Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 90 (1972)
Heft: 12

Artikel: ARC, eine Methode zur Kostenschätzung und Kostenanalyse
Autor: Meyrat, René
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85156

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: 12.07.2025

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

zusammen, wobei es sich um den Export von Überschussmengen handelt. Eine Produktenpipeline kann deshalb das Problem nicht lösen.

Keine Diskussion über eine technisch-wirtschaftliche Angelegenheit darf heutzutage ohne die Stellungnahme zum Umweltschutz schliessen. Was die Binnenschiffahrt betrifft, weist sie das geringste Schadenrisiko aller Transportarten mit direkter Belieferung an den Verbraucher auf. Sie gefährdet das Grundwasser nicht, macht keinen Lärm und erzeugt keine Luftverunreinigungen. Man weiss nachgerade, dass die Wasserverschmutzung unserer Flüsse kaum einer nicht existierenden Grossschiffahrt unterschoben werden kann. Dr. Wanner schliesst seine auf Realitäten sich stützenden Ausführungen mit den Sätzen: «Das Schweizervolk will weder auf Auto noch auf Ölheizung verzichten. Es ist deshalb auf eine ausreichende Mineralölversorgung angewiesen. Die Binnenschiffahrt kann der Weg sein, um die Mineralölversorgung ohne weitere Inlandraffinerien und Pipelines mit gleichzeitiger Entlastung von Schiene und Strasse umweltgerecht zu lösen.»

E. Stambach, Baden

ARC, eine Methode zur Kostenschätzung und Kostenanalyse

DK 624.9.003.12

Méthode d'analyse raisonnée et d'appréciation rapide du coût de la construction

Von **René Meyrat**, dipl. Bauing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Hochbauforschung ETHZ

Einleitung

Die bisher im Hochbau üblichen Kostenschätzungsmethoden können neuen Bedürfnissen des Planungsprozesses vielfach nicht mehr genügen. Seit einiger Zeit sind daher in der Schweiz und im Ausland Bestrebungen vorhanden, neue, den Bedürfnissen besser angepasste Methoden zu entwickeln. Mit dem Problem der Kostenschätzungsmethoden, das heisst allgemein ausgedrückt, dem Problem, wie aus der Erfahrung bekannte Kostendaten organisiert werden müssen, um bei der Planung verwertet werden zu können, beschäftigen sich in der Schweiz u. a. die Forschungskommission Wohnungsbau (FKW), der SIA, die «Integrierte Baudatensystematik» (BDS) und das Institut für Hochbauforschung an der ETHZ (HBF). Die Methode ARC, die Ing. R. Meyrat am C.S.T.B. studiert hat, ist zweifellos einer der interessantesten und anregendsten Disskusionsbeiträge zu diesem Problemkreis. Sie gehört deshalb mit zu den Grundlagen eines FKW-Auftrages an das HBF, der versucht, eine neue, an schweizerische Verhältnisse angepasste Kostenschätzungsmethode zu entwickeln.

Prof. *H. H. Hauri*, Präsident der ETHZ

1. Allgemeines

Die Methode ARC ist eine Kostenschätzungsmethode für den Wohnungsbau. Sie zeichnet sich vor allem durch ihre Gliederung der Kosten nach der Nutzung und das originelle und einfache Verfahren zur Ermittlung der Wandabwicklung aus. Die Methode ARC wurde von *M. Ch. Noël* und seinen Mitarbeitern am «Centre Scientifique et Technique du Bâtiment» (C.S.T.B.) in Paris entwickelt. Publiziert wurde sie in den «Cahiers du C.S.T.B.»[1]). Obwohl die Methode bisher erst für den Wohnungsbau im einzelnen ausgearbeitet wurde, ist ihr Prinzip universell auf alle Arten von Hochbauten anwendbar. Die Methode besteht derzeit in drei verschiedenen Genauigkeitsstufen für die manuelle Anwendung und in einer EDV-programmierten Variante.

