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

Band: 9 (1971)

Artikel: Zur Fertigung von Leichtbauelementen aus Stahlrohren

Autor: Ziethe, Hermann

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-10351

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: 08.08.2025

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

Zur Fertigung von Leichtbauelementen aus Stahlrohren

Fabrication of Light Construction Elements from Steel Tubes

De la fabrication d'éléments légers en tubes d'acier

HERMANN ZIETHE
Halle (Saale)
DDR

Einleitung

Im Stahlhochbau, im Stahlbrückenbau und auch im Stahlbau für Förderanlagen haben in den letzten Jahren die UP-Schweißung und besonders das CO_2-Schweißen das Elektrodenhandschweißen in zunehmendem Maß abgelöst (Tabelle 1)

	Schweißgut %		
	E	UP	CO_2
1967	4o	16	44
1968	36	14	5o
1969	33	13	54
197o	32	12	56

Tabelle 1: Verfahrensentwicklung (1967 bis 197o) Stahlbau der DDR

Die UP-Schweißung überwiegt beim Stoßen großer Blechplatten und in Anlagen der Trägerfertigung, aber das CO_2-Schweißen findet immer mehr Eingang in Fertigungsstraßen, die in Verkettung mit anderen Werkzeugmaschinen auch im Stahlbau im zunehmenden Maß von der Einzel- zur Serienfertigung führen. Durch die höheren Abschmelzleistungen werden zwar die Grundzeiten gesenkt, die höheren Neben- und Rüstzeiten sowie der beträchtliche Aufwand für den innerbetrieblichen Transport werden aber durch fertigungsorganisatorische Maßnahmen vermindert, so z.B. durch den Einsatz von Vorrichtungen und Automaten und eine Gruppenfertigung bzw. durch eine Verkettung der einzelnen Arbeitsgänge in Fertigungsstraßen. Sowohl der Einsatz der Hochleistungsverfahren als auch die Nutzung der fertigungsorganisatorischen Maßnahmen sind von den geforderten Stückzahlen abhängig. Das bedeutet, daß bereits vom Konstrukteur durch Einheitssysteme,

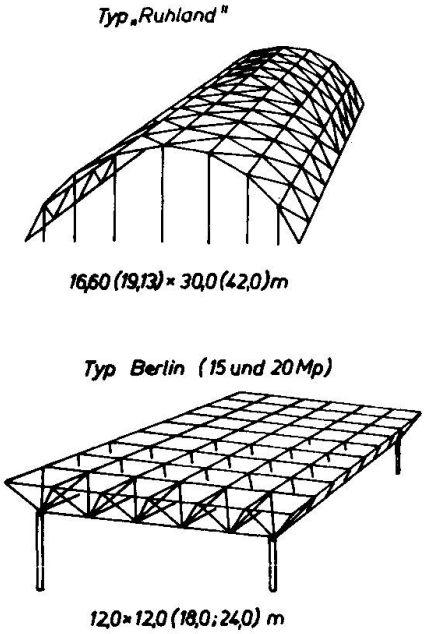

Fig. 1 Stabnetztonne
Stabnetzfaltwerk

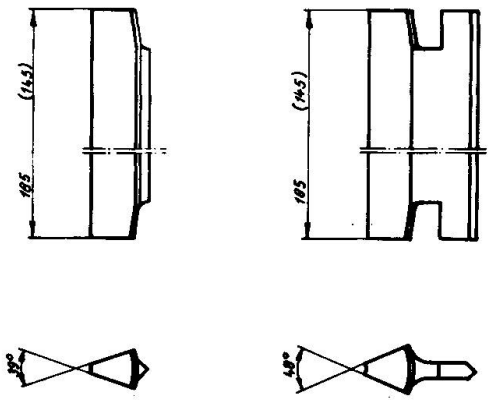

Fig. 2 Kopfstücke
(Nasen- und Fahnenkonus)

