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

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 27 (1973)

Heft: 5: Städtebau = Urbanisme = Town planning

Artikel: Numerische Entwurfsmethoden : Problemstrukturierung am Beispiel der Krankenhausplanung

Autor: Joedicke, Jürgen / Schirmbeck, Egon / Schmöller, Klaus

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-334724

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

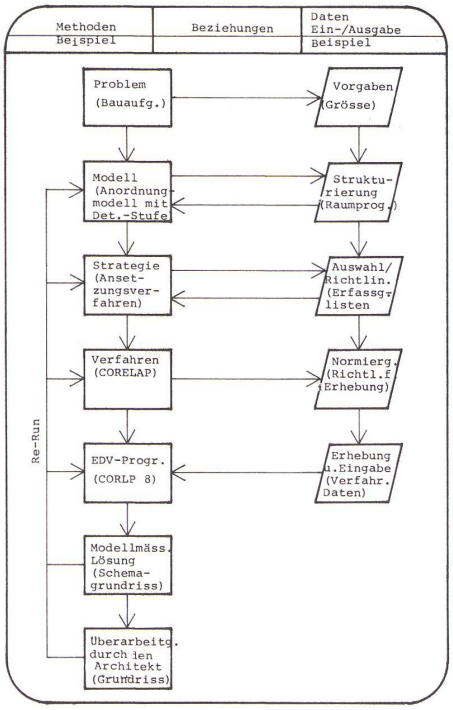
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Jürgen Joedicke
Egon Schirmbeck
Klaus Schmöller
Hans-Ulrich Seibert, Stuttgart

Numerische Entwurfsmethoden – Problemstrukturierung am Beispiel der Krankenhausplanung



1

1
Darstellung von Methoden und Daten zur Begriffsklärung und ihrer Beziehungen untereinander.

Méthodes et données numériques expliquant les bases du système et leurs relations réciproques.

Representation of methods and data explaining the principles of the system and their interrelationships.

Vorwort

Das Gebiet des computerunterstützten Entwurfs stellt Neuland für Architekten dar. Der Einsatz von Rechenanlagen erfolgte bisher zumeist in den Phasen der Bauausführung, kaum im Entwurf selbst. In den vergangenen Jahren wurde versucht, die unter dem Schlagwort Grundrißoptimierung bekannten Verfahren (z. B. CORELAP, CRAFT, RUGR, WHITEHEAD, WILLOUGHBY usw.) im Entwurfsprozeß anzuwenden. Der vorliegende Bericht stützt sich auf die Ergebnisse eines Forschungsprojektes[1]), das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert wurde.

1. Zur Relativierung bisheriger Verfahren

Der erste Schritt des Forschungsprojektes war die Analyse bisher bekannter Verfahren und ihre Anwendung an einem Objektbereich, dem Krankenhausbau. Dabei zeigte sich, daß diese Verfahren auf Merkmalen und Kriterien aufbauen, die für die Bauaufgabe bzw. für den Architekten nur bedingt relevant sind.

Diese Kriterien:

- Weglänge zwischen den Betriebsflächen
- Häufigkeit der Kontakte (Wegehäufigkeit, Kontaktfrequenz)
- Transportkosten (Personalkosten, Kosten für Materialtransport)
- Dimensionen der anzuordnenden Betriebsflächen
- Dimensionen der verfügbaren Plätze (Anordnungsfeld)
- Lage der Nutzungsflächen im Anordnungsfeld

stellen einige der möglichen Kriterien dar. Andere, für Bauaufgaben relevante Kriterien fanden bisher keine Berücksichtigung. Das entscheidende Problem der Anwendung numerischer Entwurfsmethoden liegt deshalb nicht auf dem Gebiet der Hardware, sondern auf dem Gebiet der Software – d. h. die Erarbeitung für die Architektur relevanter Merkmale und Maximen sowie ihrer Aufbereitung für den Computereinsatz (z. B. Überführung qualitativer Kriterien in quantitative).

