

EINE ANALYSE VON ZYKLISCHEN SYSTEMEN UNTER UNBESTIMMTHEITSBEDINGUNGEN

O. Kapliński

To cite this article: O. Kapliński (1995) EINE ANALYSE VON ZYKLISCHEN SYSTEMEN UNTER UNBESTIMMTHEITSBEDINGUNGEN, *Statyba*, 1:1, 93-101, DOI: [10.1080/13921525.1995.10531505](https://doi.org/10.1080/13921525.1995.10531505)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1995.10531505>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 50

EINE ANALYSE VON ZYKLISCHEN SYSTEMEN UNTER UNBESTIMMTHEITSBEDINGUNGEN

O. Kapliński

1. Zyklische Systeme im Bauwesen

Eine Reihe von Bauprozessen sind durch sich wiederholende technologische Tätigkeiten gekennzeichnet. Sie sind abhängig von der Realisierung vorgelagerter oder nachfolgender Stufen. Als Beispiel für zyklische Prozesse können genannt werden: Transportprozesse, das Zusammenwirken von Lademaschinen mit Transportmitteln, das Auswechseln von Formen in der Betonfertigteilproduktion u.s.w.. Als Attributmerkmal für harmonisierte Bauprozesse läßt sich folgende Bedingung schreiben:

$$\mu_1 \approx \mu_2, \dots, \mu_i, \dots, \approx \mu_N$$

mit μ_i - Intensität des Prozesse, $i = 1, 2, \dots, N$,

N - Zahl der Prozesse.

Für zyklische Prozesse (oder Systeme) besteht das Verhältnis

$$\mu_{N+1} = \mu_i.$$

Im Spezialfall $N = 2$ ist $m = \frac{\mu_1}{\mu_2}$ ($\mu_1 < \mu_2$)

die Zahl der Parallelstellen und Brigaden oder

$$m^* = \frac{\mu_1 + \mu_2}{\mu_1}$$

die Zahl der zirkulierenden Transporteinheiten; $i = 1$ Fahrt, $i = 2$ Beladung.

In einer deterministischen Fassung machen die o.g. Ausdrücke keine größeren Berechnungsschwierigkeiten. In der stochastischen Fassung jedoch, müssen sie den erforderlichen Bedingungen entsprechen. Es besteht dann die Möglichkeit der Abbildung zyklischer Prozesse durch Bedienungssysteme (Warteschlagentheorie) oder mit Hilfe eines beschränkten Forderungsstromes.

2. Unbestimmtheit

Die sich ständig ändernde Spezifik der Bauprozesse, die Schwierigkeiten bei der Beschaffung eines wahrhaftigen statistischen Materials bedingen, daß die Bauproduktion tatsächlich unter den Bedingungen einer Bestimmtheit realisiert wird (vgl. [1], [5], [7], [8], und [12]). Sie sind charakterisiert durch das Auftreten mindestens eines Parameters, der nur durch die Form einer Wertmenge, die er annehmen kann, bestimmt wird (vgl. [6], [10], [11] und [13]).

3. Analyse des zyklischen Systems

Zum Gegenstand der Analyse werden die zyklischen Systeme, die die Wirkung der Bauprozesse abbilden. Die Analyse hat zum Ziel, eine Harmonisierung der Wirkungsweise dieser Systeme und auf dieser Grundlage die Bestimmung folgender Elemente: Maschinenkombination, die Zusammensetzung der Arbeitsbrigaden, die Vorbereitung der Arbeitsfront usw. Da die Analyse auf die Anwendung von strategischen Zwei-Personen-Spielen gegen die Natur basiert, sieht die Verfahrensprozedur wie folgt aus:

- es werden nacheinander zwei benachbarte Prozesse analysiert,
- es erfolgt eine Beschränkung auf zwei Hauptprozessen durch Reduzierung, Zurückführung komplizierter Systeme auf einfache mit zwei Zyklen (Prozessen).

