

ENTWURFSMETHODEN DER BAUKONSTRUKTIONEN*

B. PETRÓ

Lehrstuhl für Baukonstruktionen, Institut für Baukonstruktionen und Installationen, TU
Budapest

In den letzten Jahrzehnten ist in der Architektur die höchste, sprunghafte Entwicklung auf dem Gebiet der Baukonstruktionen zu verzeichnen. Den Beweis dieser Feststellung geben:

- neue, neuartige oder weiterentwickelte, modernisierte *Baustoffe*, z. B. die zunehmende Verwendung von Kunststoffen in Baukonstruktionen;
- die in hoher Zahl verwendeten *Halberzeugnisse* sowohl der Baustoffindustrie als auch anderer, im Bauen mitwirkender Industriezweige, wie z. B. Bauplatten;
- die mannigfaltigen *Bauelemente*, aus denen von verschiedenen Baubetrieben Untersysteme oder Untersystemkomponenten hergestellt werden, und
- die verschiedenen Bauweisen, *Bausysteme*, die infolge der zunehmenden Industrialisierung des Bauwesens, in der Architektur, auf dem Gebiet der Baukonstruktionen immer mehr Raum gewinnen.

Parallel zu diesem Vorgang sind *dünne Konstruktionen ohne Reserven* zustande gekommen, die gleichzeitig Gebäude- und Konstruktionsfunktionen erfüllen, und die das *Eindringen der Grundwissenschaften* wie

- Bauphysik
- Bauchemie
- Mathematik
- Systemtheorie usw.

in die Strukturplanung notwendig machten; die *Entstehung der Baukonstruktionslehre*, als Wissenschaft, die für jede Konstruktionsentwicklungstätigkeit die Grundlage bildet, wurde zur Notwendigkeit.

Zu dem Gesagten trug die Verbreitung der modernen *Bauausführungstechnologien* bei, die in ihrer Gesamtheit die schlagartige, revolutionäre Umwälzung, Entwicklung bestätigen, die auf dem Gebiet der Baukonstruktionen erfolgt ist und auch in unseren Tagen andauert.

Selbstverständlich kann sich der Entwurfsingenieur in diesem Arsenal der Baustoffe, Halberzeugnisse, Untersysteme, Bausysteme, Wissensbereiche

* Vortrag an der Tagung zu Ehren des Prof. Dr. László Gábor am 13. Mai 1981.

und Ausführungstechniken allein nicht zurechtfinden, für die gegebenen Aufgabe das Optimum wählen, er ist auf eine »Krücke«, eine »Eselsbrücke«, einen Algorithmus angewiesen, der jeweils die richtige oder relativ richtige Entscheidung ermöglicht.

Einen derartigen Wegweiser in diesem Labyrinth stellen für den Entwurfsingenieur die verschiedenen Strukturplanungsmethoden dar, die ihm in den verschiedenen Phasen des Entwerfens (Vorentwurf, Konzeption, Anfertigung des eigentlichen Bauplanes, der Ausführungsprojekte bzw. etwaige Weiterentwicklung)

die richtige Orientierung bei der täglichen Arbeit ermöglichen.

Von diesen Methoden möchte ich vor allem über jene einiges sagen, die von unserem Lehrstuhl in der Lehr- und Entwicklungsarbeit sowie bei der Ausführung von Aufträgen der Industrie und in der Forschung mit gutem Ergebnis angewandt wurden.

Einige Bemerkungen möchte ich noch vorausschicken.

Meiner Meinung nach setzt sich der Entwurf von Baukonstruktionen heute aus zwei grundlegend wichtigen Faktoren zusammen, u.zw.

- aus der Kenntnis der für das Bauen in Frage kommenden, für die Bauindustrien der einzelnen Länder kennzeichnenden Baustoffe, Systemkomponenten, Untersysteme, Bausysteme, d.h. der »Palette«, von der der Entwurfsarchitekt bei der täglichen Arbeit wählen kann (das sind die sog. »qualifizierten Konstruktionen«), und
- aus der Kenntnis der Methoden, welche die Auswahl der für die gegebene Funktion am besten geeigneten Konstruktion ermöglichen und gewährleisten.

