

THE SELECTION OF BUILDING PROCESS ACCORDING TO THE INNER COMPARATIVE SUBSTANTIATION CONTROL

H. Müller

To cite this article: H. Müller (1997) THE SELECTION OF BUILDING PROCESS ACCORDING TO THE INNER COMPARATIVE SUBSTANTIATION CONTROL, *Statyba*, 3:12, 74-81, DOI: [10.1080/13921525.1997.10531370](https://doi.org/10.1080/13921525.1997.10531370)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1997.10531370>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 45

BAUBETRIEBLICHE VERFAHRENSAUSWAHL MIT VERGLEICHSINTERNEN PLAUSIBILITÄTSKONTROLLEN

H. Müller

1. Wesen und Ziele der Verfahrensauswahl

Zur Erfüllung einer bestimmten Bauaufgabe eignen sich i.allg. mehrere Bau- bzw. Herstellungsverfahren, doch wird aus dem Feld der technologischen Möglichkeiten allein eine der Alternativen den Vorzug verdienen. Es gehört deshalb zu den grundlegenden Aufgaben einer jeden Bauunternehmung, im Rahmen der Arbeitsvorbereitung die jeweilige Optimalvariante herauszufinden und auf sie die Einsatzvorbereitung zu konzentrieren.

Als Alternativen können dabei nur solche Verfahren gelten, die dem gleichen Verwendungszweck dienen, d. h. sämtliche infrage kommenden Verfahren müssen prinzipiell in der Lage sein, die jeweilige Produktionsaufgabe zu erfüllen.

So stehen bspw. an Möglichkeiten zur Auswahl

- bei der Sicherung von Baugruben unter anderem die Verwendung von Trägerbohlwänden oder Spundwänden oder Spritzbeton
- bei der Rohrverlegung die offene oder geschlossene Bauweise (Grabenaushub bzw. Durchörterung)
- bei der Errichtung bestimmter Ortbetonbauwerke der Einsatz von Großflächen- oder Raumschalungen
- bei der Vorfertigung von Betonelementen etwa die Herstellung von Innenwänden nach den Fertigungsprinzipien Stand- oder Durchlaufertigung
- bei Stahlbeton-Bogenbrücken für die Herstellung des Bogens der Einsatz von Lehrgerüsten oder der Freivorbau oder die Klappbogen-Bauweise.

Zahlreiche weitere Beispiele ließen sich aus dem gesamten Spektrum der Bauwirtschaft anführen.

Durch bauwerksbedingte und baustellenspezifische Restriktionen wird allerdings die Anzahl der für eine konkrete Bauaufgabe theoretisch infrage kommenden Verfahrensvarianten in aller Regel auf eine tatsächlich sinnvoll einsetzbare Zahl von

Alternativen eingegrenzt. Die Bauproduktion zeichnet sich ja immerhin durch die weitgehende Errichtung von Unikaten aus - und dies unter sehr differenzierten Bedingungen. Wenn schließlich auch nur etwa zwei bis vier Varianten für einen Vergleich verbleiben, so wird doch zur Ermittlung der Optimalvariante stets eine methodische Vorgehensweise erforderlich sein, denn die günstigste Alternative muß keinesfalls in all ihren Parametern Bestwerte aufweisen, woran man sie erkennen könnte.

Je nach Anzahl der zur Entscheidungsfindung herangezogenen Vergleichskriterien unterscheidet man

- einkriterielle und
- mehrkriterielle
- Verfahrensvergleiche.

Bei einkriteriellen Vergleichen wird nach einem einzigen Kriterium entschieden, so beim kalkulatorischen Verfahrensvergleich nach den Kosten. Die Optimalvariante zeichnet sich hierbei durch das Kostenminimum aus.

Solche einkriteriellen Vergleiche wendet man bspw. bei der klassischen Fragestellung an, ob eine Baustelle durch eine eigene Betonmischanlage oder vielleicht besser durch Anlieferung von Transportbeton versorgt werden soll - vorausgesetzt, daß nicht die Forderung nach streng einzuhaltender Kontinuität der Betonbereitstellung (Gleitbauwerke) oder lokale Zwangsbedingungen (beengte Platzverhältnisse) die Entscheidung über das zu wählende Verfahren vorwegnehmen.

Für den kalkulatorischen Verfahrensvergleich kommt die einfache, weitgehend einheitlich gehandhabte und allseits bekannte Methode der Kosten gegenüberstellung der Varianten zur Anwendung, so daß hier nicht weiter darauf eingegangen wird.

