufgabe zu kennzeichnen, müssen die betreffenden Elemente des Planungsprozesses kurz beschrieben werden (siehe Abb. 2a), solche sind:

1. *Die zu realisierende Funktion des Bauwerks*: Dieses Element kann in das System nur dann erfolgreich »eingebaut« werden, wenn es in jeder Beziehung restlos bestimmt ist. Es unterliegt keinem Zweifel, daß eine restlose Definition infolge der Ungenauigkeit des Auftrags häufig unmöglich ist. Eine ausführliche Beschreibung (Definition) der Funktionen des Bauwerks ermöglicht die Erhöhung der Wirksamkeit und die qualitative Kontrolle der Planung. Es soll bemerkt werden, daß Verfasser den Begriff der Funktion in weiterem Sinne anwendet: u. zw. als die *Gesamtheit aller Bedingungen*, die in Zusammenhang mit der Bauaufgabe in Frage kommen bzw. die bei der Planung zu befriedigen sind.

2. *Globale Grunddaten*: Zu diesen gehören alle von der konkreten Planungsaufgabe unabhängigen Daten. Es handelt sich um Planungsrichtlinien, behördliche Vorschriften, um in der Bauordnung, in Betriebsvorschriften und Normen festgelegte Daten.

3. *Lokale Grunddaten*: Da sich jede Planungsaufgabe mehr oder weniger den Umständen der konkreten Verwirklichung anpassen muß, werden diese Umstände über die lokalen Grunddaten erfaßt. Diese sind teilweise schon vor der Problemlösung vorhanden, größtenteils obliegt jedoch die »Verschaffung« dieser Informationen dem entwerfenden Architekten. In der Praxis läßt sich das wegen der beschränkt zur Verfügung stehenden Möglichkeiten und Mittel nur zum Teil verwirklichen. Oft wird die Ausarbeitung dieser Daten ganz außer acht gelassen. So kommt es vor, daß Grundsatzprobleme erst verspätet, nur während der Inbetriebhaltung erkannt werden.

4. *Der Entwurfsprozeß*: Dieser Begriff bedeutet in dieser Form eine Reihe von Aktivitäten — ungeachtet dessen, ob es sich um physische oder geistige Aktivitäten handelt —, die als »Endprodukt« den fertigen Entwurf »erzeugen«. Es ist unnötig, hier die einzelnen Aktivitätselemente in ihrem Verhältnis zueinander zu bestimmen. Es wird nur festgestellt, daß die Aktivitätselemente in der Zeit und in ihrer Hierarchie voneinander getrennt sind.

5. *Das Ergebnis des Planungsprozesses*: Das Ergebnis als Endpunkt des Prozesses paßt sich in quantitativer bzw. qualitativer Beziehung dem System an. Die quantitativen Beziehungen kennzeichnen, neben der üblichen Deutung, auch die Tiefe der Lösung, die qualitativen zeigen den Grad der Verwirklichung der in der Aufgabe gesetzten Ziele.

Auf Grund des komplexen Systems des Entwurfsprozesses bzw. der allgemeinen Problemstellungen zeichnen sich folgende Simulationsaufgaben ab:

A. *Bildung globaler Grunddaten*: Die allgemeingültigen Grunddaten werden aus der gründlich geprüften, objektiven Wirklichkeit bzw. aus direkten und indirekten Erfahrungen abgeleitet.

