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

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 24 (1970)

Heft: 12: Einfamilienhäuser = Maisons familiales = Single-family houses

Artikel: Bauforschung : über die Zergliederung komplexer Problemstrukturen

Autor: Sieverts, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-347916

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: 07.01.2026

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

Bauforschung

Ernst Sieverts
Mitarbeiter
Volker Klotz, Frank-Michael Rutz,
Klaus-Peter Willmünder
Architekten Kraemer, Pfennig,
Sieverts, Braunschweig

Über die Zergliederung komplexer Problemstrukturen

1. Einleitung: Es fehlen brauchbare Planungsmethoden

Die vor einigen Jahren einsetzenden Bemühungen zur theoretischen Klärung des Planungsvorganges haben bisher wenig handgreifliche Ergebnisse für das praktische Planen geliefert. Zunächst versuchte man herauszufinden, was man eigentlich tut, wenn man plant. Hierüber informieren Rieger [1], Asimow [2], Gregory [3] und Angermann [4]. Viele der dort und an anderer Stelle vorgebrachten Gedanken sind Ableger und Umformungen von Churchmans, Ackoffs und Arnoffs «Operations Research» [5]. Sie vermitteln Einsicht in planungsmorphologische Zusammenhänge. Damit ist zwar viel gewonnen, was aber fehlt, ist Planungsmethodologie, nämlich Anweisungen, wie man die theoretischen Erkenntnisse über die Morphologie der Planung praktisch für bessere Planungen einsetzen kann. Hierzu gibt es – nach Kenntnis des Verfassers – bisher nur ein Konzept, nämlich die von Christopher Alexander [6] 1964 in seinen «Notes on the Synthesis of Form» veröffentlichte Methode. Sie ist großartig als initialer Versuch, das intuitive «Entwerfen» unserer Architektenväter durch einen formalisierten Planungsprozeß zu ersetzen. Herausgekommen ist dabei ein bunter Strauß richtiger Grundeinsichten, fraglicher Hypothesen und unpraktikabler Verfahrensanweisungen.

2. Die Struktur von Planungsproblemen

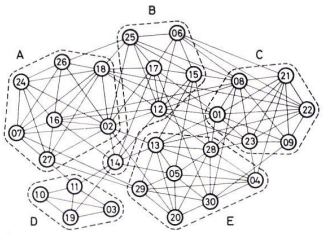
Nach Alexander haben Aufgabe und Lösung eines Planungsproblems im Prinzip gleiche Struktur. Ihr Modell ist ein Netzwerk [7], dessen Elemente bei der Aufgabe aus der Menge der Anforderungen an die Lösung bestehen, bei der Lösung aus der Menge der Erfüllung dieser Anforderungen (Bild 1). Die Relation der Elemente untereinander ist jeweils durch ihre logischen Abhängigkeiten in Gestalt positiver oder negativer gegenseitiger Beeinflussung gegeben.
Die Struktur von Planungsproblemen ist demnach in beiden Fällen ein komplexes System [8] mit hohem Vernetzungsgrad, denn jedes Element ist von anderen Elementen [9] abhängig. Weil jedes Element in seinem Zustand nicht fix, sondern veränderlich ist, weitet sich seine Veränderung durch die Abhängigkeiten auch auf andere Elemente aus [10].

3. Die Notwendigkeit zur Zergliederung der Problemstruktur

Das mit dem Modell des Netzwerks gewonnene formalisierte Abbild der Problemstruktur muß aufbereitet werden, um mit Erfolg weiter planerisch verarbeitet werden zu können. Denn mit der Einsicht in die Problemstruktur erkennt man auch die Schwierigkeiten ihrer Bewältigung.
Weil im allgemeinen jedes Element eines Netzwerks indirekt mit jedem anderen verbunden ist, wirkt sich jede Veränderung jedes Elementes auch auf jedes andere Element aus. «Normale» Hochbauplanungsprobleme enthalten mehrere hundert Elemente. Es leuchtet ein, daß die mit der Veränderung nur eines Elementes verbundenen Auswirkungen auf alle anderen nicht mehr «im Kopf» verarbeitet werden können. Es müssen im Ablauf einer Planung aber alle Elemente «verändert», das heißt ihrem Wert, ihrer Größe nach festgelegt werden. Das ergibt bei hundert Elementen im System 2^{100} mögliche, denkbare Systemzustände, wenn unterstellt wird, daß jedes Element nur zwei verschiedene Größen annehmen könne.
Alexander zeigt einen Ausweg aus dieser zunächst hoffnungslos erscheinenden Situation: Planungsprobleme sind zwar komplexe, jedoch organisierte Systeme. Es ist zu vermuten, daß diese Feststellung für die Struktur aller «lebensfähigen» sinnvollen Systeme großer Komplexität gilt. Simon [11] weist darauf hin, daß solche Systeme einen geordneten Aufbau, eine «Organisation», haben müssen, um überhaupt bestehen zu können.
Diese «natürliche» Eigenart solcher Problemstrukturen bietet die Möglichkeit zu ihrer Verarbeitung. Das Gesamtsystem muß in die strukturell in ihm angelegten Glieder, seine Subsysteme, zerlegt werden. Da die Subsysteme relativ unabhängig voneinander sind, können sie auch getrennt verarbeitet werden. Sie enthalten eine überschaubare und damit bewältigbare Zahl von Elementen [12].

1
Die Netzwerkstruktur von Planungsproblemen.
(01), (02) ... (30) = Knoten = Planungselemente
——— = Kanten = Abhängigkeiten der Elemente
- - - - - = Grenzen von Subsystemen

2
Darstellung von Planungsproblemen in Listenform (Stammliste).
Spalte 1 = Laufende Nummern der Elemente
Spalte 2 = Kurzbezeichnung der Elemente (hier weggelassen)
Spalte 3 = Elemente, die von den Elementen in Spalte 1 abhängig sind



1

01 :	08 09 12 13 17 18 21 22 23 28
02 :	07 12 13 14 16 17 18 20 24 25 26 27
03 :	10 11 19
04 :	05 13 21 23 28 29 30
05 :	04 13 14 15 20 28 29 30
06 :	08 12 15 17 21 22 25
07 :	02 16 18 24 26 27 29
08 :	01 06 09 12 15 16 21 22 23 25 30
09 :	01 08 21 22 23 30
10 :	03 11 19
11 :	03 10 14 19 27
12 :	01 02 06 08 14 15 16 17 18 23 25 28
13 :	01 02 04 05 14 15 20 22 28 29
14 :	02 05 11 12 13 16 17 19
15 :	05 06 08 12 13 17 25 28
16 :	02 07 08 12 14 18 24 26 27
17 :	01 02 06 12 14 15 18 25 30
18 :	01 02 07 12 16 17 22 24 25 26 27
19 :	03 10 11 14
20 :	02 05 13 28 29 30
21 :	01 04 06 08 09 22 23 28
22 :	01 06 08 09 13 18 21 23
23 :	01 04 08 09 12 21 22 28
24 :	02 07 16 18 26 27
25 :	02 06 08 12 15 17 18 26
26 :	02 07 16 18 24 25
27 :	02 07 11 16 18 24 29
28 :	01 04 05 12 13 15 20 21 23 30
29 :	04 05 07 13 20 27 30
30 :	04 05 08 09 17 20 28 29