Weitaus komplizierter stellt sich die Vergleichssituation in solchen Fällen dar, in denen mehrere Kriterien gleichzeitig zur Entscheidungsfindung herangezogen werden sollen, also bspw. über Kosten

hinaus auch solche Kriterien wie Bauzeit, Flächenbedarf, Energiebedarf, Produktivität, Erlös, Ankeranzahl pro m² Schalung, Anzahl spezialisierter Arbeitskräfte (bei denen nicht die Lohnkosten, sondern ihre Verfügbarkeit im Vordergrund stehen), Beherrschbarkeit des Verfahrens, Verkehrsbeeinträchtigung, Witterungsabhängigkeit, Entsorgungsmöglichkeit, Umbaufähigkeit der Betriebsmittel usw.

Bei derartigen mehrkriteriellen, d.h. komplexen Verfahrensvergleichen läßt sich die Optimalvariante meistens nicht ohne tiefgründigere Betrachtung erkennen, zumal die verschiedenen Kriterien unterschiedliche Dimensionen und andere Eigenheiten besitzen, die es zu einer einheitlichen Gesamtaussage zu verarbeiten gilt. Die Optimalvariante zeichnet sich hierbei durch den höchsten Nutzen bzw. die geringsten Aufwendungen aus der Gesamtheit der herangezogenen Vergleichskriterien aus. Diese müssen deshalb nach einer Zielfunktion rechnerisch miteinander zu Entscheidungsgrößen verknüpft werden. Nur anspruchsvollere Vergleichsmethoden als die einfache Datengegenüberstellung versprechen hierbei eine tragfähige Lösung.

2. Methode zur Verfahrensauswahl mittels komplexer Variantenvergleiche

Komplexe Variantenvergleiche lassen sich nach mehreren Methoden durchführen. Wie unterschiedliche Meßverfahren mögen sie grundsätzlich alle anwendbar sein und als „richtig“ angesehen werden, doch ihre Praktikabilität ist häufig umstritten.

Methoden für mehrkriterielle Vergleiche mit unterschiedlicher Tiefe ihrer mathematischen Durchdringung sind deshalb schon seit vielen Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen in verschiedenen Wirtschaftszweigen des In- und Auslandes. Bekannte Lösungen beziehen sich sowohl auf multivalent nutzbare als auch auf branchenspezifische Methoden für Erzeugnis- und Verfahrensvergleiche - baubetriebliche Problemstellungen einbezogen (z. B. [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8]).

Für praktikable baubetriebliche Verfahrensvergleiche wird nachfolgend eine Methode vorgestellt, die auf der Auswertung und Weiterentwicklung einiger lösungsträchtiger Erkenntnisse beruht [7]. Eingearbeitet wurden gleichzeitig mehrere, in den Vergleichsalgorithmus integrierte Plausibilitätskontrollen zur Wahrung der sachlogischen Richtigkeit einzelner Vergleichsschritte.

Alternativ einsetzbare Verfahren zur Lösung einer bestimmten Bauaufgabe sind an die Festlegung und Erfüllung solcher Auswahlkriterien gebunden, die den hinreichend einheitlichen Verwendungszweck der Varianten bei gleichzeitiger Einhaltung der gesetzlichen und betrieblichen Verbindlichkeiten zum Ausdruck bringen. Die Auswahlkriterien sind deshalb abzuleiten aus

- dem Ziel der konkreten Bauaufgabe einschl. der Baustellenbedingungen (z. B. Rohrverlegung für eine Abwasserleitung), möglichst mit weiterer Spezifizierung (z. B. Leitungslänge, Rohrdurchmesser, Verlegetiefe, Bodenklasse, Bewuchs der Trasse)

- den Regularien (Vorschriften, Bestimmungen, Gesetze), die auf der konkreten Baustelle zu berücksichtigen und einzuhalten sind

Dazu gehören insbesondere Vorschriften zur Qualitätssicherung und Unfallverhütung sowie Gesetze zum Umweltschutz. Wenn die am Standort der konkreten Bauproduktion geltenden Regularien durch Verfahren nicht erfüllbar sind, dann kommen sie für einen Einsatz und somit als Alternativen nicht infrage, denn die Verletzung einer Regel darf weder hingenommen noch gegen ein anderes Kriterium aufgerechnet werden. Es darf bestenfalls der zu treibende Aufwand zur Einhaltung der Regularien oder deren Nichtausschöpfung bewertet werden.

Somit dienen Auswahlkriterien also

- dem Erkennen und Auswählen prinzipiell für eine konkrete Bauaufgabe einsetzbarer und miteinander vergleichbarer Verfahren
- der Zusammenfassung der Alternativen zu einer Bewertungsgruppe.

Jede Verfahrensauswahl aus Alternativen erfordert eine vergleichende Verfahrensbewertung, und zwar nach solchen Vergleichskriterien, die für die Gesamtbeurteilung einer jeden Alternative gleichermaßen ausschlaggebend sind.

