

# Anwendung und Weiterentwicklung von in Serie gefertigten Stahlkonstruktionen

Autor(en): **Daniel, Hans Dieter / Faust, Helmut**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **10 (1971)**

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11186>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

**Anwendung und Weiterentwicklung von in Serie gefertigten  
Stahlkonstruktionen**

Application and Further Development of Steel Constructions  
Manufactured in Series

Application et développement de constructions en acier  
fabriquées en série

**HANS DIETER DANIEL**

Dipl.-Ing.

Technische Universität Dresden  
Sektion Bauingenieurwesen, DDR

**HELMUT FAUST**

Dipl.-Ing.

VEB Metalleichtbaukombinat  
Werk Berlin, DDR

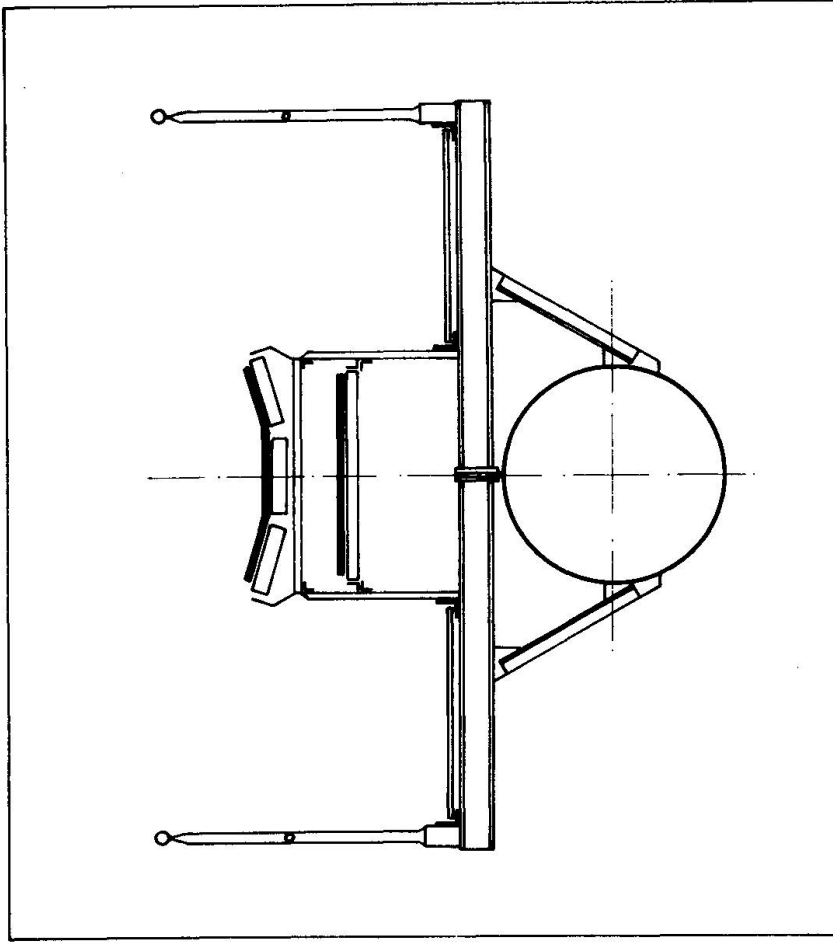
Die erzeugnisorientierte Fertigungsorganisation des VEB Metalleichtbaukombinat in der DDR bildet u.a. die Grundlage für die Weiterentwicklung von bereits in Serie produzierten Konstruktionsformen, die auf Grund dieser Tatsache bzw. existierender Typenkataloge oder Standards im allgemeinen als ausgereifte Standardbauweisen angesehen werden. Dies wird am Beispiel stählerner Band- und Rohrbrücken demonstriert. Die Analyse der Entwicklung von Konstruktionen mit einem verringerten Werkstoffbedarf sowie Gesamtkostenaufwand zeigt, daß derartige Ergebnisse möglich sind, wenn bislang übliche Konstruktionsformen durch andere gestaltnmäßige Lösungen ersetzt sowie neuartige Fertigungsweisen angewendet werden. Die Übertragung dieser Verfahrensweise ist hinsichtlich der Variabilität in der Konstruktionsgeometrie dadurch eingeschränkt, daß diese stets Resultat einer funktionsabhängigen Gestaltung des Bauteils bzw. Bauwerkes bleiben wird.

## 1. Anwendung und Weiterentwicklung von Bandbrücken

### 1.1 Beschreibung der Standardlösung

Mit der allg. Definition von Bandbrücken nach Fachbereichsstandard TGL 115 - 0053 als "begehbare Tragkonstruktion für kontinuierlich arbeitende Transportmittel, vornehmlich Gurtbandförderer, zum Transport von Schütt- oder Stückgütern" ist sowohl deren Funktion als auch die mögliche Belastung der tragenden Stahlkonstruktion beschrieben.