2

4. Die unpraktikable Hypothese vom hierarchischen Aufbau komplexer Planungsprobleme

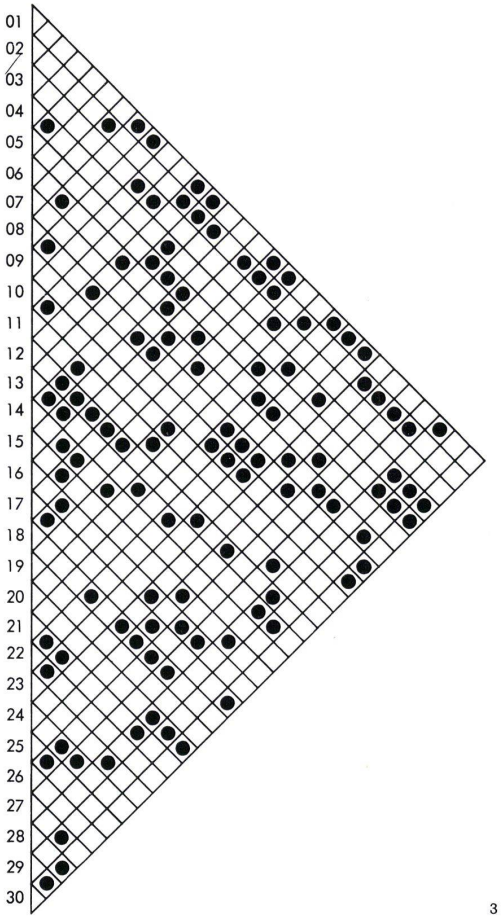
Sowohl Simon als auch Alexander ziehen aus der Gegliedertheit komplexer Systeme in Subsysteme den Schluß, daß diese Gliederung auch hierarchisch sei. (Und jeder, der etwas von Alexander gelesen hat, sieht sogleich das hierarchische Bild einer «Baum»-Struktur vor sich – sein Markenzeichen sozusagen.)
Die Hypothese der hierarchischen Struktur mag im Rahmen der allgemeineren Betrachtungen Simons sinnvoll sein, für die praktische Weiterverarbeitung von Hochbauproblemen wäre sie nur dann von Nutzen, wenn die Subsysteme die Eigenschaft der Stabilität hätten.
Subsysteme sind dann und nur dann stabil, wenn der Informationstransport zwischen ihnen zwei Bedingungen erfüllt: er muß
a) vernachlässigbar gering sein und
b) zwischen den Subsystemen als jeweils ganzen Einheiten, nicht aber zwischen einzelnen Elementen innerhalb von Subsystemen zu anderen einzelnen Elementen in anderen Subsystemen vorhanden sein. Die weiteren Abschnitte von Alexanders Methode beruhen auf diesen Annahmen.
Es wird im folgenden nachgewiesen, daß Alexanders Methode nicht praktikabel ist, weil es bei Umweltplanungsaufgaben keine stabilen Subsysteme gibt. Deswegen hat es auch keinen Sinn, die Subsysteme von Planungsproblemen in hierarchischen Baumstrukturen anordnen zu wollen. Um diesen Nachweis zu führen, behandeln wir zunächst, wie man die Struktur von Planungsproblemen darstellen kann. Danach werden zwei Methoden angegeben, wie man Planungsprobleme in Subsysteme zergliedern kann: eine Methode ohne Einsatz von Rechenautomaten, die bei kleinen und einfachen Problemen anwendbar ist, und danach ein Rechnerprogramm, das bei umfangreicheren Planungsproblemen kürzere Bearbeitungszeiten ergibt. Zum Schluß wird gezeigt, warum die Bildung hierarchischer Anordnungen von Subsystemen für das praktische Planen nutzlos ist.

5. Darstellung der Problemstruktur

Grundsätzlich sind alle verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten nur unterschiedliche Schreibweisen desselben Sachverhalts. Sie differieren im Anschaulichkeitsgrad und in der Verarbeitungsmöglichkeit.

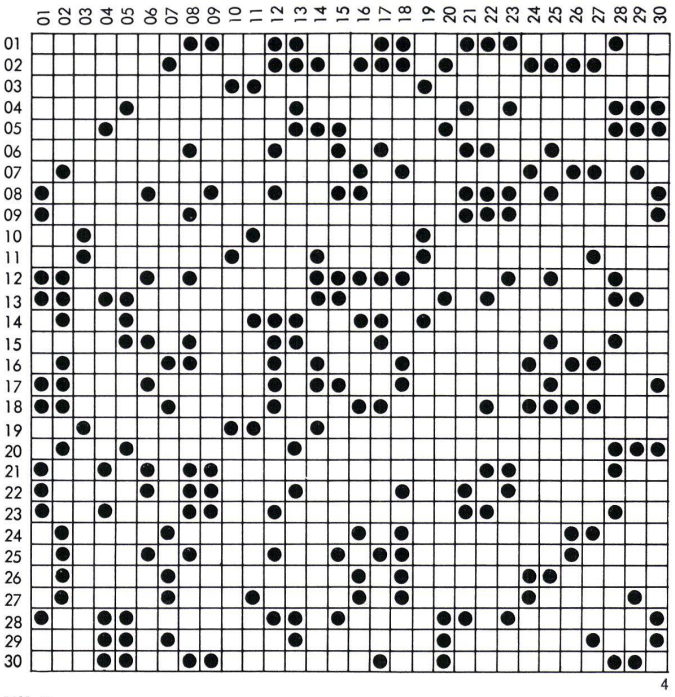
5.1 Listenform

Die Liste ist die praktikabelste Darstellungsform von Netzwerken. Die anderen Darstellungsformen können



3

3
Darstellung von Planungsproblemen als Dreiecksmatrix. Die Planungselemente werden in der Spalte am linken Rand der Matrix aufgeführt. Die Abhängigkeiten der Planungselemente sind in jenen Feldern markiert, in denen sich die Zeilen der entsprechenden Elemente kreuzen.
4
Darstellung von Planungsproblemen als Quadratmatrix. Die Planungselemente werden in der Zeile am oberen und der Spalte am linken Rand der Matrix aufgeführt. Die Abhängigkeiten der Planungselemente sind in den Feldern markiert, in denen sich die Zeilen und Spalten der entsprechenden Elemente kreuzen.
Der Matrixteil unterhalb der Diagonalen ist symmetrisch zum oberen Teil. Das ergibt zwar Redundanz, vereinfacht aber das Eintragen und Ablesen.



