

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 21 (1975)

Artikel: Bauformen und Arbeitsaufwand bei der Herstellung einer Konstruktion

Autor: Wolkow, W.W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-18786>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.10.2024

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

Bauformen und Arbeitsaufwand bei der Herstellung einer Konstruktion

Design of a Construction and Shop Fabrication

Conception de la construction et travail en atelier

W.W. WOLKOW
ZNI Projektstahlkonstruktion
Moskau, UdSSR

Der technische Fortschritt in der Industrie, die Entwicklung der Herstellungstechnologie und der wachsende Stahlbauumsatz fordern eine weitere Fertigungsgerechtigkeit und eine genauere Analyse des angesammelten Erfahrens für die Herstellung und Projektierung der Konstruktionen.

In den früheren Etappen der Gründung der sowjetischen Schule der Stahlbaukonstruierung wies schon einer der Theoretiker N.S.Streletzkij auf die Notwendigkeit hin, die Fertigungsgerechtigkeit als eine der wichtigsten Bedingungen der rationellen Projektierung zu betrachten.

Heute empfehlen die Unionsberatungen der Metallbauherren durch ihre Entschlüsse eine Massnahmenreihe zu verwirklichen, die auf die Erhöhung der Fertigungsgerechtigkeit der ausarbeitenden Bauarte gerichtet sind, und die veröffentlichten GOSTe sehen eine obligatorische qualitative Bewertung der Fertigungsgerechtigkeit eines Erzeugnisses vor.

In diesem Zusammenhang gilt die Erlernung der Herstellungs- und Formbildungsprozesse als eine erstrangige Aufgabe in der Herstellung der Metallkonstruktionen.

Als Bewertungskriterium der Konstruktionsherstellung wird der Arbeitsaufwand angenommen. Der Arbeitsaufwand ist ein vereinheitlichter materialisierter Kennwert der Bauform, der gleichzeitig das Vergleichskriterium der Bauvarianten ist, d.h. er ist der wichtigste kennwert für

den Vergleich der gleichen Bauarte, die in verschiedenen Werken projiziert und hergestellt werden.

Die im ZNIIProjektstahlbauinstitut durchgeführten Untersuchungen sind den Zusammenhang zwischen der Bauform und dem Arbeitsaufwand festgestellt. Sie erlaubten das mathematische Modell des untersuchten Prozesses. Zu bilden und die Methodik der qualitativen Bewertung der Fertigungsrechtheit der Konstruktionen auszuarbeiten.

Für die Untersuchung des Prozesses und der Ausarbeitung des mathematischen Modells ist die Theorie der Planung der Regressionsexperimente genutzt.

Unter dem Mechanismus der Erscheinung, im Gegensatz zur üblichen Behandlung dieses Terminus, wird keine direkte Untersuchung des Herstellungsprozesses gemeint. Darunter wird der Zusammenhang zwischen dem Arbeitsaufwand bei der Herstellung einer Konstruktion und ihren Kennwerten verstanden, die diesem Zusammenhang entsprechen; diese Kennwerte können hier auch unmittelbar bemessen werden.

Die Bauform eines Teils und der Arbeitsaufwand bei der Herstellung einer Konstruktion werden durch ein mehrdimensionales System der Verschiedenen miteinander verbundenen Faktoren charakterisiert. Die statistische Methode der Anfangswertebearbeitung gibt eine Möglichkeit, Gesetzmässigkeit dort zu entdecken, wo sie nicht offenbar ausgedrückt ist und sie als mathematisches Modell zu formulieren.

Die Methodik der Formulierung dieses Modells stützt sich auf den durchgeführten Untersuchungen und besteht aus folgenden Etappen:

- das Kennenlernen der Konstruktion, das Studieren der Faktoren, die diesen untersuchten Zusammenhang kennzeichnen;
- das Sammeln der statistischen Erstbearbeitungsdaten, die diese Konstruktion und deren Herstellungsprozess kennzeichnen;
- die Bestimmung der Einflussgrösse der Konstruktionsparameter auf den Arbeitsaufwand bei ihrer Herstellung;
- die Findung der analytischen Formel des gewonnenen Modells.