Grossrohrbandbrücke



Vollwandträgerbrücke

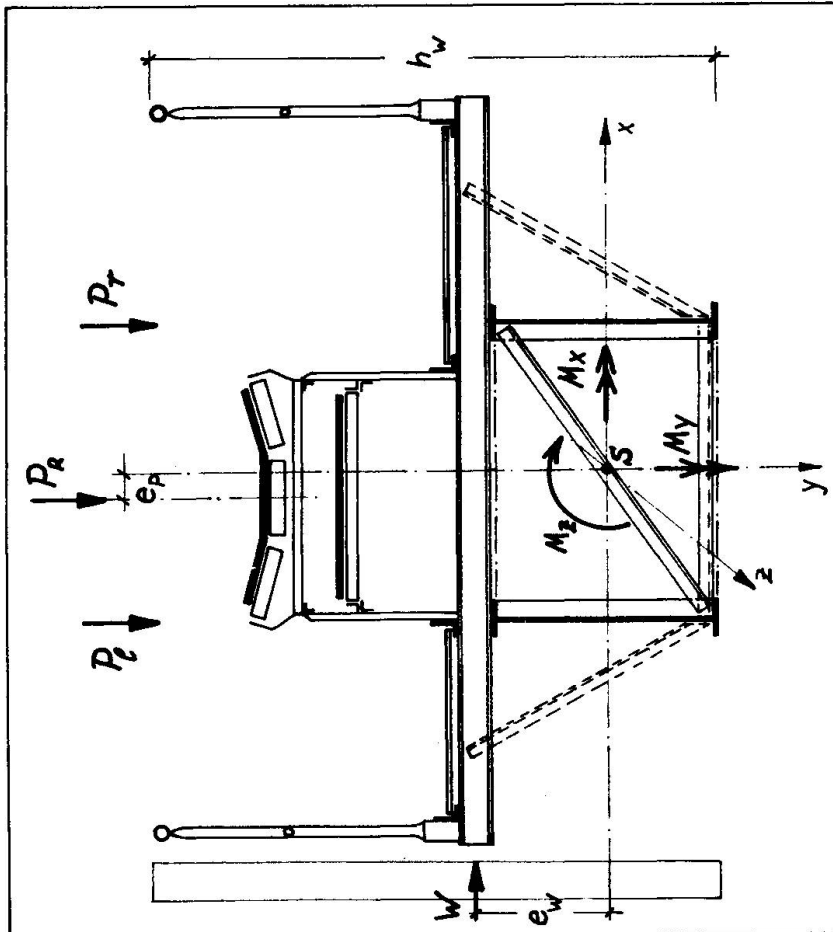


Bild 1 Entwicklung offener Bandbrücken

Für stählerne Bandbrücken in offener Bauweise nach TGL 21-381701 liegt ein Typenkatalog KB 545.5.053 vor, der die Grundlage für die bisherige Serienproduktion dieses Erzeugnisses bildet. Die Systemlängen dieser Bandbrücken sind im Raster von  $n \times 3000$  mm mit  $n = 12000, 18000$  und  $24000$  mm festgelegt. Die Brückenfelder eignen sich für Horizontal- oder Schräglage zwischen  $0^\circ$  bis  $24^\circ$ . Das statische System der Überbauten ist ein Einfeldträger. Entsprechend der Beanspruchung der Brückenhauptträger auf zweiachsige Biegung sowie Torsion infolge exzentrischer Lasteintragung wurden für die bisherigen Typenbrücken (Bild 1) ein torsionssteifer rechteckiger Querschnitt gewählt, welcher aus zwei Vollwandhauptträgern sowie zwei Horizontalverbänden in den Hauptträgergurtebenen gebildet wird und auf dem Querträger im 3m-Raster gelagert sind.

Der für diese Konstruktion seinerzeit erforderliche Fertigungsaufwand charakterisiert die beschränkte Zweckmäßigkeit dieser Typenlösung, deren Nachteile insbesondere durch folgende Merkmale beschrieben werden:

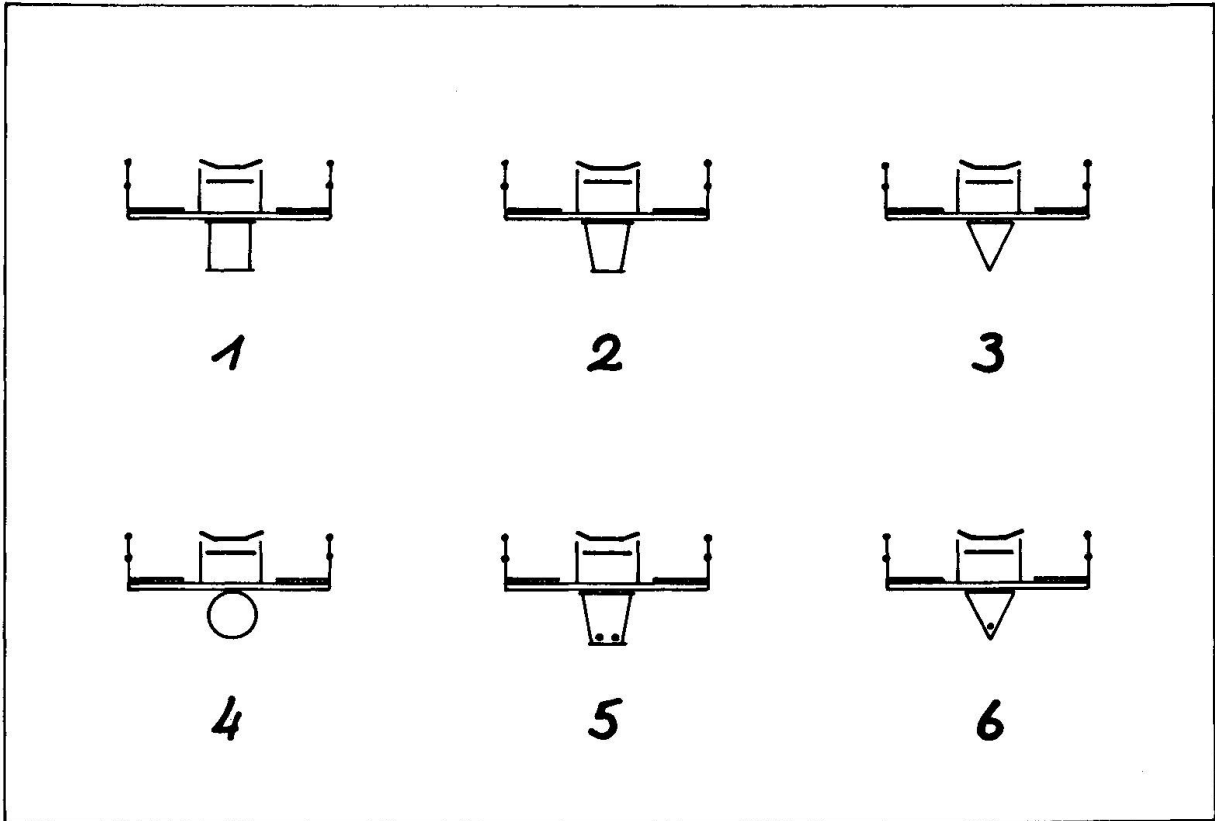
- Anschluß der Fachwerkverbandstäbe an die Hauptträgergurte sowohl über Knotenbleche als auch direkt bei asymmetrischer Gurtblechanordnung zu fertigungsaufwendig.
- Komplette geschweißte Brückenquerschnitte bedeuten eine verminderte Auslastung des Transportraumes gegenüber dem Versand in Einzelelementen.

## 1.2. Variation der Hauptträgerquerschnitte offener Bandbrücken

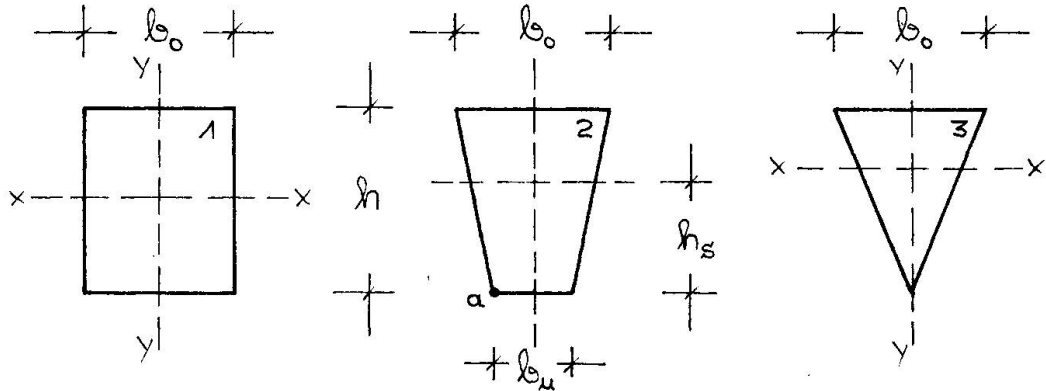
Die über dem Durchschnitt liegende Fertigungszeit sowie die diesbezüglich geringen Reserven der beschriebenen Typenlösung führten zu einem Vorschlag des Fertigungsbetriebes, neue Formen von Hauptträgerquerschnitten offener Bandbrücken auf ihre Eignung zu untersuchen, die den folgenden Anforderungen genügen:

- Vollständig geschweißte Bandbrücken
- Einhaltung des Ladeprofils der DR
- Werkstoffe gemäß DDR-Lieferprogramm
- Mindestblechdicke 6 mm (St 38) bzw. 4 mm (St 45/60)
- Reduzierung des Materialaufwandes
- Reduzierung des Fertigungsaufwandes
- Reduzierung des Transportaufwandes
- Reduzierung des Montageaufwandes

Auf Grund der sich aus der beschriebenen Belastung (Bild 1) ableitenden Beanspruchung wurden die folgenden Varianten von torsionssteifen Kastenquerschnitten für eine Untersuchung ausgewählt (Bild 2):



Untersuchte Varianten von Hauptträgerquerschnitten



Verhältniswerte  $\frac{b_u}{b_0} = n; \quad \frac{b_0}{h} = c; \quad \frac{h_s}{h} = i; \quad \frac{M_x}{M_y} = m$

Spannungsnachweis  $zul \sigma_a \geq \frac{M_x}{W_{x,a}} + \frac{M_y}{W_{y,a}}$

erforderliche Querschnittsfläche  $F \geq \sqrt{\frac{M_x \cdot t}{zul \sigma_a} \cdot Z_{eff}}$   
 $Z_{eff} = f(c, n, m)$

Bild 2 Variantenuntersuchung von Hauptträgerquerschnitten offener Bandbrücken

- Variante 1 - Rechteck  
 2 - Trapez  
 3 - Dreieck  
 4 - Rohr  
 5 - Trapez mit Vorspannung  
 6 - Dreieck mit Vorspannung