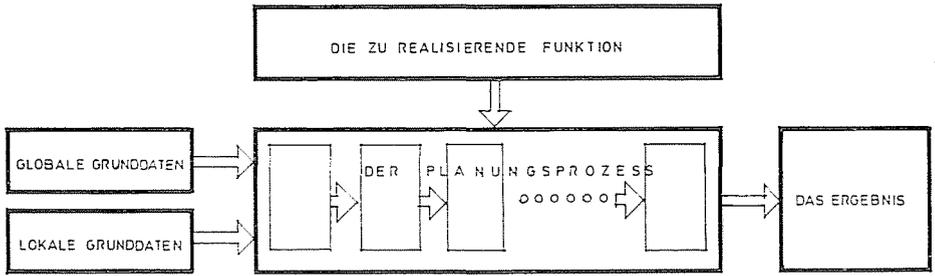


ABB. 2/a

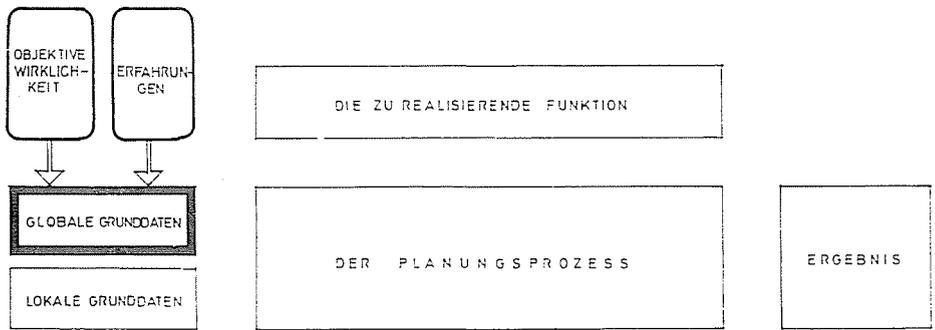


ABB. 2/b

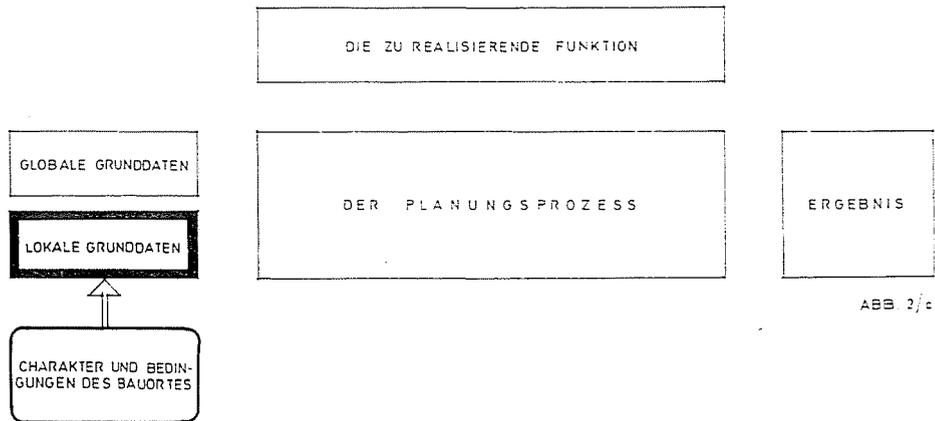


ABB. 2/c

Abb. 2

Die Zuverlässigkeit der so erarbeiteten Daten ist unter anderem von den Beobachtungsmöglichkeiten abhängig. Es kommt oft vor, daß die genaue Beobachtung einer Erscheinung physikalisch unmöglich ist, bzw. daß die Ergebnisse der angewandten Methoden nur aus wenigen Informationen abgeleitet wurden. Da eine genaue Beobachtung unmöglich ist, werden nur mutmaßliche Daten verwendet. Leider ist die Behauptung, daß ein großer Teil der Entwurfsnormen und Standards mit »mutmaßlichen Informationen« arbeite, stichhaltig. Mit Hilfe der Simulationsmethoden wäre eine reelle und erfolgreiche Bearbeitung dieser Normen möglich (siehe Abb. 2b).

B. *Bildung lokaler Grunddaten*: Diese Grunddaten sind nicht allgemeingültig, sie sind mit dem Charakter des Bauorts und Baugeländes bzw. mit deren Bedingungen in Zusammenhang. Diese Daten werden auch im Rahmen einer Aufgabe von Fall zu Fall erarbeitet. In der Regel handelt es sich um die Bestimmung der *Kapazitäten* der einzelnen Gebäudegruppen, Funktionseinheiten, Räume, Verkehrswege, Transportmittel und anderer Einrichtungen (z. B.: Bestimmung von Anzahl und Typ der Aufzüge). In der Praxis wird die Beantwortung solcher Fragen als »Aufgabe des Architekten« bzw. des Technologen bezeichnet. Da für eine genaue Beantwortung oft die praktischen Methoden und Mittel nicht zur Verfügung stehen, weicht man der Frage aus, was oft zu falschen Bemessungen führt (siehe Abb. 2c).

