

EIN BEITRAG ZUR OPTIMALEN AUSLEGUNG VON INSTANDSETZUNGSWERKSTÄTTEN IN KRAFTFAHRZEUGHÖFEN

J. GRÄFENSTEIN

Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« — Dresden
Sektion Fahrzeugtechnik WB Kraftfahrzeugtechnik

Eingegangen am 1. Julius 1983

Vergelegt von Prof. Dr. L. Ilosvai

Summary

This paper gives help in designing and reconstruction of vehicle maintenance-workshops. Based upon comprehensive collection of facts the study sets up relation between the number of vehicles and the specific characteristic of their designing. As a conclusion the paper points out how to estimate the number of vehicle-stands in a particular case.

Die richtige Dimensionierung von Instandsetzungswerkstätten ist eine wichtige Voraussetzung für die Instandsetzung der Kraftfahrzeuge in Kraftfahrzeughöfen. Das gilt für den Bau neuer Höfe, aber auch für die Rekonstruktion vorhandener. Gibt es keine oder nur ungenaue Kennwerte für die Projektierung, besteht die Gefahr, daß die Betriebswerkstätten entweder zu klein projiziert werden und den Anforderungen nicht entsprechen oder sie werden zu groß projiziert. Gerade jetzt kommt es aber besonders darauf an, die finanziellen Mittel und die Baukapazitäten so effektiv wie möglich einzusetzen. Daher war es notwendig, die bekannten Projektierungskenngrößen zu überprüfen und zu ergänzen. Im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftlich-Technischen Zentrum des Kraftverkehrs in Dresden wurden daher vom Wissenschaftsbereich Kraftfahrzeugtechnik der Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« Dresden, Untersuchungen zu Projektierungskennziffern durchgeführt.

Zunächst erfolgte eine statistische Untersuchung. Aus der großen Zahl von neueren Kraftverkehrsbetrieben wurde eine Anzahl für eine Analyse ausgewählt. Da als unabhängige Variable für die Untersuchungen die Zahl der Fahrzeugeinheiten verwendet werden sollte, wurden Wert auf die Auswahl von Betrieben mit unterschiedlichen Fahrzeugbestandszahlen gelegt. Außerdem wurden solche ausgesucht, bei denen der technologische Ablauf gut funktionierte und die Betriebsanlagen und vor allem die Werkstätten die richtige Größe hatten.

Bei der Auswertung des umfangreichen Zahlenmaterials wurde unterschieden in absolute und in relative Flächengrößen. Absolute Flächengrößen geben die Größe der gesamten Fläche eines Kraftfahrzeughofes oder einer

Werkstatt an. Relative Flächengrößen sind auf eine Fahrzeugeinheit bezogen, das heißt, die absolute Flächengröße wurde durch die Zahl der Fahrzeugeinheiten des betreffenden Kraftfahrzeughofes geteilt.

Zum Erkennen von Zusammenhängen zwischen den untersuchten Flächengrößen und der Zahl der Fahrzeugeinheiten wurde eine Regressionsrechnung durchgeführt.

Für die absoluten Werte wurde ein linearer Ansatz nach der Gleichung

$$Y = a + bx \quad (1)$$

gewählt.

Darin bedeuten: x unabhängige Variable
 Y abhängige Variable
 a Konstante
 b Koeffizient der unabhängigen Variablen x

Die Berechnung von b erfolgt nach

$$b = \frac{\sum_{i=1}^k y_i \cdot x_i - \bar{y} \sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^k x_i} \quad (2)$$

Darin bedeuten: \bar{x} arithmet. Mittel aller x_i
 \bar{y} arithmet. Mittel aller y_i

Die Berechnung von a erfolgt nach

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Zur quantitativen Bewertung der Anpassung der Regressionsfunktion an die ermittelten Primärdaten wurde der Korrelationskoeffizient r verwendet.