Ausgangspunkt der Variantenuntersuchung für Bandbrücken mit Systemlängen von  $l = 12000$  und  $24000$  mm bildete eine Minimierung der erforderlichen Querschnittsfläche. Für die Varianten 1 bis 3 erfolgte diese vorerst nur hinsichtlich einer optimalen spannungsmäßigen Auslastung mit den als maßgebend erkannten Lastzuständen. Dazu wurden alle für den Spannungsnachweis erforderlichen Querschnittsgrößen ( $h_x, I_x, I_y$ ) sowie damit auch die in ausgezeichneten Querschnittspunkten zulässigen Normalspannungen ( $zul \sigma$ ) unter Verwendung der in Bild 2 aufgeführten geometrischen und belastungsabhängigen Verhältnismerte als Funktion der Fläche  $F$  und der für alle Querschnittsteile konstant vorausgesetzten Materialstärke  $t$  dargestellt. Die Auflösung der Bestimmungsgleichung nach  $F$  bei vorgegebenem  $zul \sigma$  und  $t$

$$F \geq \sqrt{\frac{M_x \cdot t}{zul \sigma_a} \cdot Z_{1f}} \quad \text{mit } Z_{1f} = f(c, n, m)$$

erlaubt aus der Variation der Verhältnismerte  $c$  und  $n$

n	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0
c	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3

für die maßgebenden Grenzlastzustände mit dem dadurch festgelegten Verhältnismert  $m$  die Auswahl der günstigsten Querschnittslösung für die Varianten 1 bis 3. Erwartungsgemäß ergab die Untersuchung als flächengünstigsten Querschnitt die Variante 1 (Rechteck).

Demgegenüber beträgt der belastungsabhängige Mehrbedarf an Fläche für den ungünstigsten Fall des Dreieckquerschnitts 12,6 %.

$$\frac{F_D - F_R}{F_R} \cdot 100 \% = 12,6 \%$$

Während bereits die erste Bemessung von offenen Bandbrücken in Großrohrbauweise die Untersuchungswürdigkeit der Variante 4 erkennen ließen, konnten die Varianten 5 und 6 bei dem gegebenen Verhältnis zwischen Eigen- zu Verkehrslast von

$$1 : 1,5 \text{ (Schwere Ausführung)} \quad 375 \leq p \leq 850 \text{ kp/m}$$

$$\text{bzw. } 1 : 0,7 \text{ (leichte Ausführung)} \quad p \leq 375 \text{ kp/m}$$

ausgeschieden werden.

Eine weitere Untersuchung der Varianten 1 bis 4 bei Verwendung eines hochfesten Stahles St 45/60 ergab funktionsbeeinträchtigende Verformungswerte, die gleichzeitig eine gewisse Unvollständigkeit des Vorschriftenwerkes hinsichtlich der Beschränkungen zulässiger Durchbiegungen sichtbar werden ließ.

Nach Abschluß dieser ersten Bearbeitungsphase wurden auf Grund einer überschläglichen Einschätzung des Fertigungsaufwandes bezogen auf die Standardlösung Variante 0 folgende Ergebnisse deutlich:

Variante	0	1	2	3	4
Masse	1	0,92	0,95	1	0,88
Anstrichfläche	1	0,58	0,57	0,63	0,56
Fertigungsaufwand	1	1,85	2,00	1,73	0,80 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Bei Anlieferung vorgebogener Schalen und Längsschweißung ca. 1,20

Daraus konnten die folgenden allgemeinen Festlegungen abgeleitet werden:

- Entsprechend dem Bedarf sind der weiteren Untersuchung Querschnittsformen mit Einzelbandanordnung zugrunde zu legen.
- Beschränkung bei der Querschnittsvariation auf Rechteck- und Rohrquerschnitt.
- Festlegung der Mindestblechstärke auf  $t = 4 \text{ mm}$  unter Hinweis auf die Einsatzmöglichkeit korrosionsträger Stähle.
- Beschränkung der maximalen Durchbiegung
 

Ständige Last	$f \leq 1/300$
Gesamtlast	$f \leq 1/250$
- Bei Kombination von Brückenträgern kleinerer Stützweite mit denen größerer sind die kleineren Querschnitte an den Auflagern aufzustellen.
- Querträgerausbildung möglichst ohne zusätzliche Vertikalabstützung zum Haupttragwerk.

In der folgenden Bearbeitungsphase wurden diese Bedingungen entsprechend berücksichtigt. Während nunmehr für die Variante 1 (Rechteck) die Dimensionierung unter dem Aspekt der Einsparung der fertigungsaufwendigen Beulsteifen stand, erfolgte die Untersuchung der Variante 4 (Rohr) im Hinblick auf die Verwendung von schmelgeschweißten Stahlrohren nach TGL 163-60100 (Spiral- und längsgeschweißte Halbzeuge). Dabei wurden entsprechend der Häufigkeit in den Anforderungen die Stützweite  $l = 18000$  mm in die Untersuchung einbezogen. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse konnte der Fertigungsbetrieb noch vor Abschluß dieser Bearbeitungsstufe mit der Projektierung offener Bandbrücken in Großrohrbauweise beginnen. Für die Beendigung dieser Entwicklungsarbeit wurde in Abstimmung mit den betroffenen Betrieben des Förderanlagenbaues nochmals eine Präzisierung der einzuhaltenden funktionsbedingten Formänderungsgrößen vorgenommen:

$$\begin{aligned} \text{Ständige Last} & f_v \leq 1/500 \\ \text{Gesamtlast} & f_v \leq 1/400 \\ & f_H \leq 1/500 \end{aligned}$$