Bisher wurde die Methode vor allem vom C.S.T.B. für die Projektbeurteilung im sozialen Wohnungsbau angewendet; in ihrer programmierten Form wird sie in letzter Zeit in steigendem Masse von privaten Planungsbüros benützt.

Wir werden versuchen, die wichtigsten Merkmale der Methode herauszuarbeiten. Einzelheiten, die zwar zum Arbeiten mit der Methode unerlässlich sind, für das Grundsätzliche der Methode aber nicht, werden weggelassen oder nur angetönt.

Die Methode kennt zwei Zielsetzungen: Erstens soll sie es erlauben, auf rechnerischem Weg mit möglichst wenigen, leicht erhältlichen Informationen (wie zum Beispiel der Zimmerzahl, der Grundrissfläche, der Fassadenabwicklung, der Geschosszahl usw.) den Preis eines Bauwerkes möglichst präzis bestimmen zu können. Während des eigentlichen Rechenprozesses soll auf die Konsultation von Plänen und Beschrieben verzichtet werden können. Dadurch wird es möglich, die Berechnungen der Methode für die elektronische Datenverarbeitung zu programmieren. Die Methode soll für die verschiedenen Projektentwicklungsstufen anwendbar sein (Programmbereinigung, Vorprojekt, Projekt, Detailprojekt). Je nach dem in diesen Stufen gewünschten Genauigkeitsgrad richtet sich die erforderliche Menge der zu verarbeitenden Informationen. Zweitens soll die Methode es erlauben, die Konsequenzen der einzelnen den Bau bestimmenden Massnahmen kostenmässig zu erfassen als Grundlage der entsprechenden Entscheidungen.

Die Methode ARC verwirklicht diese Ziele auf folgende Art:

a) Durch die Definition verschiedener Stufen von baulichen Einheiten;
b) Durch die Bildung von Koeffizienten, die einerseits eine Aussagekraft über die Geometrie des Baues haben und anderseits eine einfache Kostenermittlung erlauben. Je nach der gewünschten Präzision bzw. je nach den zur Verfügung stehenden Informationen können diese Koeffizienten exakt berechnet, aus der Erfahrung geschätzt oder mit einem statistischen Mittelwert belegt werden.

2. Kurze Einführung in die Prinzipien der Methode ARC

2.1. Die Definition der baulichen Einheiten

2.11. Allgemeines

Jede Kostenschätzungsmethode bestimmt die Gesamtkosten (P) eines Baues als Summe der Produkte von Einheitspreisen (p_i) mit den entsprechenden Mengen dieser Einheiten (q_i):

$$P = \sum_{i=1}^{n} q_i p_i$$

wobei n = Anzahl der vorhandenen Einheiten

Zuerst und hauptsächlich besteht das Beschreiben und Entwickeln einer Kostenschätzungsmethode im sinnvollen Definieren der zu verwendenden Einheiten. So wird zum Beispiel in der traditionellen Kostenschätzungsmethode der Kubikmeter umbauten Raumes oder der Quadratmeter einer nach gewissen Regeln definierten Fläche als Einheit definiert; für die Bauabrechnungen sind die Einheiten die nach Arbeitsgattungen gegliederten Teilleistungen der Unternehmer.

2.12. Die Einheiten der Methode ARC

Wie bereits erwähnt, unterscheidet die Methode ARC verschiedene Stufen von Einheiten:

– Die gesamten Baukosten eines Baues werden über die Stufe der «mittleren Wohnung» berechnet.

[1]) Cahier 714, livraison No. 82, octobre 1966. Cahier 818, livraison No. 94, octobre 1968. «Build» No. 9, novembre 1969. Cahier 951, livraison No. 109, mai 1970. Cahier 952, livraison No. 110, juin 1970.

