

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

Band: 10 (1971)

Rubrik: Contributions received after printing of the preliminary report

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: 30.01.2026

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

Contributions reçues après mise sous presse du Rapport préliminaire

Nach Drucklegung des Vorberichtes erhaltene Beiträge

Contributions received after printing of the Preliminary Report

Leere Seite
Blank page
Page vide

Automatisierte Fertigung von Rohrstäben für Stabnetzwerkkonstruktionen

Automated Fabrication of Steel Rods for Trellis-Work Construction

Fabrication automatisée de barres d'acier pour constructions entrelacs

PETER SCHULZE

Dipl.-Ing.

Direktor für Rationalisierung im
volkseigenen Betrieb
Metalleichtbaukombinat Leipzig, DDR

1. Anwendungsgebiete der Stabnetzwerkkonstruktionen

Zur Befriedigung der Bedarfswünsche seiner Kunden produzierte der volkseigene Betrieb Metalleichtbaukombinat in drei Jahren 7 Millionen m² Geschoßfläche in Metalleichtbauweise. Die Stabnetzwerkkonstruktionen haben an dieser Menge erheblichen Anteil. Insbesondere für großflächige Hallenkomplexe der Industrie, der Land- und Lagerwirtschaft, aber auch für gesellschaftliche Bedarfsträger, z.B. als Turnhallen, finden diese Konstruktionen Anwendung. In gemeinsamer Entwicklung der Deutschen Bauakademie - Institut für Industriebau und dem VEB Metalleichtbaukombinat entstand nicht nur eine konstruktive Lösung mit bedeutenden Vorzügen, wie

- große stützenfreie Räume
- Einsetzbarkeit von Stahlbeton oder Stahlstützen
- beliebige allseitige Reihbarkeit der Dachsegmente
- geringer Transportraumbedarf durch stapelbare Elemente in Paletten (von besonderer Bedeutung bei Export)
- Vormontage zu ebener Erde ohne Kraneinsatz
- Segmentmontage zum kompletten Dachelement am Einbauort
- Unterbringung der Klimatisierungs- und Versorgungsleitungen im Dachsegment
- geringer Materialeinsatz und kurze Bauzeiten,

sondern gleichzeitig eine hochproduktive Fertigungstechnologie für die Herstellung der Rohrstäbe, die ich Ihnen in meinem Beitrag vorstellen möchte.

2. Stabnetzwerkkonstruktionen - Technische Daten und Parameter

Wir unterscheiden Stabnetzfaltwerkkonstruktionen, die als Pult- oder Satteldach und in Shedanordnung einsetzbar sind, und Stabnetzwerktonnenkonstruktionen. Beide Konstruktionen bestehen aus den gleichen Elementen, die auf der Baustelle zur Tragkonstruktion zusammengefügt werden; die Stabnetzfaltwerke

zu Segmenten mit den Regelabmessungen 12,0 m x 18,0 m und 12,0 m x 24,0 m für Knotenpunktbelastungen von 170 kp/m² und 220 kp/m² (Sonderabmessungen sind 6,0 m x 18,0 m; 6,0 m x 24,0 m und 12,0 m x 12,0 m). Die Stabnetzwerktonnen mit einer Systembreite von 16,66 m, einer Scheitelhöhe von 7,1 m, einer Traufhöhe von 3,0 m und Hallenvorzugslängen von 30,0 m; 60,0 m; 90,0 m.

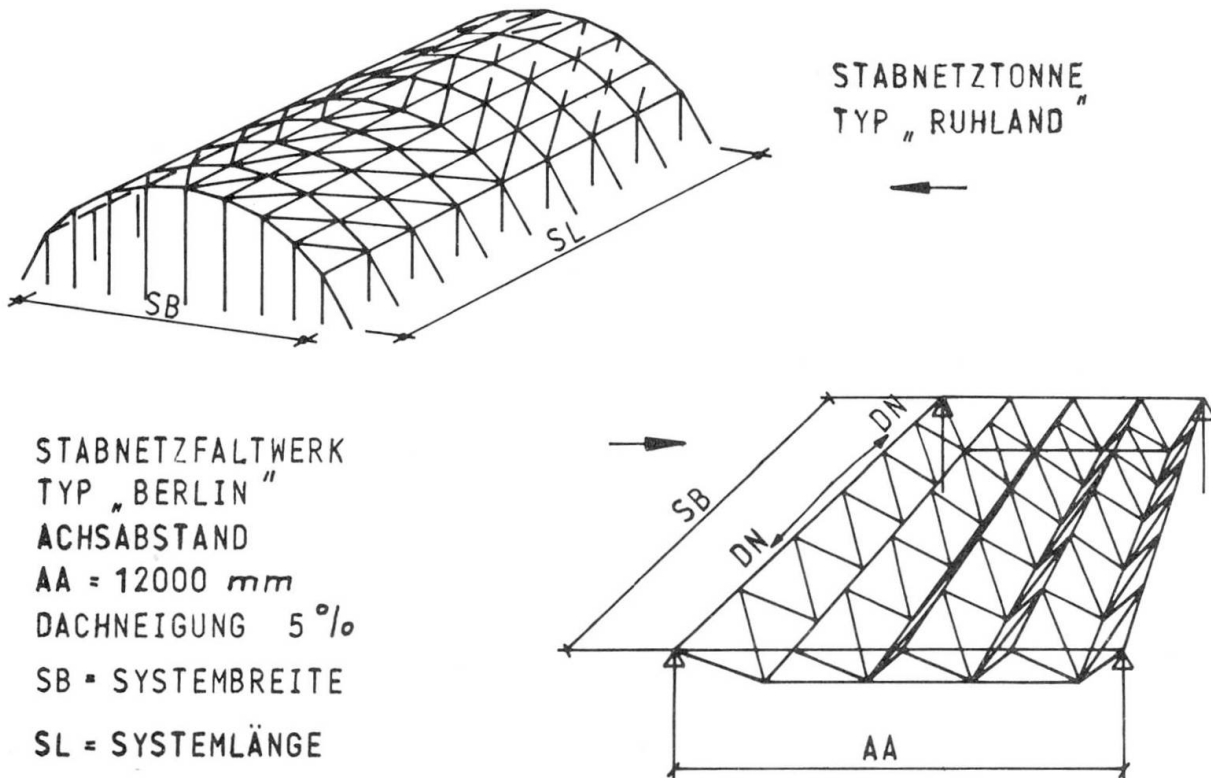


Bild 1 Systemdarstellung für die genannten Konstruktionen

Aus folgenden Konstruktionselementen setzen sich die Stabnetzwerkstrukturen zusammen:

- Nahtloses Rohr der Güte St 35 hb nach TGL 9413 und TGL 9414 als Gurt- oder Diagonalstab mit beiderseitig angeschweißten Anschlußknoten aus St 52-3
- Zwei Stück Deckel für jeden Stabnetzknötchen aus St 52-3 mit jeweils einer Stift- oder Sechskantschraube aus 6S,8G bzw. 10 Kals Verbindungselement.