Dabei muß auf ein entscheidendes Problem bei der allgemeinen Tendenz zur Formalisierung des Planungs- und Entscheidungsprozesses hingewiesen werden, welches insbesondere beim computerunterstützten Entwerfen zu beachten ist. Es zeigt sich nämlich in der Praxis, daß in zunehmendem Maße quantitative Kriterien Berücksichtigung finden, qualitative Kriterien aber immer stärker vernachlässigt werden. Das liegt nicht zuletzt daran, daß Kriterien wie z. B. »enge Nachbarschaft« über Weglänge relativ einfach zu quantifizieren sind, qualitative Kriterien wie z. B. »einfache Gestalt« zumindest einen hohen Aufwand voraussetzen und erhebliche methodologische Probleme aufwerfen. Es ist deshalb zu befürchten, daß diese methodischen Ansätze in eine für die Architektur bedrohliche Sackgasse führen werden, wenn nicht der Erarbeitung qualitativer Kriterien Priorität eingeräumt wird.

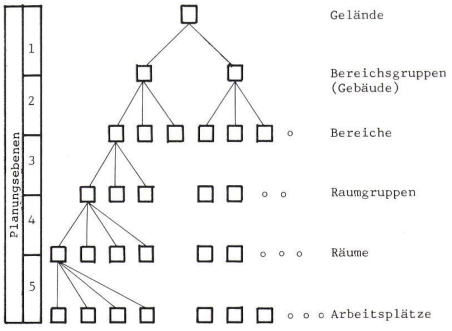
2. Zur Kritik des computerunterstützten Entwerfens

Ein Ansatzpunkt der Kritik stützt sich auf die Befürchtung, daß die gestalterische Entwicklung des einzelnen Architekten, seine Suche nach Innovation, beschnitten würde. Möglicherweise wird diese Kritik provoziert durch den übernommenen und für die Architektur mißverständlichen Begriff »Grundrißoptimierung«. Optimierung setzt immer die Definition eines Optimums voraus. Das ist möglich für einzelne quantitative Bereiche, wie z. B. Wegelängen. Aber ein solches allgemeingültiges Optimum existiert nicht für den komplexen Bereich einer Bauaufgabe bzw., es ist abhängig von den Wertvorstellungen der Planungsgruppe und den Nutzern.

Im Gegensatz zu dieser Auffassung stellt das computerunterstützte Entwerfen eine Möglichkeit dar, durch Veränderung der Wichtung und Bewertung einzelner Kriterien und durch Einführung neuer Kriterien unterschiedliche Lay-outs zu erzeugen und im Hinblick auf mögliche Konsequenzen (Prognostik) zu überprüfen.

Eine solche Varietätserzeugung fand bisher z. B. im Stadium des Vorentwurfs in Architektenbüros statt; sie ist aber durch den erforderlichen hohen manuellen und zeitlichen Aufwand beschränkt. Die erzeugten Lösungen sind zudem für die Planungsbeteiligten nur schwer oder zum Teil nicht nachvollziehbar. Eine mögliche Wichtungsänderung bei bestimmten Planungskriterien bedeutet eine erneute, zeitraubende Planungsphase. Mit Hilfe von numerischen Entwurfsmethoden könnten Alternativen mit geringem Zeitaufwand und nachvollziehbar erzeugt werden. Ohne besonderen manuellen Aufwand könnten alle an der Planung Beteiligten Konsequenzen einer Eingangsmanipulation (z. B. mit Lichtstift am Bildschirm) an der erzeugten Lösung übersehen. Das computerunterstützte Entwerfen ist als ein Hilfsmittel zu betrachten, das den Architekten in die Lage

[1]) »Entwicklung mathematischer Modelle zur Manipulation der Abhängigkeiten von Anordnungen und Nutzungen in der Gebäudeplanung – Grundrißoptimierung«, Institut für Grundlagen der modernen Architektur Universität Stuttgart.
Leitung: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Joedicke; Bearbeiter: Dipl.-Ing. Egon Schirmbeck, Dipl.-Ing. Klaus Schmöller; Beratung: Prof. Arne Musso, Dipl.-Math. Hans-Ulrich Seibert.