Die in einen Vergleich aufgenommenen Bau- bzw. Herstellungsverfahren stellen die Varianten

$$V_v (v = 1 \dots z, z \geq 2)$$

dar. Ihre Charakterisierung erfolgt durch relevante Verfahrensparameter, d.h. qualitativ durch geeignete und zu einer Kriteriennomenklatur zusammengefaßte Vergleichskriterien

$$K_k (k = 1 \dots n, n \geq 2)$$

und quantitativ durch die zugehörigen Vergleichs-
eingangsdaten

$$a_{kv} (k = 1 \dots n; 1 \dots z).$$

Dazu können auch quantifizierte Fakten gehören, die sich aus einer dualen oder mehrstufigen Punktbewertung gewinnen lassen.

Eine Verfahrensauswahl mittels komplexer Vergleichs-
vergleiche hat dann ihren Zweck erreicht, wenn man die

Rangfolge der Verfahrensalternativen
durch variantenspezifische Entscheidungsgrößen
 $Y_v (v = 1 \dots z)$

ermittelt hat. Dabei zeichnet sich das optimale Verfahren durch den 1. Rangfolgeplatz aus. Nur zur Optimalvariante allein braucht die Arbeitsvorbereitung dann weitergeführt zu werden.

Man muß sich darüber im Klaren sein, daß Informationsdefekte an den verfügbaren Daten und Fakten die Vergleichbarkeit gegenüberzustellender Varianten beeinträchtigen können.

Informationsdefekte bei baubetrieblichen Vergleichs-
vergleichen resultieren hauptsächlich aus

- der Herkunft der Daten und Fakten aus zwar ähnlichen, aber letztlich doch örtlich und zeitlich unterschiedlichen, d.h. nicht exakt auf die konkret gestellte Bauaufgabe übertragbaren Anwendungsbedingungen
- der Auswertung von Informationsquellen unterschiedlicher Verbindlichkeit und Aktualität
- der Unvollständigkeit verfügbarer Informationen, wobei davon eine oder mehrere Varianten betroffen sein können.

Erforderlichenfalls muß das Bearbeitergremium eines Vergleichs die hinreichende Vergleichbarkeit der Eingangsdaten erst herstellen. Neben fundierten Schätzungen und der bereits erwähnten Punktbewertung empfiehlt sich dazu die Bildung spezifischer Kennzahlen (z. B. DM/m³, t/h), aber auch das Weglassen nicht vergleichbarer und nicht zu allen Varianten eines Vergleichs vorhandener Angaben. Diese müssen dadurch nicht unbedingt verlorengehen, sondern sie lassen sich durchaus noch in der Vergleichsauswertung berücksichtigen.

Bei der Festlegung von Vergleichskriterien kann es andererseits auch zu Überschneidungen in den Aussagen kommen (z. B. Kosten und Anzahl der Arbeitskräfte). Solche Überschneidungen nimmt man

jedoch in Kauf, weil davon alle Varianten eines Vergleichs gleichermaßen betroffen wären.

Im übrigen brauchen nur solche Daten und Fakten in einen Vergleich aufgenommen zu werden, die bei den gegenüberzustellenden Varianten Unterschiede erwarten lassen.

Insgesamt geht es um die Verwendung möglichst verlässlicher, überprüfbarer Informationen, die nach entsprechender Aufbereitung mathematisch durchschaubar miteinander so zu koppeln sind, daß die Rangfolge der Varianten sachlogisch richtig dargestellt wird. In jede Vergleichsauswertung sollte eine Einschätzung der erreichten Vergleichsqualität aufgenommen werden, wobei nicht auszuräumende Informationsdefekte zu interpretieren sind.

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Variantenrangfolge beruht auf dem Prinzip der deduktiven Logik, wonach ein komplexes Problem so weit in Teilprobleme zerlegt wird, bis diese überschaubar und damit bearbeitbar werden (vgl. [1] [2]). Das komplexe Problem wird in vorliegendem Fall durch die Vergleichsaufgabe gebildet, während die für ihre Erfüllung zu lösenden Teilprobleme in zunehmender Aufspreizung durch die Varianten (V_v, Y_v) bzw. durch die Vergleichskriterien mit ihren Zahlenwerten (K_k, a_{kv}) bzw. durch relevante Daten und Fakten aus dem Informationsangebot dargestellt werden (Abb. 1).