4

aus ihr abgeleitet werden. Mit ihr wird im allgemeinen begonnen.
Beim praktischen Planen wird man zunächst damit anfangen, alle Planungselemente (im Stadium der Aufgabenformulierung also zum Beispiel Anforderungen) in der ersten Spalte einer numerierten Liste untereinander aufzuschreiben.
(Über die Schwierigkeit, alle relevanten Anforderungen zu erfassen und die notwendigen «unechten» Anforderungen einzufügen, kann hier nicht berichtet werden.)
Im allgemeinen werden die Elemente so aufgeschrieben werden, wie sie dem Planer nach Oberbegriffen zusammengehörig einfallen. Prinzipiell spielt die Reihenfolge aber keine Rolle, wichtig ist nur, daß die Liste alle relevanten Elemente umfaßt und daß die Elemente möglichst gleichwertig in Umfang und Bedeutung sind. Im nächsten Arbeitsgang wird in einer zweiten Spalte hinter den aufgelisteten Elementen eingetragen, zu welchen anderen Elementen funktionale, logische Abhängigkeiten (Verbindungen) bestehen, indem die laufende Nummer der entsprechenden Anforderung(en) aufgeführt wird (Bild 2).
Beim Abfragen der Liste wird man darauf stoßen, daß sich die Planungselemente (wenn eine Verbindung überhaupt besteht) teils positiv, teils negativ beeinflussen und daß diese Abhängigkeiten unterschiedliche Stärke zu haben scheinen. Es hat keinen Sinn, diese vermuteten Eigenarten der Abhängigkeiten in irgendeiner Form bei ihrer Darstellung berücksichtigen zu wollen.
Jede Bewertung der Abhängigkeiten (nicht etwa der Elemente selbst – diese erfolgt bei Aufstellung der relevanten Planungselemente) ist in diesem Stadium verfrüht. Sie würde ohne Kenntnis der Auswirkung anderer Verbindungen auf das gleiche Element erfolgen, deren Einfluß erst in einem späteren Stadium des Planungsprozesses abgewogen werden kann [13].
Im Zeitpunkt der Aufstellung einer Liste der relevanten Planungselemente und ihrer Abhängigkeiten hat man sich damit zu begnügen, festzustellen, welche Abhängigkeiten es gibt. Ihre Art und Stärke werden erst dann bedacht, wenn versucht wird, für die Elemente der Aufgabenstellung Lösungsbestandteile zu finden. Dieser Abschnitt des Planungsprozesses kann aber erst dann einsetzen, wenn die Aufgabenbestandteile verarbeitbar gemacht worden sind.

5.2 Matrixform

Aus der Listenform kann auch die Form der Dreiecksmatrix (Bild 3) oder der redundanten Quadratmatrix (Bild 4) entwickelt werden.
Die Matrixschreibweise ist bei wenigen Elementen (bis etwa fünfzig) übersichtlich und zeigt die Abhängigkeiten in offensichtlicher, graphischer Form. Bei mehr als fünfzig Gegenständen verkehrt sich dieser Vorteil in das Gegenteil: Matrizen werden dann unübersichtlich und ungefüge; die Menge der Zeilen und Spalten verursacht Eintragungs- und Ablesefehler. Mit Hilfe der Matrixschreibweise läßt sich am deutlichsten zeigen, welche ordnende Veränderung durch die Zergliederung in Subsysteme bewirkt wird (vergleiche Bilder 4 und 9).

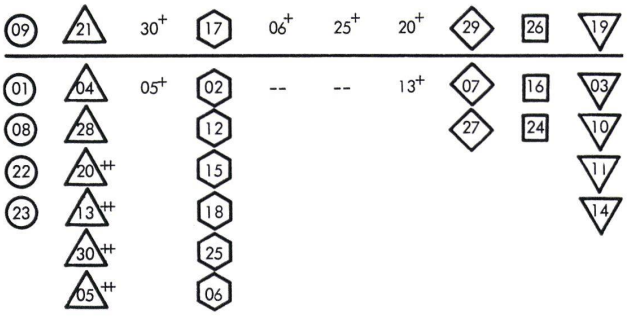
5.3 Darstellung als Graph

In Bild 1 wurde schon gezeigt, wie die Darstellung des gleichen Problems aussieht. Der Graph ist bei wenigen Elementen am anschaulichsten, weil er die Struktur des Netzwerkes am direktesten wiedergibt. Er hat Wert als Verdeutlichungsmittel, kann bei der Zergliederungsaufgabe selbst – vor allem bei vielen Elementen – aber nicht weiterhelfen.