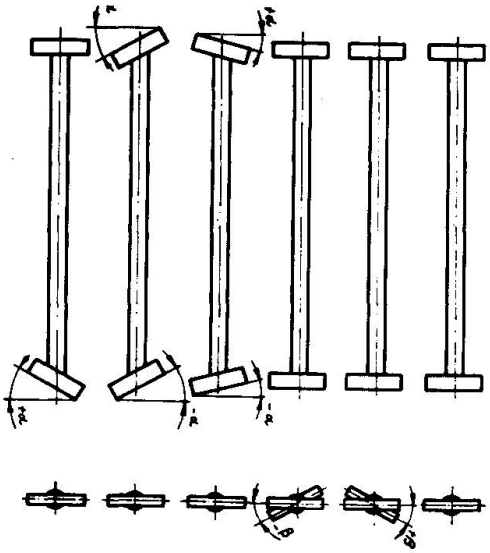

Fig. 3 Stabformen

durch Standardisierung von Bauteilen und Baugruppen sowie durch die konstruktiven Details die Voraussetzungen für den Übergang von der Einzel- zur Serienfertigung bzw. für die Massenproduktion geschaffen werden müssen. Solche Voraussetzungen waren für die Fertigung von Rohrstäben erfüllt, die zu Stabnetztonnen und in Segmenten zu Stabnetzfaltwerken (Bild 1) zusammengesetzt werden.

Schweißaufgabe

Für die Stabwerke werden Rohrstäbe verwendet, deren Enden beim Zuschnitt breit gedrückt werden, so daß ein Formstück angeschweißt werden kann (Bild 2). Für diese Fertigungsoperation wurde die CO_2-Doppelschweißanlage ZIS 6o2 entwickelt, die Teil einer automatischen Fertigungsstraße im VEB Metalleichtbaukombinat Werk Ruhland ist [1].
Dabei werden die zugeschnittenen Stäbe auf einem Kettenförderer zwei Schweißstationen zugeführt, die je nach dem gewählten Programm entweder

auf beiden Seiten gleichzeitig ein Kopfstück fertig anschweißen oder
in der ersten Station bei beiden Kopfstücken gleichzeitig die erste, in der zweiten Station die zweite Lage schweißen (bei s > 4 mm) oder
in der ersten Station das erste Kopfstück, in der zweiten Station das zweite Kopfstück anschweißen

Es gibt 6 verschiedene Stabformen (Bild 3), bei denen die Kopfstücke rechtwinklig oder schräg zueinander in einer Ebene oder auch gegeneinander verdreht angeordnet sind. An diese Stäbe werden die Kopfstücke mit den CO_2-Schweißverfahren fallend angeschweißt, wobei je nach der Beanspruchung zwei Grundformen der Kopfstücke vorgesehen sind. Die Stäbe werden über Deckel miteinander verschraubt (Bild 4) und zwar erfolgt die Montage bei Segmenten zu ebener Erde, so daß die Segmente komplett mit der Dachhaut in den Abmessungen

12,o x 12,o m oder 12,o x 18,o oder 12,o x 24,o m

mit dem Kran auf die Stützen gehoben werden können. Aus der Beanspruchung ergeben sich für die Einzelstäbe neben

6 in Form und Abmessung verschiedenen Kopfstücken
18 verschiedene Rohrquerschnitte (Ø 38 x 2,5 bis Ø 1o8 x 6 mm),

so daß mit den 6 unterschiedlichen Kopfstückformen über 6oo verschiedene Ausführungen denkbar sind. Sie kommen in dieser Anzahl praktisch nicht vor - die Palette der auszuführenden Stäbe wird aber durch die Stablängen erweitert, die bei den z.Zt. gefertigten Systemen zwischen 2261 und 3778 mm liegen und für die die Fertigungsstraße eingerichtet werden muß [1].
Zum Schweißen werden die Stäbe schrittweise vom Kettenförderer zu einer Grobausrichtstation gebracht, dort ausgehoben und in eine schräge Position gedreht, wieder vom Förderer in eine Feinausrichtstation gebracht, ausgehoben und mit gleichzeitigem Feinausrichten gespannt, von einem hydraulisch arbeitenden Greiferpaar übernommen und in die Schweißstation geschwenkt. Die Kopfstücke sind in Trommelmagazinen gespeichert,