Ein solches Verfahren wird oft in der Praxis benutzt, und es vollzieht sich auf der Grundlage der homomorphen Umwandlungen, bei der Beibehaltung der Regeln der Dekomposition und Synthese des Systems (vgl. Abb. 1 - 4). Beispiele für ein solches Verfahren können in den Abbildungen 1, 2 und 3 verfolgt werden. Die dort dargestellten Beispiele der zyklischen Systeme können auf das Prinzip von Abbildung 4 zurückgeführt werden. Die Abb. 1 zeigt das Zusammenwirken eines Baggers mit Kippfahrzeugen. Dieses System kann auch auf ein ähnliches reduziert werden, wie ein Schubfahrzeug und Schrapper (Abb. 2).

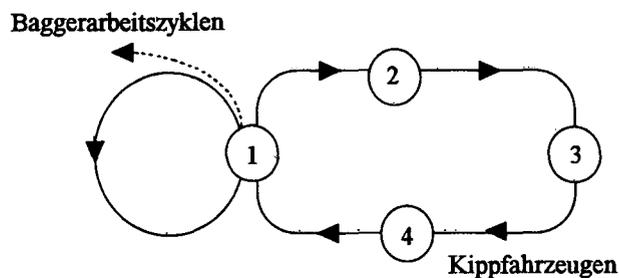


Abb. 1

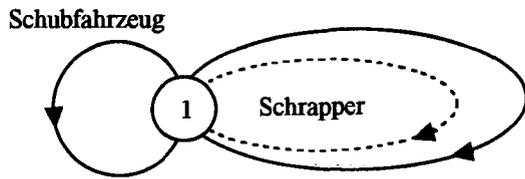


Abb. 2

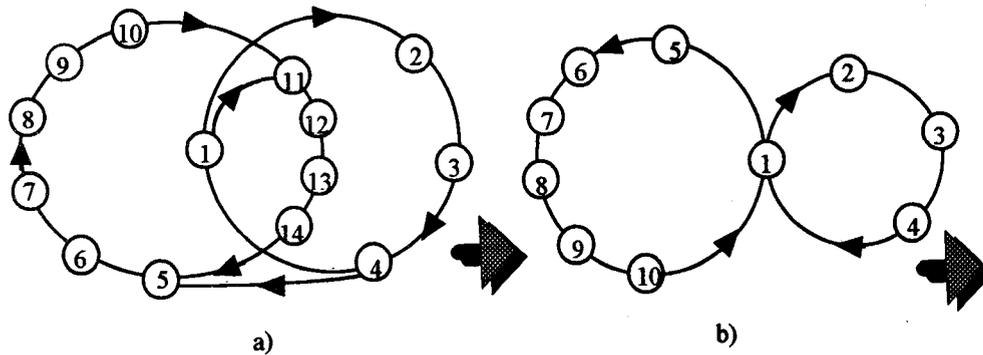


Abb. 3

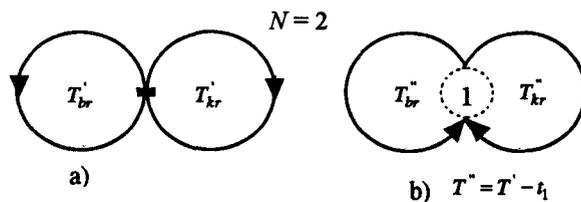


Abb. 4

Die Abbildung 3a stellt ein kompliziertes System dar. Dabei handelt es sich um den Montageprozeß von Tunnelformvorrichtungen beim monolythischen Wohnungsbau. Dabei treten folgende Tätigkeiten auf: 1 - Montage, 2 - Leerlauf, 3- Aufhängung, 4 - Transport, 5 - Schießen, 6 - Justierung, 7 - Wandklammern, 8 - Eckklammern, 9 - Anker, 10 - Keilen und Laschen. Nach dem ersten Reduktionsschritt erhalten wir ein System wie in Abb. 3b und nach dem zweiten wie in Abb.4. Dabei sind: 1 - 4 - Tätigkeiten des Kranes, 5 - 14 - Tätigkeiten der Baubrigade (Team).