6. Der Vorgang der Zergliederung von Problemstrukturen

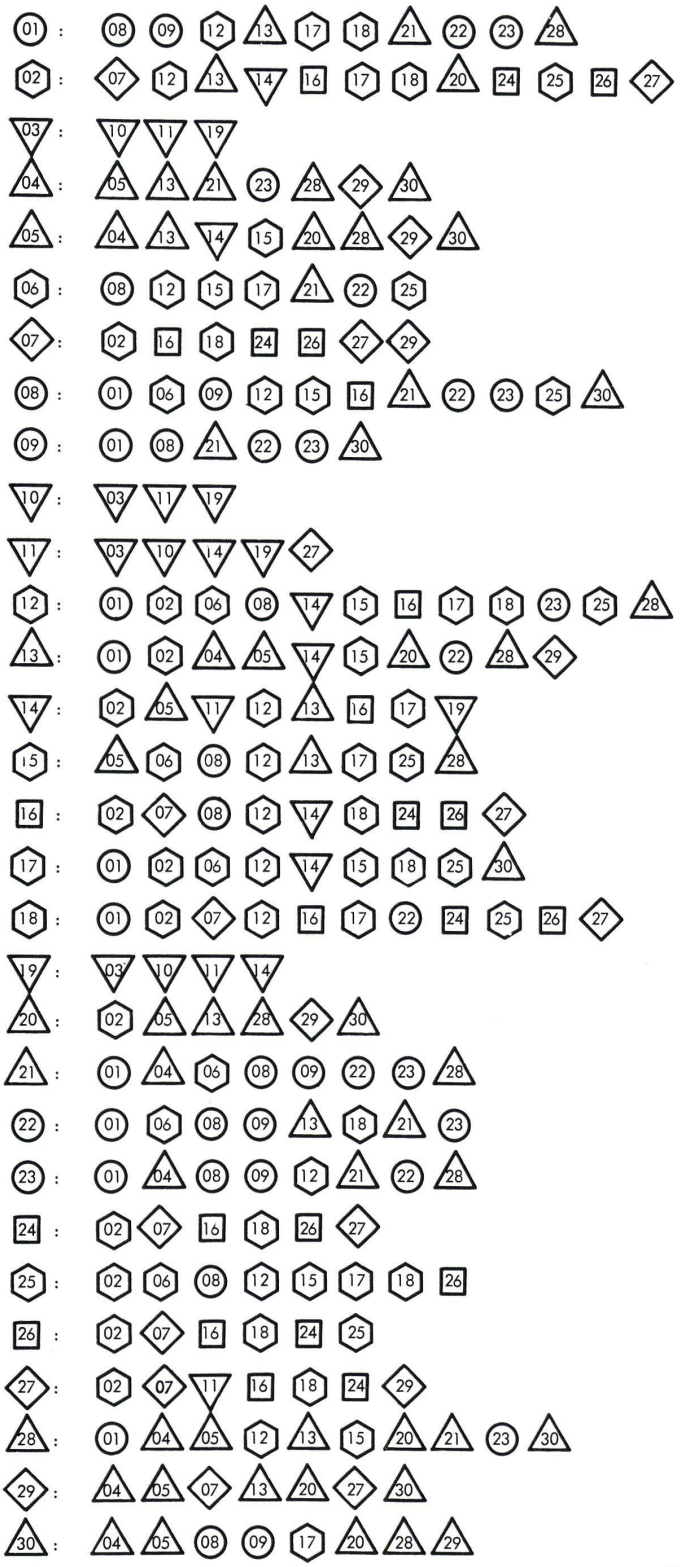
6.1 Das Prinzip der Zergliederung

Definitionsgemäß sind Subsysteme innerhalb eines Systems jene Untermengen, deren Elemente untereinander stärker verbunden sind als mit Elementen in anderen Subsystemen. Deswegen gelten für die Einordnung von Elementen in Subsysteme folgende Regeln:
1. Ein Element gehört dann zu einem bestimmten Subsystem, wenn die Zahl seiner Verbindungen zu anderen Elementen in diesem Subsystem (innere Verbindungen) größer ist als die Zahl seiner Verbindungen zu Elementen, die zu anderen Subsystemen gehören (äußere Verbindungen).
2. Ein Element gehört auch dann zu einem bestimmten Subsystem, wenn die Zahl seiner inneren Verbindungen zwar kleiner ist als die Zahl der äußeren, die äußeren Verbindungen aber in mehrere verschiedene Subsysteme führen und die Zahl der Verbindungen zu keinem der äußeren Subsysteme gleich oder größer ist als die Zahl der inneren Verbindungen. (Beispiel: Element 12 in Bild 1. Es hat fünf innere Verbindungen und sieben äußere Verbindungen zu insgesamt drei äußeren Subsystemen.)
3. Ein Element kann auch gleich viele Verbindungen zu mehreren Subsystemen haben. (Beispiel: Element 14 in Bild 1. Es hat je zwei Verbindungen zu vier Subsystemen.) Seine Einordnung richtet sich danach, welche Auswirkung sie auf die Subsystemzugehörigkeit seiner unmittelbaren Nachfolgerelemente (der direkt mit ihm verbundenen Elemente) hätte. Würde zum Beispiel in Bild 1 das Element 14 dem Subsystem A (statt B) zugeordnet werden, dann würde auch fraglich, ob Element 12 in Subsystem A statt in B gehört. Schlägt man es A zu, dann wird die Zuordnung von Element 25 zu A statt B fraglich, und damit auch die von Element 16 usf. Dieser Vorgang endet mit der Auflösung des Subsystems B. Da es aber das erklärte Ziel der Zergliederung eines Systems ist, möglichst viele Subsysteme mit je möglichst wenig Elementen zu erhalten, muß die Zuordnung fraglicher Elemente im Hinblick darauf erfolgen.
Wohin Elemente gehören, läßt sich nach den angeführten Regeln entscheiden, wenn Subsysteme bereits vorhanden sind. Um sie zu bilden, wendet man die Regeln ebenfalls an. Man kann dabei auf zwei grundsätzlich verschiedene Weisen vorgehen: Man kann
a) das Gesamtsystem in mehreren Iterationsschritten in Subsysteme teilen, und man kann
b) Subsysteme, ebenfalls iterativ, um ausgewählte Elemente herum aufbauen.
Beide Wege wurden auf ihre Praktikabilität untersucht, und zwar paral-



5
Vorläufige Subsystemliste.
+ werden entsprechender Gruppe ++ zugeordnet.

6
Stammliste mit Symbolkennzeichnung der Elemente.



6

7
Distanzliste I.

8
Distanzliste II.

Gewählt	Knoten H — 02					
1. Schritt	07	12	13	14	16	17
	18	20	24	25	26	27
2. Schritt	29	01	06	08	15	23
	28	04	05	22	11	19
	30					
3. Schritt	09	21	03	10		

7

Gewählt	Knoten A — 09					
1. Schritt	01	08	21	22	23	30
2. Schritt	12	13	17	18	28	06
	15	16	25	04	05	20
3. Schritt	02	14	29	07	24	26
	27					
4. Schritt	11	19				
5. Schritt	03	10				

8

lel im Hinblick auf manuelle Verarbeitung und Verarbeitung mit Hilfe eines Rechnerprogramms. Aus Gründen, die darzulegen den Rahmen dieser Abhandlung sprengen würde, ergibt die Teilungsmethode ungenauere Ergebnisse. Die deswegen gewählte «Kristallisations»-Methode liefert gute, wenn nicht optimale Lösungen [14].

Die «Kristallisations»-Methode geht von drei Annahmen aus:

1. Im Grunde ist jedes beliebige Element geeignet, Ausgangspunkt zur Bildung eines Subsystems (sozusagen «Kristallisationskern») zu sein, denn jedes Element gehört irgendeinem Subsystem an. Da unmittelbar benachbarte Elemente aber wahrscheinlicher zum gleichen Subsystem gehören als weiter voneinander entfernte, sollten die Ausgangselemente eine gewisse Mindestentfernung haben. «Entfernung» in diesem Sinne wird durch die Zahl der Elemente, die auf der indirekten Verbindung zwischen den fraglichen Elementen liegen, ausgedrückt. (Es hat sich als praktisch erwiesen, wenn Ausgangselemente durch zwei «fremde» Elemente getrennt sind, also drei Verbindungsschritte auseinanderliegen.)
2. Die so in ihrem Abstand festgelegten Ausgangselemente sollten möglichst gleichmäßig über die Systemstruktur verteilt sein. (Den unter 1 und 2 dargelegten Zwecken dienen die Schritte 1 bis 6 in der unter 6.2 beschriebenen Verfahrensanweisung.)
3. Ein Subsystem soll aus mindestens drei Elementen bestehen.

6.2 Zergliederungsmethode für manuelle Verarbeitung (Kristallisationsmethode)

Diese Methode beschreiben wir nur aus didaktischen Gründen, nämlich um das Prinzip des Vorgehens darzustellen, denn ihr Bearbeitungsaufwand ist bei größeren oder komplexeren Systemen größer als die Anwendung des unter 6.3 dargestellten Rechnerprogramms, das im logischen Aufbau gleich ist. Da alle praktischen Planungsprobleme groß und komplex sind, wird man dafür das Rechnerprogramm benutzen.

Die Schritte des Verfahrens sind:

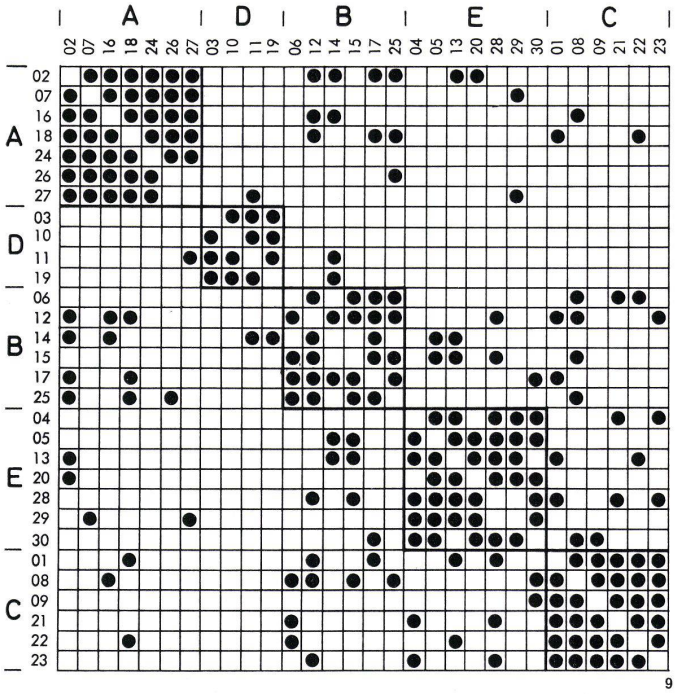
1. Trage alle Elemente in beliebiger Reihenfolge in die zweite Spalte einer dreispaltigen Liste mit dem Text ihres logischen Inhaltes ein. Die erste Spalte ist fortlaufend numeriert. Dies sind die Nummern der Elemente. Diese Liste heißt Stammliste (Bild 2).
2. Trage in die dritte Spalte der Stammliste alle Elemente mit ihrer Nummer ein, die mit dem fraglichen Element abhängig verbunden sind.
3. Wähle das Element mit den meisten Verbindungen oder – wenn es mehrere solcher Elemente gibt – davon ein beliebiges. Dieses Element heißt H.
4. Notiere schrittweise, von H ausgehend, in den Zeilen einer Liste (Distanzliste I, Bild 5) zunächst die direkten Nachfolger, dann deren Nachfolger, bis sämtliche Elemente erfaßt sind. In einem vorhergehenden Schritt bereits erreichte Elemente werden nicht mehr aufgeschrieben.
5. Wähle aus Distanzliste I ein beliebiges Element der letzten Schrittfolge als neues Anfangselement A und verfahre gemäß Ziffer 4 (Distanzliste II, Bild 6). Element A ist von den Elementen der letzten Schrittfolge in Distanzliste II maximal entfernt.
6. Beginne mit Element A und notiere jedes k-te Element [15] aus Distanzliste II als «Stammelement» der zu bildenden Subsysteme in der ersten Spalte der vorläufigen Subsystemliste (Bild 7). Die Zahl (k) dieser Elemente (E_1, E_2 ... E_n) entspricht der maximal möglichen Zahl von Subsystemen (S_1, S_2 ... S_n); diese Stammelemente sind im Gesamtsystem relativ gleichmäßig verteilt.
7. Schreibe in der vorläufigen Subsystemliste hinter den Elementen E_i zunächst deren Nachfolger der ersten Schrittfolge, dann der zweiten Schrittfolge auf usf. Jedes Element wird nur einmal, und zwar dort aufgeschrieben, wo es zuerst erreicht wurde. Es bilden sich, ausgehend von den Elementen E_i, vorläufige Subsysteme.

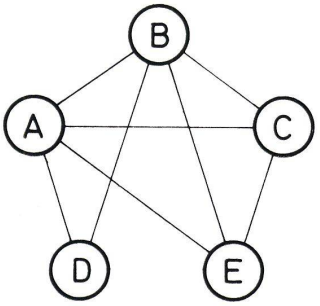
Falls ein Element E_i nur einen oder keinen Nachfolger erhält, werden diese Elemente jeweils den Subsystemen zugeschlagen, zu denen die meisten Verbindungen bestehen.

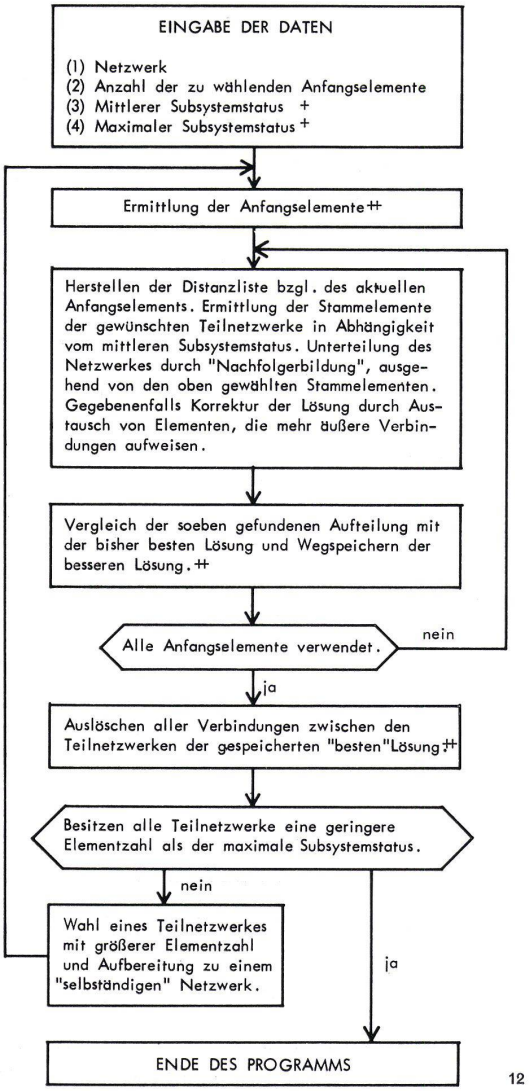
8. Kennzeichne in der vorläufigen Subsystemliste die zum gleichen Subsystem gehörigen Elemente mit dem gleichen Symbol. Jedes Subsystem hat sein eigenes Symbol. (Das geschieht am zweckmäßigsten durch Kreise unterschiedlicher Farbe, die hier aus drucktechnischen Gründen durch unterschiedliche Figuren ersetzt sind.)
9. Übertrage die Symbole aller Elemente in die Stammliste (Bild 8).
10. Die Mehrzahl gleich gekennzeichneter Nachfolger eines Elements muß mit dessen Kennzeichnung übereinstimmen. Sonst ist das Element vorläufig falsch zugeordnet worden, was bei größerer Komplexität häufiger vorkommt. Ist das der Fall: Ändere die Kennzeichnung des fraglichen Elements in der gesamten Liste. Beginne jeweils mit dem Element, bei dem der Quotient aus Nachfolgern mit dem elementgleichen Symbol und der Mehrzahl der anders gekennzeichneten Nachfolger am kleinsten ist. Fahre fort, bis sämtliche Elemente das richtige Subsystemsymbol erhalten haben. Ist der Quotient gleich 1, suche die günstigste Subsystemzugehörigkeit des Elements, das heißt diejenige, bei der am meisten Subsysteme entstehen.

Mit diesem Schritt ist die Zergliederung in Subsysteme abgeschlossen. Die Beziehungen zwischen den Subsystemen werden durch den nächsten Schritt deutlich:

11. Übertrage die zu Subsystemen geordneten Elemente in eine ge-

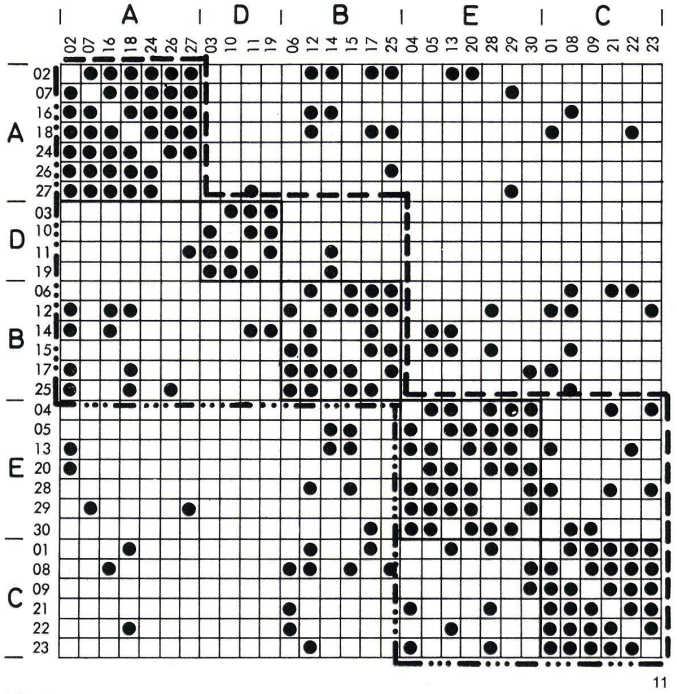






9
Geordnete Matrix.
10
Darstellung des Gesamtsystems als Netzwerk aus Subsystemen.
A, B ... = Subsysteme
11
Geordnete Matrix mit Subsystemen und Möglichkeiten von deren hierarchischer Anordnung.
A, B, .. = Subsysteme
——— = Abgrenzung der Subsysteme
-...-... = Möglichkeit 1
------ = Möglichkeit 2