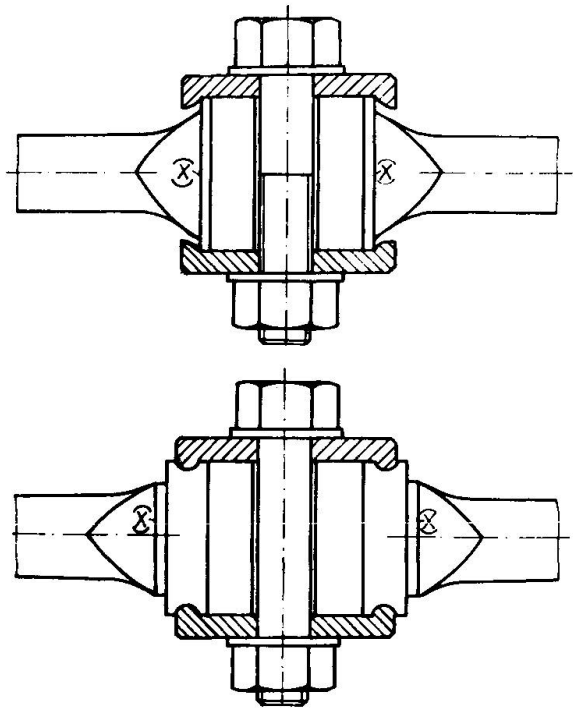

Fig. 4 Knotenverbindung

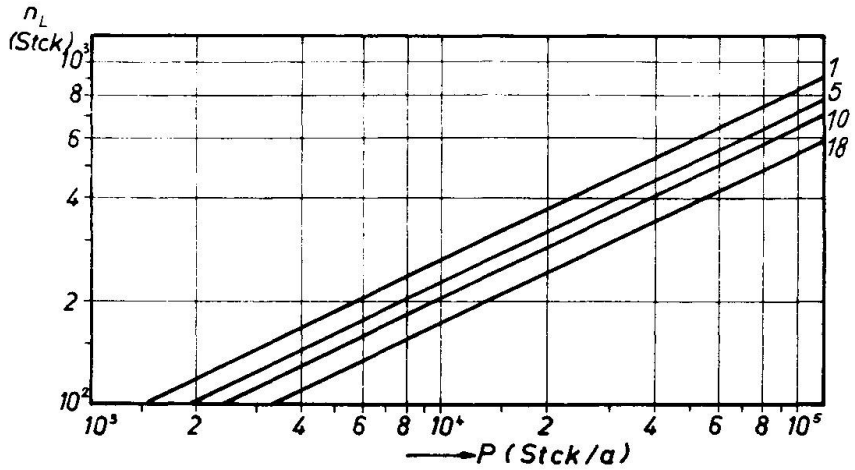

Fig. 5 Losgrößenbestimmung

die an den Stab herangefahren werden. Darauf läuft der Schweißvorgang ab, bei dem an beiden Stabenden gleichzeitig mit jeweils zwei CO_2-Brennern die Kopfstücke angeschweißt werden. Es werden also 4 Nähte gleichzeitig geschweißt. Nach dem Schweißen gehen die Stäbe durch eine Prüfstation zur Konservierung.

Organisation des Fertigungsablaufes

Die vorgesehenen Systeme verlangen damit unterschiedliche Stäbe in Form und Abmessung, sie verlangen aber auch - je nach den Abmessungen des "Grundbaues" bei Stabnetztonnen oder der "Segmente" bei Stabnetzfaltwerken - unterschiedliche Stabzahlen, die in sinnvollen Losgrößen gefertigt, ausgeliefert und montiert werden müssen (Tabelle 2).