C. *Folgerung auf Art und Umriss der Lösung auf Grund der Grunddaten*: Ein Teil der lokalen Grunddaten deutet die voraussichtliche Art der Lösung an. Im Industriebau beeinflussen z. B. Zahl und Verbindungen der einzelnen Maschinen und Maschinengruppen die architektonische Ausführung der zu errichtenden Werkhalle. Im Besitz geeigneter Verfahren läßt sich die Endlösung mit Hilfe empirischer Methoden »vorhersagen«. Selbstverständlich trägt eine derartige Vorhersage nicht den Charakter einer vollständigen Lösung; es muß mehr oder weniger immer mit geringen Abweichungen vom Optimum gerechnet werden. Eine solche Prüfung der Aufgabe ist immer nützlich, da unvorhergesehene »Entgleisungen« bei der Entwurfsarbeit vermieden werden (siehe Abb. 3a).

D. *Kontrolle der Teilergebnisse bzw. der Ergebnisse des Entwurfsprozesses mit Hilfe der festgelegten Gebäudefunktionen*: Was unter Funktion verstanden werden soll, wurde schon ausführlich bestimmt. Es ist also logisch, die fertiggestellten Pläne nach den »technisch-realiserbaren Funktionen« zu überprüfen. Diese Kontrolle muß dynamisch durchgeführt werden: eine sog. Befragungsmethode ist nicht genügend. Die Realisierung der Funktionen ist auf Grund ihrer Veränderungen in Raum und Zeit zu kontrollieren. Im Rahmen dieser Methoden sollten sich Kontrollen durchführen lassen, die annähernd dieselben Ergebnisse liefern wie *die Untersuchung eines fertigen, errichteten Gebäudes*. Das ist die eine Seite des Problems, die andere ist die Frage, wie die erkannten Fehler korrigiert werden können bzw. wie das Ergebnis der Verbes-

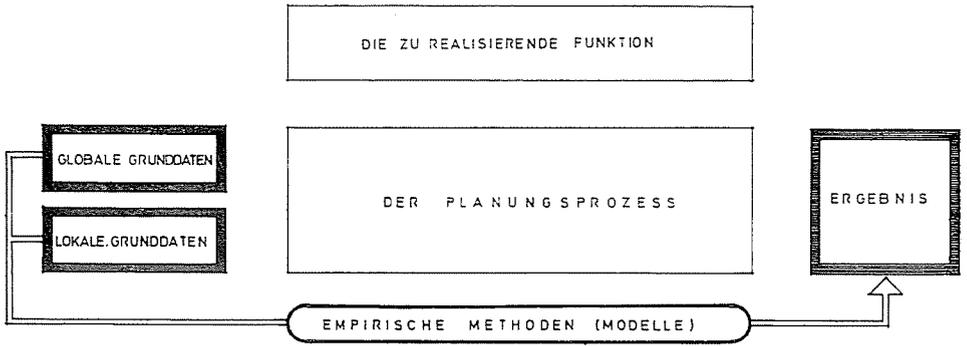


ABB.3/a

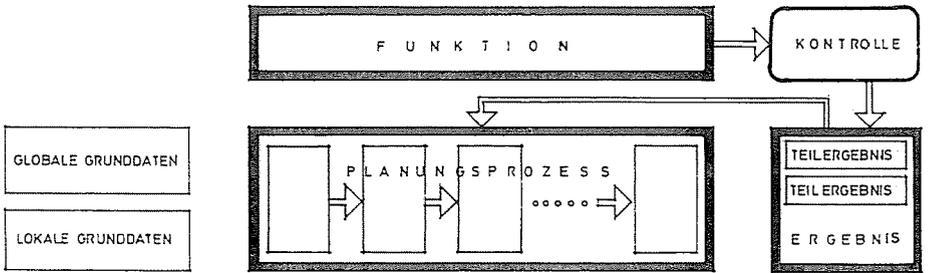


ABB. 3/b

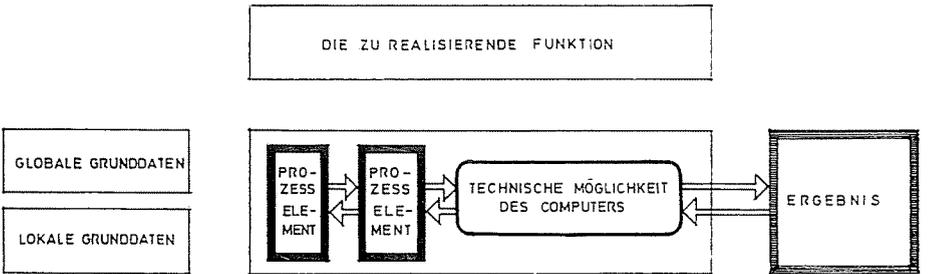


ABB.3/c

Abb. 3

serung wirksam kontrolliert werden kann. Dies alles bedeutet ein Verfahren, das die Beseitigung der Fehler bis zur reellen Grenze der Möglichkeiten (Konstruktion, Grundrißsystem, Gebäudetechnik, usw.) gewährleistet (siehe Abb. 3b).