12
Flußdiagramm des Rechnerprogramms Zerkos. + Mittlerer und maximaler Subsystemstatus = mittlere und maximale Zahl der Elemente pro Subsystem, wählbar entsprechend Vernetzungsgrad, Netzwerkgröße und gewünschter Subsystemgröße.
++ Bei diesen Schritten weicht das Rechnerprogramm vom manuellen Verfahren in Einzelheiten ab.



ordnete Matrix (Bild 9). Die Subsysteme bilden sich treppenförmig an der Diagonalen ab. Die Beziehungen außerhalb der Subsysteme stellen die Verbindungen von Elementen verschiedener Subsysteme dar.

6.3 Zergliederung mit Hilfe eines Rechnerprogramms (Zerkos)

Um zu einer im gewünschten Sinn optimalen Zergliederung des Netzwerkes zu gelangen, müssen wir das

(*) Minimum aller Zergliederungen mit $1 \leq r \leq$

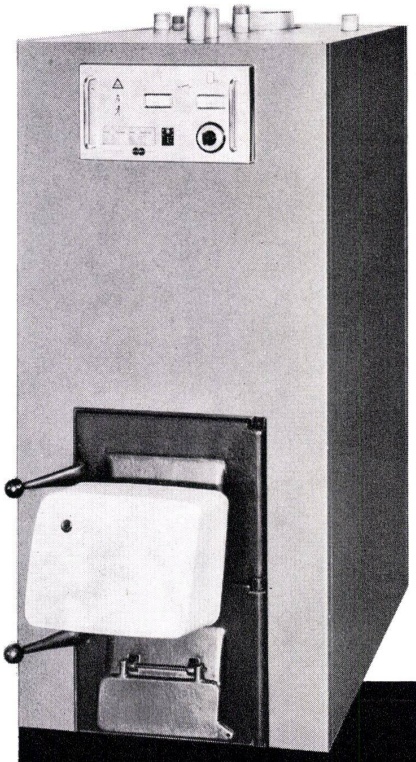
$$\left\{ \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{r} \frac{A_i}{J_i} \right\}$$

ermitteln. Hierbei ist n die Anzahl der Elemente des Netzwerks und r die Anzahl der Teilnetzwerke einer Zergliederung, A_i beziehungsweise J_i die Anzahl der äußeren beziehungsweise der inneren Verbindungen des i-ten Teilnetzwerkes. Schon bei kleinen n ist es auch bei Verwendung einer Rechenanlage zu aufwendig, mit Hilfe eines – theoretisch möglichen – Verfahrens alle Zergliederungen in dem oben angegebenen Bereich zu ermitteln und mit Formel (*) die optimale Lösung herauszusuchen. Deshalb wird im folgenden ein Algorithmus angegeben, der wirtschaftlich arbeitend eine gute – oder sogar die optimale – Lösung der aktuellen Aufgabe ermittelt (Bild 12).

7. Anordnung der Subsysteme im Gesamtsystem

Bei den vorher abgehandelten Zergliederungen wurde keine Verbindung zwischen den Elementen des Systems unterbrochen oder verändert. Die Systemstruktur blieb dem Inhalt nach erhalten, sie wurde lediglich erkennbarer und damit verarbeitbarer gemacht.
Deswegen blieben auch alle jene Verbindungen bestehen, die nun in der geordneten Matrix (Bild 9) außerhalb des Bereiches der Subsysteme liegen. Dies sind Verbindungen zwischen Elementen verschiedener Subsysteme. Sie bestimmen die Art und Weise der Verknüpfung der Subsysteme innerhalb des Gesamtsystems.
Man könnte diese Verknüpfung vereinfacht wiederum als ein Netzwerk darstellen, dessen Elemente die Subsysteme sind. Das gäbe für den Fall unseres Beispiels das in Bild 10 dargestellte Bild.
Diese Vereinfachung ist aber unzulässig. Sie impliziert die Vorstellung, daß die Verbindungen zwischen Elementen verschiedener Subsysteme nicht mehr zwischen diesen, sondern zwischen den jeweiligen Subsystemen als Ganzes bestehen, womit die Abhängigkeiten sozusagen eine Ordnungsstufe nach oben verschoben wären.

ACCUMAT



Realtherm
Allstoff-Heizkessel

erreichen den höchsten, technisch möglichen Wirkungsgrad. Ihr völlig automatisierter Betrieb ist sauber und kinderleicht, die Wartung minimal

Accum

ACCUMAT Realtherm

ein kombinierter wirtschaftlicher Heizkessel, der nicht zu übertreffen ist; sein Heizkomfort weckt Bewunderung und Genugtuung, zudem ist er eine unversiegbare Warmwasserquelle.

Und was den Betrieb mit Oel oder allen festen Brennstoffen anbetrifft: Etwas sparsameres gibt es nicht!

Accum AG
8625 Gossau ZH
051 78 64 52

Subsysteme sind nicht etwa Kategorien wie Rohbau, technischer Ausbau, räumlicher Ausbau oder wie Raumprogramm, Ausstattungsanforderungen, technische Anforderungen, ästhetische Anforderungen. Sie bilden auch keine bauliche Einheit und haben auch nicht räumliche Nähe. Sie sind ein buntes Gemisch aus vielen Kategorien, verbunden zu Subsystemen nur aus verfahrenstechnischen Absichten.

Deswegen können Subsysteme auch nicht mit Hilfe sprachlicher Oberbegriffe beschrieben werden. Und deswegen sind sie auch nicht stabil wie die zum Beispiel relativ stabilen Subsysteme der Baugruppen: Motor, Chassis, Karosserie, Fahrwerk beim Auto.

Und weil sie nicht stabil sind, hat jede wie immer auch denkbare Zuordnung der Subsysteme zueinander für die weitere Behandlung des Gesamtproblems keinen Nutzen. Entscheidend bleiben die Beziehungen von Element zwischen verschiedenen Subsystemen. Deswegen ist die Darstellung nach Bild 10 unzulässig. Noch unzulässiger ist die Anordnung der Subsysteme in einem hierarchischen Aufbau, der mit einer willkürlichen Quasi-Ordnung die Struktur des Problemnetzwerks verändert, ja unkenntlich machen kann. Selbst wenn die Subsysteme die Eigenschaft der Stabilität hätten, würde mit einer hierarchischen Anordnung keine brauchbare Klärung bewirkt. Bild 11 zeigt, daß es schon bei einem relativ kleinen Problem eine Reihe von Möglichkeiten zur Hierarchiebildung gibt, von denen keine «besser» oder «richtiger» ist [16].