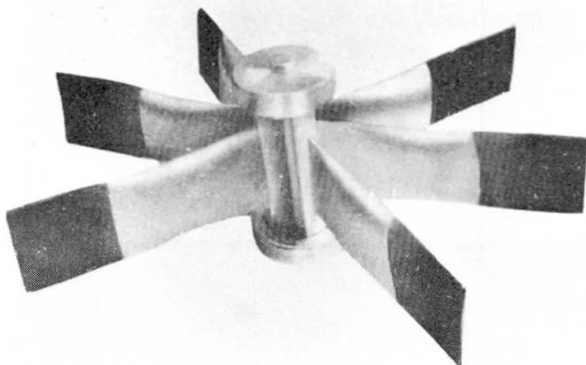


Bild 2 Darstellung eines Stabnetzwerkknötchens

Charakteristisches Konstruktionsmerkmal für die Rohrstäbe (Durchmesser 38 ... 108 mm, Längen 2400 ... 3900 mm, Wanddicken 3 - 6 mm) sind beidseitig gequetschte Rohrenden und daran stumpf angeschweißte Anschlußkonen mit trapezförmigem Querschnitt.

Aus der Anordnung der einzelnen Stäbe im Tragwerk ergeben sich Stäbe mit

- geradem, rechtwinklig zur Rohrachse stehendem Anschlußkonus
- geneigtem, schiefwinklig zur Rohrachse stehendem Anschlußkonus
- geneigten und gegeneinander verschränkt zur Rohrachse stehenden Anschlußkonen,

insgesamt 90 verschiedene Stabpositionen.

Diese Konstruktionselemente weichen beträchtlich von den im traditionellen Stahlbau üblichen ab und stellten völlig neue Anforderungen an die Fertigungstechnologie und -genauigkeit, die es bei der Entwicklung und Konstruktion des Maschinensystems zu berücksichtigen galt.

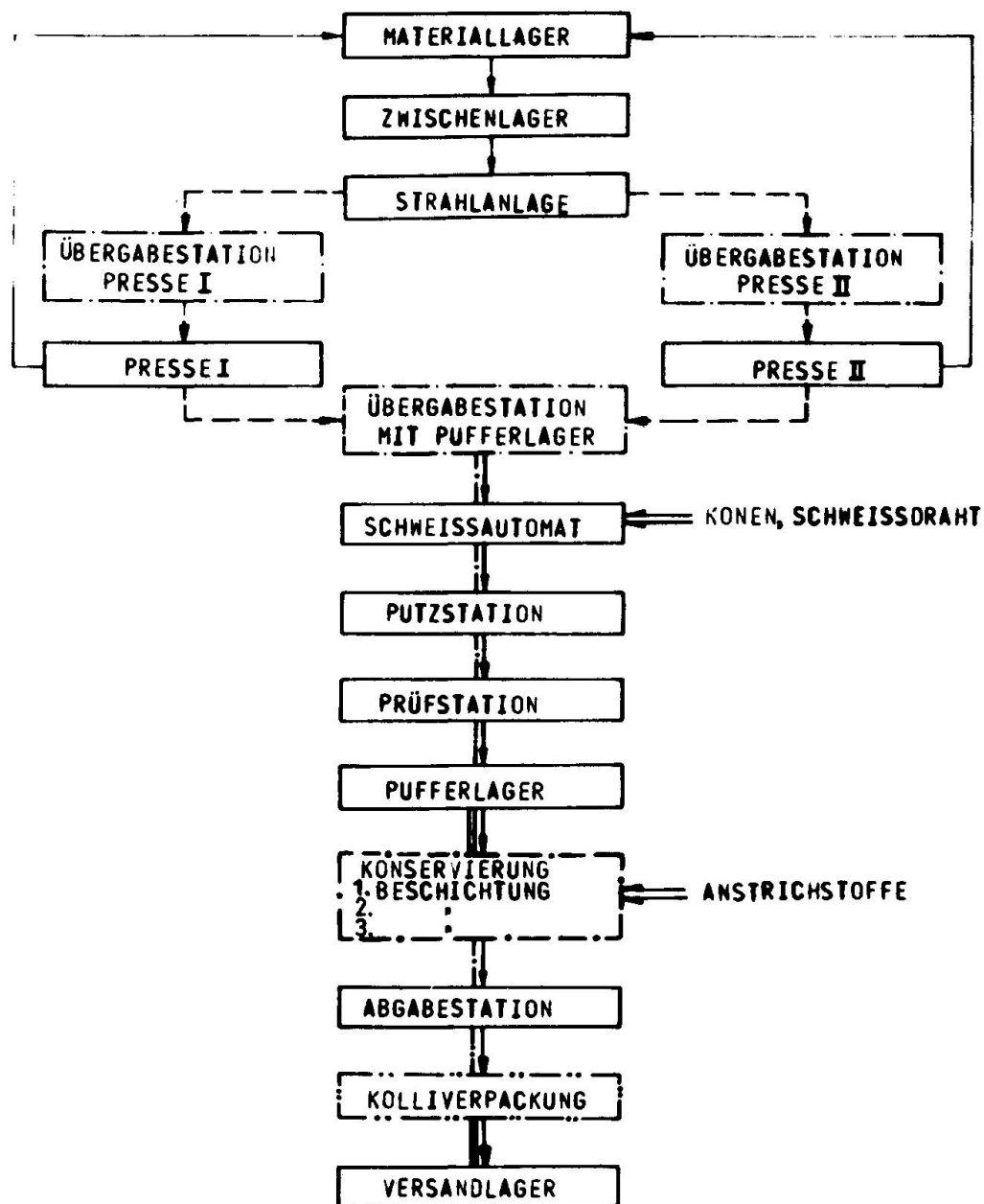
3. Das Maschinensystem zur Herstellung der Rohrstäbe für Stabnetzwerkkonstruktionen

3.1 Allgemeine technologische Gesichtspunkte

Die beschriebenen Merkmale der Rohrstäbe schließen auf Grund der in jedem Fall gleichen fertigungstechnischen Anforderungen den Vorteil einer Massenfertigung ein, die wiederum einen hohen Mechanisierungs- bzw. Automatisierungsgrad der Werkstattfertigung ökonomisch rechtfertigt.