– Die «mittlere Wohnung» stellt einen fiktiven Begriff dar, unter dem die Gesamtheit aller zur Berechnung des Baues notwendigen Grössen je Wohnung zu verstehen ist, deren numerische Summe je Haus durch die Anzahl der darin enthaltenen Wohnungen dividiert werden:

$$P_{Haus} = N \times P_t$$

wobei P_{Haus} = totale Baukosten des Hauses
N = Anzahl der Wohnungen
P_t = Kosten der «mittleren Wohnung»

– Die «mittlere Wohnung» wird aufgeteilt in die «eigentliche Wohnung» (alle Räume, die sich hinter der Wohnungstüre befinden) und in die «Nebenräume», die ihrerseits in Gruppen von Räumen gleicher Funktionen gegliedert sind:

$$P_t = P_c + P_{OHC}$$

wobei P_t = Kosten der «mittleren Wohnung»
P_c = Kosten der «eigentlichen Wohnung»
P_{OHC} = Kosten des Nebenraumanteiles derselben

$$P_{OHC} = P_p + P_a + P_g + P_{G1} + P_{G2}$$

wobei P_p = Kosten der privaten Nebenräume
P_a = Kosten der kollektiven Verkehrsräume
P_g = Kosten der kollektiven Nebenräume
P_{G1} = Kosten der allgemeinen Arbeiten
P_{G2} = Kosten der Lifte

– Sowohl die «eigentlichen Wohnungen» als auch die «Nebenräume» werden aufgeteilt in
  – die Gruppe der vertikalen Elemente
  – die Gruppe der horizontalen Elemente
  – die Gruppe der Ausrüstungen

Der Preis der «eigentlichen Wohnung» berechnet sich somit zu:

$$P_c = P_L + P_H + P_N$$

wobei P_c = Kosten der «eigentlichen Wohnung»
P_L = Kosten der entsprechenden vertikalen Elemente
P_H = Kosten der entsprechenden horizontalen Elemente
P_N = Kosten der entsprechenden Ausrüstung

Jede dieser Elementgruppen wird nach funktionellen Gesichtspunkten weiter unterteilt. Aus diesen funktionellen Elementen werden nun die Preise aufgebaut, wobei die Elementeinheitspreise als bekannt vorausgesetzt werden.

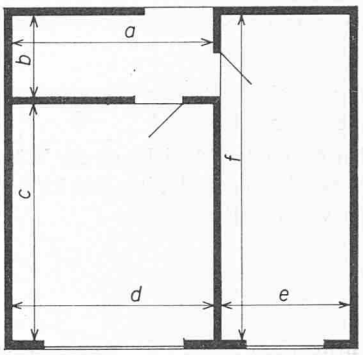
2.2. Die Berechnung der Kosten

2.21. Die Berechnung der Kosten der «eigentlichen Wohnung»

2.211. Die Berechnung der Kosten der vertikalen Elemente P_L:

$$P_L = h \times D_L \times r_L$$

wobei P_L = Kosten der vertikalen Elemente
h = Geschosshöhe
D_L = totale innere Wandabwicklung der «eigentlichen Wohnung» (Wände, die die Räume der «eigentlichen Wohnung» voneinander trennen, werden doppelt gezählt. Vgl. Skizze)
r_L = Durchschnittlicher Quadratmeterpreis der vertikalen Elemente (für Innenwände der Quadratmeterpreis der halben fertigen Wand)



2 (a+b+c+d+e+f) = totale innere Wandabwicklung

2.2111. Berechnung der Wandabwicklung D_L

Es lässt sich mathematisch beweisen, dass die Abwicklung bei gegebener Raumaufteilung proportional zur Wurzel der Wohnungsfläche ist:

$$D_L = \tau \sqrt{S}$$

wobei τ = Abwicklungskoeffizient
S = totale Wohnfläche der «mittleren Wohnung»

Der Koeffizient τ lässt sich mathematisch exakt aus den folgenden Angaben berechnen: Anzahl der Räume der «mittleren Wohnung», relative Grösse der Räume zueinander, Form der Räume.