Mit dem Gesagten möchte ich auch unterstreichen, daß heute, zur Zeit des industrialisierten Bauens, der Entwerfer der Baukonstruktion (der konkrete Architekt) in der alltäglichen Entwurfstätigkeit kein Entwickler von Baukonstruktionen sein muß, im allgemeinen auch gar nicht sein kann; es genügt — und auch das ist eine hohe Tätigkeit, die gute Fachkenntnisse erfordert —, das Optimum auszuwählen und an die gegebene Bauaufgabe anzupassen, zu adaptieren (durch die Entscheidung werden nämlich zwei Drittel der Kosten bestimmt).

Die Aufgabe des sich mit der Entwicklung von Konstruktionen beschäftigenden Architekten (des abstrakten Architekten) ist hingegen, — unter Berücksichtigung des industriellen Hintergrundes und der Ergebnisse der Marktforschung — die modernsten konstruktiven Lösungen auszugestalten und für das Bauwesen sicherzustellen.

Diese Polarisation findet statt, mag man es oder nicht.

In Ungarn, jedoch auch in anderen Ländern der Welt, sind gegenwärtig in der Konstruktionsplanung zwei Ansichten vorherrschend:

- die eine wird von den Rechentechnikern vertreten: Geben wir die Daten

in die Rechenanlage ein, die wird dann für uns die eindeutige, unfehlbare Entscheidung treffen;

- die andere Ansicht ist jene der bewußten Konstruktionsplaner, Konstruktionsentwickler, wo die optimale Konstruktion das Ergebnis eines bestimmten, bewußten Entwurfsprozesses ist.

Verfolgt man die Fachliteratur und berücksichtigt man die Komplexität und Mannigfaltigkeit der Konstruktionsplanung in konzeptionellen Entscheidungen der industriellen Praxis der letzten Zeiten, wird es immer klarer, daß bewußte Konstruktionsentwurfsprozesse geeigneter sind, u.zw. solche, die sich zwar der Speicher der Rechenanlage bedienen, diese jedoch nicht die Hauptrolle spielt, sondern nur eine von den zahlreichen Hilfstechniken darstellt.

- Die Basis der Methoden ist stets der schöpferische menschliche Geist, der zum Denken auf einer bestimmten Zwangsbahn bewegt, das optimale Ergebnis erbringt, wobei die Fehlerwahrscheinlichkeit auf das Minimum herabgesetzt wird; durch die Algorithmen wird nämlich der Faktor »Vergessen« fast vollständig eliminiert.

Aus dem Gesagten ist eindeutig zu erkennen, daß bei der Baukonstruktionsplanung auch ich mich zu den Parteigängern der zweiten Richtung zähle, und daher möchte ich im weiteren von drei sog. Hilfstechniken ausführlicher sprechen, die an den vorigen Gedankengang anknüpfend geeignet sind, dem Architekten in der täglichen Entwurfsarbeit Hilfe zu leisten.

- Die eine, die dazu beiträgt, den »göttlichen Funken« zu entfachen, ist die *Ideenbörse* oder *brainstorming*.
- die zweite, die hilft, sich im Arsenal der wählbaren oder in Frage kommenden Konstruktionen (unter den »Farben der Palette«) zurechtzufinden, ist die *Morphologie*.
- die dritte, die das Treffen eines richtigen Urteils fördert, ist die *Wertanalyse*.

Alle drei Methoden haben sich schon bewährt und werden sogar im Direktstudium im Rahmen des Studienmaterials der Wahlfächer gelehrt.

Die Ideenbörse

Damit beginnt gegenwärtig jede wichtigere Arbeit an unserem Lehrstuhl.