Weiterhin konnte der Anwendungsbereich dieser Großrohrbauweise auf 4 Bandbreiten mit je 2 Belastungsvarianten sowie 3 Stützweiten eingeeignet werden.

$$\begin{aligned} \text{Bandbreite (BB)} & 650, 800, 1000, 1200 \text{ mm} \\ \text{Stützweite (l)} & 12000, 18000, 24000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Durch die Beschränkung auf Materialdicken von  $\delta = 6$  bzw.  $8$  mm ergab sich gemäß Fachbereichsstandard TGL 163-60100 ein Rohrsortiment mit der Menge 6, so daß insgesamt 144 Varianten zu berechnen waren. Die Realisierung eines Rechenprogrammes in ALGOL 60 für den Rechner NE 503 gestattete schließlich eine über die Menge 6 hinausgehende Variation des Rohrsortiments. Weiterhin konnte damit eine Beantwortung der Frage erfolgen, welchen Einfluß die fertigungs- sowie beschaffungstechnisch günstigste Variante eines konstanten Außendurchmessers der Großrohrkonstruktion unabhängig von einer sich ändernden Stützweite auf den Materialbedarf ausübt. Unter Berücksichtigung einer statistisch ermittelten Häufigkeitsverteilung der Stützweiten

Häufigkeit [%]	Stützweite [mm]
10	12000
50	18000
40	24000

bedeutet die Realisierung einer gleichbleibenden Querschnittsabmessung gegenüber einer stützweitenabhängigen Bemessung mit den dafür günstigsten Rohrdurchmessern einen Mehrbedarf an Material von durchschnittlich 13 %.



### 1.3. Ergebnis der Erzeugnisenwicklung

Das Ergebnis der Entwicklungsarbeit für offene Bandbrücken wird vom Fertigungsbetrieb durch folgende Angaben dokumentiert:

Parameter	Einsparung
Material	16...32 %
Fertigungszeit	50 %
Anstrichfläche	27...39 %

Der Vorteil rotationssymmetrischen Rohrquerschnittes resultiert dabei gegenüber allen anderen Querschnittsvarianten vor allem aus seinem günstigen Stabilitätsverhalten bei Torsions- bzw. Schubbeulung was letztlich den Verzicht auf jegliche Beulsteife ohne nennenswerte Vergrößerung der Materialstärke t erlaubt. Auf diesen Effekt hat u. a. bereits Chwalla in seinem Vortrag anlässlich seiner Ehrenpromotion im Jahre 1954 hingewiesen. Ein zylindrisches Rohr ergibt somit nicht nur einen biege- und torsionssteifen, sondern insbesondere auch einen relativ sehr beulsteifen Träger, da die Beulgrenzen als Folge der Schalenkrümmung weit über die Beulspannungen ebener Bleche gehoben werden. Dabei ist zu ergänzen, daß außerdem die Beulspannung kurzer Rohre bis viermal größer sein kann als die des unendlich langen Rohrs. Für die Bemessung aller Hauptträgerquerschnitte blieb sowohl die Größe der berechneten Wölbnormalspannungen als auch die der Torsionsschubspannungen von untergeordneter Bedeutung.

Das Ergebnis der Erzeugnisenwicklung bildet eine in einem verbindlichen Projektierungskatalog niedergelegte Typensegmentreihe für Überbauten sowie Stützen offener Großrohr-Bandbrücken aus Stahl.

### 1.4. Weiterentwicklung geschlossener Bandbrücken

Die für den witterungsunabhängigen Transport von Schüttgütern entwickelten Standardlösungen geschlossener Bandbrücken nach TGL 21-381702 (Bild 3) besitzen eine Umhausung mit kittloser Verglasung bzw. Asbestzementwelltafeln. Das ungünstige Verhältnis zwischen Eigenmasse und Förderlast veranlaßte den Fertigungsbetrieb zur Überprüfung des Einsatzes einer Umhüllungskonstruktion aus selbsttragenden glasfaserverstärkten Polyester-schalen (GFP). Das durch einen Experimentalbau (Bild 4) belegte vorläufige Ergebnis einer Eigenlastreduzierung von 38-48 % bietet den Vorteil einer höheren Belastbarkeit bei gleicher Unterkonstruktion sowie eines wartungsfreien und korrosions-sicheren Oberbaues aus einer GFP-Schalenkonstruktion. Die daraus abzuleitende Möglichkeit einer gleichzeitigen Kostenreduzierung wird durch die zur Zeit hohen Anforderungen für die lichtstabilisierten sowie im Brandfalle selbstverlöschenden Polyesterharze nahezu kompensiert. Aus diesem Grunde könnte der Einsatz textiler Werkstoffe für die Umhüllungskonstruktion ein kostengünstigeres Ergebnis liefern.