Stabnetztonne	Stabnetzfaltwerk
Typ "Ruhland"	Typ "Berlin" (15- u. 2o-Mp-Knoten)
"Grundbau"-Abmessung 16,6o(19,13)x3o,o(42,o)m	"Segment"-Abmessung 12,ox12,o(18,o;24,o)m Normalsegmente Giebel- Rand- Schneesack
Stäbe/Grundbau 258,278 oder 444 Stck	Stäbe/Segment 114,166 oder 21o Stck

Tabelle 2: Leichtbau-Dächer aus Rohrstäben

Diese Lose sind Posten gleicher Form und Abmessung, die ohne Umstellung der Anlage gefertigt werden können. Sie sind eine Bestell-, Fertigungs- oder Einlagerungsmenge, deren Größe von verschiedenen, sich teilweise widersprechenden Faktoren abhängig ist.
Aus fertigungstechnischen Gründen - also zur möglichst günstigen Verteilung der Vorbereitungs- und Abschlußkosten - wird man eine möglichst große Zahl anstreben, aus Platz- und Kapitalgründen eine möglichst niedrige Zahl festlegen wollen. Zu berücksichtigen sind also z.B. Kosten für Lagerfläche und Lagereinrichtungen wie Regale und Paletten, aber auch die Bindung von finanziellen Mitteln in Form von "unvollendeter" oder "noch-nicht-abgesetzter" Warenproduktion. Die Betsimmung der wirtschaftlichen Losgröße ist in diesem Stadium - d.h. nach Abschluß der Konstruktions- und Standardisierungsarbeiten - allein eine Aufgabe der Fertigungslenkung. Es ist leicht zu übersehen, daß von hier aus auch die zulässigen Kosten einer Vorrichtung oder einer ganzen Fertigungsstraße mitbestimmt werden. Es ist für den Verbraucher sicher von großem Vorteil, wenn die "Zugriffszeit" kurz ist. Sie ist am kleinsten, wenn vom Lager geliefert werden kann. Besonders aber bei einem hohen Werkstoffkostenanteil an der Jahresproduktion müssen diese Fragen der Umstellung und Wartung einer solchen Fertigungsstraße bereits bei der Projektierung sorgfältig untersucht werden. In der beschriebenen

Anlage wird der größte Teil der Stäbe mit der Anlage ZIS 6o2 gefertigt und nur wenige Sonderstäbe in kleinen Stückzahlen laufen über eine Nebenfertigung, wo die Kopfstücke von Hand CO_2-geschweißt werden.

Umrüsten der Anlage

Die Funktionssicherheit der Anlage ist nur eine Seite der Aufgabe, eine andere Voraussetzung der wirtschaftlichen Fertigung ist die technische Lösung des Umrüstens, die straffe Organisation des Umrüstens und das Training.
Die Anlage ist mit 5 Programmen ausgerüstet:

I — zwei Rohrstäbe gleicher Bauform bei doppeltem Vorschubweg, auf beiden Stationen wird einlagig geschweißt, beide Stationen sind für gleiche Rohrstäbe eingerichtet –
/Takt werden zwei Stäbe gefertigt

II u. III — Es wird mit Station A oder B gefahren (Ausfall einer Station)
/Takt wird ein Stab gefertigt

IV — verschränkte Stäbe, /Station wird 1 Kopfstück angeschweißt
/Takt wird ein Stab gefertigt

V — s > 4 mm, zweilagiges Schweißen; /Station eine Lage
/Takt wird ein Stab gefertigt

In Verbindung mit den Losgrößen ist eine Optimierung bzw. Minimierung der Zahl der Umrüstvorgänge erforderlich, die unterschiedliche Zeiten verlangen. Es zeigt sich, daß mit dem Training in der laufenden Produktion eine beträchtliche Senkung der Umrüstzeiten gegenüber den erforderlichen Zeiten im Probebetrieb erreicht werden konnte (Tabelle 3)

Umrüsten von	$t_ü$ alt	$t_ü$ neu
Rohrdurchmesser auf Rohrdurchmesser'	12o	23,5
Programm auf Programm' mit Dmr.auf Dmr.'	48o	35,5
Kopfstück auf Kopfstück' mit Dmr. auf Dmr.'	48o	135,5
Programm I auf Programm IV und umgekehrt	72o	135,5
Gerader Stab auf Diagonalstab und umgekehrt	96o	35,5