2

Planungsebene	FE werden angeordnet in FG	
1	Bereichsgruppen	Gelände
2	Bereiche	Bereichsgruppen
3	Raumgruppen	Bereich
4	Räume	Raumgruppen
5	Arbeitsplätze	Raum

3

Planungsebene	Funktionseinheit FE	Beispiel	
		FE	in FG
1	Bereichsgruppe	Untersuchung- und Behandlung	im Gelände
2	Bereiche	Labordiagnostik	im Untersuchungs-Behandlungsteil
3	Raumgruppen	Laboratorien	in Labordiagnostik
4	Räume	Klinische Chemie	in Laboratorien
5	Arbeitsplätze	Blutzucker	in Klinische Chemie

4

versetzt, mehr Varietät als bisher zu erzeugen. Der Architekt und die Nutzer können durch Veränderung des Inputs die Auswirkung einer Entscheidung schnell und unmittelbar übersehen. Bewertungsroutinen könnten auf der Grundlage explizit formulierter Constraints und Design-Variablen die erzeugte Varietät einschränken und Planungsgrundlagen für die folgenden Arbeitsschritte im Planungsprozeß liefern.

Ein anderes und ernstzunehmendes Problem ist die Relation von Aufwand und Ergebnis. Die Entwicklung notwendiger Programme und erforderliche Problemstrukturierung kosten einen erheblichen Zeit- und damit Kostenaufwand. Ob und wieweit sich dieser Aufwand durch bessere Ergebnisse lohnt, kann erst nach Überprüfung realisierter Objekte beantwortet werden. Wir befinden uns heute im experimentellen Zustand. Universitätsinstitute und Forschungsobjekte sind deshalb zum gegenwärtigen Zeitpunkt geeignete Institutionen, um diese Frage theoretisch und in der praktischen Anwendung zu klären.

Ein drittes Problem sei noch angedeutet: die Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Ein Computer besitzt gegenüber dem Menschen den Vorteil einer umfassenden Informationsspeicherung; er liefert jede eingegebene Information in kürzester Zeit. Der Mensch dagegen verfügt gegenüber dem Computer über den Vorteil der Innovation – die Fähigkeit, neue Zusammenhänge intuitiv zu erkennen. Ein ideales Mensch-Maschine-System müßte es dem Menschen erlauben, in den im Computer automatisch ablaufenden Vorgang einzugreifen und ihn zu verändern. Ansätze in dieser Richtung, im Bereich der Hardware, gibt es bereits.