Der Zweck ist, sämtliche in Frage kommenden Lösungen von der absurdsten bis zur herkömmlichsten, aufzuwerfen und zu analysieren.

Die Form besteht darin, für die gegebene Aufgabe eine heterogene Arbeitsgruppe bestehend aus Architekten, Konstrukteuren, Bauausführern, Statikern, Gesundheitsingenieuren, Bauphysikern und anderen Fachleuten) zu bilden.

Die einzelnen Schritte der Durchführung sind:

- Bestimmung, eindeutige Präzisierung der Aufgabe (eine wohlbestimmte Aufgabe darf als halb gelöst gelten), damit die an der Arbeit teilnehmenden

- den Fachleute verschiedener Ausbildung, die nicht »dieselbe Sprache sprechen«, die zu lösende Aufgabe in gleicher Weise interpretieren;
- Bestimmung des Zieles durch die Festlegung der optimalen Forderungen, bezüglich sowohl des komplexen Optimums als auch der Teiloptima (z. B. niedrigste Kosten bei Gewährleistung der Funktion oder Minimalisierung des Bedarfs an lebendiger Arbeit usw.);
 - Bestimmung der Parameter (zahlenmäßige Klärung der funktionalen und Umweltparameter unter Berücksichtigung des Leistungsbedarfs);
 - Aufzeichnung sämtlicher Ideen der Teilnehmer;
 - Eliminierung aller Ideen, die das Erfüllen der Funktion nicht ermöglichen;
 - Analyse der beibehaltenen Ideen und Auswahl des Gedankens, der das Optimum am besten annähert;
 - nach eingehender Analyse Entscheidung über die zu realisierende Baukonstruktion.

Anscheinend ist an diesem Vorgehen nichts Neues, dennoch erbrachte das zweckorientierte Denken auf eine Zwangsbahn, durch gegenseitige Indikation der Gedanken fast in jedem Falle neuartige Lösungen, u.zw. konstruktive Lösungen, die mit der gewohnten Baugestaltung, von der man beim Entwerfen prädisponiert ist, auszugehen, brechen. Der »göttliche Funke« ist also keine übernatürliche Erscheinung, sondern er läßt sich als Enderzeugnis einer bewußt gelenkten Denkweise herbeiführen.

Beispiel: Rekonstruktion der Dachdeckenabdichtung der Großmarkthalle des Obst- und Gemüseverkaufsunternehmens ZÖLDÉRT in Budapest.

Zu der Morphologie

Wie bereits einführend gesagt wurde, läßt die stürmische Entwicklung keinen vollen Überblick über die mannigfaltigen Bauteilarten, Baustoffe, konstruktiven Lösungen zu. Der Mensch ist nicht fähig, die sozusagen unzähligen Strukturvarianten in Gedanken zu speichern und in ihrer Gesamtheit kritisch zu analysieren, um Neues zu schaffen. Diese Arbeit wird durch die Theorie der Morphologie, durch die Aufstellung eines sog. »morphologischen Kastens« erleichtert.

Bahnbrecher und erster Einführer des Verfahrens war *Fritz Zwicky*, Ingenieur schweizerischer Abstammung, später Professor in Kalifornien, der die Morphologie als spezielle Methode zur Lösung unmöglicher Dinge bezeichnete, die mit minimalem Aufwand das Optimum ergibt. An vielen Lehrstühlen für Baukonstruktionen ist die Bewandertheit in der Morphologie eine grundsätzliche Forderung, ohne die keine Baukonstruktionen entworfen werden können.

Das Wesen der Methode ist die »volle Erfassung des Problemenkreises«, d.h., die Klarlegung der »Palette«, der Gesamtheit der wählbaren Baukonstruk-

tionsarten, um für die vorgegebene Funktion das Optimum zu wählen, bzw. die optimale Baukonstruktion zu realisieren.