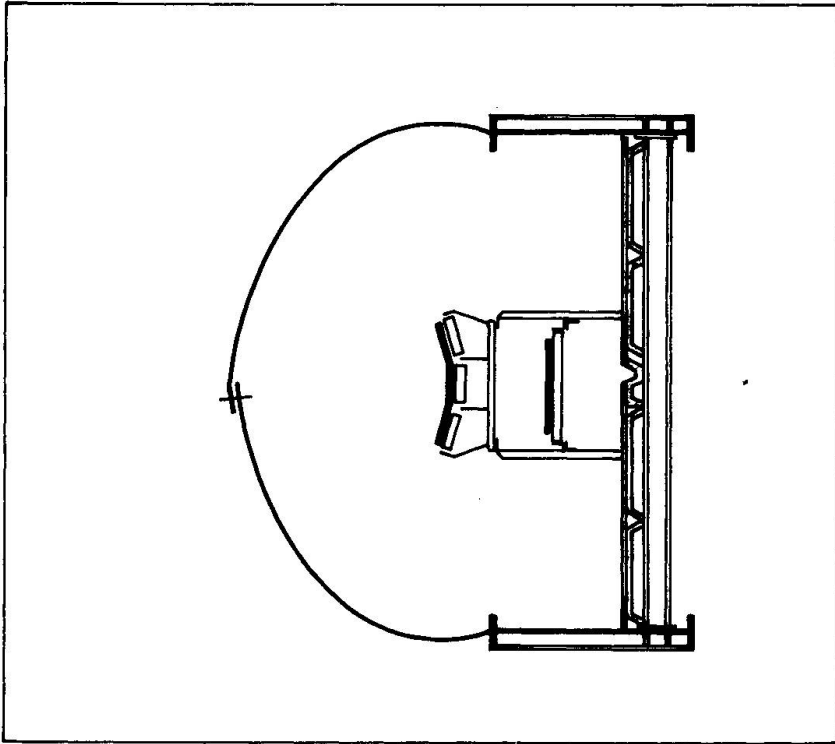


Bild 4 Geschlossene Bandbrücken  
mit GFP-Einhausung

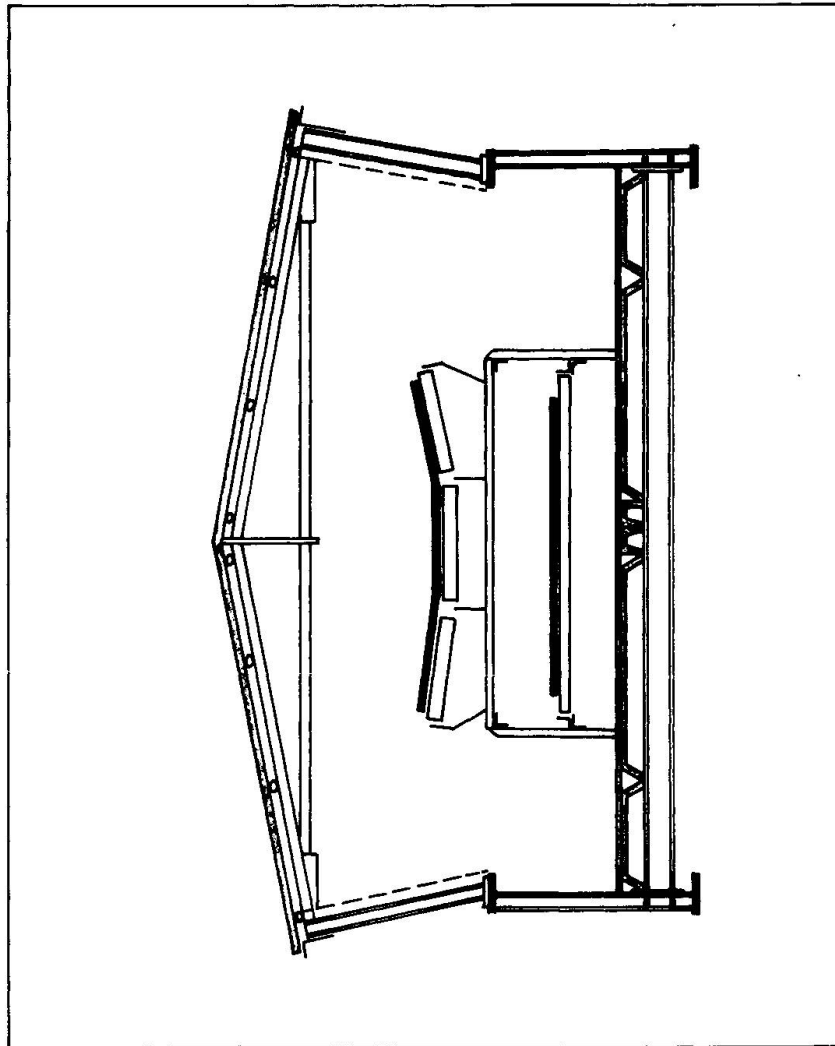


Bild 3 Geschlossene Bandbrücken nach  
Typenkatalog Kb 545.5.053

## 2. Anwendung und Weiterentwicklung von Rohrbrücken

Der für stählerne Rohrbrücken vorliegende Typenkatalog KB 545.5. stellte ebenso wie für Bandbrücken einen wichtigen Schritt zur Vereinheitlichung der Rohrbrückenkonstruktionen dar. Die darin festgelegten Querschnittsformen und Nennlastklassen haben sich funktionell bewährt und ermöglichen gleichzeitig eine unkomplizierte Werkstattfertigung nach einheitlichen Konstruktionsprinzipien bei großen Stückzahlen (Bild 5). Der dabei noch relativ hohe Materialaufwand, bei teilweise dem konstruktiven Korrosionsschutz widersprechenden Detaillösungen sowie einer nur beschränkten Eignung für eine fließende und vor allem mechanisierte Fertigung, erfordert eine insbesondere fertigungsgerechte Überarbeitung dieser Konstruktionsform.