So läßt sich also die Abarbeitung einer Vergleichsaufgabe nach zwei Gesichtspunkten vornehmen:

1. Ein Teil der Aufgabenstruktur enthält nur alternative Aufgaben. Das bedeutet, daß nicht alle Varianten zur Erreichung eines Zieles realisiert werden müssen, sondern nur eine. Besteht die Vergleichsaufgabe in der Ermittlung der Optimalvariante zur Lösung einer Bauaufgabe, dann wird es die den ersten Rangfolgeplatz einnehmende Variante sein.
2. Der andere Teil der Aufgabenstruktur enthält nur konjunktive Aufgaben, und zwar solche, die unmittelbare Nachfolger eines Zieles bzw. Teilzieles sind. Das erfordert die zielgerichtete Wahl relevanter Vergleichskriterien und deren Zusammenfassung zu einer für alle Varianten eines Vergleichs einheitlichen Kriteriennomenklatur. Dabei gehören zu den Kriterien entsprechende Vergleichseingangswerte, die sich wiederum aus bestimmten Daten und Fakten zusammensetzen.

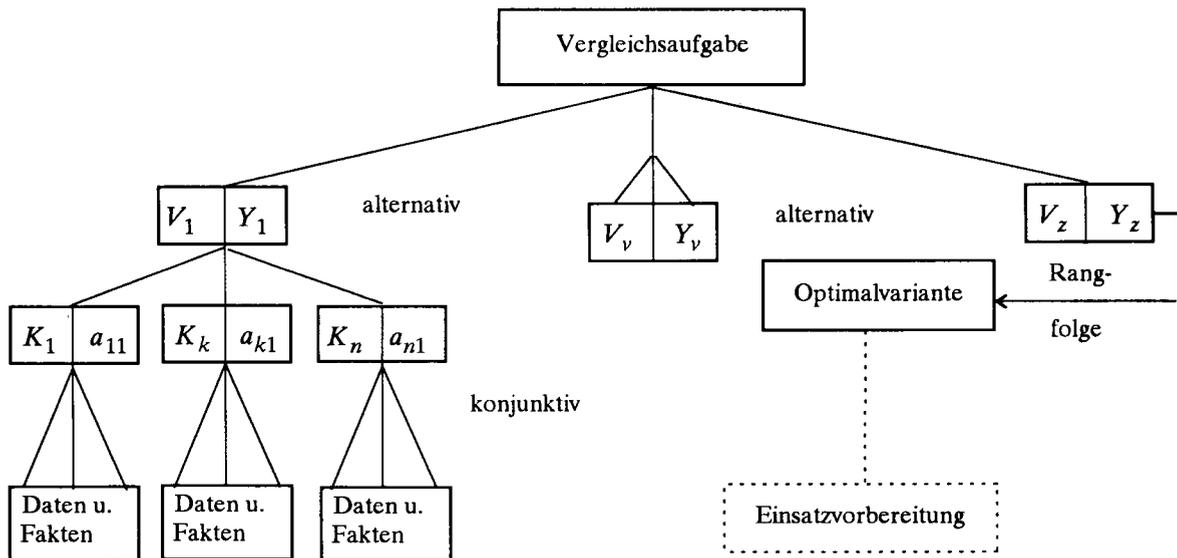


Abb. 1. Prinzip der Zerlegung der Vergleichsaufgabe in Teilprobleme

Von jeder Vergleichsmethode, die den täglichen Ansprüchen der Bauunternehmungen genügen soll, werden generell

- Zweckerfüllung und
- Praktikabilität

verlangt. Die hier vorgestellte Methode erfüllt diese Forderungen durch folgende spezifische Eigenschaften [7]:

1. Umfassende und rationelle Anwendungsmöglichkeit der Vergleichsmethode
2. Durchführbarkeit der Variantenvergleiche in aufgabenspezifisch zusammengesetzten Bearbeitergremien
3. Verwendungsmöglichkeit einer beliebigen Anzahl von Vergleichskriterien ($n \geq 2$) trotz ihrer Behaftung mit
 - unterschiedlicher Wertetendenz
 - verschiedenen Maßeinheiten
 - unterschiedlicher anteiliger Bedeutung am Vergleichsziel
4. Widerspruchsfreie Ermittlungsmöglichkeit der Variantenrangfolge durch unkomplizierte mathematische Datenverknüpfung
5. Einfache Möglichkeit zur grafischen, auswertungsgerechten Verdeutlichung des Vergleichsergebnisses.

Hierzu folgende Erläuterungen:

Zu 1): Die umfassende und rationelle Anwendungsmöglichkeit der vorgeschlagenen Vergleichsmethode wird charakterisiert durch

- Einsetzbarkeit für beliebige Vergleichssituationen und damit Gewährleistung von Allgemeingültigkeit und Flexibilität
- Geringhaltung des Organisations- und Bearbeitungsaufwandes und damit Sicherung von Praktikabilität, Kurzfristigkeit und Aktualität
- Einbeziehung vergleichsinterner Plausibilitätskontrollen und damit methodische Fehlersignalisierung sowie Überwachung der logischen Widerspruchsfreiheit bei der Kriterienwichtung, der Datenverknüpfung und des Vergleichsergebnisses.