Es besteht die Möglichkeit einer Analyse in Anlehnung an die so gen. erschütterte Gleichgewichtserscheinung bei unendlichem Strategie-Repertoire der beiden Spieler. Mit dieser

Methode besteht die Möglichkeit einer Korrektur der Nennbetriebsleistung der beiden Prozesse (Zyklen). Es handelt sich hier um die Erhaltung der ursprünglich angenommenen Leistung. Die Modellierung erfolgt dabei mit Hilfe der Verlustfunktion. Die erschütterte Gleichgewichtserscheinung wird beim Suchen des oberen Spielwertes erreicht. Dieses Verfahren wurde in [2] und [3] dargestellt. Eine für das Bauwesen geeignete Verlustfunktion S , die das Maß des Harmonisierungsmangels beschreibt, kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$S = |W_1 - W_2|$$

Bei Berücksichtigung ökonomischer Aspekte findet die Formel folgende Veränderung

$$S = \begin{cases} C_1(W_1 - W_2), & \text{für } W_1 - W_2 > 0 \\ C_2(W_2 - W_1), & \text{für } W_2 - W_1 > 0 \end{cases}$$

mit C_1, C_2 - Kosten für Haupt- und Hilfsmaschinen. Vorschläge dieser Funktion und der verkürzte Optimierungsprozeß nach dem Wald-Kriterium sind in Tabelle 1 dargestellt.

4. Beispiele der Analyse

Die Analyse wurde auf der Grundlage von Abb. 3 geführt, wobei das System, wie in Abb. 4 dargestellt, reduziert wurde. Für die Analyse bestehen zwei Möglichkeiten:

- Fall 1: wenn uns die ganze Zeit des Prozesses (Zyklus) interessiert; Abb. 4a,
- Fall 2: wenn die Zeit einer engen Zusammenarbeit, z.B. die Tätigkeiten, die als "1" in der Abb. 4b bezeichnet wurden, ausgeschlossen ist.

Die Aufgabe besteht in der Auswahl einer solchen Zahl l_s (z.B. Mitglieder eines Montage-Teams), daß im Zeitraum des zweiten Zyklus (z.B. der Kranarbeit) einen bestimmten Umfang von Tätigkeiten, die geplant worden sind, unter Bedingung eines minimalen Stillstandes, leisten könnte.

Es werden folgende Bezeichnungen eingeführt

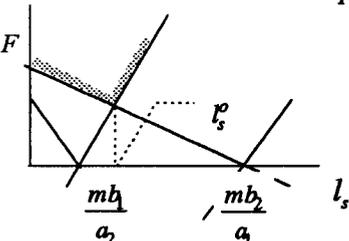
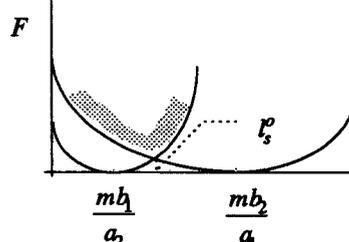
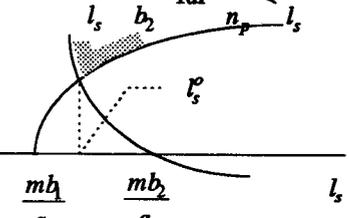
$T_{kr}(l_s)$ - die Zykluszeit des Kranes bei der Montage der Formvorrichtung,

$T_{br}(l_s)$ - die Zeit, in der das Team mit einer Mitglieder-Zahl l_s einen bestimmten Umflug von Tätigkeiten ausübt.