Die abgeschlossenen Entwicklungsarbeiten erbrachten eine Vereinheitlichung der Brückenhauptträger unter Wegfall zeitaufwendiger Änderungsarbeiten bei Festpunkten, Dehnungsfugen bzw. Anpassung infolge örtlicher Bedingungen. Diese Forderungen werden weitestgehend durch Systeme von Einfeldträgern mit beiderseitigem Kragarm erfüllt, wobei jedoch eine Kragarmbelastung von mindestens 60 % der Nennlast vorausgesetzt werden muß (Bild 6). Die Stabilisierung der Konstruktion in Brückenachse erfolgt mittels Festpunktstützen, denen die Belastung über Koppelstäbe auch von benachbarten Feldern zugewiesen werden kann. Der Verzicht auf die Koppelstange gestattet an entsprechender Stelle die unkomplizierte Realisierung einer Dehnungsfuge, während Anpassung an örtliche Verhältnisse einfach durch Veränderung des Brückenabstandes untereinander erreicht werden.

Gegenüber der bisher notwendigen Differenzierung in Normal-, Festpunkt- sowie Dehnfelder mit jeweils unterschiedlichen Fertigungsunterlagen ist die beschriebene Entwicklungsarbeit durch eine Vereinheitlichung der Überbauten und Stützen charakterisiert. Die Veränderungen im statischen System sowie in der Art der Stabilisierung lassen sowohl Einsparungen an Fertigungszeit erwarten als auch mit Sicherheit eine beträchtliche Reduzierung der Materialaufwendungen. Gleichzeitig wurde sowohl bei der Profilwahl als auch bei der konstruktiven Durchbildung eine mögliche Feuerverzinkung berücksichtigt. Für den Korrosionsschutz der Fachwerkrohrbrücken wird außerdem der Einsatz korrosionsträger Stähle (KTS) erwogen.

## 3. Schlußbemerkungen

Mit den beschriebenen Lösungen für Band- und Rohrbrücken wird nachgewiesen, daß eine ergebnisorientierte Fertigungsorganisation insbesondere die Möglichkeit schafft, Konstruktionsformen weiterzuentwickeln, die im allgemeinen bereits als ausgereifte Standardbauweisen angesehen werden. Die nachstehende Übersicht über die erzielten bzw. eingeschätzten Einsparungen in % gegenüber der bisherigen Standardlösung, bei noch nicht vollzogenem Übergang zur weitgehenden Mechanisierung im innerbetrieblichen Transport und in der Fertigung, verdeutlicht die