Dabei bieten sich in der räumlichen Organisation des Fertigungsprozesses das Reihenprinzip bei zeitlich parallelem Verlauf der einzelnen Bearbeitungen an. Ein kontinuierlicher Transport, der je nach der Art der Bearbeitung in Takten oder stetig erfolgen muß, ist bei entsprechender Abstimmung der jeweiligen Bearbeitungszeiten und Maschinenkapazitäten möglich.

Im Bild 3 ist die jeweilige Transportart symbolisch dargestellt. Die Möglichkeit der starren Verkettung der einzelnen Bearbeitungsbereiche und die Berücksichtigung von Pufferstationen ist der auch in dieser Beziehung günstigen geometrischen Form der Stäbe zuzuschreiben. Eine Flexibilität der Pufferung in den Grenzen bis zu 2 Produktionsschichten ist lediglich vor der Konservierung notwendig, wenn für jede Stababmessung eine ökonomische Fahrweise der Durchlauf-Konservierungsanlage gewährleistet sein soll.

**TRANSPORTART:**

—	KRANTRANSPORT	⋮⋮⋮	KREISFÖRDERER
- - -	ROLLENGANGTRANSPORT	- - -	MANUELL
⋮⋮⋮	QUERFÖRDEREINRICHTUNG	=====	FLURTRANSPORT

BILD: 3

DURCHLAUFSHEMA DER FERTIGUNG VON
ROHRSTÄBEN FÜR STABNETZWERKKONSTRUKTION

3.2 Untergrundbehandlung

Bereits in der ersten Bearbeitungsstufe wird die Qualität des zu fertigenden Erzeugnisses maßgeblich beeinflusst, hängen doch die Güte der Schweißverbindungen – insbesondere aber die Qualität des Korrosionsschutzes – entscheidend vom Säuberungsgrad der Oberfläche ab.

Die Rohre gelangen gebündelt, in Lieferlängen bis zu 12500 mm (max. Bundmasse ca. 5 t) aus den überdachten Lagerboxen zur Durchlauf-Strahlanlage, werden dort auf einem Aufgabewagen vereinzelt und z.Z. noch manuell bei gleichzeitiger Qualitätskontrolle in die Aufgabevorrichtung eingelegt. Von hier erfolgt die Beschickung über den Zuführrollengang.

Die Durchlauf-Strahlmaschine arbeitet mit vier geschlossenen Schleuderrädern, als Strahlmittel wird Drahtkorn mit Korngrößen von 0,4 ... 1,0 mm Durchmesser verwendet.

Der in der TGL 18730 geforderte Säuberungsgrad 3 (metallisch blank) wird gewährleistet. Die Entstaubungsanlage im Strahlmittelkreislauf sorgt für die ständige Reinigung des Strahlmittels. Der Strahlmittelverbrauch liegt bei ca. 30 g/m².

Die Anlage gestattet ein kontinuierliches Arbeiten, wobei gleichzeitig mehrere Rohre (ihre Anzahl richtet sich nach ihrem Durchmesser) mit einer Geschwindigkeit von im Mittel 1,0 m/min durchlaufen. Sie wird von einem zentralen Steuerpult aus bedient. Durch beidseitiges Verschließen der Rohröffnungen verlassen die entzündeten und entrosteten Rohre ohne jegliche Strahlmittelrückstände (entscheidende Bedingung für die gewählte Zuschnitttechnologie) die Durchlauf-Strahlanlage und gelangen über die abgabeseitigen Rollengänge zu den Übergabevorrichtungen I oder II des Zuschnittbereiches.

3.3 Zuschnitt

Für das kombinierte Quetschen und Scheren der Rohrenden auf hydraulischen Pressen (160 Mp) werden zwei Bearbeitungseinheiten eingesetzt, die folgende Ausrüstungsgruppen umfassen

- Verkettungseinrichtung Strahlmaschine - Zuschnitt
- Zuführrollengang mit Spannvorrichtung
- Presse mit kombiniertem Drück- und Schnittwerkzeug
- Abführrollengang mit Spannvorrichtung und Ablänganschlag
- Abgabevorrichtung auf Verkettungseinrichtung
- Übergabestation zum Überflurschleppkettenförderer der Schweißstationen, Putz- und Prüfstation

Nach dem Strahlen erfolgt in einer Verkettungseinrichtung zwischen Strahlmaschine und Zuschnitt eine Pufferung von 7 bis 18 Rohren. Von hier aus werden die Rohrstangen mechanisch vereinzelt und auf die Zuführrollengänge der Pressen aufgelegt. Das Drücken und Schneiden der Rohre erfolgt in einem Arbeitsgang (kombiniertes Drück- und Schnittwerkzeug).

Nach dem Anschnitt (Anschlag mit Auswerfer am Werkzeug) erfolgt in drei- und vierfacher Folge das Ablängen auf die jeweilige Rohrstablänge. Nach dem Trennvorgang sowie dem Öffnen und Entfernen des Ablänganschlages wird der Rohrstab in den Abgabebereich des Abführrollenganges weitergefördert und der nächsten Verkettungseinrichtung übergeben.

Die Vielfalt der beschriebenen Stabvarianten und die erforderlichen Genauigkeiten bedingen einen entsprechend hohen maschinentechnischen Aufwand. Alle Bewegungsabläufe werden von einem zentralen Bedienpult aus elektropneumatisch bzw. -hydraulisch gesteuert.

Zum Weitertransport der Rohrstäbe in die CO₂-Doppelschweißanlage wird ein vertikal umlaufender Überflurschleppkettenför-

derer mit Doppelkette eingesetzt. Dieser Förderer mit einer Länge von 16000 mm und einer Spurweite der Doppelkette von 1400 mm fördert die Rohre je nach Arbeitsprogramm der Schweißanlage in 500- oder 1000-mm-Taktlängen. Dabei beträgt die Höhe der Unterkante der Rohre über dem Fußboden 800 mm. Beim Transport liegen die Rohre mit 500 mm Abstand in Aufnahmeprismen, die an der Kette befestigt sind.