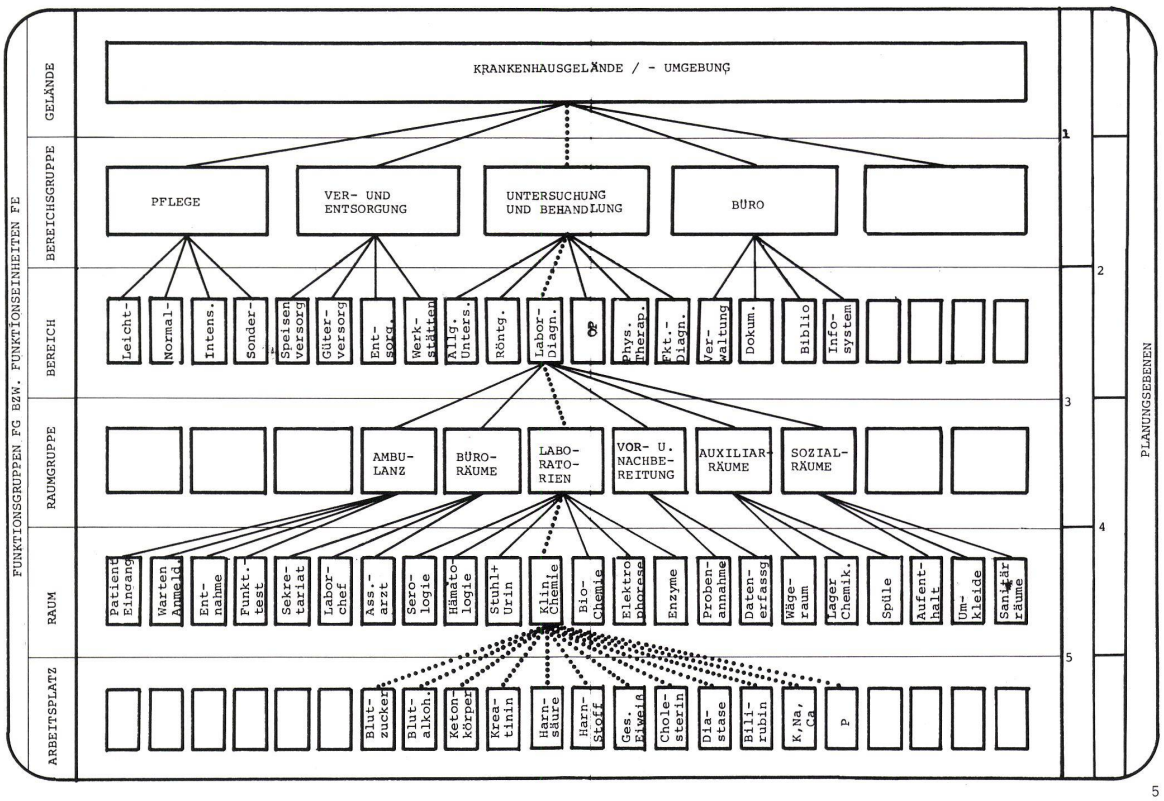
3. Zur Erzeugung der Entwurfsvarietät

Entwerfen in der Bauplanung kann definiert werden als Auswahl, Anordnung und Zuordnung von gegenständlichen Komponenten (Objekteinheiten, Lit. 1).

Bei einer methodischen Vorgehensweise gliedert sich der Entwurfsprozeß im allgemeinen in die Tätigkeiten der Analyse, Synthese, Bewertung und Entscheidung (Lit. 2). Diese Tätigkeiten können durch methodische Hilfsmittel und Techniken (Verfahren) unterstützt werden. Numerische Entwurfsmethoden lassen sich als eine Möglichkeit solcher Verfahren zur Erzeugung und Darstellung von Grundrißalternativen (Synthese) einsetzen. Da exakte Lösungsverfahren im Sinne der mathematischen Optimierung hierbei nur vereinzelt und mit großem Aufwand eingesetzt werden konnten, kommt dem heuristischen Verfahren eine besondere Bedeutung zu. Den Ausgangspunkt für den Computereinsatz bildet eine Menge von strategischen Prinzipien (d. h. Strategien zur Erzeugung von Lösungsvarietät) und eine Reihe von Gesichtspunkten (Kriterien) zur Anordnung der sog. Funktionseinheiten. Im Vorwort sind Verfahren erwähnt, die »Funktionseinheiten« nur unter einem Gesichtspunkt »gut« anordnen; z. B. kurze Wege, folgend aus Betriebskosten. Diese Verfahren lassen sich nur dort erfolgreich einsetzen, wo man sicher sein kann, daß die Anordnungen nicht unter anderen wichtigen Kriterien als ungünstig beurteilt werden oder daß der Gesichtspunkt so wichtig ist, daß Verschlechterungen unter anderen Kriterien nicht störend sind. Da diese Bedingungen im Entwurfsprozeß praktisch nie erfüllt werden, sind Verfahren mit solchen Zielfunktionen zu entwickeln, die mehrere, verschiedenartige Kriterien berücksichtigen. Grundlage dafür ist die Entwicklung von Datenstrukturen für erweiterte Strategien zur Varietätserzeugung, die explizite Kriterien zur Anordnung von »Funktionseinheiten« in Abhängigkeit einer spezifischen Nutzung berücksichtigen.