Nach RICHTER ist:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot y_i - \bar{x} \sum_{i=1}^k y_i}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^k x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^k x_i \right) \left(\sum_{i=1}^k y_i^2 - \bar{y} \sum_{i=1}^k y_i \right)}} \quad (3)$$

Durch die Größe von r wird bekanntlich die Strenge der Annäherung durch die Ausgleichsgerade charakterisiert. Bei streng linearer Abhängigkeit liegen alle ermittelten Werte auf der Geraden. Bei $r = 0$ verteilt sich der Punkthaufen regellos über die gesamte Diagrammfläche.

Außerdem wurden die Konfidenzintervalle und die Toleranzgrenzen errechnet. Die Berechnung der Konfidenzintervalle erfolgt nach der Gleichung

$$Y_{iV\sigma;u} = Y_i \pm t_{f,\alpha} \cdot s_{yi} \quad (4)$$

Dabei bedeuten: Y_{iVo} obere Vertrauensgrenze der Ausgleichsgeraden an der Stelle x_i
 Y_{iVu} untere Vertrauensgrenze der Ausgleichsgeraden an der Stelle x_i
 $t_{f,z}$ Tabellenwert aus der Studentverteilung, ergibt sich aus der Zahl der Freiheitsgrade und der vorgegebenen Wahrscheinlichkeit, nachfolgend 95%, das entspricht $\alpha = 0,05$

$$s_{yi} = \sqrt{s_u^2 \left(\frac{1}{k} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2} \right)} \quad (5)$$

dabei ist:

$$s_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - Y_i)^2}{k - 2} \quad (6)$$

Die Toleranzgrenzen errechnen sich nach

$$Y_{iTO,U} = Y_i \pm t_{f,z} \cdot s_{ei} \quad (7)$$

$$s_{ei} = \sqrt{s_{yi}^2 + s_u^2} \quad (8)$$

$$s_{ei} = \sqrt{s_u^2 \left[\frac{1}{k} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2} \right] + s_u^2} \quad (9)$$

Für die auf die Fahrzeugeinheit bezogenen Größen ließen die in Diagrammform aufgetragenen Werte eine degressiv fallende Tendenz erkennen. Eine nichtlineare Regressionsrechnung wurde durchgeführt, um diese Feststellung zu quantifizieren.

Der Ansatz

$$Y = a + bx \times cx^2 \quad (10)$$

der rechentechnisch günstig ist, da er als lineare Mehrfachkorrelation durchgeführt werden kann, führte nicht zum gewünschten Erfolg.

Die Verwendung der Ansätze

$$Y = b \left(\frac{1}{x} \right)^a + K \quad (11)$$

und

$$Y = be - ax + K \quad (12)$$

ermöglichte, nachdem $K = 0$ gesetzt wurde, durch Logarithmieren die Berechnung wie eine lineare Korrelation.

Aus Umfangsgründen soll auf eine ausführliche Darlegung des Rechenweges verzichtet werden. Zur Quantifizierung der Güte der Anpassung dient das Bestimmtheitsmaß B

$$B = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2} \quad (13)$$

Der Korrelationskoeffizient r errechnet sich zu

$$r = \sqrt{B} \quad (14)$$

Die Rechnung wurde jeweils für beide Ansätze durchgeführt.

Hierzu einige Ergebnisse:

Abb. 1 zeigt die Diagrammpunkte für die Gesamtgebäudefläche für Instand-

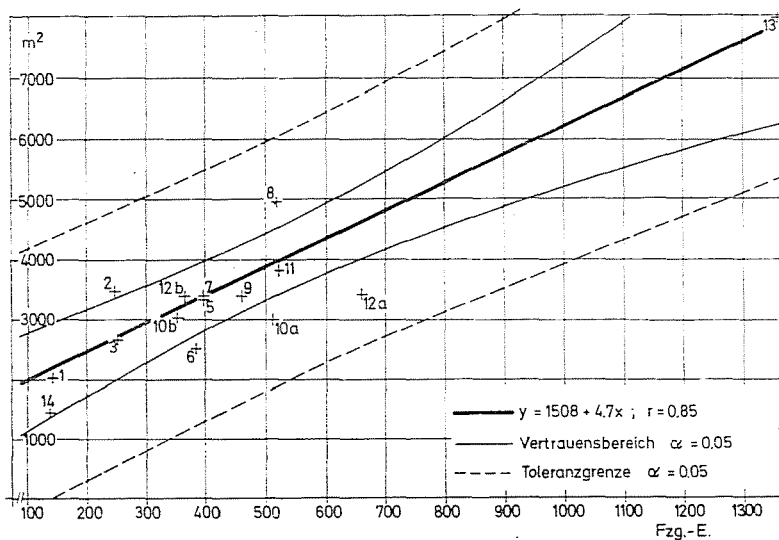


Abb. 1

haltung als Funktion der Zahl der Fahrzeugeinheiten. Die Regressionsgerade hat die Funktion

$$Y = 4,7x + 1508 \quad (15)$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt

$$r = 0,85 \quad (16)$$

Abb. 2 zeigt die absoluten Flächen der Nebenwerkstätten als Funktion der Zahl der Fahrzeugeinheiten. Die lineare Regressionsrechnung ergab eine Gerade mit

der Gleichung

$$Y = 1,457x + 239 \quad (17)$$

Der Korrelationskoeffizient ergibt sich zu

$$r = 0,88 \quad (18)$$

Abb. 3 zeigt die Fläche des Batteriewartungsraumes, bezogen auf die Fahrzeug-einheit als Funktion der Zahl der Fahrzeugeinheiten. Es wurden die Ansätze