Die Methode besteht aus folgenden Schritten:

Der Anfangsabschnitt ist im wesentlichen gleich dem der vorigen Methode, also

- genaue *Beschreibung*, Umschreibung oder Definition bzw. zweckmäßige Verallgemeinerung eines Problemenkreises.
(Das ist eine wichtige menschliche Tätigkeit, weil das, was den Menschen von allen anderen lebenden Wesen oder Robotern unterscheidet, die Fähigkeit ist, Probleme genau zu definieren.)
- genaue Bestimmung sämtlicher Umstände, durch die das Problem beeinflusst wird, also Festlegung der Parameter;
- Aufstellung der morphologischen Matrix, des Kastens oder der mehrdimensionalen Form, wo — ohne Vorurteil — sämtliche Lösungen enthalten sind;
- Analyse aller im Kasten enthaltenen Lösungen aufgrund von Normativen, Funktionsschwellenwerten, und schließlich
- Auswahl des Optimums und wiederholte Aufstellung des Kastens für dieses engere Gebiet bis zur Realisierung, bis zum Erhalten des Endproduktes.

Weniger bekannt ist vielleicht der Begriff des morphologischen Kastens.

Es handelt sich um eine zweidimensionale Tabelle oder einen dreidimensionalen Kasten, in dem die Funktionen und die dafür geeigneten Lösungen geordnet, systematisiert sind. Das sei am konkreten Beispiel der Außenwand gezeigt.

Die Zeilen des morphologischen Kastens enthalten die Teilfunktionen der verschiedenen Bauteile, während in den Spalten die Varianten (konstruktiven Lösungen) und in den Fächern des Kastens die Untervarianten enthalten sind. Z. B. bei einer mehrschichtigen Vollwand für äußere Umfassungen:

| | | | | |
|-------------------------|----------------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| Wärmedämmung | Schaumstoff | Mineralwolle | Kork | Perlit |
| Luft- u. Dampfsperre | Kunststoffolie | Alu-Folie | | |
| Tragfunktion | Holzgerippe | Stahlgerippe | Kunstholzg. | Kunststoffg. |
| Außenfläche | Glas | Asb. zement | | Durisol |
| Innenfläche | Gipskarton | Spanplatte | | Asb. zement |
| Kondensatab- leitung | atmend | Dampfsperre | Kondensat- ableitung | belüftet. abgeschirmt |

Das Wesen des Verfahrens, das Prinzip der Baukonstruktionsplanung, das, was an dieser Lösung neu ist, besteht darin, daß durch die für die einzelnen Teilfunktionen (je Funktion) ausgewählten, optimalen Varianten, durch die Strukturkomponenten, sodann durch deren Gesamtheit mit großer Wahrscheinlichkeit die für die gegebene Aufgabe wählbare oder zu konstruierende, optimale Baukonstruktion, das optimale Bau-Untersystem oder Bausystem geliefert wird.

Nach diesem Verfahren wurde an unserem Lehrstuhl die äußere raumabschließende Wandkonstruktion des Bausystems unter Anwendung der Tunnelschalung geprüft, und diese Arbeit führte schließlich zur Entwicklung einer neuen Wand-Großplattenlösung.

Die Wertanalyse

Die Wertanalyse gewinnt auch in Ungarn in der öffentlichen Meinung ein zunehmendes Daseinsrecht. Es wird immer mehr anerkannt, daß es sich um eine Methode handelt, die beim Treffen von Entscheidungen unentbehrlich ist. Auch unser Lehrstuhl erhält von der Industrie Aufträge in wachsender Zahl auf diesem Gebiet.

Der Entwurfsarchitekt faßt bei seiner alltäglichen Arbeit eine Reihe von Entscheidungen, deren Endprodukt das Gebäude ist; es ist also selbstverständlich, daß bei Konzeptionsentscheidungen die Anwendung der Methode der Wertanalyse unentbehrlich ist.