Tabelle 3: Rohrstabfertigung
Zeiten für Umrüsten

Zur Festlegung des Losauflegeplanes, d.h. zur Bestimmung der Reihenfolge in der Fertigung, wurde vom ZIS die Verwendung von Lochkarten vorgeschlagen. Dazu wird für jeden Stab eine Lochkarte angefertigt, die in einem Los zu fertigenden Positionen werden aussortiert und dann die innerhalb einer Anlageneinstellung zu fertigenden Positionen in der bekannten Weise selektiert [2].

Bestimmung der Fertigungslosgrößen

Unter dem Fertigungslos ist die Stückzahl zu verstehen, die ohne Umstellung der Anlage so gefertigt werden soll, daß sie in Beziehung zum Jahresbedarf wirtschaftlich gefertigt werden kann. Dazu gibt es in der Literatur eine Reihe von Formeln, z.B. von Weidauer [3].

$$n_L = \frac{t_A}{a \cdot t_s}$$

n_L = Losgröße (Stck)

t_A = Vorbereitungs- und Abschlußzeit (min)

t_s = Stückzeit (min)

a = Rüstwertkoeffizient (o,o95 bis o,1)

Mit der Angabe des Rüstwertkoeffizienten wird ein Erfahrungswert angegeben, der folgende Einflußgrößen nicht ausreichend berücksichtigt:

Lohnkosten
Materialkosten
Rüstkosten
Standzeiten der Werkzeuge
Liefertermin
Schichtzahl
Jahresstückzahl

Die Erfassung dieser Größen ist teilweise mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, doch wird dieser Nachteil auch mit der Formel von Markwort [4] nicht ausreichend ausgeglichen.

$$n_L = \sqrt{\frac{K_R \cdot B}{K_h \cdot f \cdot Z}}$$

K_R = Rüstkosten/Serie (M)

K_h = Herstellungskosten/Stck (M)

B = durchschnittlicher Bedarf (Stck/Monat)

f = Entnahmefaktor

Z = Zinssatz für Teile im Lager (%/Monat)

Hierbei verdient der Entnahmefaktor f Beachtung, dessen Größe davon abhängig ist, wie die Teile vom Lager entnommen werden:

$f = 1$ Entnahme der genannten Serie am letzten Tag der Lagerzeit, d.h. eine unbefristete Lagerzeit

$f = o,5$ völlig gleichmäßige Entnahme vom Lager, damit ist die Lagerzeit zunächst auch nicht begrenzt (Lagerpuffer)

$f = o$ Entnahme sofort nach der Fertigung, d.h. die Teile werden sofort weiterverwendet, es liegt keine eigentliche Losfertigung vor.

In der Literatur werden die Einflußgrößen teilweise ausführlich dargestellt [5] , eine besonders ausführliche vergleichende Zusammenstellung liegt von Burkhard [6] vor. Es ist jedoch festzustellen, daß über 2o Formeln Vor- und Nachteile aufweisen und daß jeweils für den speziellen Fall eine brauchbare Formel ausgewählt werden muß.
Für die vorliegende Aufgabe wurde eine Formel von Sturm und Bode [7] angewendet:

$$n_L = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot P}{k\ (L+M)}}$$

R = Rüstkosten

P = Jahresproduktion

k = Umlaufmittelbindung

L = Lohn (M/Stck)

M = Material (M/Stck)

Die Umlaufmittelbindung [5] wurde mit o,5 angesetzt und die übrigen Faktoren weiter detailliert:

$$R = n_{AK} \cdot t_A \cdot f_K \left(1 + \frac{G}{100}\right)$$

R = Rüstkosten

n_{AK} = Zahl der Arbeitskräfte

t_A = Vorbereitungs- und Abschlußzeit (h)

f_K = Kostenfaktor (M/h)