4. Prinzipieller Ablauf des computerunterstützten Entwurfs

Beim Einsatz der Computertechnik muß das Problem modellmäßig in Form des Pro-



5

Gruppe	Daten
1	zur Funktionsgruppe FG
2	zu den Funktionseinheiten FE
3	zu den Beziehungen zwischen den FE
4	zum Ablauf des Verfahrens

6

grammablaufs und der Datenstruktur im Computer abgebildet werden. Diese Darstellung ist vergleichbar mit der Abbildung eines Problems im Modell wie bei einem physikalischen Experiment. Aus den Modellen werden Strategien zur Lösung des Problems im Modell entwickelt. Diese Strategien führen zu Verfahren, d. h. zu Ablaufvorschriften. Die Umsetzung dieser Vorschriften in die Sprachelemente des Computers wird als Programmierung bezeichnet. Ergebnis ist ein EDV-Programm als zeitlich-logische Abfolge von Instruktionen im Computer. Parallel zur Entwicklung der Methoden werden für die jeweilige Stufe die zugehörigen Datenstrukturen formuliert, die zur Versorgung der EDV-Programme dienen (Abb. 1).

5. Gliederung der Planungsaufgabe in Planungsebenen (Funktionsgliederung)

Je nach Umfang des Planungsobjektes ist eine Aufteilung in verschiedene Untergruppierungen nach funktionellen Gesichtspunkten möglich. Am Beispiel der Krankenhausplanung ist eine derartige Aufteilung in den Abb. 2 und 3 dargestellt. Die getroffene Einteilung stimmt weitgehend mit der sog. Funktionsgliederung überein. Auf den Entwurfsprozeß übertragen bedeutet dies, daß in einer bestimmten Ebene (Planungsebene) »Funktionseinheiten« innerhalb von »Funktionsgruppen« zu plazieren sind (Abb. 4, 5). Auch aus Gründen der Speicherplatzbeschränkungen und des Rechenaufwands erscheint diese Gliederung sinnvoll.

6. Forderungen an eine erweiterte numerische Entwurfsmethode

Als Ergebnis umfangreicher Untersuchungen (Lit. 3, 4) zeigt sich, daß an eine erweiterte numerische Entwurfsmethode eine Reihe von Anforderungen zu stellen sind. In Übereinstimmung mit der begrifflichen Problemgliederung im Abschnitt 4 betreffen solche Forderungen sowohl die Abbildung des Problems im Modell wie auch die daraus abgeleitete Strategie, das zugehörige Verfahren und die EDV-Programmierung. Die entscheidenden Eigenschaften dieser erweiterten Methode werden für den Architekten primär durch die Behandlung der Eingabedaten deutlich. Daher soll hier an der Darstellung der Forderungen an die Datenstruktur am Beispiel der Laborplanung für ein Krankenhaus das erweiterte Anordnungsmodell mit der Ansetzungsstrategie erläutert werden.

Die Bedingungen an eine numerische Entwurfsmethode lassen sich wie folgt zusammenfassen:

a) Bedingungen, die an zu verarbeitende Planungskriterien für bestimmte Nutzungen zu stellen sind;

Verfahren	ANSETZUNGSVERFAHREN	Bez.	A	Blatt
Dateneingabe	Daten zur Funktionsgruppe (FG)	Gruppe	1	1

I	II	III
Frage des Computers	Antwort des Planers	Wirkung im Speicher/Ausgabe
Welches Problem	Problemidentifikation	Laden + Initialisieren
Raster	Länge + Breite der Rastereinheit	Vorläufige Speicherplatzreservierung
Größe	⊕ Länge und Breite oder ⊕ Fläche	
vorgegebene Außenform	⊕ nein ⊕ explizite Vorgabe 1) ⊕ Quadrat ⊕ Rechteck ⊕ O ⊕ T ⊕ H ⊕ L ⊕ U ⊕ E ⊕ + ⊕ ++ (Form 2)	Korrigierte Speicherplatzreservierung
vorgegebene Wegesysteme	⊕ nein ⊕ explizite Vorgabe 3) ⊕ Kamm 4) ⊕ 1-Bund	Kennzeichnung der Wege im Speicher (im Raster)
	⊕ 2-Bund ⊕ 3-Bund 5) ⊕ innen ⊕ mitte (Ring 6) ⊕ außen	
Wegebreite	⊕ keine Angabe ⊕ Zahl von Elementen	
Funktionszonung	⊕ nein ⊕ Zahl der Fkt-Zonen	Zonung der reservierten Speicherplätze nach Funktionscodes
Funktionszonen	⊕ keine ⊕ alle Codes, Fläche, Lage 7) ⊕ alle Codes, Fläche, keine Lage 8)	
Wegeanbindung nach außen (horizontal) 9)	⊕ keine Angabe ⊕ Ermitteln aus dem Wegesystem ⊕ explizite Angabe ⊕ soll durch die OE bestimmt werden	Erweiterung der Kennzeichnung der Wege (im Speicher)
Anbindung an mechanisches Transportsystem 9)	⊕ keine Angabe ⊕ explizite Angabe nach Art und Lage ⊕ soll durch die OE bestimmt werden	Kennzeichnung der Anbindungsstellen