E. *Schlußfolgerung nach den ersten Schritten des Entwurfsprozesses auf die Eigentümlichkeiten des zu erwartenden Ergebnisses*: Es ist offensichtlich, daß auf das vollständige Ergebnis nicht geschlossen werden kann; es ist jedoch ein reelles Ziel, Eigentümlichkeiten zu gewinnen. Die Ergebnisse der Ermittlung solcher Eigentümlichkeiten können die weitere Entwurfstätigkeit bzw. die Richtung der Arbeit wesentlich beeinflussen. Bei den technischen Möglichkeiten der heutigen Rechenanlagen kommen formale, ökonomische und konstruktive Eigentümlichkeiten in Frage. Auf diese Faktoren kann auf Grund von nach den ersten Schritten des Entwurfsprozesses erhaltenen Daten mit großer Sicherheit geschlossen werden (siehe Abb. 3c).

Wie schon erwähnt, sind die angewandten mathematischen Methoden in ihrer Entwicklung und Ausarbeitung von den angeführten Aufgaben teilweise unabhängig (abgesehen davon, daß einige »Grundmethoden« gleichzeitig bei mehreren verschiedenen Aufgaben Anwendung finden). Es ist schwer, die verschiedenartigen mathematischen Methoden miteinander zu vergleichen. Es wird versucht, einen Vergleich anzustellen, der die Aufgaben mit den dazugehörigen mathematischen Methoden in ein System zusammenfaßt.

Es sollen folgende mathematische Methoden und Verfahren kurz zusammengefaßt werden:

1. *Einfache, homogene Modelle und Verfahren*: Für diese Modelle ist es kennzeichnend, daß sie sehr vielseitig eingesetzt werden können. Ihr großer Vorteil ist, daß in großer Anzahl gründlich ausgearbeitete theoretische und praktische Beispiele vorliegen. *Operationsforschung und Statistik* werden dynamisch entwickelt, die ausgedehnte Literatur liefert eine große Zahl entsprechender Beispiele für die Entwurfspraxis. Die vorliegenden Modelle dienen ursprünglich bereits zur Erfassung bzw. zur Steuerung komplizierter und komplexer Systeme. So war es selbstverständlich, daß die technische Planungstätigkeit zunächst im Bereich dieser Modelle die ersten anwendbaren Methoden fand. Es ließe sich eine große Zahl der betreffenden Modelle aufzählen, es kann hier jedoch nur auf die wichtigsten hingewiesen werden; am häufigsten werden Modelle der strategischen Spieltheorie, der linearen Programmierung, des Problems der Warteschlangen, der optimalen Raumstrukturen angewandt (siehe Abb. 4a).

2. *Mehrstufige, heuristische Modelle*: Es sind zwei Modellgruppen zu erwähnen: Ein Teil der Modelle wird aus einfachen, homogenen Modellen als Elementen zusammengesetzt, die Elemente der anderen Gruppe sind auf heuristische Basis aufgebaut. Die letztgenannten Modelle werden besonders bei Systemen mit Selbststeuerung und Lernfähigkeit angewendet bzw. bei Planungsaufgaben, die analog zu diesen Problemen formuliert werden (siehe Abb. 4b).

3. *Zusammengesetzte, komplexe, aber homogene Modelle*: Bei der Lösung einiger zusammengesetzter Planungsprobleme sind entsprechende zusammengesetzte Modelle zu benutzen. Diese sind homogen, also werden sie nicht aus

MATHEMATISCHE METHODEN ALS AUTOMATEN DEMONSTRIERT:

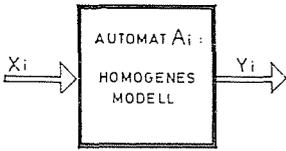


ABB. 4/a

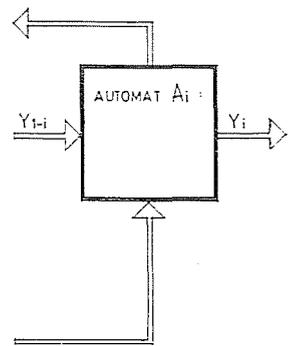
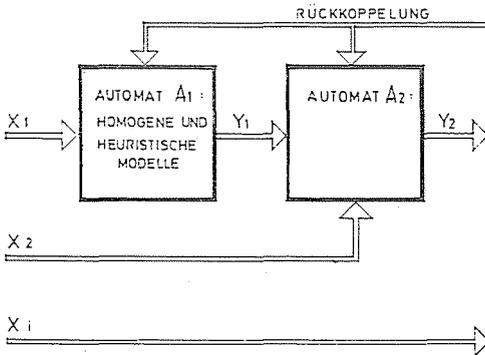


ABB. 4/b

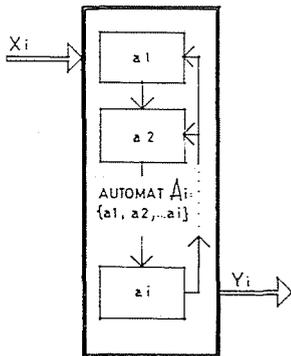


ABB. 4/c

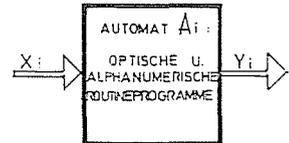


ABB. 4/d

Abb. 4

verschiedenen Elementen zusammengesetzt. Auch in diesem Falle liefert die Operationsforschung die meisten Modelle. Für die Zwecke der Entwurfsarbeit haben die einzelne Adaptationen der Netzwerktechnik die größte Bedeutung. Der charakteristische Zug der einzelnen Methoden ist die eindeutige Demonstrationsmöglichkeit der zeitlichen Veränderungen eines dynamischen Problems (siehe Abb. 4c).

4. *Problemorientierte rechentechnische Routineprogramme und Programmsysteme*: Ihrer Natur gemäß lassen sich die Routineprogramme in zwei Gruppen unterteilen, u. zw.:

a) Routineprogramme, die auf die optischen und alphanumerischen Signale der Rechenanlage aufgebaut sind;

b) Routineprogramme, die auf dem Speicherungsvermögen des Computers beruhen; auf die logische Entscheidungsfähigkeit konstruiert werden.

Die erste Programmgruppe gehört in den Problemenkreis, wo das Ergebnis der Planungsaufgabe in ikonischer Form dargestellt werden kann. Die heutigen Anlagen haben technische Kennwerte, die von der Entwurfspraxis noch bei weitem nicht ausgenützt werden.

Nach den ersten Schritten der Entwurfsarbeit sind die formalen Auswirkungen der Grundvorstellungen rechentechnisch schwer zu erfassen, dieses Problem muß der entwerfende Architekt oder die Architektengruppe selbst lösen. Dieser interaktive Entscheidungsprozeß setzt aber entsprechende optische Informationen voraus. Die optische (ikonische) Darstellung eines Zwischenergebnisses steht im Falle einer traditionellen Entwurfsmethode aber nur in einem späteren Abschnitt des Prozesses zur Verfügung.

Die zweite Programmgruppe ist auf die Erkenntnis aufgebaut, daß nach den ersten Schritten des Entwurfsprozesses die zur Verfügung stehenden Grundergebniselemente durch ihre logischen Zusammenhänge weitere Informationen liefern. Zu jedem Grundergebniselement gehört eine bestimmte Menge von Informationen. Die einzelnen Informationen sagen an sich nicht viel aus, da sie nur einen Katalogcharakter haben. Sind jedoch die Beziehungen der Grundergebnisse geklärt, stellen die dazugehörigen Kataloginformationen qualitativ ein gut brauchbares Material dar. Die bisher »starr« Informationen werden durch Zuordnung zu nützlichen, »lebenden« Informationen. Um die Frage an einem Beispiel zu erklären, soll auf ein einfaches Problem hingewiesen werden: Ist als Grundergebnis die Beziehung zwischen Zwischenwand- und Fensterkonstruktionen eines Gebäudes vorhanden, können — zufolge der Speicherefähigkeit der Rechenanlage — alle Informationen über Produktion, Transport, Montage, Einbau bzw. den Ausschreibungstext, die Kosten, usw. in ihren logischen Zusammenhängen mit sämtlichen möglichen Variationen ausgearbeitet werden. Es ist leicht einzusehen, daß im Rahmen eines traditionellen Entwurfsprozesses diese Einzelheiten nicht als Zwischenergebnis, sondern nur als Endergebnis vorhanden sein werden (siehe Abb. 4d).