G = Gemeinkosten (%)

$f_K = f_L\ (1+f_Z/100)$

f_L = Lohnfaktor (M/h)

f_Z = Zuschlagsfaktor (%)

$L = n_{AK} \cdot t_s \cdot f_K$

L = Lohn für Stückzeit (M/Stck)

t_s = Stückzeit (h)

$M = K_R \cdot l_R \cdot m_R + 2\ K_K$

M = Material je Stck (M/Stck)

K_R = Rohrstabkosten (M/kg)

l_R = Rohrstablänge (m/Stck)

m_R = Rohrstabmasse (kg/Stck)

K_K = Kopfstückkosten (M/Stck)

Damit ergibt sich die vollständige Schreibweise zu

$$n_L = \sqrt{\frac{2 \cdot n_{AK} \cdot t_A \cdot f_K \cdot (1 + \frac{G}{100}) \cdot P}{k(n_{AK} \cdot t_s \cdot f_K + K_R \cdot l_R \cdot m_R + 2\,K_K)}}$$

Diese Formel ist zur Verarbeitung im Rechner SER 2d geeignet, jedoch ist es auch hiermit nicht sinnvoll, alle denkbaren Varianten von Stabform und -abmessung zu berechnen, sondern es genügt, sich mit einschränkenden Festlegungen einen Überblick über die Grenzwerte zu verschaffen. Sie wurden wie folgt getroffen:

1. Berechnung der Losgrößen für 18 verschiedene Rohrquerschnitte
2. durchschnittliche Stablängen l_R = 3,o m und damit eine durchschnittliche Stabmasse
3. durchschnittlicher Kopfstückpreis für alle 6 Ausführungen
4. durchschnittliche Fertigungszeit von 1 min/Stck
5. zur Darstellung gewählte Produktionsvolumen

P_1 = 1o ooo Stck/a
P_2 = 3o ooo Stck/a
P_3 = 1oo ooo Stck/a

Daraus ergibt die Berechnung (Bild 5) für die einzelnen Rohrabmessungen eine Geradenschar im doppelt-logarithmischen System, die es gestattet, für die Jahresstückzahl die minimale Losgröße zu bestimmen.

Auswertung

Der Betrieb muß die Positionen in Stückzahlen für komplette Halle ausliefern. Dabei muß als Bedingung akzeptiert werden, daß die Gesamtstückzahl für einen Fertigungsabschnitt etwa 25ooo bis 3oooo Stäbe beträgt, die in etwa 3 bis 4 Wochen die Straße durchlaufen sollen. In den ersten Losauflegeplänen betrugen die Stückzahlen für die einzelnen Positionen 3o bis 5ooo Stck/Position. Die durchschnittliche Taktzeit beträgt 1 min/Stab und es ist ganz sicher, daß man für eine Position von 3o Stäben den Automaten nicht umrüsten kann. Die nächsten Losauflegepläne zeigten eine minimale Stückzahl von 2oo Stck/Position. Bei der Projektierung lag die Schätzung der minimalen Stückzahl bei 5oo Stck/Los. Mit Hilfe der beschriebenen Formel ergibt sich für eine

Position aus Rohr Ø 76 x 5 mm bei einem Jahresbedarf von 2ooo Stck/a eine minimale Losgröße von 142 Stck/Los. Sie liegt damit wesentlich unter dem geschätzten Wert.
Vergleicht man deshalb

Materialkosten (Rohr + Kopfstück) + Umrüstkosten

für dieses Beispiel, so zeigt sich, daß die Kosten bei einmaligem Umrüsten gegenüber der Fertigung von 14 Teillosen nur um o,6% geringer sind. Bei Fertigung des Jahresbedarfs in einem Los könnte diese Differenz jedoch den erforderlichen Mehraufwand bei den Lagerkosten und auch nicht die Kosten durch die Umlaufmittelbindung decken.