Die Konstruktionsform wird durch folgende Kennwerte charakterisiert:

die Höchstgrösse (x_1), die Masse der Konstruktion (x_2), die Masse des geschmolzenen Metalls (x_3), die Länge der Schweissnähte (x_4), die Detailzahl in der Konstruktion (x_5), die Zahl der gleichzeitig herstellenden Konstruktionen (x_6) und die Regel- und Nutzungsbelastung (x_7).

Das mathematische Modell als eine Funktion von $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_7)$, zeigt, wie der Arbeitsaufwand bei der Herstellung einer Konstruktion und die Kennwerte dieser Konstruktion zusammenhängen. Es wird auch den Charakter der Argumente und deren Einflüssgrösse auf die analysierende Fertigungsgerechtigkeit gezeigt.

Früher für die Wahlbegründung der Kennwerte wurde der Zusammenhang zwischen dem Arbeitsaufwand und jedem einzelnen untersuchenden Kennwert nach folgender Formel bestimmt: $y = f_i(x_i)$, wo $i = 1, 2, 3 \dots 7$.

Die durchgeführte Analyse erlaubte einen quantitativen Einfluss jedes einzelnen kennwertes auf den Arbeitsaufwand auszudrücken, den Charakter und den Zusammenhang dazwischen zu bestimmen und die Wahl der Kennwerte für das mathematische Modell zu begründen. Die gewonnenen bei der Doppelanalyse Kennwerte der Regression widerspiegeln aber keinen wahren Wert des Zusammenhanges zwischen den Konstruktionskennwerten und dem Arbeitsaufwand. Um die Einflüssgrösse immer genauer zu bestimmen, wird eine regressive Mehrkennwertanalyse durchgeführt.

Das Mehrkennwertenmodell wird als folgende Formel bezeichnet:

$$y = a + \sum_{i=1}^7 b_i x_i, \quad \text{wo}$$

y = mittlerer Wert des Arbeitsaufwandes,
Mann/Stunde

b_i = Kennwert der Regression

x_i = Kennwerte, die diese Konstruktion
kennzeichnen

a = freie Mitglied der Gleichung

Das Modell gibt eine Möglichkeit, den quantitativen Einfluss aller zusammenhängenden Kennwerte auf den Arbeitsaufwand auszudrücken; es erlaubt auch die Gesetzmässigkeit der Änderung dieses Einflusses zu verfolgen. Es kann aber auf die Gemeinsamkeit der Lösung der gestellten Aufgabe nicht beanspruchen, denn je näher die Ausführung eines Ergebnisses ist, desto beschränkter ist die Möglichkeit der Benutzung.

Die Anwendung des Ähnlichkeitsgesetzes erlaubt in bestimmten Grenzen die Ergebnisse des Einzelversuches auf die Ähnlichkeit der Konstruktionsform zu verbreitern. Dadurch ist die Verbindung zwischen den Gesamtheiten von Kennwerten, die den Untersuchungsprozess bestimmen, gefunden. Freilich, in diesem Fall werden die Prinzipien einer Annäherungsähnlichkeit benutzt. Das Erhalten der Ähnlichkeitsbedingungen ist auf der Analyse der Konstruktionskennwerte begründet.

Die Ähnlichkeitsbedingung ist eine Kombination von Kennwerten $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$, die als folgende Formel aussieht:

$$\prod_{i=1}^7 x_i^{z_i} = c / x_1^{z_1} / x_2^{z_2} / x_3^{z_3} \dots$$

$\dots / x_i^{z_i}, \text{ wo}$

c = dimensionsloser Wert;

z = Zahlen, bei denen der Kriteriumwert dem Null gleich ist;

i = 1, 2, 3, ... 7.