Der Antrieb des Förderers läßt eine stufenlose Regelung im Bereich von 4 bis 9 m/min zu, wobei die dafür erforderliche Gleichstromregelung mit im elektrotechnischen Teil der Schweißanlage erfaßt ist. Eine Taktlängenschaltvorrichtung in Verbindung mit einer Doppelbackenbremse sorgt für eine immerwiederkehrende Haltepunktgenauigkeit von ± 5 mm.

3.4 Fügen und Schweißen der Rohre und Anschlußkonen

Herzstück des Maschinensystems ist der unter Leitung des Zentralinstituts für Schweißtechnik Halle/Saale entwickelte und gebaute CO₂-Doppelschweißautomat mit 2 Schweißstationen.

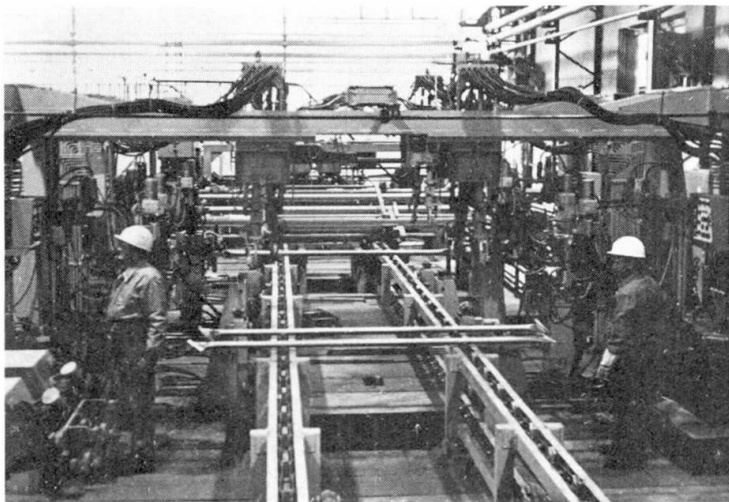


Bild 4 Ansicht der CO₂-Doppelschweißanlage

Die Rohre werden aus dem Pufferlager der Verkettungseinrichtung selbsttätig taktweise vom Überflurschleppkettenförderer übernommen. Die Rohre sind mit einer Toleranz von ± 40 mm auf die Mittelachse des Förderers ausgerichtet.

Bezogen auf ein Rohr ergibt sich die nachstehend aufgeführte Arbeitsfolge, welche durch eine Folgeschaltung automatisch abläuft:

1. Grobausrichten des Rohres auf Mittigkeit und Stellung des Rohrblattendes (Grobauorientstation)
2. Feinausrichten des Rohres (Justierstation)
3. Spannen des Rohres in Schweißposition (Greiferstation)
4. Zuführung der Konen aus dem Konenmagazin
5. Verschweißen der Rohre mit den Konen – automatisches CO₂-Schweißen in f-Position
6. Übergabe des Rohres an die Ablagestation
7. Ablegen des Rohres auf dem Schleppkettenförderer

Die Anlage besteht, wie aus der Bezeichnung hervorgeht, aus zwei gleichen Einheiten, die je nach Rohrposition gemeinsam oder einzeln arbeiten. Je Einheit sind 4 CO₂-Brenner vorhanden, die paarweise die Fallnähte gleichzeitig verschweißen. Die geschweißten Rohrstäbe werden vom Förderer wieder übernommen und taktweise der Putzstation zugeführt.

3.5 Schweißnahtsäuberung

Die Säuberung der Schweißnähte erfolgt in einer selbsttätig arbeitenden Putzstation, wobei der Arbeitsablauf dieser Anlage durch eine Folgeschaltung über Endschalter und Zeitrelais gesteuert wird. Die Arbeitsverrichtungen dabei sind:

- Zuführung der Rohre in die Bearbeitungsstellung über eine hydraulische Aushubstation
- Strahlen der Rohrenden entsprechend der eingestellten Zeit und Strahlmittelführung durch Vakuumpumpe
- Abtransport der gesäuberten Rohre

Beide Strahlkammern sind entsprechend der verschiedenen Rohrstabtlängen seitlich auf Schienen verschieb- und arretierbar.

3.6 Schweißnahtprüfung

Während im bisher behandelten Fertigungsdurchlauf die statistische Qualitätskontrolle, insbesondere hinsichtlich

- der Einhaltung des Säuberungsgrades 3 der Oberflächen
- der Einhaltung der Zuschnitt- und Fertigteiltoleranzen
- der Säuberung von Schweißnaht und Schweißnahtbereich,

Anwendung findet, wird jede Schweißnaht in einer speziell für diesen Zweck entwickelten Prüfeinrichtung belastet und mit einer 1,5-fachen Sicherheit gegenüber $\sigma_{zul} = 1280 \text{ kp/cm}^2$ geprüft. Mit dieser in die Taktfolge der Fertigungsstraße eingeordneten Prüfeinrichtung wird die unbedingte Zuverlässigkeit der Konstruktionselemente nachgewiesen. Eine damit erzielbare und bei der Staatlichen Bauaufsicht der DDR beantragte Erhöhung der zulässigen Spannungen wird durch Verringerungen der rechnerisch notwendigen Rohrquerschnitte eine weitere Senkung des Materialeinsatzes ermöglichen.

Zwischen Prüftrommel und Aufgabe zur Konservierungsanlage besteht eine Puffermöglichkeit durch Zwischenlagerung.

3.7 Konservierung

Als Korrosionsschutz für die Rohrstäbe wird ein Dreischicht-Anstrichsystem auf Alkyd-Aminharz-Basis aufgebracht. Der Aufbau der Konservierungsanlage gestattet eine Beschichtung der Werkstücke nach folgender Technologie:

1. Automatische elektrostatische Beschichtung durch Sprühscheiben
2. Abdunsten
3. Einbrennen bei 120° C durch Infrarotstrahler
4. Abkühlen

In der Durchlaufanlage wird diese Technologie dreimal angewandt und damit eine Trockenschichtdicke von 80 bis 100 μm

erzielt. Ein Nachspritzen kann innerhalb der Konservierungsanlage im Anschluß an die 2. Beschichtungseinheit manuell mittels Aerostatverfahren durchgeführt werden.

Der Transport der Stäbe durch die Anlage wird mit stetig laufendem Einbahnketten-Kreisförderer vorgenommen. Spezielle Transportgehänge nehmen 3 bis 6 Rohrstäbe in horizontaler Lage auf. Die Erfassung der Auflagestellen wird durch kurzzeitiges Ausheben der Stäbe vor jeder neuen Beschichtung gewährleistet.