7

2
Aufteilung des Planungsobjektes in Untergruppierungen nach funktionellen Gesichtspunkten.
Articulation du projet en sous-groupes correspondants aux différentes fonctions.
Subdivision of the project in accordance with functional standpoints.

3
Einteilung des Planungsobjektes in Detaillierungsstufen.
Redivision du projet en étapes d'étude détaillées.
Division of the project into detailed stages.

4
Gliederung des Planungsobjektes am Beispiel der Krankenhausplanung.
Articulation de la planification dans le cas d'un projet d'hôpital.
Articulation of the project as shown by the planning of the hospital.

5
Beispiel für die Gliederung eines Planungsobjektes in Planungsebenen.
Funktionsgruppen und zugehörige Funktionseinheiten
Darstellung von Funktionsgruppen und den zugehörigen
Funktionseinheiten in allen Planungsebenen
Exemple d'articulation d'un projet en niveaux de planification
Groupes de fonctions et unités fonctionnelles correspondantes
Représentation des groupes de fonctions et des unités fonctionnelles correspondantes dans tous les niveaux de planification
Example showing articulation of a project in planning levels.
Functional groups and pertinent functional units
Representation of functional groups and pertinent functional units on all planning levels

6
Einteilung der Eingabedaten in vier Gruppen.
Classement des données numériques en 4 groupes.
Division of data into four groups.

7
Daten zur Funktionsgruppe.
Données ayant trait au groupe de fonctions.
Data bearing on functional group.

Verfahren	ANSETZUNGSVERFAHREN	Bez.	A	Blatt
Dateneingabe	Daten zu den Beziehungen zwischen den FE	Gruppe	3	1

I	II	III
Frage des Computers	Antwort des Planers	Wirkung im Speicher/Ausgabe
Wegeabhängige Betriebskosten	⊕ nicht berücksichtigen ⊕ für n Personenarten berücksichtigen	Aufbau von n Matrizen "Wege" und n Matrizen "Kosten" für die n Personenarten
Wegehäufigkeit für jede Personengruppe	⊕ Angabe als Matrix zwischen den OE ⊕ Angabe als Einzelwerte zwischen den OE	
Einheitskosten der Kontakte pro Entfernungseinheit für jede Personengruppe	⊕ Angabe als Matrix zwischen den OE ⊕ Angabe als Einzelwerte zwischen den OE	
Bewichtung der Personenarten	⊕ Angabe von n Gewichtsfaktoren	Ermittlung einer Matrix für die wegeabhängigen Kontaktkosten aus den 2 n Matrizen durch Gewichtung und Addition
Affinitätsaussagen	⊕ nicht zu berücksichtigen ⊕ nur aus den OE-Daten 18) ⊕ explizite Angabe 19) ⊕ aus beidem	Affinitätsmatrix 20)
Unverträglichkeitsaussagen	⊕ nicht zu berücksichtigen ⊕ nur aus den OE-Daten 18) ⊕ explizite Angabe 19) ⊕ aus beidem	Unverträglichkeitsmatrix 20)

8

b) Bedingungen, die an die Kommunikation zwischen Mensch und Computer zu stellen sind;

c) Bedingungen, die ein Verfahren programm- und rechentechnisch für eine praktikable Anwendung in der Gebäudeplanung erfüllen sollte.