Dan erhalten die Funktionen S_a (vgl. Tabelle 1) folgende Form

$$S = |T_{kr}(l_s)n_p - T_{br}(l_s)n_s|, \quad [\text{h}].$$

Tabelle 1

Funktion der Verluste S	$F = \max S_{n, n_p}$	l_s für $F = \min$
$S_a = Q_i l_s n_s - M n_p $	$Q_i a_2 l_s - b_1 M \text{ für } Q_i l_s n_s > M n_p$ $b_2 M - a_1 l_s Q_i \text{ für } Q_i l_s n_s < M n_p$ 	$\frac{m(b_1 + b_2)}{a_1 + a_2}$ <p>wobei:</p> $m = \frac{M}{Q_i}$ $a_1 \neq 0$
$S_b = (Q_i l_s n_s - M n_p)^2$	$(Q_i a_2 l_s - b_1 M)^2 \text{ für } Q_i l_s n_s > M n_p$ $(Q_i a_1 l_s - b_2 M)^2 \text{ für } Q_i l_s n_s < M n_p$ 	$\frac{m(a_2 b_1 - a_1 b_2 + a_2 b_2 - a_1 b_1)}{a_2^2 - a_1^2}$
$S_c = \left \frac{n_s}{n_p} - \frac{m}{l_s} \right $		$\frac{2m}{\frac{a_2}{b_1} + \frac{a_1}{b_2}}$ $b_1 \gg 0$ $b_2 \gg 0$

M - Exploitations-Leistung der Hauptmaschine,
 Q_i - Exploit.-Leistung der Hilfsmaschine,
 l_s - Anzahl der Hilfsmaschinen
 n_p - Verhältnis der Real-Leistung der Hauptmaschine zu ihrer Exploit.-Leistung während der Arbeitsschicht (Ausnutzungsgrad der Maschine),
 n_p - Ausnutzungsgrad der Hilfsmaschinen,
 a_1, a_2 - min./max.-Wert des n_s -Koeffizientes,
 b_1, b_2 - min./max.-Wert des n_p -Koeffizientes

4.1. Fall 1

Der Verlauf der maximierten Verlustfunktionen gibt keine eindeutige Antwort, wenn es um die optimale Zahl l_s geht. Es existiert kein Schnittpunkt dieser Funktionen, wie er in Abb. 6 oder in Tabelle 1 dargestellt wurde. Es besteht, daher die Notwendigkeit einer Verbindung der Auswahl einer optimalen l_s mit Analyse mehrerer Kriterien.

Das Problem beschränkt sich auf ein strategisches Zwei-Personen-Nullsummenspiel, in dem der Zustand der Natur durch die Kriterienfunktion widerspiegelt wird: Kranleistung, der benötigte Arbeitsaufwand aller ausgeübten Tätigkeiten und Operationen, die Arbeitskosten des ganzen Teams. Da aber die Werteskala und die Maßeinheiten der einzelnen f_k sehr verschieden sind, werden sie dimensionslose Werte überführt:

$$w(m) = \frac{f_k - f_k(m)}{f_k^o}$$

mit f_k^o - Extremwert der Funktion [4].

Die Ergebnisse, für das Laplace- und das Wald-Kriterium, wurden in der Abb. 5 dargestellt.

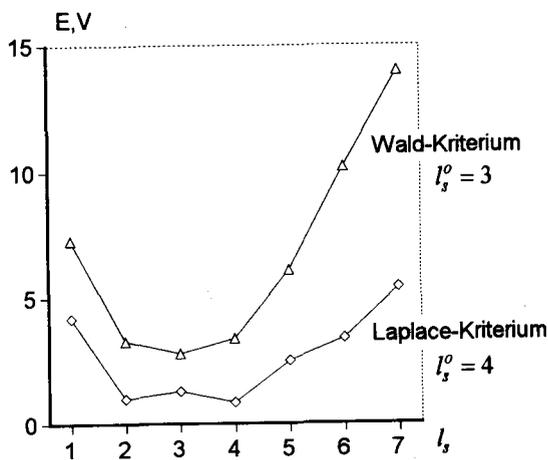


Abb. 5

Das Laplace-Kriterium, das von einem gesamten "Verlust" ausgeht ([5], [8]), weist auf ein 4 Personen starkes Montageteam hin. Die optimale Lösung für das Wald-Kriterium basiert auf dem für dieses Kriterium typischen Optimismus. Im Ergebnis der mehrkriteriellen Entscheidung auf der Basis des Laplace-Kriteriums soll berücksichtigt werden, daß die Umwandlungsregel der Ausgangsmatrix "Auszahlungen" (trotz der ursprünglichen Voraussetzungen) einen Einfluß der einzelnen Kriterien auf

die das Endergebnis betreffende Abhängigkeiten ausüben kann. Zum Gegenstand der Analyse gehört also auch das Problem der Bestimmung der Zahl der in Beracht gezogenen Kriterien, und besonders dort, wo eine eindeutige Grenze nicht auftritt.