Für die praktische Anwendung kann man Vereinfachungen einführen, ohne die Präzision unzulässig einschränken zu müssen. Im wesentlichen können wir zwei Stufen von Vereinfachungen unterscheiden:

a) Berechnung von τ als Summe der Abwicklungskoeffizienten von Raumgruppen:

$$\tau = \tau' + \tau'' + \tau''' + \tau''''$$

wobei: τ' = Abwicklungskoeffizient der Wohn- und Schlafräume
τ'' = Abwicklungskoeffizient der Küchen und Badezimmer
τ''' = Abwicklungskoeffizient kleiner Räume (WC, Verkehrsflächen)
τ'''' = Abwicklungskoeffizient kleinster Räume (Wandschränke, Schächte usw.)

Die Abwicklungskoeffizienten berechnen sich aus:
– dem Flächenanteil der betreffenden Gruppe bezüglich der Wohnungsfläche;
– der Zahl der Räume pro Gruppe;
– der mittleren Form der Räume pro Gruppe (da der Einfluss der Form auf τ minimal ist, kann dafür ein Mittelwert angegeben werden. Die Berechnung im Einzelfall entfällt).

b) Ermittlung von τ aus einer graphischen Darstellung, in der der Wert als Funktion der Zimmerzahl und der Anzahl kleiner und kleinster Räume direkt abgelesen werden kann.

Auch mit dieser extrem vereinfachten Methode wird in Normalfällen eine genügende Genauigkeit erreicht.

c) In der Publikation vom Juni 1970 wird die Grösse u eingeführt. Sie ist definiert als

$$u = \frac{\tau}{\sqrt{S}}$$

Es hat sich statistisch gezeigt, dass die Grösse u nur wenig variiert (1,2 ÷ 1,9) und für die im französischen sozialen Wohnungsbau vorgeschriebenen Minimalflächen praktisch unabhängig von der Zimmerzahl der Wohnung ist. Zur Bestimmung

von u wird analog das unter b) beschriebene Verfahren angewendet.

2.2112. Berechnung des durchschnittlichen Quadratmeterpreises der vertikalen Elemente r_L

Wenn wir als t_i den Anteil der Abwicklung der Wände i an der Gesamtabwicklung bezeichnen und mit r_i den Einheitspreis dieser Wand, so können wir schreiben:

$$r_L = \sum_{i=1}^{n} t_i r_i$$

oder konkret für die Anwendung:

$$r_L = t_F r_F + t_B r_B + t_R r_R + t_C r_C$$

wobei Index F : Fassade
R : Tragmauern
C : Trennwände
B : Giebelwände

Zur Berechnung der Anteile t_i liefert die Methode ARC einfache Berechnungsmethoden. Im folgenden werden die Daten aufgeführt, die zur Berechnung der verschiedenen Anteile erforderlich sind:

t_F : Fassadenlänge

t_B : Haustiefe

t_R : Anzahl der nur durch Tragwände gebildeten Räume, deren Form und relative Grösse oder:
für eine vereinfachte Berechnung, die Spannweiten der kleinsten dieser Räume oder:
nur ein mittlerer Vorgabewert

$t_c = 1 - t_F - t_R - t_B$

2.212. Die Berechnung der Kosten der horizontalen Elemente

Wir können schreiben:

$$P_H = S \times r_H$$

wobei P_H = Kosten der horizontalen Elemente
S = Wohnfläche
r_H = durchschnittlicher Quadratmeterpreis der horizontalen Elemente

2.2121. Die Berechnung des durchschnittlichen horizontalen Quadratmeterpreises r_H

Wir wollen an dieser Stelle nur den Normalfall einer Eisenbetondecke berücksichtigen und stellen dabei fest:

r_H setzt sich zusammen aus
- den Kosten für den Bodenbelag
- den Kosten für den Unterlagsboden
- den Kosten für die Tragkonstruktion
- den Kosten für den Deckenverputz

a) Bodenbelag, Unterlagsboden und Deckenputz: Der Preis kann als Durchschnittspreis berechnet werden. Die dazu nötigen Preiselemente sind bekannt (Preise und Anteile der Räume an der Gesamtfläche, auf die r_H bezogen wird).

b) Tragkonstruktion: Der Preis lässt sich bestimmen aus Faktoren, die von der Spannweite unabhängig sind (Betonpreis, Schalungspreis), und aus Faktoren, die von der Spannweite abhängig sind (Armierung, Mehrstärke).