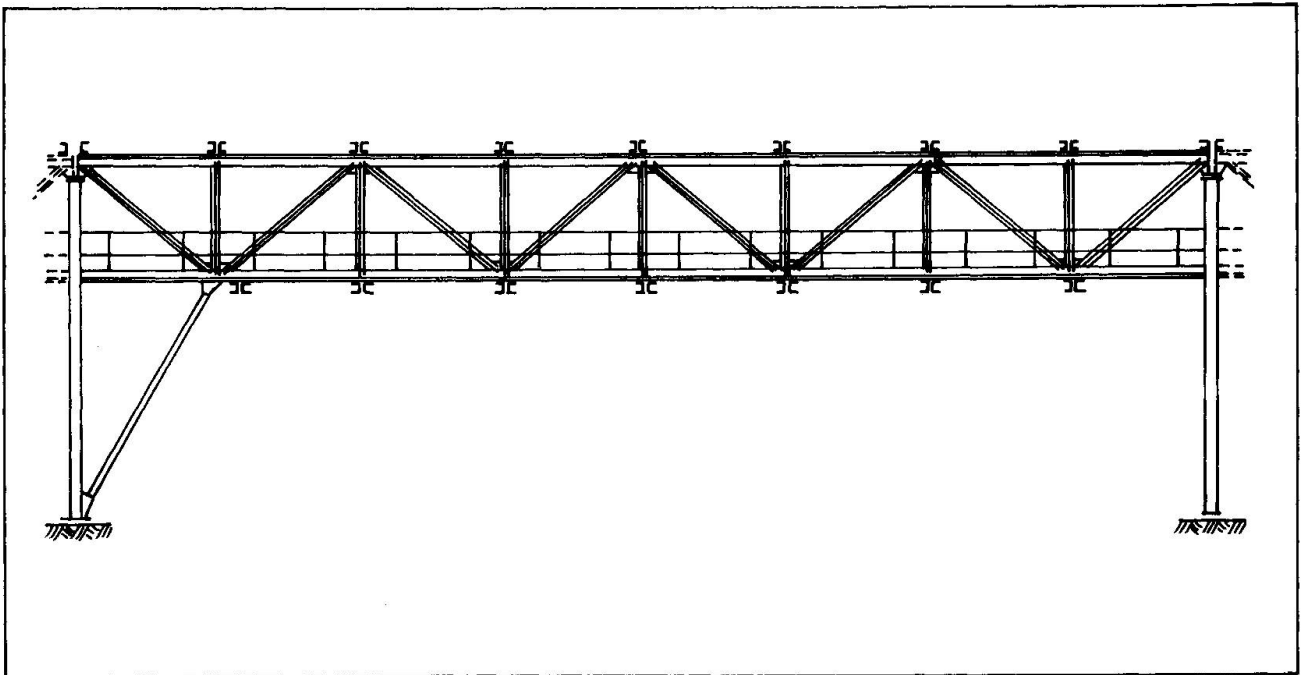


Bild 5 Konstruktionsprinzip nach Typenkatalog KB 545.5

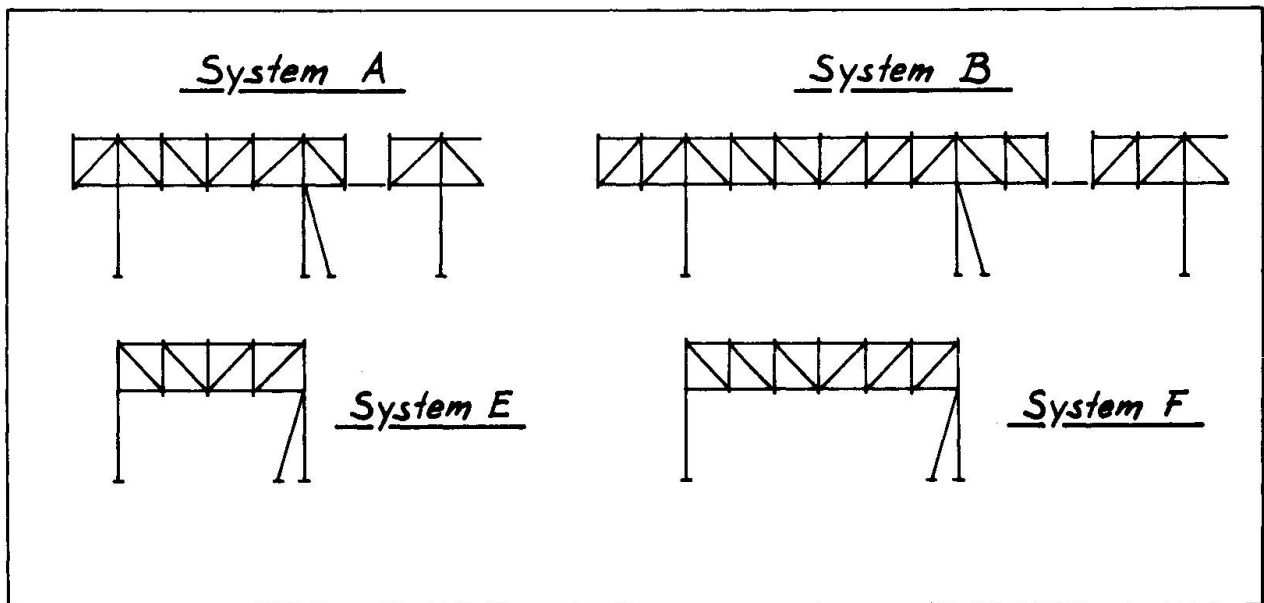


Bild 6 Neue Systeme standardisierter Rohrbrücken  
 Nennlast 2,0 .....6,0 Mp/m

Reserve , die durch entsprechende Konstruktionsgestaltung freigesetzt werden konnte.

Parameter	Offene Bandbrücken	geschlossene Bandbrücken	Rohrbrücken
Material	16...32	10...27	7 ...30
Fertigungszeit	50	15	8 ...17
Anstrichfläche	27...39	10...20	KTS

### ZUSAMMENFASSUNG

Den bisher in der DDR in Serie gefertigten stählernen Band- und Rohrbrücken liegt ein Katalog von Standardlösungen zu Grunde, der sich hinsichtlich Geometrie und Belastung funktionell bewährt hat. Fertigungszeit und Materialbedarf dieser Erzeugnisse waren Anlass für Untersuchungen zu deren Reduzierung. Durch die beschriebenen Veränderungen der bisher üblichen Konstruktionsformen und Systeme werden die aufgeführten Einsparungen in den kostenwirksamsten Parametern erzielt.

### SUMMARY

In the German Democratic Republic the construction of serie fabricated steel conveyor bridges supported by solid web plates or by tubes is based on standard solutions which have proved with regard to geometry and load. With regard to possible reductions of time for manufacturing and of the material required, these products were subject of investigations. As a result of the described alterations on the until now applied construction forms and systems the above mentioned savings will be realized in the parameters influencing seriously the expenditure.

### RESUME

Il existe en RDA un catalogue de calculs standardisés pour les ponts en acier à bande transporteuse et à poutres tubulaires, ponts qui ont déjà été fabriqués en série. Ce catalogue s'est avéré fonctionnel quant à la géométrie et aux charges. On a fait des recherches pour réduire le temps d'usinage et les besoins de matériaux de ces produits. Grâce à la description des changements dans les formes et les systèmes de constructions jusqu'à présent courants, on arrive à réduire les paramètres occasionnant le plus de dépenses.