Das Wesen der Wertanalyse besteht darin, daß sie nicht sucht, — wie eine Methode oder eine vorhandene Konstruktion erneuert, modernisiert werden kann (auch das ist erforderlich, notwendig, jedoch nur ein geringer Teil der Wertanalysetätigkeit), sondern grundsätzlich zu ermitteln bestrebt ist, wie eine gegebene Funktion mit dem geringsten Kostenaufwand restlos erfüllt werden kann.

Das wesentliche an dieser Methode ist nämlich, das sich unter Umständen auch eine hundertprozentige Kostenersparung erreichen läßt, weil es sich bei der Wertanalyse herausstellt, daß die jahrzehntelang gewohnheitsmäßig benutzte Konstruktion für die Funktion überhaupt nicht notwendig ist. Allein die Funktion (selbstverständlich auf jeder Ebene, von der Erscheinungsform bis zur Brauchbarkeit) ist berechtigt, ja sogar verpflichtet, dem Bauingenieur zu diktieren, weil jeder Kostenanteil, der nicht dazu dient, die Funktion des Gebäudes oder Bauwerkes optimal zu erfüllen, gesellschaftlich negativ zu werten ist; die Tätigkeit des Entwurfsingenieurs kann also auch wirtschaftlich schädigend sein.

Auf die Wertanalyse, als Strukturplanungsmethode, möchte ich nicht näher eingehen: sie wird in vielen Werken der Fachliteratur, auch in ungarischen Normen, behandelt; verhältnismäßig reife Beispiele sind auch an unserem Lehrstuhl vorhanden.

(Eine unserer neuesten Aufgaben bestand darin, für die leitenden Organe als Entscheidungsvorbereitung eine Wertanalyse zur Auswahl des Bausystems für die im VI. Fünfjahrplan vorgesehene Erweiterung von Schulen (580 Klassenzimmer) auszuarbeiten.)

Ich möchte nur darauf hinweisen, daß eine Wertanalyse im Weltmaßstab bezüglich der geprüften Bauvorhaben 23 bis 32% Nutzen bringen muß; dieser Wert ist nicht gering, wenn man berücksichtigt, daß die Erzeugnisse früher bereits aufgrund der Ergebnisse von Wettbewerbsverhandlungen entstanden sind.

Und noch ein Wort zu der Wertanalyse: Meiner Meinung nach ist sie eine der schönsten Hilfstechneiken, weil sie hohe logische Fertigkeit, Erfahrung, Fachkenntnis und schöpferischen Geist erfordert, also die totale Ausnutzung der menschlichen Gaben ermöglicht.

Zusammenfassend

sei es mir gestattet zu bemerken, daß

- das Entwerfen von Baukonstruktionen heute den Einsatz von Hilfstechneiken erfordert,
- die Fachleute also diese Techniken und ihre Anwendung kennen, ihrer mächtig sein, also diese erlernen müssen,
- die bewußte Anwendung des Planungsprozesses von Baukonstruktionen in Ungarn besonders begründet, aktuell ist und der Volkswirtschaft die Einsparung von vielen Millionen ermöglichen würde.

Zusammenfassung

In diesen Tagen, wo das Entwerfen von Baukonstruktionen durch eine Reihe neuer Baustoffe, Halberzeugnisse, Bauelemente, Bausysteme beeinflusst wird, ferner auch die Grundwissenschaften (Bauphysik, Bauchemie, Mathematik) auf diesem Gebiet Bedeutung erlangt haben, können optimale Baukonstruktionen für eine vorgegebene Funktion nur unter Anwendung bestimmter Methoden der Baukonstruktionsplanung ausgestaltet werden.

Die Wirksamkeit der einzelnen Methoden in den einzelnen Phasen der Strukturplanung ist zwar verschieden, Ideenbörse, Dialogmethode, Morphologie und Wertanalyse haben aber bereits auch im Bauwesen ihre Daseinsberechtigung eindeutig bewiesen.

Im Vortrag werden das Wesen dieser Methoden und ihre Anwendung im Entwerfen von Baukonstruktionen dargelegt.

Professor Dr. Bálint PETRÓ, H-1521 Budapest