In der Methode wird die Abhängigkeit der Preise von der Spannweite ($r_H = f(l)$) in einer graphischen Darstellung gegeben. Um diese Darstellung bei verschiedenen Spannweiten in einem Haus brauchen zu können, wurde eine vereinfachte Berechnung einer mittleren Spannweite (l'_m) entwickelt:

$$r_H = f(l'_m) = \frac{f(l_1) + f(l_2) + f(l_3) + \ldots f(l_n)}{n}$$

Für die Bestimmung von l'_m steht eine graphische Darstellung zur Verfügung

2.213. Die Berechnung des Ausrüstpreises P_N

Unter dem Ausrüstungspreis P_N versteht man die Summe der Kosten aller Elemente, die weder zur Oberfläche noch zur Wandabwicklung proportional angenommen werden können:
- sanitäre Apparate und Installationen
- elektrische Apparate und Installationen
- Küchenausrüstung
- Türen, Fenster[2]) und Sonnenschutz

Prinzipiell sind hier keine Vereinfachungen möglich. Die Preise der einzelnen fertig eingebauten oder montierten Ausrüstungsgegenstände müssen von Fall zu Fall einzeln gezählt und addiert werden.

Um diese Berechnungen trotzdem zu vereinfachen, gibt die Methode ARC für diese Elementgruppe Voranschlagskosten an, die nach der Zimmerzahl und dem gewünschten Ausbaukomfort geordnet sind. Die Berechnung kann sich dann, wenn sie genauer sein soll, darauf beschränken, die Differenz zum theoretischen Voranschlag zu ermitteln.

2.22. Die Berechnung der Kosten der «Nebenräume»

Wie schon oben gesagt, werden Nebenräume gleicher Funktionen zu Gruppen zusammengefasst und die Kosten in der Folge für den «mittleren Raum»[3]) der betreffenden Gruppe gerechnet. Diese Berechnung ist grundsätzlich analog der Berechnung der «eigentlichen Wohnung», nur sind je nach der Gewichtung der einzelnen Raumgruppen weitergehende Vereinfachungen zulässig.

So gibt es für alle Gruppen von Nebenräumen graphische Darstellungen, die den Preis des «mittleren Raumes» direkt als Funtion seiner horizontalen Fläche und seiner Form angeben (wobei allerdings die mittels anderer Verfahren berechneten Elementeinheitskosten bereits berücksichtigt sind!).

3. Entwicklung

Die Entwicklung der Methode ARC ist noch nicht abgeschlossen, vielmehr steht sie an ihrem Anfang. Neben der Erweiterung ihrer Anwendung auf Schul-, Geschäfts- und Hotelbauten stehen folgende möglichen Entwicklungen im Vordergrund:
- Ausscheidung von weiteren Konstanten auf theoretischem und statistischem Weg, um zu einer weitergehenden Vereinfachung des Berechnungsganges zu gelangen;
- Koppeln der ARC-Berechnungen mit anderen für die Planung, Projektierung und Ausführung notwendigen Berechnungen (statische, thermische Bemessungen usw.);
- spezialisierte Methoden für besondere Bauaufgaben;
- Kostenanalyseuntersuchungen;
- Anwendung der Methode in nicht französischen Verhältnissen, mit anderen Bauformen, Standards und Einheitspreisen.

[2]) Für französische Verhältnisse können die Fenster in den Fassaden integriert werden, da der Preis eines Fensters pro m² und der Preis der Fassade pro m² ungefähr gleich gross sind.

[3]) Seine Kenngrössen werden analog zur «mittleren Wohnung» berechnet, aus der Summe der für diese Raumgruppe massgebenden Grössen, dividiert durch die entsprechende Anzahl der Räume.

Adresse des Verfassers: *René Meyrat*, dipl. Ing. ETH, Wissenschaftl. Mitarbeiter am Institut für Hochbauforschung ETHZ, 8006 Zürich, Nelkenstrasse 11.