Im Licht dieser Einsicht sind Bemühungen wie die von Pereg und Krampen (veröffentlicht in Arch+7, «Auswertung von Matrixdaten ohne Computer») verfehlt [17]. Sie sind ein mißglückter Versuch, ein unnützes Ziel zu erreichen.

8. Zusammenfassung

Die Strukturen von Hochbauplanungsproblemen lassen sich modellhaft als Netzwerke darstellen. Diese Netzwerke sind zu komplex, als daß sie sogleich verarbeitet werden könnten. Sie müssen aufbereitet werden. Die Aufbereitung geschieht durch Zergliederung in Subsysteme nach bestimmten Regeln. Die Subsysteme sind verarbeitbar, weil sie eine überschaubare Zahl von Elementen enthalten. Bei ihrer Verarbeitung sind die Verbindungen zu Elementen in anderen Subsystemen stets zugleich zu bedenken. Sie sind eine unvermeidbare, aber ebenfalls überschaubare Erschwerung.

Eine weitere Arbeitsvereinfachung ist nicht möglich. Die Hypothese von Alexander, daß eine hierarchische Anordnung der gefundenen Subsysteme gestatte, die Subsysteme isoliert zu betrachten, in Teillösungen überzuführen und die Teillösungen entsprechend dem hierarchischen Aufbau zusammenzusetzen, ist nicht praktikabel.

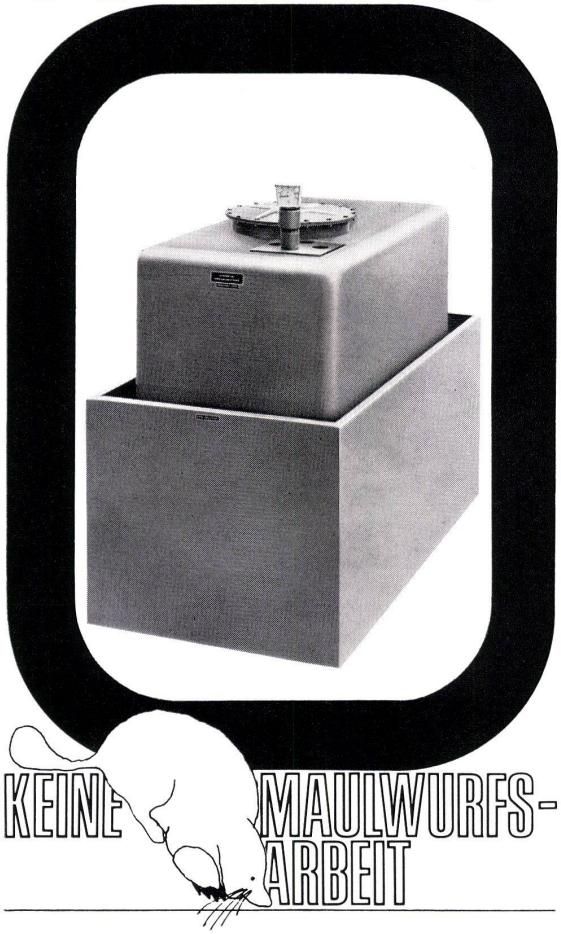
Damit wird ein wesentlicher Teil der einzigen als Gesamtkonzept bisher vorliegenden Planungsmethode verworfen. Was übrigbleibt, ist dennoch nützlich, nämlich ein Rechnerprogramm, das gestattet, komplexe Problemstrukturen mit kurzen Rechenzeiten brauchbar in Subsysteme zu zergliedern.

[1] H. C. Rieger, Begriff und Logik der Planung, Wiesbaden 1967.
[2] M. Asimow, Introduction to Design, Englewood Cliffs 1962.
[3] S. A. Gregory, The Design Method, London 1966.
[4] A. Angermann, Entscheidungsmodelle, Frankfurt 1963.
[5] Churchman, Ackoff, Arnoff, Operations Research, Wien 1961.
[6] Christopher Alexander, Notes an the Synthesis of Form, Cambridge 1964.
[7] Im streng mathematischen Sinn müßte es «Graph» heißen. Die allgemeinere Bezeichnung «Netzwerk» wird dennoch, ihrer größeren Anschaulichkeit wegen, beibehalten.
[8] «Problem» und «System» sind dabei nicht synonym. Das System ist die Modelldarstellung des Problems. Der Planungsprozeß ist der Vorgang zur Lösung des Planungsproblems. Planungsmethoden sind Organisationsformen des Planungsprozesses.
[9] Siehe hierzu auch Mortlock, Ein Modell des Planungsprozesses und das Problem der Werte, Stadtbauwelt 1969, Heft 21.
[10] Die Anforderung «Flexibilität der Raumnutzung» in einem Großraumbüro beeinflußt zum Beispiel die Anforderung «Spannweiten der Konstruktion» im Hinblick auf möglichst große freie Stützweiten. Große Stützweiten kosten mehr Geld als kleinere, die Anforderung «Spannweiten» beeinflußt die Anforderung «Wirtschaftlichkeit» usf. Im Rahmen dieser Überlegungen ist dabei unwichtig, daß die Anforderungen «Flexibilität» und «Wirtschaftlichkeit» einerseits und «Spannweiten» andererseits unterschiedlichen Kategorien angehören. Die ersten beiden sind «echte» Anforderungen, die letzte ist «unecht». Man kommt aber ohne Inanspruchnahme solcher Hilfselemente bei der Formulierung der Aufgabenstellung nicht aus.

Diese (von Alexanders Theorie abweichende) Aufstellung der Elemente der Aufgabe sowie die Klärung ihrer Abhängigkeiten mit der gewissenhaften Trennung direkter und indirekter Verbindungen ist die nach Meinung des Verfassers schwierigste und für den Erfolg der Planungsbemühungen wichtigste Tätigkeit des Planers. Denn jeder hierbei begangene Fehler wird unrevidierbar durch den Planungsprozeß bis zum dann teilfalschen Ergebnis geschleppt. Über diesen Arbeitskomplex soll an anderer Stelle gesondert berichtet werden.