Die Stäbe werden aus dem Zwischenlager entnommen und manuell in die Gehänge eingelegt. Die mit durchschnittlich 1,4 m/min durchlaufenden Teile werden selbsttätig aus den Gehängen entnommen und danach manuell in entsprechenden Transportgestellen versandfertig verpackt.

Die Einhaltung der Qualitätsforderungen wird durch Schichtdickenmessung und Sichtkontrolle der Oberflächen geprüft.

3.8 Verpackung

Entsprechend der angewandten Versandtechnologie werden die Rohrstäbe positionsweise verpackt, d.h. lagenweise in spezielle Transportgestelle mit zwischengelegten Gummiprismenleisten zur Vermeidung von Beschädigungen eingestapelt.

Abhängig vom Rohrdurchmesser beträgt das Fassungsvermögen des Versandkollis zwischen 34 und 170 Stck Rohrstäbe.

Je Segment werden durchschnittlich 3 Kollis (Transportgestelle) mit je 3 m³ Laderaum benötigt.

Zum Beispiel enthält ein Segment:

12 x 12 m	114 Stäbe bei 14 Positionen
12 x 18 m	166 Stäbe bei 24 Positionen
12 x 24 m	210 Stäbe bei 26 Positionen

4. Fertigungsorganisation, Fertigungsprinzip und kurzfristige Produktionsplanung

Dem vorgestellten Maschinensystem zur Fertigung von Rohrstäben für Stabnetzwerkstrukturen wurde das Prinzip einer starren Verkettung zugrunde gelegt. Das bedeutet, daß die eingangs genannten 90 verschiedenen Stabpositionen (eine Reduzierung wird angestrebt) nacheinander gefertigt werden und dazwischen ein Umrüsten der Fertigungsstraße vorgenommen werden muß.

Eine numerische Steuerung der gesamten Anlage oder auch nur einzelner Abschnitte würde erheblich höhere Anlagekosten erfordern und damit für die Wirtschaftlichkeit wesentlich veränderte Bedingungen schaffen.

Von Anzahl und Zeitdauer der Umrüstungen wird die Effektivität der Fertigungsstraße entscheidend beeinflusst.

Parallel zur Erzeugnis- und Verfahrensentwicklung wurden in Erkenntnis dieser Problematik EDV-Programme zur optimalen Nutzung der Fertigungsstraße in Abhängigkeit von der Auftragslage ausgearbeitet.

Zunächst werden die Aufträge nach Lieferterminen und Dringlichkeiten sortiert, so daß eine Reihenfolge für die kurz-

fristige Produktionsplanung entsteht.

Ausgehend von dieser Reihenfolge werden die Fertigungslose und deren Herstellungsfolge berechnet. Als Optimierungsziel gilt die Minimierung der Umrüstzeiten, als Randbedingung die Kapazitätsbilanz der Fertigungsstraße.

Ein Arbeitsfortschrittskontrollsystem bildet die Basis für die Optimierungsrechnung des nächsten Planabschnittes. Diese Methode gewährleistet neben der Optimierung der Fertigungsstraße das schnelle Reagieren auf Kundenwünsche und Erfordernisse der Montage.

5. Montage

Die Anlieferung der Rohrstäbe auf die Baustellen erfolgt in speziellen Transportgestellen. Auf der Baustelle wird zunächst zu ebener Erde die Segmentvormontage vorgenommen. Dazu finden Hilfseinrichtungen Anwendung, die einen zügigen Zusammenbau der Dachsegmente bei gleichzeitiger Komplettierung ermöglichen. Abhängig vom konkreten Anwendungsfall kann die Komplettierung von der Dachhaut bis zur Gebäudeausrüstung (Heizungsinstallation, Klimatechnik u.ä.) reichen. Dafür erfolgt der Einsatz unterschiedlicher Hebezeuge (Auto- oder Mobilkrane) und spezieller Hubeinrichtungen in Relation zur zu überdachenden Hallenfläche und der Segmentgröße.

Vom Montagewerk unseres Kombinates wurden bei großflächigen Überdachungen durch Aufbau einer Montagetaktsstraße, in der zu ebener Erde die Stahlkonstruktionen montiert, die komplette Dacheindeckung aufgebracht, Klimatechnik und Beleuchtung installiert und das so komplette Dachsegment gehoben und zum Einbauort verrollt wurde, Tagesleistungen bis zu 1600 m² erzielt.

6. Schlußbemerkungen

Die in meinem Beitrag vorgestellte automatisierte Fertigungsstraße für die Herstellung von Rohrstäben für Stabnetzwerkstrukturen wurde in einem Zeitraum von 18 Monaten vom Ingenieurbüro unseres Kombinates unter aktiver Mitwirkung des Werkes Ruhland sowie zentraler Institute entwickelt, projektiert und aufgebaut.

Der überwiegende Teil der Ausrüstungen sind Neuentwicklungen, die in den Werken unseres Kombinates gefertigt wurden.

Nach Überwindung anfänglich aufgetretener Mängel und Störungen sind heute die volle Funktionstüchtigkeit und die Erreichung der projektierten Leistung nachgewiesen.