4.2. Fall 2

In Übereinstimmung mit der Abb. 4a und den durchgeführten Untersuchungen [9] ist

$$T''_{kr} = 0,091 [h] \text{ bei } n_p \in (0,73; 0,84),$$

$$T''_{br}(l_s) = 0,168 + 0,68 [h] \text{ für } l_s = 1, \dots, 4 \text{ bei } n_s \in (0,44; 2,87).$$

Die Maximalwerte der Verlustfunktion in Bezug auf die Montage einer Tunnelformvorrichtung sind für diesen Fall sehr leicht zu bestimmen und graphisch darzustellen (Tabelle 1). Der Schnittpunkt der Funktionen erscheint für $l_s^o \approx 4$

Die Empfindlichkeitsanalyse für die Optimallösung wurde in Bezug auf das Verhältnis der Kranarbeitskosten zu den Kosten eines Angestellten durchgeführt. Die Ergebnisse für das höchste Harmonisierungsniveau für ein l_s Personen starkes Team in Abhängigkeit von dem genannten Kostenverhältnis, sind in Abb. 6 dargestellt.

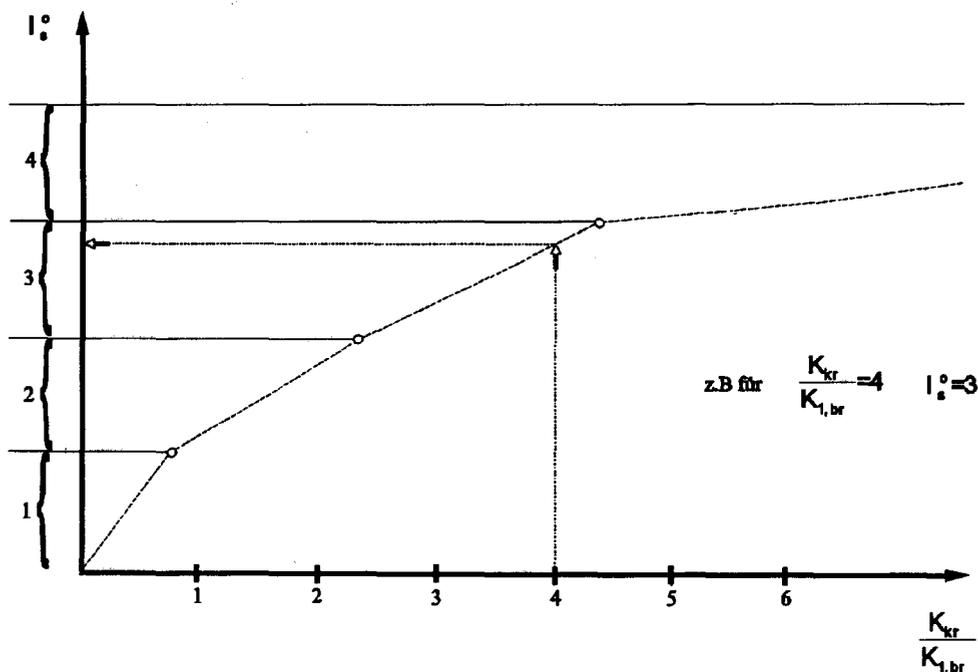


Abb. 6

Es besteht auch die Möglichkeit, die Analyse des Harmonisierungsniveaus nicht nur für die erschütterte Gleichgewichtserscheinung, sondern auch für das vollständige Problem durchzuführen. Wir werden also

nicht nur, wie bisher, eine reine Strategie suchen, die uns eine eindeutige Zahlenstärke I_s ausweist sondern interessieren uns auch für eine optimale Mischstrategie. Praktisch bedeutet dies, daß ein Team mit einer sich verändernden Zahlenstärke eingesetzt werden kann. Die Analysenergebnisse sind überraschend [9].