Es werden auch folgende Kriterien bestimmt, die für alle ähnliche Prozesse eine stabile Bedeutung bewahren:

$$\Pi_1 = \frac{y}{y_0};$$

$$\Pi_2 = \frac{x_5}{x_6};$$

$$\Pi_3 = \frac{x_1^3 \cdot x_3 \cdot x_7}{x_2^2 \cdot x_4};$$

$$\Pi_4 = \frac{x_2 \cdot x_3}{x_4 \cdot x_1^3 \cdot x_7^2};$$

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben ein mathematisches Modell, das in einer Stufenabhängigkeit ausgedrückt ist. Dieses Modell erlaubt die 8 dimensionalen Kennwerte durch die 4 dimensionslosen Kriterien zu ersetzen und die Gesetzmässigkeiten des untersuchten Prozesses zu entdecken:

$$\Pi_1 = k \Pi_2^{\beta_1} \cdot \Pi_3^{\beta_2} \cdot \Pi_4^{\beta_3}$$

Die Formalisierung der Versuchsergebnisse sichert dem Modell eine Gemeinsamkeit der Lösung; das erhöht seinen Erkenntniswert.

Für eine konkrete Konstruktion werden die wahren Grössen ihrer Parameter in das Modell substituiert. Dieses Modell hat einen hohen Grad der Gemeinsamkeit und gleichzeitig ist es genügend konkret.

Es wurden die stahlbinder aus dem warmgewalzten Winkelstahl untersucht.

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben die Gleichungen der Regression, die den Zusammenhang zwischen dem Arbeitsaufwand und den Kennwerten des stahlbinders zeigen.

Kennwerte eines Stahlbinders und Arbeitsaufwand bei seiner Herstellung

Gleichung der Regression	Korrelationsbeiwert	Richtigkeit des Korrelationsbeiwertes	Anteil des Arbeitsaufwandes, je nach der Veränderung des untersuchten kennwertes
$y = -8,5 + 3,1 x_1$	0,680	7,66	72,0
$y = 3,6 + 0,011 x_2$	0,915	18,66	88,0
$y = 5,7 + 0,1 x_3$	0,880	15,58	81,0
$y = 4,2 + 0,31 x_4$	0,875	14,91	85,0
$y = 18,5 + 0,15 x_5$	0,417	3,79	40,0
$y = 31,3 - 0,04 x_6$	-0,267	2,29	2,0
$y = 29,8 + 0,008 x_7$	0,100	0,89	2,0

Die Abhängigkeiten nach den Angaben vieler Werke (etwa 900 Stahlbinder) haben gezeigt, dass die Masse einer Konstruktion und der Arbeitsaufwand bei ihrer Herstellung am tiefsten und stabil verbunden sind.

$$y = -0,11 + 0,012 x_2$$

$$y = 7,1 + 0,009 x_2$$

$$y = 6,4 + 0,007 x_2$$

$$y = 6,2 + 0,009 x_2$$

$$y = 3,6 + 0,011 x_2$$

$$y = 8,0 + 0,008 x_2$$

$$y = 3,9 + 0,008 x_2$$

$$y = 9,4 + 0,006 x_2$$

$$y = 5,4 + 0,008 x_2$$

Einige Verschiedenheiten des Einflusses dieser Kennwerte auf den Arbeitsaufwand bei der Herstellung einer Konstruktion ($0,06 + 0,012$) sind mit den Besonderheiten der Struktur des Arbeitsaufwandes in den Stahlbaubetrieben verbunden.

Die bei der Doppelanalyse gewonnenen Beiwerte der Regression geben keine klare Vorstellung über den Zusammenhang zwischen den Kennwerten einer Konstruktion und dem Arbeitsaufwand bei ihrer Herstellung wieder. Das beweist die untersuchte Veränderlichkeit des Beiwertes einer Regression von der Zahl der Kennwerte dieser Konstruktion.

$$y = 3,6 + 0,011 x_2 \quad (1)$$

$$y = 4,65 + 0,007 x_2 + 0,109 x_4, \quad (2)$$

$$y = 3,1 + 0,0065 x_2 + 0,12 x_4 + 0,195 x_5 \quad (3)$$

$$y = -6,6 + 0,005 x_2 + 0,68 x_1 - 0,0115 x_3 + \\ + 0,155 x_4 + 0,044 x_5 - 0,008 x_6 - 0,0001 x_7 \quad (4)$$

Nach der Gleichung (1), die nur einen Kennwerte (Masse der Konstruktion) enthält, die Änderung der Masse für 1 kg führt zur Vergrößerung des Arbeitsaufwandes um 0,011 Mann/Stunde. In Gleichungen (2) und (3), die mehrere Kennwerte enthalten, die Beiwerte der Regression bei x_2 vermindern entsprechend bis 0,007 und 0,0065 Mann/Stunde. Die Untersuchung aller Kennwerte (4) erwies, dass eine Änderung der Masse für 1 kg zur Änderung des Arbeitsaufwandes für 0,005 Mann/Stunde führt.