Leere Seite
Blank page
Page vide

**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

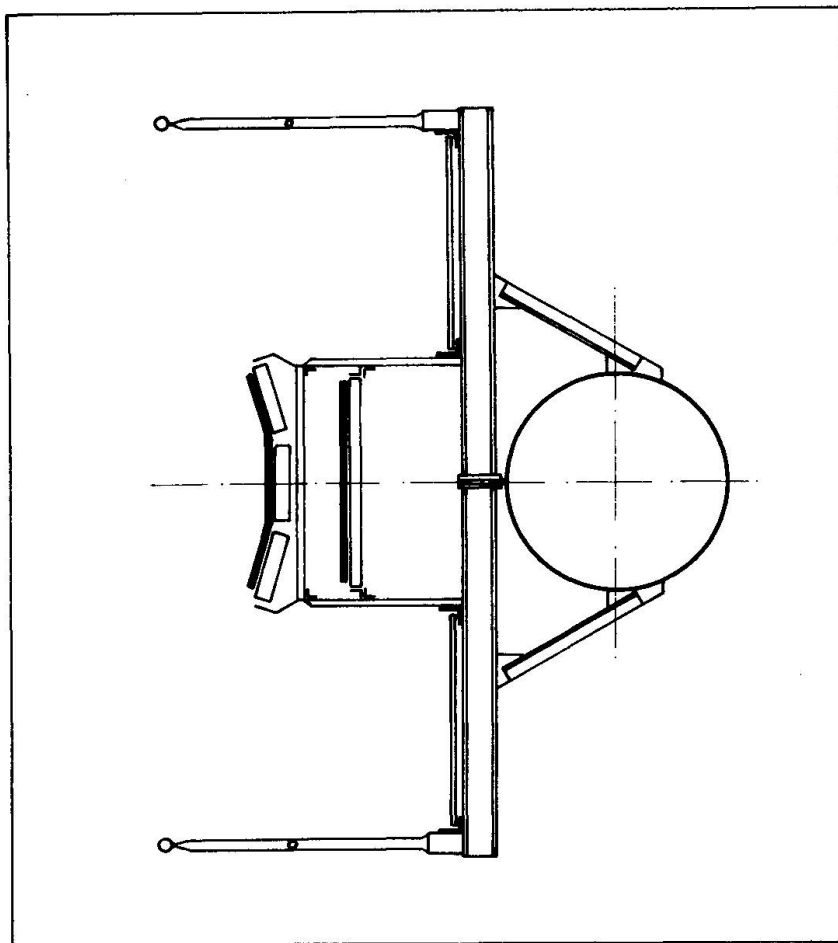
Die erzeugnisorientierte Fertigungsorganisation des VEB Metalleichtbaukombinat in der DDR bildet u.a. die Grundlage für die Weiterentwicklung von bereits in Serie produzierten Konstruktionsformen, die auf Grund dieser Tatsache bzw. existieren-der Typenkataloge oder Standards im allgemeinen als ausgereifte Standardbauweisen angesehen werden. Dies wird am Beispiel stähler-ner 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 gestaltnäßige Lösungen ersetzt sowie neuartige Fertigungsweisen angewendet werden. Die Übertragung dieser Ver-fahrensweise ist hinsichtlich der Variabilität in der Konstruk-tionsgeometrie 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 Fachbereich-standart TGL 115 - 0053 als "begehbare Tragkonstruktion für kontinuierlich arbeitende Transportmittel, vornehmlich Gurt-bandförderer, zum Transport von Schütt- oder Stückgütern" ist sowohl deren Funktion als auch die mögliche Belastung der tragen-den Stahlkonstruktion beschrieben.

Grossrohrbandbrücke



Vollwandträgerbrücke

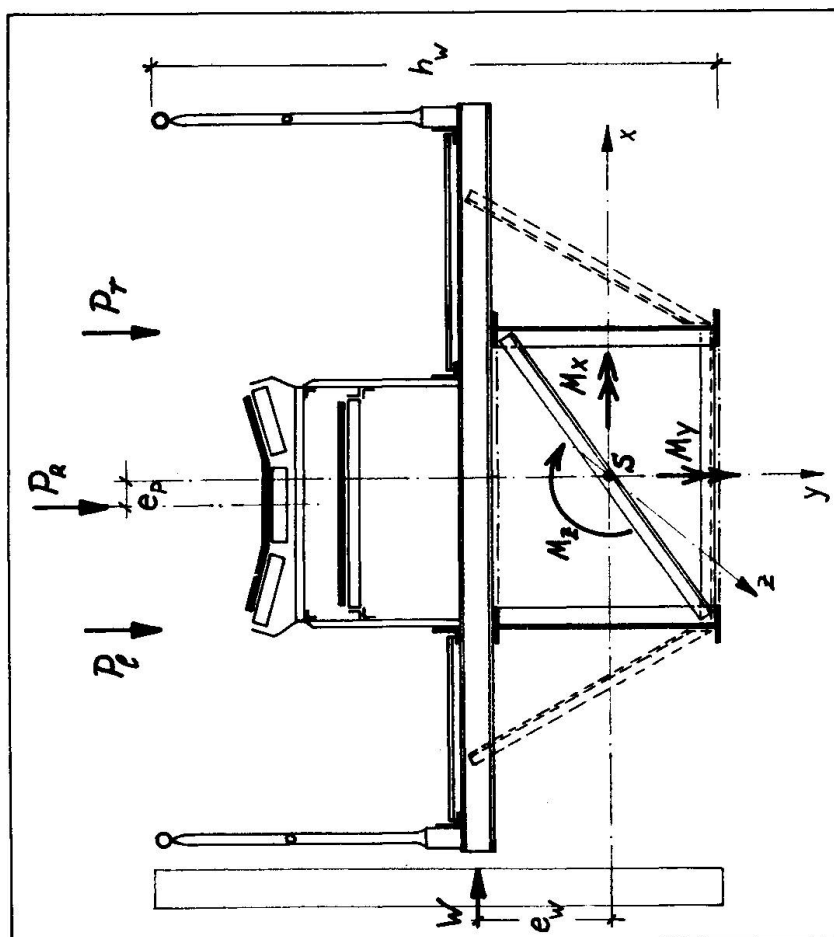


Bild 1 Entwicklung offener Bandbrücken

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 $l = 12000, 18000$ und 24000 mm festgelegt. Die Brückenfelder eignen sich für Horizontal- oder Schräglage zwischen 0° bis 24° . 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:

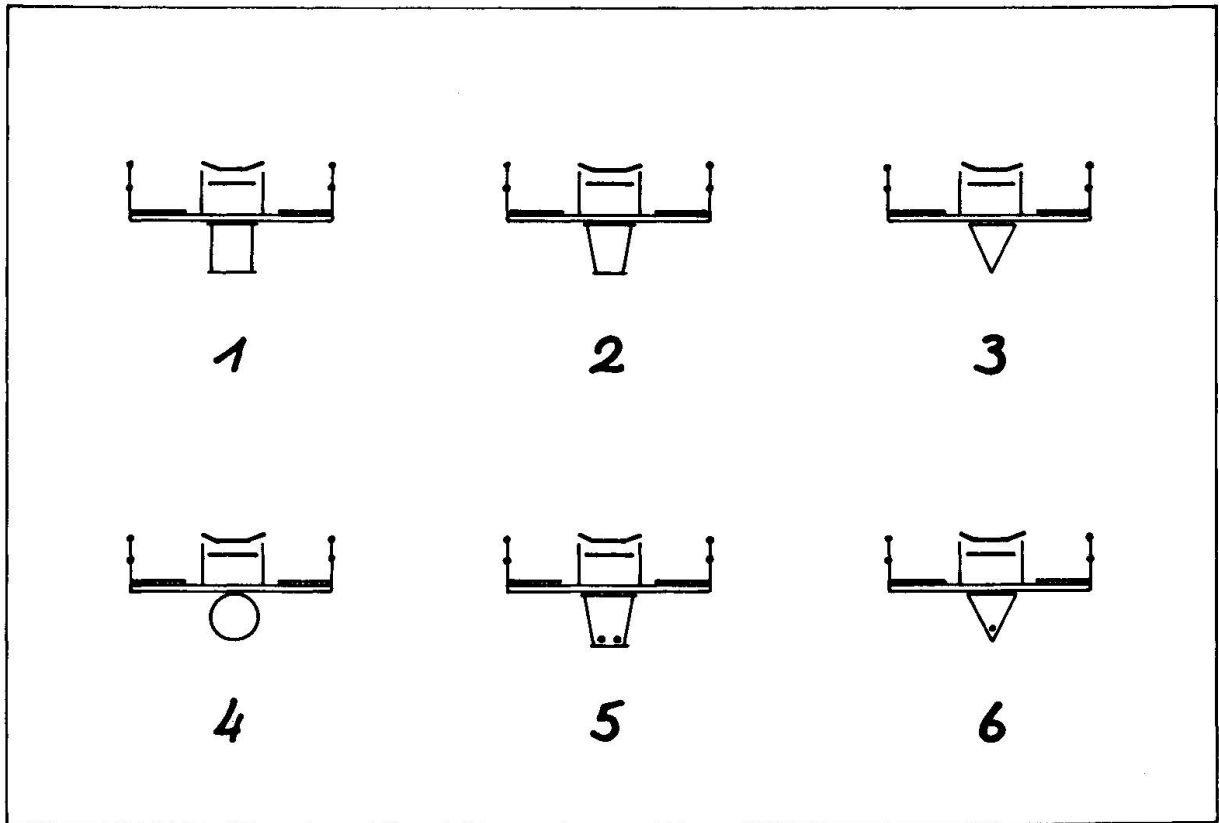
- Anschluß der Fachwerkverbandstäbe an die Hauptträgergurte sowohl über Knotenbleche als auch direkt bei asymmetrischer Gurtblechanordnung zu fertigungsaufwendig.
- Komplette geschweißte Brückenquerschnitte bedeuten eine verminderte Auslastung des Transportraumes gegenüber dem Versand in Einzelelementen.

1.2. Variation der Hauptträgerquerschnitte offener Bandbrücken

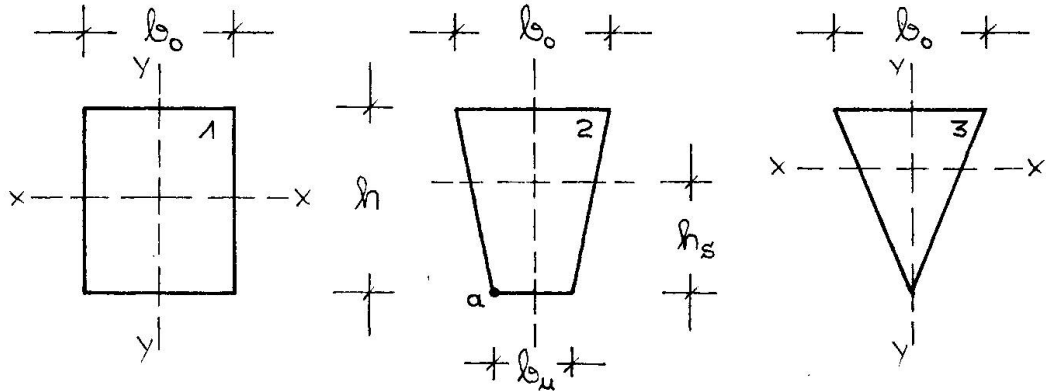
Die über dem Durchschnitt liegende Fertigungszeit sowie die diesbezüglich geringen Reserven der beschriebenen Typenlösung führten zu einem Vorschlag des Fertigungsbetriebes, neue Formen von Hauptträgerquerschnitten offener Bandbrücken auf ihre Eignung zu untersuchen, die den folgenden Anforderungen genügen:

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

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

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

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 σ) unter Verwendung der in Bild 2 aufgeführten geometrischen und belastungsabhängigen Verhältnisswerte als Funktion der Fläche F und der für alle Querschnittsteile konstant vorausgesetzten Materialstärke t dargestellt. Die Auflösung der Bestimmungsgleichung nach F bei vorgegebenem zul σ und t

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

erlaubt aus der Variation der Verhältnisswerte 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 Grenzlazustände mit dem dadurch festgelegten Verhältnisswert 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

$$\begin{array}{ll} 1 : 1,5 \text{ (Schwere Ausführung)} & 375 \leq p \leq 850 \text{ kp/m} \\ \text{bzw. } 1 : 0,7 \text{ (leichte Ausführung)} & p \leq 375 \text{ kp/m} \end{array}$$

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 ¹⁾

¹⁾ 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 ~~Formänderungs~~ Formänderungsgrößen vorgenommen:

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

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

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

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 Erzeugnisentwicklung

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 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 Erzeugnisentwicklung 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.