Die Bedeutung von Plausibilitätskontrollen besteht letztlich darin, daß bei der mathematischen Verarbeitung oft ohnehin schon mit Informationsdefekten behafteter Eingangsdaten das Vergleichsergebnis nicht wegen unentdeckt gebliebener Denk- und Rechenfehler in Frage gestellt zu werden braucht.

Zu 2): Die Durchführbarkeit der Variantenvergleiche in aufgabenspezifisch zusammengesetzten Bearbeitergremien sichert kompetente Entscheidungen, denn zum Einsatz kommen Experten mit

- Sachkunde und
- Entscheidungsbefugnis.

Sie müssen die konkrete Vergleichsaufgabe sowie Einsatzbedingungen der Verfahrensalternativen im Detail kennen und das Vergleichsergebnis auch verantworten. Solch ein Gremium sollte sich auf das notwendige Minimum an Personen beschränken.

Da die Auswahl des Verfahrens und die Festlegung des Bauablaufes i. allg. dem Auftragnehmer obliegen (DIN 18300 [9]), wird das Bearbeitergremium hauptsächlich aus Experten des Ausführungsbetriebes bestehen müssen.

Unverbindliche Meinungsäußerungen, wie sie aus landesweiten Befragungen mit oft nur vermeintlicher statistischer Sicherheit hervorgehen, sind für die Besonderheiten der Bauproduktion nicht akzeptabel. Abgesehen von dem hohen Organisationsaufwand kann man von den Befragten keine Detailkenntnis der bauwerks- und baustellenspezifisch geprägten Vergleichsaufgabe erwarten. Hinzu kommt, daß sich ein seriöser Baubetrieb die unternehmerische Entscheidung über die Verfahrensauswahl nicht aus der Hand nehmen läßt.

Zu 3): Die Verwendbarkeit von Vergleichskriterien, deren Wertetendenzen sowohl gleichgerichtet als auch gegenläufig polarisiert sein können, ist durch die vorgeschlagene Methode gewährleistet. So lassen sich Kriterien verwenden, deren Eingangsdaten dann günstig sind, wenn ihr Zahlenwert abnimmt (z. B. Kosten u.a. Aufwandsparameter). In die gleiche Kriteriennomenklatur eines Variantenvergleiches kann man jedoch auch solche Kriterien aufnehmen, die mit wachsendem Zahlenwert besser werden (z. B. Erlös, Produktivität).

In jedem Fall lassen sich durch die Vergleichsmethode Zielfunktionen für die Entscheidungsgrößen zur Rangfolgebestimmung ansetzen, die eine einheitliche Polarisation aufweisen, und zwar je nach überwiegender Tendenz der Vergleichseingangsdaten

entweder $Y_v \rightarrow \min$

oder $Y_v \rightarrow \max$.

Diese Entscheidungsgrößen setzen sich aus den Komponenten W_{kv} ($k = 1 \dots n, v = 1 \dots z$) zusammen:

$$Y_v = \sum_{k=1}^n W_{kv} \text{ mit } W_{kv} = w_k \cdot c_{kv} \cdot$$

w_k - Wichtungsfaktoren

c_{kv} - neutrale Wertigkeiten (s. u.)

$Y_v \rightarrow \min$ würde bedeuten, daß die geringste aller Entscheidungsgrößen Y_v den 1. Rangfolgeplatz anzeigt.

Bei Polarisation auf das Maximum ($Y_v \rightarrow \max$) würde die höchste aller Entscheidungsgrößen die Priorität bestimmen.

Man sollte in einen Vergleich möglichst nur gleichgerichtete Kriterien aufnehmen, weil dadurch die Eingangsdaten realistisch bleiben. Bei gemischt polarisierten Kriterien innerhalb einer Bewertungsgruppe wäre es notwendig, alle Eingangsdaten a_{kv} in ihren Wertetendenzen zu vereinheitlichen, d. h. die von der generell gewählten Polarisation abweichenden Daten durch eine zwar zulässige, aber immerhin synthetische Reziprokwertbildung gleichsinnig umzupolen. Schließlich müssen alle in einen Variantenvergleich eingehende Daten

tendenzgleiche Werte b_{kv}

$$(k = 1 \dots n, v = 1 \dots z)$$

darstellen.

Vergleichskriterien mit verschiedenen Maßeinheiten (zum Beispiel DM, m³/h, t, m², Punkte) bilden für die numerische Ermittlung der Entscheidungsgrößen Y_v kein Hindernis.