7. Eingabedaten und deren Auswirkungen

Die Eingabedaten für das Ansetzungsverfahren werden in 4 Gruppen eingeteilt (Abb. 6). Da die Verhältnisse in der Planungsebene 1 (Betrachtung von Bereichsgruppen im Gelände) nicht mit denen in den anderen Planungsebenen direkt vergleichbar sind, gelten die folgenden Aussagen nur für die Anwendung in den Planungsebenen 2–5. Die Dateneingabe wird so dargestellt, wie es ein Kommunikationsverfahren zwischen Mensch und Computer erforderlich macht. Sie muß auf diese Eingabeart aber nicht beschränkt bleiben. In der linken Spalte sind die vom Computer gestellten Fragen, in der Mitte die darauf bezogenen Antworten des Planers und in der rechten Spalte die Wirkung im Speicher des Computers aufgelistet. Alternative Antworten des Planers sind durch das Zeichen ⊕ markiert (Abb. 7, 8, Lit. 3).

Die hier auszugsweise dargestellten Daten beziehen sich gemäß Abb. 6 auf die Gruppe 1 – »Daten zu den Funktionsgruppen«, Gruppe 3 – »Daten zu den Beziehungen zwischen Funktionseinheiten« und die Gruppe 4 – »Daten zum Ablauf des Verfahrens«. Die Daten zu den Funktionseinheiten beziehen sich im wesentlichen auf die Beschreibung der Dimensionen, Nutzergruppen, Funktionszwang, besondere technische Anforderungen, Anbindungen, Wegesysteme u. a.

Mit dieser Datenstruktur wird versucht, das Problem des computerunterstützten Entwurfs ausführlich und angemessen zu beschreiben; sie bildet die Grundlage der Weiterentwicklung für die praktische Anwendung und deren Auswirkungen auf den Entwurfsprozeß.

Literaturangaben

(1) Höfler, Horst, L. Kandel, G. Kohlsdorf, E. M. Kreuz. Der Entwurfsprozeß und Verfahren zum methodischen Entwerfen. In: Arbeitsberichte zur Planungsmethodik, Band 4. Herausgegeben vom Institut für Grundlagen der modernen Architektur (Leitung: Prof. Dr.-Ing. J. Joedicke). Stuttgart, 1970.

(2) Joedicke, Jürgen. Zur Formalisierung des Planungsprozesses. In: Arbeitsberichte zur Planungsmethodik, Band 1. Herausgegeben vom Institut für Grundlagen der modernen Architektur (Leitung: Prof. Dr.-Ing. J. Joedicke). Stuttgart, 1969.

(3) Schirmbeck, Egon, K. Schmöller, A. Musso, H.-U. Seibert. Zwischen- und Endbericht des oben angeführten Forschungsprojektes. Stuttgart, 1972.

(4) Schirmbeck, Egon. Anwendung von Anordnungsalgorithmen in der Bauplanung. Diplomarbeit an der Universität Stuttgart, 1970.

8
Daten zu den Beziehungen zwischen den Funktionseinheiten.
Données avant trait aux relations entre les unités fonctionnelles.
Data bearing on interrelationships between the functional units.

9
Daten zum Ablauf des Verfahrens.
Données concernant le déroulement du procédé.
Data relating to the process.

Verfahren	ANSETZUNGSVERFAHREN	Bez.	A	Blatt
Dateneingabe	Daten zum Ablauf des Verfahrens	Gruppe	4	1

I	II	III
Frage des Computers	Antwort des Planers	Wirkung im Speicher/Ausgabe
Bewertung der Merkmale	Für jede OE und für die OG wird jedem Merkmal ein Gewicht zugeordnet ($0 \leq 9 \leq 1$)	Matrix der Gewichte 21)
Reihenfolge der OE	⊕ soll vom EDV-Programm ermittelt werden ⊕ soll teilweise vorgegeben und teilweise vom EDV-Programm ermittelt werden ⊕ wird vollständig vorgegeben	In der hier ermittelten Reihenfolge werden die OE plaziert

9