Im nächsten Abschnitt des vorliegenden Beitrags soll die praktische Anwendung beschrieben werden. Wie gesagt, werden die einzelnen Aufgaben mit *A, B, C, D* und *E*, die anwendbaren mathematisch-rechentechnischen Modelle mit 1, 2, 3 und 4 bezeichnet. Für die genaue Prüfung der einzelnen Beziehungen zwischen den Aufgaben und Methoden wird die Einführung der *Aufgaben-Methoden-Matrix* empfohlen, mit deren Hilfe sich die *Positionen der schon vorhandenen Anwendungen bestimmen lassen bzw. die Richtungen der noch erforderlichen Forschungsarbeit bestimmt werden* (siehe Abb. 5).

DIE AUFGABE - METHODE - MATRIX

METHODEN \ AUFGABEN	1	2	3	4
A		(A2)		
B	(B1)	(B2)		
C	(C1)			
D			(D3)	
E		(E2)		(E4)

Abb. 5

Mit der Bemerkung, daß die vorliegende Arbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, wurde versucht, für einige charakteristische Anwendungsbeispiele die Matrix auszufüllen.

*Anwendungsbeispiel »A2«*: Die innere Funktion der Gesellschaftsbauten mit großem inneren Verkehr verändert sich dem angewandten technisch-technologischen System gemäß ziemlich rasch. Vor allem ist mit Veränderungen in der Möblierung, in der technologischen und gebäudetechnischen Ausrüstung und Installation zu rechnen. Dementsprechend müssen auch die betreffenden Normen neu erfaßt werden. Bei Krankenhäusern stellt die Intensivpflege eine charakteristische Neuerung dar, die ein neues System der ent-

sprechenden Pflegeeinheit erfordert. Bis jetzt sind statt einschlägiger Normen nur Empfehlungen vorhanden. Die von Jahr zu Jahr steigenden Baukosten der Krankenhäuser gestatten keine auf Empfehlungen beruhende Bemessung. Die Grunddaten für die Bestimmung der Größenordnung von Pflegeeinheiten sind vorhanden. Eine statistische Bearbeitung der Daten und deren Ergänzung nach der Wahrscheinlichkeitstheorie ermöglicht nach den Methoden des Problems der Warteschlangen eine reelle Bestimmung der Kapazitäten. Zur von vielen Faktoren abhängigen Zusammenfassung des Problems in Normen besteht heute eine reelle Möglichkeit. Da es sich um zahlreiche »generierte« Zufallszahlen und statistische Daten handelt, empfiehlt sich eindeutig der Einsatz der Rechentechnik [1].

*Anwendungsbeispiel »B1«:* Die Bemessung von Verkehrsmitteln sowie von Gebäuden mit großem Personen- und Materialverkehr ist ebenfalls ein schwieriges Problem. Es wurde mehrmals versucht, das Problem in Normen zu erfassen, bzw. liegen gesetzmäßige Bemessungsverfahren vor. Die technischen Parameter der Transportmittel verändern sich so rasch, daß die Normen und Vorschriften kaum »Schritt halten« können. So überläßt die Praxis von heute die Lösung des Problems dem praktischen Sinn des entwerfenden Architekten und Technologen. Für ein mehrgeschoßiges Parkhaus im Stadtzentrum wurde ein Modell entwickelt, das eine objektive Bestimmung der Typen und Anzahl der Aufzüge ermöglicht. Das Problem wurde durch den praktischen Einsatz der strategischen Spieltheorie [2] gelöst.

Im Falle des vorliegenden Modells ermöglicht das Grundsystem mehrere Alternativen der Typen bzw. Einbauplätze der Aufzüge. Die Wahrscheinlichkeiten der Verkehrsstauungen sind bekannt. Diese Werte werden auf Grund von Verkehrszählungen und Beobachtungen an den benachbarten Verkehrsknotenpunkten durch statistische Auswertungen ermittelt. Dem Charakter des mathematischen Modells entsprechend wurde die optimale Strategie für den Entwurf des Grundrisses gesucht, die einerseits die vernünftigen Grenzen der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt (das Problem darf nicht nur auf die Spitzenbeanspruchung orientiert sein), anderseits — auch unter ungünstigsten Verkehrsverhältnissen — zu den geringsten Verkehrsstauungen führt.