Das höchste Harmonisierungsniveau für den Fall 2 erhält man z.B. durch die Kombination eines 4-Personen starken Teams (Häufigkeit 86 %) und eines 2-Personen-Teams (Häufigkeit 14 %). Die Überraschung geht vor allem aus einem großen, ungünstigen Wert der Verlustfunktion für ein 2-Personen-Team hervor, daß alle Formvorrichtungen montiert, im Vergleich zu dem Wert der Verlustfunktion für ein 3-Personen starkes Team (das sich trotz des niedrigen Wertes der Verlustfunktion nicht in der optimalen Lösung befand). Aus dem oben genannten geht also hervor, daß ein a priori Ausschließen von manchen Mischstrategien nur auf Grund des Verlaufes der Verlustfunktion für reine Strategien unbegründet ist.

Literatur

1. Höher G.: Ein Beitrag zur Verbesserung der Vorbereitung der Rekonstruktion von Wohngebäuden, Dissertation A, TH Leipzig 1982.
2. Kapliński O., Meszek W.: Die Harmonisierung der Bauprozesse unter den Unbestimmtheitsbedingungen. Berichte vom VII MKÖ, Halle 1982, Band 2b S 59-61
3. Kapliński O., Meszek W.: Catastrophic and strategic aspects of building processes balancing. Journal of Construction Management and Economics, 1992, Vol.10, pp. 81-88.
4. Kapliński O., Hajdasz M., Meszek W.: Dobór brygad roboczych w warunkach nieokreslonosci. Berichte von XXIX. Konferenz KILiW PAN und KN PZITB, Krynica 1983, Band 3, S. 219 - 224.
5. Meszek W.: Harmonizacja procesow budowlanych w warunkach nieokreslonosci. Dissertation A, Technische Universität Poznań, 1989.
6. Owen G.: Game theory. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 1968.
7. Peldschus F., Kapliński O., Meszek W.: Zastosowanie teorii gier w przygotowaniu produkcji budowlanej. Wissenschaftliche Berichte Technische Universität Poznań (Zesz. Nauk. Polit. Pozn., seria Budown. Ladowe), Nr. 34, 1990, S. 181-190.
8. Peldschus F.: Zur Anwendung der Theorie der Spiele für Aufgaben der Bautechnologie, Diss. B, Technische Hochschule Leipzig, 1986.
9. Rapport Nr. 64-061/81: Projektowanie ciagow technologicznych w budownictwie z uwzględnieniem badan niezawodnosci i analizy zjawisk rownowagi. Teil III, Technische Universität Poznań, 1983.

10. Selten R. (Ed.): Game equilibrium models, Vol. II. Methodes, Morals, and Markets. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1991.
11. Zavadskas E., Peldschus F., Kaklauskas A.: Multiple criteria evaluation of projects in construction. TECHNIKA, Vilnius 1994.
12. Zavadskas E.K.-K.: Sistemotechničeskaya ocenka technologičeskich reshenii stroitel'nogo proizvodstva, Strojizdat, Leningrad 1991.
13. Zavadskas E., Kaklauskas A., Bejder E.: Multiple criteria analysis of projects, Aalborg Universitetscenter, Aalborg, 1992.

EINE ANALYSE VON ZYKLISCHEN SYSTEMEN UNTER UNBESTIMMTHEITSBEDINGUNGEN

O. Kapliński

S u m m a r y

This paper presents the problem of balancing specific construction processes with cyclic configuration. The processes of assembly of forming equipment in a monolithic housing building are an example of the consideration. The rules decomposition and synthesis at the production system has been used. Three examples of the loss functions are given. The results of analysis have been compared by means of Laplace's and Wald's criterions.

Der Dank

*Dieser Aufsatz wurde teilweise mit einem Grant aus der Technischen
Universität Poznan No. DS: 11-023/95 unterstützt.*