Die Vergleichsmethode gestattet eine Kompensation der konkreten Maßeinheiten durch Benutzung einer neutralen Wertigkeit. Von mehreren Kompensationsmöglichkeiten wird bewußt die Normierungsvorschrift [3]

$$c_{kv} = \frac{b_{kv} \cdot 100}{\sum_{v=1}^z b_{kv}}$$

gewählt, weil sie die

$$\text{Plausibilitätskontrolle} \quad \sum_{v=1}^z c_{kv} = 100$$

beinhaltet und für die Entscheidungsgrößen Y_v eine weitere Kontrollmöglichkeit eröffnet (s.u.).

Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Bedeutung der einzelnen Vergleichskriterien einer Bewertungsgruppe empfiehlt sich die Anwendung einer Wichtungsmatrix mit mehreren integrierten Plausibilitätskontrollen [4] [7].

In der Matrix (Abb. 2) wird jedes Kriterium K_k gegen jedes Kriterium K_k , dadurch gewichtet, daß das Bearbeitergremium die relative Bedeutung B_{kk} des jeweils betrachteten Kriterienpaares nach einer Bewertungsskala quantifiziert und dann zu kriterienspezifischen

Wichtungsfaktoren w_k ($k = 1 \dots n$)

verarbeitet (Abb. 2).

| | | | | |
|--------------------------------|----------|---|--------------------------|-------------------|
| K_k | K_k | $K_1 \dots K_k, \dots K_n$ | $\sum_{k'=1}^n B_{kk'}$ | w_k [%] |
| K_1 | \vdots | \vdots | Spaltensumme ↓ | Spaltensumme ↓ |
| K_k | \vdots | $\dots B_{kk}$ | | |
| \vdots | \vdots | | | |
| K_n | | | | |
| Zwei Plausibilitätskontrollen: | | $\sum_{k=1}^n \sum_{k'=1}^n B_{kk'} = 2n^2$ | $\sum_{k=1}^n w_k = 100$ | |

Bewertungsskala:

Abb. 2. Matrix zur Ermittlung von Wichtungsfaktoren

Durch die primäre Frage nach der relativen Bedeutung der Kriterien kann die Schwierigkeit umgangen werden, sofort die absoluten Zahlenwerte der Wichtungen festlegen zu müssen. Die Einschätzung dagegen, ob ein Kriterium eine geringere, etwa gleiche oder höhere Bedeutung als ein anderes Kriterium besitzt, läßt sich im Bearbeitergremium verhältnismäßig sicher und einvernehmlich begründen. Sobald man sich über die relative Bedeutung der

jeweiligen Kriterienpaare einig ist, kommen die quantifizierende Bewertungsskala und die objektivierende Wichtungsmatrix zur Anwendung.

Zu 4): Zur widerspruchsfreien Ermittlung der Variantenrangfolge empfiehlt sich eine mathematische Datenverknüpfung, die auf der deduktiven Logik bzw. der sog. PATTERN-Matrix [1] [2] beruht (Abb. 3).

| Vergl.-Krit. | Wicht.-faktor | Variante V_1 | | | Variante V_v | | | Variante V_z | | |
|--------------|--------------------------|-----------------------------|----------|----------|-----------------------------|----------|----------|-----------------------------|----------|----------|
| K_k | w_k | b_{k1} | c_{k1} | W_{k1} | b_{kv} | c_{kv} | W_{kv} | b_{kz} | c_{kz} | W_{kz} |
| K_1 | w_1 | b_{11} | c_{11} | W_{11} | b_{1v} | c_{1v} | W_{1v} | b_{1z} | c_{1z} | W_{1z} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| K_k | w_k | b_{k1} | c_{k1} | W_{k1} | b_{kv} | c_{kv} | W_{kv} | b_{kz} | c_{kz} | W_{kz} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| K_n | w_n | b_{n1} | c_{n1} | W_{n1} | b_{nv} | c_{nv} | W_{nv} | b_{nz} | c_{nz} | W_{nz} |
| | $\sum_{k=1}^n w_k = 100$ | $Y_1 = \sum_{k=1}^n W_{k1}$ | | | $Y_v = \sum_{k=1}^n W_{kv}$ | | | $Y_z = \sum_{k=1}^n W_{kz}$ | | |

Es bedeuten:

- $V_1 \dots V_v \dots V_z$ Varianten eines Vergleiches
- $K_1 \dots K_k \dots K_n$ Vergleichskriterien
- $w_1 \dots w_k \dots w_n$ Wichtungsfaktoren
- $b_{k1} \dots b_{kv} \dots b_{kz}$ tendenzgleiche Eingangswerte, ggf. aus a_{kv} zu ermitteln
- $c_{k1} \dots c_{kv} \dots c_{kz}$ neutrale Wertigkeiten
- $W_{k1} \dots W_{vk} \dots W_{kz}$ Komponenten zu $Y_1 \dots Y_v \dots Y_z$
- $Y_1 \dots Y_v \dots Y_z$ Entscheidungsgrößen für Rangfolgebestimmung

Abb. 3. Berechnungsmatrix für komplexe Verfahrensvergleiche

Wie aus der Berechnungsmatrix (Abb. 3) ersichtlich, müssen zur Ausführbarkeit der Vergleichsrechnung all ihre Felder mit Zahlen besetzt sein. In der Matrix wegen mangelnder Vergleichbarkeit nicht untergebrachte, für eine Variante aber trotzdem wichtige Informationen sind in der Vergleichsauswertung verbal zu berücksichtigen.