*Anwendungsbeispiel »B2«:* Das vorige Beispiel wurde auf ein verhältnismäßig einfaches mathematisches Verfahren aufgebaut. Dasselbe Problem kann aber auch in einer komplizierten Form vorkommen. In solchen Fällen führen einfache Methoden, wie bei B1, zu keinem Ergebnis. Mit Hilfe eines mehrstufigen, heuristischen Modells gelang es einer englischen Forschungsgruppe ein Bemessungs- und Zuordnungsverfahren von Räumen bzw. von Raumgruppen auszuarbeiten. Bei der Ausarbeitung des Verfahrens wurden in Zeit und Raum veränderliche Aktivitäten verschiedener Art berücksichtigt. Im Literaturverzeichnis wird auf ein Beispiel aus dem Problembereich der Planung von Universitäten und Hochschulen hingewiesen [3].

*Anwendungsbeispiel »CI«:* Mit Hilfe der zur Verfügung stehenden globalen und lokalen Grunddaten ist es möglich, die Art bzw. die Umriss der baulichen Lösung vorzusehen. Die umfangreichste Literatur dieses Problembereiches behandelt die Industriebauten. Wie schon erwähnt, beruhen diese Vorhersagen in nicht geringem Maße auf vorhandenen Erfahrungen. Die Fertigungsvorgänge führen je nach ihrer Art zu verschiedenen Raum- und Maschinenanordnungen. Da aber selbst im Bereich einer einzigen Aufgabe mehrere Alternativen in Frage kommen können, wurde die *Theorie der sog. optimalen Raumstrukturen* ausgearbeitet. Dieses Verfahren ermöglicht außer der Vorhersage auch eine quantitative Bewertung des voraussichtlichen Ergebnisses [4,5,6].

Die qualitative Bewertung ist unter anderem auf den sog. Kooperationsgrad aufgebaut. Durch den Kooperationsgrad ist es möglich, die Qualität der Beziehungen zwischen Maschinen, Maschinengruppen, Räumen, Gebäudeteilen usw. zu verdeutlichen.

*Anwendungsbeispiel »D3«:* Ist die Gebäudefunktion vollkommen bestimmt, läßt sich — nach einer groben Formulierung der Lösung — das Ergebnis überprüfen. Diese Kontrolle bedeutet gleichzeitig auch die Bestimmung der Richtung der erforderlichen Änderungen [7, 8, 9, 10]. Durch die einschlägigen Modelle wird die Gebäudefunktion auf selbständige Aktivitätsgruppen unterteilt, analysiert und in elementare Aktivitäten zerlegt. Diese elementaren Aktivitäten, als Elemente eines Systems in Zeit und Raum miteinander verknüpft und in Netzwerken dargestellt, entsprechen den betreffenden Teilfunktionen bzw. Funktionen.

Die architektonische Ausführung ist durch eine Kostenprüfung der elementaren Aktivitäten zu kontrollieren. Die Werte der einzelnen Netzwerke verändern sich schon infolge einer minimalen, jedoch entscheidenden, kritischen Modifizierung des Grundrisses. Aus Größenordnung und Richtung der Wertveränderungen läßt sich auf die möglichen Änderungen des Raumsystems schließen.

*Anwendungsbeispiel »E2«:* In einem weiteren Stadium des Entwurfs ist es möglich, auf einige Eigentümlichkeiten zu folgern. Im Modell dieses Beispiels besteht diese Eigentümlichkeit in der genauen Bestimmung der Einzelheiten der Konstruktionselemente, in deren Klassifikation und Kostenbestimmung [11]. Die Brauchbarkeit dieser Modelle ist durch den zur Verfügung stehenden industriellen »Hintergrund« bzw. durch dessen logische Vollständigkeit bestimmt. Im angeführten Beispiel wurden alle möglichen Kombinationen der Konstruktionselemente verarbeitet. Diese Kombinationen stehen zueinander in enger logischer Beziehung. So ist es möglich, anhand weniger Parameter der Konzeption des Grundrisses, eine verhältnismäßig genaue und ausführliche konstruktive Lösung und einen Kostenvoranschlag zu erstellen. Es sind auch zahlreiche andere Modelle bekannt, die aus Gründen des Patentschutzes nicht besprochen werden können [12, 13].