Das die Beiwerte der Regression vor dem Kennwert einer Konstruktion verschieden sind, wird dadurch erklärt, dass dieser Kennwert vom verborgenen Zusammenhang der nicht berücksichtigten Faktoren frei ist. Das beweist auch die Notwendigkeit, eine mehrfaktorische Analyse zu verwenden, die erlaubt, diesen Zusammenhang genauer zu formulieren.

Die zahlreichen Kennwerte boten eine Möglichkeit, das quantitative Modell der untersuchenden Erscheinung (4) in aller aufgegebenen Einzelheiten aufzubauen. Aber die gewonnene Abhängigkeit erwies sich als potenzielle Quelle der Begrenzung des Modells eines untersuchenden Zusammenhanges, da je genauer die Ausführung eines Modells ist, desto mehr ist die Möglichkeit seiner Anwendung begrenzt.

Die Ähnlichkeits- und Dimensionstheorie erlauben im grossen Umfang diese Widersprüche zu beseitigen, die Variablenzahl in der Gleichung zu verkürzen und die Aufgabe in grossen Zügen für die unlinearen vielheitigen Regressionen zu lösen.

Die durch dimensionslose Ähnlichkeitskriterien ausgedrückte Abhängigkeit hat folgende Form:

$$\Pi_1 = 0,174 \cdot \Pi_2^{0,083} \cdot \Pi_3^{-0,233} \cdot \Pi_4^{-0,164}$$

Sie charakterisiert die Gesetzmässigkeit der Veränderung des Arbeitsaufwands bei der Herstellung einer Konstruktion in Abhängigkeit von den Veränderungen der Kennwerte einer Konstruktionsform.

Die in dimensionslosen Kriterien realisierte und als Nomogramm dargestellte Abhängigkeit ist ein Rechenmittel, mit dessen Hilfe bei der Projektierung durch die grafische Interpolation die Veränderung eines Arbeitsaufwands bestimmen kann, die bei den beliebigen Kennwertänderungen einer Konstruktionsform in bestimmten Grenzen verläuft. Dank der Vereinigung einer grossen Zahl von Kennwerten, kann diese Abhängigkeit die Dynamik des Arbeitsaufwands bei der Änderung der Konstruktionsform ziemlich genau widerspiegeln, was auch das Rechenmodell dem realen Prozess nähert.

ZUSAMMENFASSUNG

Durch diesen Beitrag soll die Methodik der Ermittlung der empirischen Werte vorgestellt werden. Diese Werte vermitteln den Zusammenhang zwischen den konstruktionstechnologischen Faktoren; es wird das mathematische Modell des Zusammenhanges zwischen den Bauformen und dem Arbeitsaufwand angegeben, das in dimensionslosen Kriterien des Aehnlichkeitsgesetzes realisiert wird. Das Modell ist für die Registrierung der technologischen Forderungen im Projektierungsstadium bestimmt.

SUMMARY

The author presents methods for determining empirical values for relations between various technological factors of a construction. A mathematical model describes the relation between the construction design and shop fabrication, with the help of dimensionsless criteria from the similarity law. The model considers existing conditions at the time of design.

RESUME

L'auteur présente les méthodes de détermination des valeurs empiriques qui donnent les relations entre les divers facteurs technologiques de la construction. On présente le modèle mathématique décrivant la relation entre la conception constructive et le travail en atelier, modèle exprimé par les critères sans dimensions de la loi de similitude. Le modèle est adapté aux conditions existant au stade de l'étude.