Durch die gewählte Normierungsvorschrift und die eingeführte Forderung, daß die Summe aller Wichtungsfaktoren

$$w_k = 100 (k = 1 \dots n)$$

sein muß, ergibt sich schließlich noch die Plausibilitätskontrolle

$$\sum_{v=1}^z Y_v = \sum_{k=1}^n w_k \cdot \sum_{v=1}^z c_{kv} = 100 \cdot 100 = 10000. \text{ Bildet}$$

man also die Zeilensumme der ermittelten Entscheidungsgrößen Y_v eines Vergleiches, so muß sich ergeben

$$Y_1 + Y_2 + \dots + Y_z = 10^4.$$

Zu 5): Eine einfache Möglichkeit zur grafischen Verdeutlichung der rechnerisch ermittelten Rangfolge und kriterienspezifischen Unterschiedlichkeiten der Varianten stellt das Säulendiagramm dar (Abb. 4).

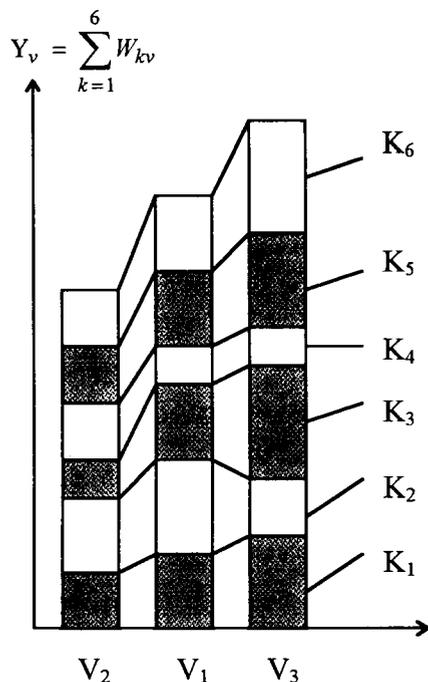


Abb. 4. Beispiel zur Rangfolgedarstellung von 3 Varianten anhand von 6 Vergleichskriterien

Wenn die Zielfunktion im Beispiel (Abb. 4) nach dem Minimum gerichtet ist ($Y_v \rightarrow \min$), dann muß wegen der Säulenlänge $Y_2 < Y_1 < Y_3$ der 1. Rangfolgeplatz der Variante V_2 und der ungünstigste Platz der Variante V_3 zugeordnet werden.

Aus der Darstellung läßt sich bspw. auch erkennen, daß bezüglich des Kriteriums K_4 die Variante V_3 günstiger als die Optimalvariante V_2 ist, denn $W_{43} < W_{42}$. Für die Verfahrensauswahl ausschlaggebend bleibt jedoch die Gesamtbewertung der Varianten, so daß durch das Kriterium K_4 der Variante V_2 die Priorität nicht streitig gemacht werden kann. Bei einer Weiterentwicklung dieser Variante wird man allerdings besonderen Wert auf eine Verbesserung des Kriterienwertes a_{42} legen müssen.

Wie man aus dem Beispiel (Abb. 4) ersieht, werden also durch die modellhafte Darstellung der aus einer Vergleichsrechnung hervorgegangenen Ergebnisse günstige Voraussetzungen für eine rationelle Vergleichsauswertung geschaffen.

3. Zusammenfassung

Ausgehend von der Tatsache, daß zur Lösung einer bestimmten Bauaufgabe i. allg. mehrere Verfahrensalternativen infrage kommen, wird zur Ermittlung der Optimalvariante eine baubetrieblich praktikable Methode vorgestellt. Sie beruht auf einem mehrkriteriellen Vergleichsvergleich mit integrierten Plausibilitätskontrollen, bei dem ein aufgabenspezifisch zusammengesetztes Bearbeitergremium beliebig geartete Vergleichskriterien mit relevanten Verfahrensparametern mathematisch zu variantenspezifischen Entscheidungsgrößen verknüpft und dadurch die Rangfolge der Alternativen offenlegt. Das günstigste Bauverfahren wird dabei durch den 1. Rangfolgeplatz gekennzeichnet. Die rechnerisch ermittelten Vergleichsergebnisse lassen sich durch ein Säulendiagramm auswertungsfreundlich verdeutlichen.