[11] H. A. Simon, Die Architektur der Komplexität, Kommunikation 2 (1967).
[12] Es kann allerdings vorkommen, daß auch die Subsysteme noch relativ viele Elemente umfassen. Man hat dann abzuwägen, welche Schwierigkeit bei dem jeweiligen Problem geringer zu sein scheint: entweder die Vielzahl der Elemente dennoch zu verarbeiten oder das fragliche Subsystem nochmals zu unterteilen. Das ist mathematisch zwar meistens möglich, ergibt aber relativ starke Abhängigkeiten zwischen den neu gebildeten Subsystemen.
[13] Hier liegt die gleiche Schwierigkeit vor, auf die O. L. Zimmermann in Bauwelt 4 (1970) (Modellwettbewerb Spastikerzentrum Berlin) hinwies, daß nämlich bei der Aufstellung von Bewertungskriterien für Wettbewerbe durch die Auslober des Wettbewerbs keine verbindliche Gewichtung der Kriterien angegeben werden kann. Sie kann ohne Einsicht in die Art der Vernetzung der Planungskriterien nicht aufgestellt werden. Diese Kenntnis könnte sich der Auslober durch eingehende Planungsbemühungen verschaffen. Indessen bleibt auch dann die Art der Gewichtung naturgemäß subjektiv. Sie verhindert andere – möglicherweise objektiv bessere – Gewichtungen der Teilnehmer am Wettbewerb. Der Streit um bessere Beurteilungsverfahren von Wettbewerben ist aus dieser Sicht nahezu komisch: Die Teilnehmer möchten ein Höchstmaß an Vorhersehbarkeit für die Gründe der Preisgerichtsurteile. Das ist aber nur dann möglich, wenn man ihnen ein Mindestmaß an Entscheidungsspielraum überläßt, wobei diese Eingrenzung nur gewonnen werden kann, wenn – grob ausgedrückt – ein Vorprüfer einen Vor-

VON ROLL
Oelbehälter



Maulwurfsarbeiten
vor, neben oder hinter Ihrem Haus (wir meinen den Aushub für einen Oeltank) ersparen Ihnen unsere Oelbehälter mit Auffangwannen.

Verlangen Sie unsern Prospekt.

VON ROLL AG.
Werk Rondez, 2800 Delémont
Telefon 066 21 721

644

entwurf gemacht hat und dessen subjektive Meinung von den Gewichten der Planungselemente in der Ausschreibung fixiert wird.
[14] Ersetzt durch Deckblatt.
[15] K ist wählbar und richtet sich nach dem Vernetzungsgrad. Mit $2 \leq K \leq 4$ wurden brauchbare Ergebnisse erreicht.
[16] Natürlich kann man auch dafür Regeln erfinden, etwa dergestalt, daß die Zahl der Verbindungen in den Hierarchiestufen nach oben abnehmen soll. Weil die Gesamtzahl der Verbindungen dabei aber unverändert bleibt, hat das keinen rechten Nutzen.
[17] Sie geben in dem angeführten Aufsatz eine Methode an, Problemnetzwerke in hierarchisch angeordnete Subsysteme zu zerlegen. Diese Methode ist fragwürdig, weil sie nur bei einer Zahl von Elementen anwendbar ist, die unter der Elementzahl praktischer Probleme liegt, weil die Subsysteme nach Regeln gefunden werden, die mit der Problemstruktur nicht übereinstimmen, weil das Ergebnis auch für die Absichten der Verfasser unbrauchbar ist, da keine Hierarchie, sondern ein Halbverband dabei entsteht, in dem noch dazu die gleichen Elemente in mehreren verschiedenen Subsystemen enthalten sind.

Ausstellungen

Internationale Fachmesse für Heimtextilien, Bodenbelag, Haustextilien

Die Messe- und Ausstellungs-GmbH, 6 Frankfurt am Main 97, Postfach 970126, vertreten in der Schweiz durch die Natural AG, Nauenstraße 67, Basel 2, veranstaltet vom 13. bis 17. Januar 1971 in Frankfurt am Main eine Fachmesse für Heim- und Haustextilien. 500 Aussteller aus 25 Ländern zeigen ihre Kollektionen mit den jüngsten Neuheiten. Das Warenangebot umfaßt: Teppiche, Teppichböden, Textilböden und Kunststoffbodenbeläge.
Dekorationsstoffe, konfektionierte Heimtextilien und Zubehör.
Bett-, Küchen-, Tisch-, Frottierwaren. Kontaktstände von Fasern- und Garnherstellern sorgen, daß kaum eine Fachfrage offen bleibt.

Umweltschutz

Die ETH befaßt sich mit dem Schutz unseres Lebensraumes

Die Besorgnis über die Auswirkungen der technischen Entwicklung auf unseren Lebensraum hat weite Kreise unserer Bevölkerung erfaßt und beschäftigt auch die Wissenschaft in zunehmendem Maße. Man beginnt zu erkennen, daß es nicht genügt, einzelne Probleme, wie Abwasserreinigung, Luftverpestung, Lärmbekämpfung, Natur- und Landschaftsschutz, getrennt zu behandeln, sondern daß versucht werden muß, die Gesamtheit der Umweltsvorgänge in ihrer gegenseitigen Verknüpfung zu verstehen und interdisziplinäre Lösungen zu suchen. Überaus erfreulich ist die Feststellung, daß der Schweizerische Schulrat dabei die Verpflichtung der technischen Hochschulen auf diesem Gebiet voll erkannt hat. Vom 10. bis 12. November dieses Jahres wurden daher an der ETH Zürich von mehr als fünfzig namhaften Referenten aus dem In- und Ausland, aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung Fragen der Umweltveränderungen und des Umweltschutzes behandelt. Um allen Dozenten und Studierenden die Teilnahme an den Veranstaltungen zu ermöglichen, ist an diesen Tagen der Unterricht an der ETH Zürich ganz eingestellt worden.
Als Teilnehmer sind aber außer den Hochschulangehörigen auch Behördenmitglieder aller Stufen und Funktionen, Architekten, Naturwissenschafter, Ingenieure, Landesplaner, Lehrer und weitere Personen eingeladen worden, welche durch ihre berufliche Tätigkeit eine besondere Mitverantwortung für die Umwelt tragen.
Die Veranstaltungen waren öffentlich und kostenlos. Einen bedeutenderen und hoffentlich wirkungsvolleren Beitrag der ETH zum Naturschutzjahr 1970 hätte man kaum erwarten können.

Neue Vorlesungen über Akustik an der ETH

Im Wintersemester 1970/71 findet ein einsemestriger Zyklus von drei Spezialvorlesungen statt. Er umfaßt 2 Stunden über Themen der theoretischen Akustik und 1 Stunde über Fragen der Meßtechnik. Beginn: 4. November 1970. Anmeldungen bei der Kasse der ETH.
Mittwoch, 16 bis 17 Uhr, Maschinenlaboratorium, Auditorium ML IV, Professor Dr. H. Thomann, Professor für Strömungslehre, «Schallausbreitung in Gasen». Grundgleichungen, Abstrahlung der ebenen Wand. Schalldurchgang durch Mediengrenze. Schall in geschlossenen Räumen, stehende Wellen, Resonanz, Reflektionen, höhere Harmonische. Schall im freien Raum, Quellen, Dipol, Quadrupol, Propellerlärm, Strömungslärm.
Mittwoch, 17 bis 18 Uhr, Maschinenlaboratorium, Auditorium ML IV, Professor Dr. N. Rott, Institut für Aerodynamik, «Schalldämpfung in Gasen». Dämpfung von fortschreitenden Wellen in einer unbegrenzten Atmosphäre. Grenzschichten an festen Wänden und ihre Rückwirkung auf akustische Wellen. Die Kirchhoffsche Theorie der Dämpfung in Rohren und ihre Erweiterungen.
Mittwoch, 18 bis 19 Uhr, Maschinenlaboratorium, Auditorium ML IV, Privatdozent Dr. E. J. Rathe, «Ausgewählte Kapitel moderner Schallmeßtechnik». Meßwandler, Folge- und Bewertungsfilter. Messung kurzzeitiger Vorgänge. Dauermessungen und statistische Methoden. Echtzeitanalyse. Digitale Methoden und Computereinsatz (Ergänzungen zur Vorlesung über Maschinenlärm).