*Anwendungsbeispiel »E4«:* Der Charakter der Aufgabe ist dem Vorstehenden ähnlich, wenn auch in diesem Falle mit Routineprogrammen operiert wird, die auf die spezifischen Eigenschaften des Computers orientiert sind. Mit diesen Modellen läßt sich eine verhältnismäßig geringe geistige »Investition« zweckmäßig und wirtschaftlich nutzbar machen. Zu den bekanntesten Anwendungen gehören die Routineprogramme für die optischen Displays. Dieses Anwendungsgebiet wird häufig auch als geometrische Datenverarbeitung bezeichnet. Mit Hilfe dieser Modelle ist es möglich, die formale Wirkung von Teilergebnissen mit der Ausführlichkeit eines Endzustandes darzulegen. Diese Methoden haben dort eine große Bedeutung, wo im Laufe des Entwurfsprozesses Entscheidungen gefaßt werden, bzw. wo an einem Entscheidungsprozeß auch »Nichtarchitekten« beteiligt sind und damit einer ausführlichen formalen Information noch größere Bedeutung zukommt [3].

Es soll wiederholt werden, daß dieser Beitrag nicht die Vollständigkeit anstrebte; es wurde nur versucht, in ihrem System bisher nicht untersuchte Modelle im Zusammenhang mit Methoden und Aufgaben zu systematisieren. Wir veröffentlichen den Aufsatz von der Überzeugung geleitet, daß ein befriedigender Fortschritt in der Forschungstätigkeit nur in Kenntnis der Struktur des Problembereiches möglich ist.

### Zusammenfassung

In Verbindung mit der Rechentechnik wird immer häufiger auf die sog. Simulationsmodelle hingewiesen. Da dieser Begriff auch mit der architektonischen Entwurfstätigkeit in Zusammenhang ist, wurde versucht, einerseits den Verlauf der Entwurfsarbeit, andererseits die aktuellen Aufgaben und die zur Verfügung stehenden Methoden mit Hilfe einer Aufgabe-Methode-Matrix zu analysieren.

### Schrifttum

1. MÜLLER, F.: »Systeme — Kybernetische Systeme«. \* Vorlesungen im Wintersemester 1971 des Fortbildungsinstitutes der TU Budapest.
2. MÜLLER, E.: Die praktische Anwendung der Theorie der strategischen Spiele. \* Arbeiten der Wiss. Studentenzirkel, TU Budapest 1971—72.
3. BULLOCK, N.—DICKENS, P.: The Simulation of University Activities. AD. 1971/5.
4. SCHMIGALLA, H.: Eine Methode zur Vorbestimmung der rationellsten räumlichen Struktur der spannden Fertigung. Fertigungstechnik und Betrieb. 1965/4.
5. SCHMIGALLA, H.: Vorausbestimmung der rationellsten räumlichen Struktur der spannden Fertigung mit Hilfe von Kennziffern. TH. Magdeburg. 1965.
6. MOORE, J. M.: Optimal Locations for Multiple Machines. The Journal of Industrial Engineering. 1961/9—10.
7. MÜLLER, F.: Grundlagen und gegenwärtige Praxis der Entwurfsautomatisation. \* Lehrstoffheft für das Fortbildungsinstitut der TU Budapest. 1971.
8. MÜLLER, F.: Entwurfsautomatisation. Sonderausgabe des Institutes für Gebäudelehre Prof. Schwanzer. TH Wien, 1970.
9. WHITEHEAD, B.: Approach to the Optimum Layout of Single Storey Buildings. The Arch. J. Inf. Libr. 1964.
10. LEE, R. C.—MOORE, J. M.: CORELAP-Computerized Relationship Layout Planning. Journal of Ind. Engineering 1967/3.

11. MÜLLER, F.—NEUWIRTH, G.: Automatisierte Ausarbeitung des Kostenanschlags für die Tunnelschalungsbauweise.\* 1970 Lehrstuhl für Bauausführung, TU Budapest. 1970.
12. RÜPING, J.: System der integrierten Datenverarbeitung Rüping KG. 1970. Düsseldorf.
13. SONDER, J.—CLARK, W.: The Coplanner System. Planning for Hospitals. Chicago, 1964.
14. CAMPION, D. G.: Perspective Drawing by Computer. Building and Civil Engineering Department of Elliott Brothers Ltd. London, 1965.

Dr. Ferenc Farkas MÜLLER, Technische Hochschule »M. Pollack«,  
7624 Pécs, Boszorkány út 2. Ungarn

\* In ungarischer Sprache.