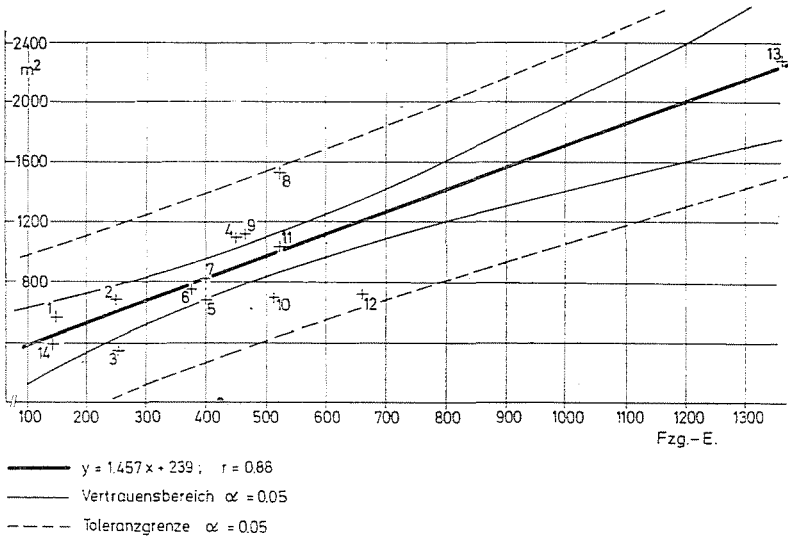


Abb. 2

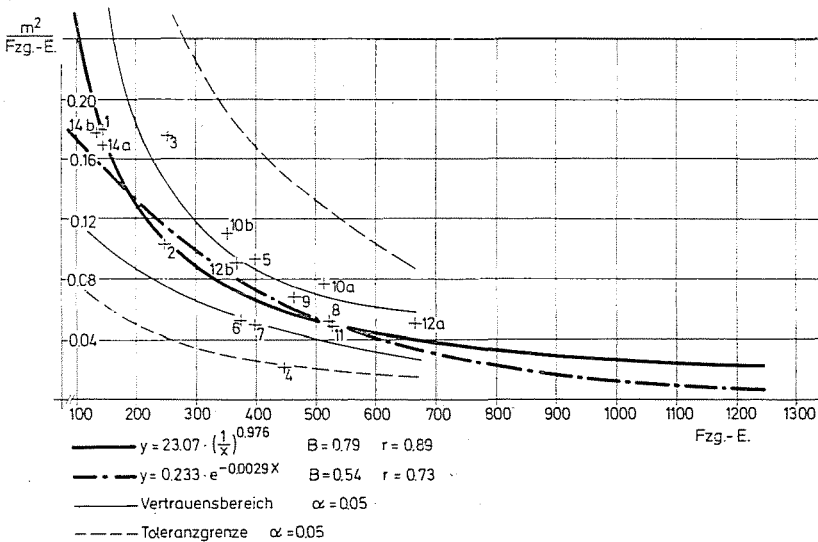


Abb. 3

nach den Gleichungen (11) und (12) verwendet. Die Gleichung (11), mit einer starken, nicht unterbrochenen Linie eingezeichnet, ergibt die bessere Anpassung. Die Gleichung lautet:

$$Y = 23,07 \left(\frac{1}{x} \right) 0,976 \quad (19)$$

Der Korrelationskoeffizient ergibt sich zu

$$r = 0,89 \quad (20)$$

Die Streuungen in den Abbildungen 1 bis 3 zeigen, daß die Größe der Flächen nicht nur von der Anzahl der Fahrzeugeinheiten abhängt. Die Anordnung der einzelnen Werkstätten in größeren Gebäuden und die Notwendigkeit, mit genormten Maßen zu arbeiten sind die wichtigsten Ursachen.

Die gleichen Untersuchungen wurden für die Arbeitsstände zur Instandsetzung von Fahrzeugen durchgeführt.

Abb. 4 zeigt die Gesamtfläche der Arbeitsstände als Funktion der Zahl der Fahrzeugeinheiten. Es ergibt sich eine regellose Verteilung der Punkte. Eine Tendenz ist nicht zu erkennen. Die Ursache ist der sehr unterschiedliche Zeitaufwand, der für die einzelnen Fahrzeugarten benötigt wird. Um diese Zusammenhänge deutlich zu machen, wurde der Instandsetzungsaufwand in Abhängigkeit von den Parametern Nutzmasse und Fahrzeuglänge untersucht. Für den Parameter Nutzmasse ließen sich keine eindeutigen Korrelationen erkennen. Es ergab sich jedoch eine deutliche Korrelation zwischen Instandsetzungsaufwand und Fahrzeuglänge für Lastkraftwagen, zweiachsige und Gelenk-Omnibusse.

In Abb. 5 wurde im Bereich zwischen 6 und 9,5 m Fahrzeuglänge der jährliche Instandsetzungsaufwand von 10 Lastkraftwagentypen, im Bereich von 12 m Fahrzeuglänge der Instandsetzungsaufwand von 3 zweiachsigen Omnibustypen und bei 16,5 m Fahrzeuglänge der Aufwand für den Ikarus-Gelenkbus aufgetragen. Es ergibt sich bei linearer Regression die Funktion

$$y = 80x - 340 \quad \text{mit } r = 0,97 \quad (21)$$

Einsetzen der verwendeten Dimension ergibt:

$$t_{\text{In}} = 80 L_{\text{Fa}} - 340 \quad (22)$$

darin bedeuten: t_{In} erforderliche Instandsetzungszeit
 L_{Fa} Fahrzeuglänge

Diese Abhängigkeit gilt für NKW, Sattelzugmaschinen und Busse. Die Gleichung gilt nicht für Anhänger, Sattelzüge und einzelne Sattelaufleger.

Zur Bestimmung der erforderlichen Anzahl von Arbeitsständen wird eine neue Kennzahl vorgeschlagen und zwar die Standbelegungszahl K_{SB} :