Die Formel ergibt damit für die vorliegenden Verhältnisse brauchbare Richtwerte für die Bestimmung der minimalen Losgröße. Sie wäre für genauere Berechnungen durch präzisere Erfassung der Einflußfaktoren zu verbessern und erhebt nicht den Anspruch auf Anwendbarkeit bei allen Schweißanlagen. Die Bestimmung wirtschaftlicher Losgrößen hat jedoch nicht nur bei der Anwendung auf ein dem Beispiel entsprechendes Erzeugnis, sondern solche Überlegungen sind z.B. im vorliegenden Fall auch für die weitere Verarbeitung von Rohrkurzlängen wichtig, die beim Zuschnitt anfallen. Auch hierfür wurden Grenzstückzahlen bestimmt, bei denen unter Berücksichtigung der Losgröße der in der Anlage laufenden Position die zusammengeschweißten Stäbe entweder in die laufende Fertigung eingespeist oder zur späteren Verarbeitung auf Lager gefertigt werden sollen [8].

Literaturverzeichnis

1 Hesse, G. u.a.
CO_2- Doppelschweißanlage ZIS 6o2
ZIS-Mitteilungen Halle (12) Heft 11/197o, S. 1781-179o

2 Karow, W. u. Ziethe, H.
Losgrößenbestimmung
Ingenieurbeleg TH Magdeburg, ZIS-Halle 197o
unveröffentlicht

3 Weidauer, R.
Die Bestimmung wirtschaftlicher Losgrößen
Fertigungstechnik und Betrieb, Berlin 9 (1959) Heft 5, S. 286-3o5

4 Markwort, H.
Verfahren zur Abschätzung der günstigsten Seriengröße
Werkstatt und Betrieb, München 95 (1962) Heft 4, S. 221-225

5 Müller, G.
Technologischer Variantenvergleich
VEB Verlag Technik, Berlin 1971

6 Lehmann, B.
Methoden zur Bestimmung von wirtschaftlichen Losgrößen
Der Maschinenbau, Berlin 2o (1971) Heft 2, S. 74-82

7 Sturm, M. und Bode, B.
Wirtschaftliche Losfertigung und Umlaufmittelbedarf
Deutsche Finanzwirtschaft 18 (1964) Heft 7, S. F 15 - F 18

8 Stojanowa, B. u. Ziethe, H.
Untersuchungen für Rundnähte an Rohrstäben
Ingenieurbeleg TH Magdeburg - ZIS-Halle 197o
unveröffentlicht

ZUSAMMENFASSUNG

Für Schweissanlagen in Fertigungsstrassen ist die Bestimmung wirtschaftlicher Losgrössen von Bedeutung. Ihre Grösse ist abhängig von der Zahl von Einzelpositionen, die zur Komplettierung eines Erzeugnisses innerhalb eines bestimmten Fertigungsabschnittes erforderlich sind. Sie beeinflussen wesentlich das Betriebsergebnis und müssen zur Berücksichtigung der Anlagenkonstruktion bereits bei der Projektierung von Anlagen ermittelt werden. Die präzisierte Formel ist für überschlägige Berechnungen mit Hilfe eines Rechners geeignet. Sie hat für das getestete Beispiel brauchbare Ergebnisse gezeigt.

SUMMARY

For welding installations in production trains the settlement of economic lot sizes is important. Their largeness depends on the number of single positions which are necessary for completion of a product within a fixed production section. They influence essentially the working result and have to be determined already on designing the installations. The precised formula is suitable for approximate calculations by a computer. For the tested example it has given serviceable results.

RESUME

Pour les installations de soudage dans une chaîne de production, il est important de diviser l'installation en postes de taille adéquate. Sa grandeur dépend du nombre de postes particuliers nécessaires à l'exécution d'un produit dans une étape déterminée de la fabrication. Cette séparation en postes influence considérablement le résultat du travail et doit être étudiée lors de la construction, voir même lors du projet de construction de l'installation. La formule citée est destinée à un calcul approximatif à l'aide d'un calculateur électronique. Elle a donné des résultats utilisables pour l'exemple testé.

Leere Seite
Blank page
Page vide