4. Quellenverzeichnis

1. Jestice, A. L. Project PATTERN - Planing Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers Ministerium für Militär- und kosmische Wissenschaften Washington/USA 1964 s.a. [2].
2. Vadin, N. Die Zielbaumethode Zeitschrift Technische Gemeinschaft 1969, Heft 3 VEB Verlag Technik Berlin 1969.

3. Göttner, R.; Fischer, P. Was soll, was kann Prognostik? Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin 1973.
4. Warkenthin, W. Parameterwichtung bei Weltstandsvergleichen Zeitschrift Hebezeuge und Fördermittel, 15 [1975], Heft 4 VEB Verlag Technik Berlin 1975.
5. Martinsen, Keil Methodische Verfahrensauswahl im Baubetrieb Zeitschrift Bauwirtschaft, 5/1973 Bauverlag Wiesbaden 1973.
6. Seeling, R. Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen Zeitschrift Baumaschine u. Bautechnik 1/1979 Bauverlag Wiesbaden 1979.
7. Müller, H. Baubetriebliche Vergleichsverfahren Vorlesungen an TH und HTWK Leipzig 1992 - unveröffentlicht.
8. Zavadskas, E.; Peldschus, F.; Kaklauskas, A. Multiple Criteria Evaluation of Projects in Konstruktion Vilnius Technika, 1994.
9. DIN 18300 - VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen Teil C: Allg. Techn. Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)-Erdarbeiten DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth Verlag GmbH, Dezember 1992.

Įteikta 1997 11 04

STATYBOS PROCESO PARINKIMAS PAGAL LYGINAMĄ VIDINĘ PAGRĮSTUMO KONTROLĘ

H. Müller

S a n t r a u k a

Tam tikriems statybos uždaviniams įgyvendinti tinka apskritai daugelis technologinių procesų, tačiau iš gausybės galimybių prioritetas suteikiamas tik vienai alternatyvai. Todėl kiekvienos statybos įmonės pagrindinis uždavinys ruošiantis darbui yra rasti tinkamą optimalų variantą ir koncentruotis jį įgyvendinant.

Alternatyvūs variantai yra tie, kurie padeda vieno diems naudojimo tikslams ir iš principo privalo sugebėti įgyvendinti atitinkamus statybos uždavinius. Kompleksinį variantų palyginimą galima atlikti pagal daugelį metodų. Praktiškai statybos įmonei palyginti procesus pristatomas toks metodas, į kurio palyginimo logaritmą integruojama pagrįstumo kontrolė, išsaugant logišką atskirų palyginimo žingsnių teisingumą. Parinkimo kriterijai gaunami atsižvelgiant į konkrečius statybos uždavinius ir į teisinius aspektus. Informacijos defektai naudojantis duomenimis gali padaryti žalos lyginant variantus.

Nustatant variantams rangų eiliškumą, remiamasi deduktivinės logikos principu, pagal kurį kompleksinė problema plačiai suskaidoma į dalines problemas, kol šios pasidaro aiškesnės ir tuomet galima jas išspręsti. Palankus statybos procesas apibūdinamas 1 rangų. Skaičiavimo rezultatai taip pat pateikiami diagramomis, tai dar labiau palengvina vizualų įvertinimą.

THE SELECTION OF BUILDING PROCESS ACCORDING TO THE INNER COMPARATIVE SUBSTANTIATION CONTROL

H. Müller

S u m m a r y

Generally speaking, many technological processes are suitable for implementing definite building tasks, though only one alternative from many other possibilities is preferred. Therefore, the main task of every building enterprise is to find an optimal variant and try to implement it when making preparations for performing building processes.

Alternative variants are variants which serve the same purpose and in essence should be able to implement adequate building tasks. A complex comparison of variants may be carried out by many methods. For a practical comparison of processes at a building undertaking, a method is suggested which integrates, in its comparison logarithm, the substantiation control, preserving at the same time logic correctness of separate comparison steps. The selection criteria are obtained depending on particular building tasks and legal aspects. Information faults pertaining to data may cause mistakes when comparing variants.

Determination of variant rank sequence is based on the principle of deductive logic according to which a complex problem should be decomposed into partial problems till they become transparent and then can be solved. A successful building process is evaluated as being of 1 rank. The results of calculation are presented in diagrams which make the visual assessment much easier.

Heinz MÜLLER. Doctor (Engr), Professor. Leipzig Higher School for Technology, Economy and Culture. Department of Building Organisation.

A university graduate in 1959. PhD in 1978. An expert in building construction problems.