$$K_{\text{SB}} = L_{\text{Fa}} \cdot t_{\text{In}} [m \cdot h] \quad (23)$$

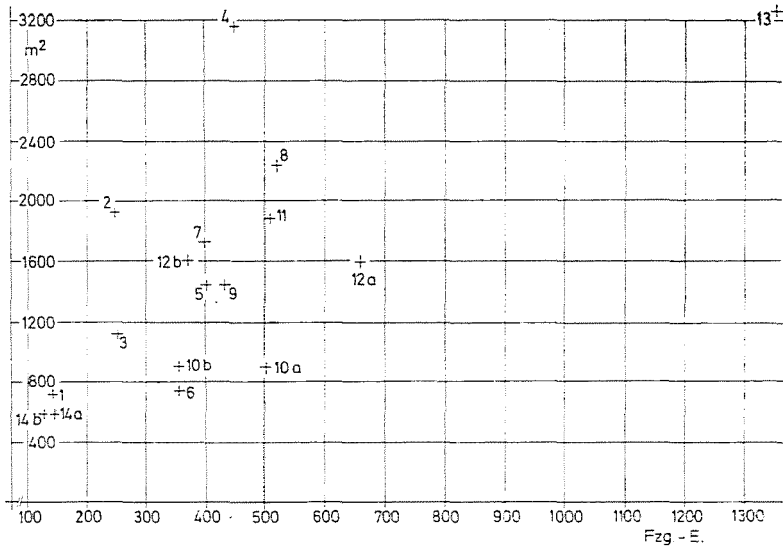


Abb. 4

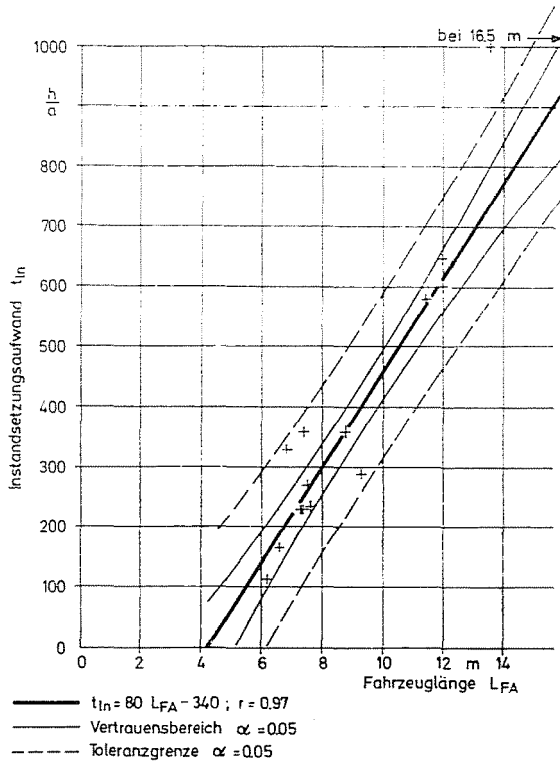


Abb. 5

Ersetzt man t_{1n} , so erhält man eine Gleichung, in der die Standbelegung nur noch von der Fahrzeuglänge abhängig ist

$$K_{SB} = L_{Fa}(80L_{Fa} - 340) \quad (24)$$

Diese Aussage gilt für eine am Fahrzeug beschäftigte Arbeitskraft. Bei mehreren ist durch die Zahl der eingesetzten Arbeitskräfte zu dividieren.

Die theoretisch erforderliche Gesamtlänge der Arbeitsstände ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$L_{ASTG} = \frac{\varrho_1 \cdot \varrho_2}{d_a \cdot h_s \cdot f_n \cdot n_{AK}} \sum_{i=1}^{k_T} n_i L_{Fai} (80 \cdot L_{Fai} - 340) \quad (25)$$

darin bedeuten:

ϱ_1	1,05 bis 1,15, Korrekturfaktor zur Berücksichtigung zeitlicher Lücken in der Auslastung
ϱ_2	1,3 bis 1,5, Korrekturfaktor zur Berücksichtigung nicht genutzter Restlängen der Arbeitsstände
L_{ASTG}	nutzbare Gesamtlänge aller Arbeitsstände für Instandsetzung allgemein
n_i	Zahl der Fahrzeuge eines Typs
L_{Fai}	Fahrzeuflänge des jeweiligen Typs
k_T	Zahl der Fahrzeugtypen, die zum Fuhrpark des betreffenden Kraftverkehrshofes gehören
d_a	Zahl der Arbeitstage pro Kalenderjahr
h_s	effektive Arbeitszeit je Schicht
f_n	Schichtfaktor
n_{AK}	Zahl der durchschnittlich eingesetzten Arbeitskräfte pro Fahrzeug

Die Gleichung (25) gestattet die Ermittlung einer theoretisch benötigten Gesamtlänge. Bei der Projektierung von Werkstätten muß diese Gesamtlänge auf eine Anzahl von Arbeitsständen aufgeteilt werden. Geht man von der heute in der DDR üblichen Gestaltung der Instandsetzungshallen aus, bei denen in der Regel die Arbeitsstände senkrecht zur Hallenlängsachse angeordnet sind, so stehen folgende genormte Hallenbreiten zur Verfügung:

18 m
24 m
30 m
36 m
48 m

Diese können jedoch nicht in voller Länge genutzt werden. Abb. 6 zeigt einen Teil einer Halle mit einer Breite von 30 m und je zwei Arbeitsständen mit einer Arbeitsgrube und zwei Arbeitsständen ohne Arbeitsgruben.

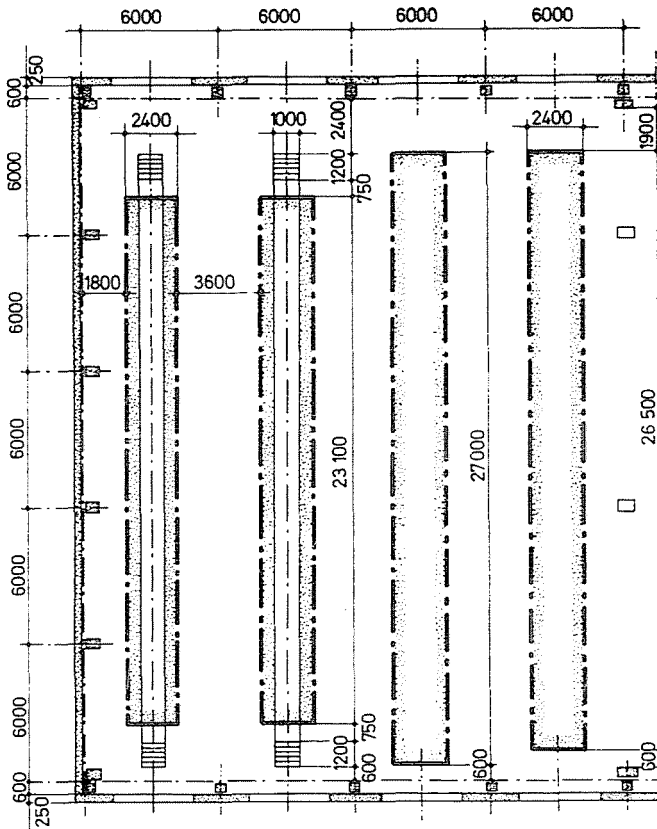


Abb. 6

Diese Anordnung ist eine Empfehlung des Wissenschaftlich-Technischen Zentrum des Kraftverkehrs Dresden, Bereich Projektierung. Die – in Durchfahrtsrichtung gesehen – vorderen und hinteren Abstände zum Tor sind ungleich groß. Dadurch ist es möglich, ohne die nutzbare Länge der Arbeitsstände zu sehr zu kürzen, auf einer Seite der Halle Flurfördergeräte, zum Beispiel Gabelstapler einzusetzen. Auf der anderen Seite verbleibt ein Arbeitsgang mit einer Mindestbreite von 600 mm.

Zusammenfassung

Mit den vorstehenden Ausführungen wurde versucht, einen Beitrag zur besseren Projektierung beim Neubau und bei der Rekonstruktion von Kraftfahrzeughöfen zu leisten.

Indem von umfangreichen Analysenmaterial ausgegangen wurde, konnten die Zusammenhänge zwischen den Fahrzeugzahlen und den Projektierungswerten nachgewiesen werden. Abschließend wurde gezeigt, wie man die Zahl der erforderlichen Arbeitsstände überschlägig ermitteln kann.

Dr. Ing. Jochen GRÄFENSTEIN DDR 8020 DRESDEN Am Beutlerpark 3