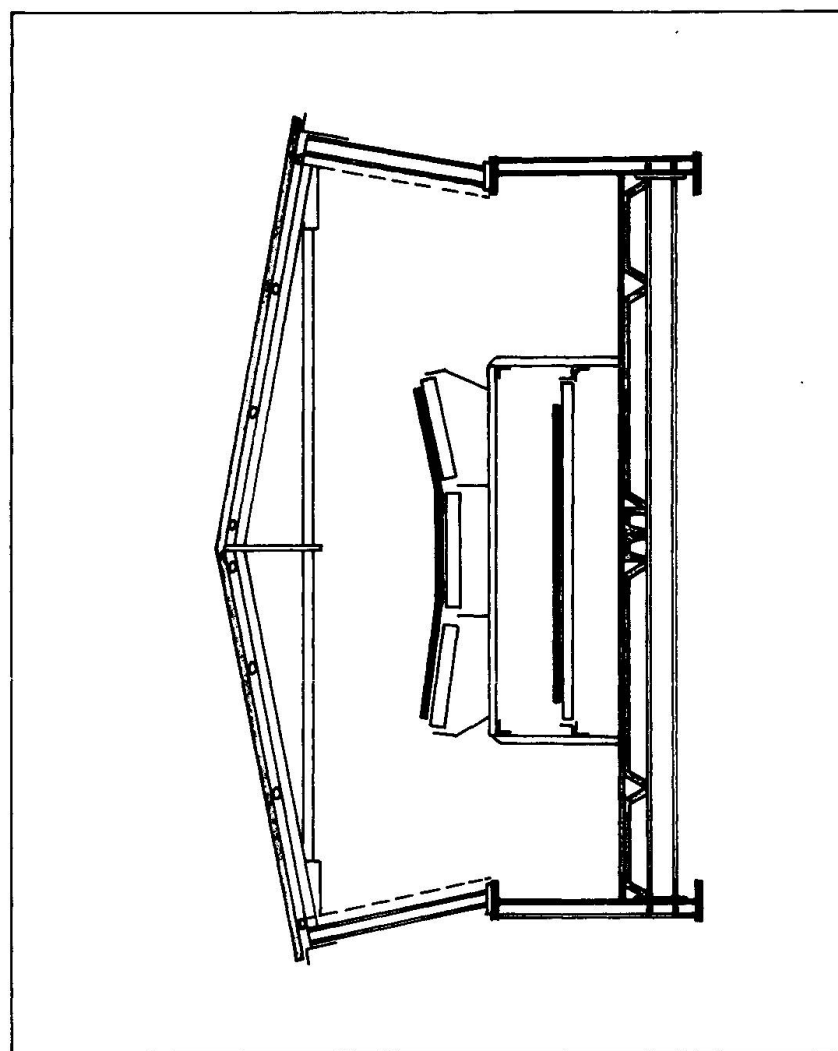


Bild 3 Geschlossene Bandbrücken nach
Typenkatalog Kb 545.5.053

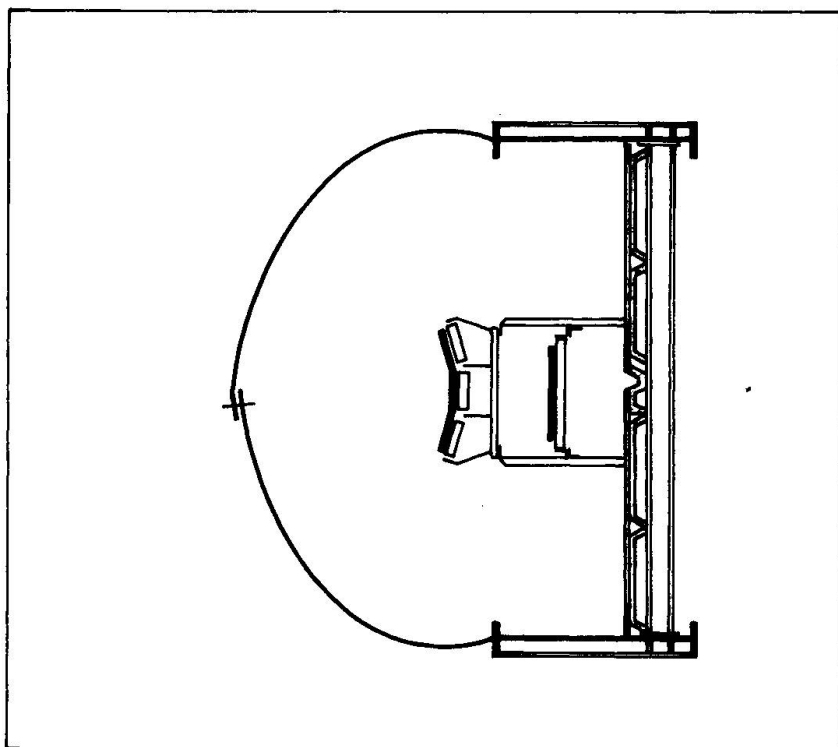


Bild 4 Geschlossene Bandbrücken
mit GFP-Einhausung

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

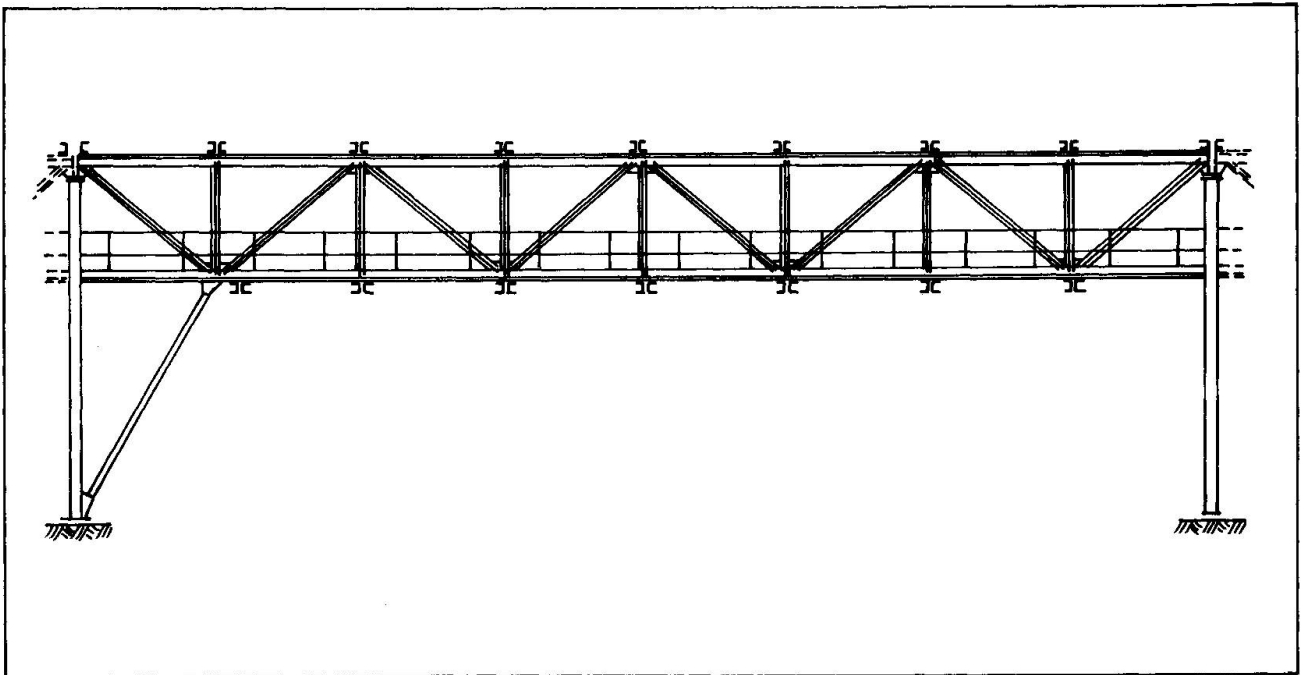


Bild 5 Konstruktionsprinzip nach Typenkatalog KB 545.5

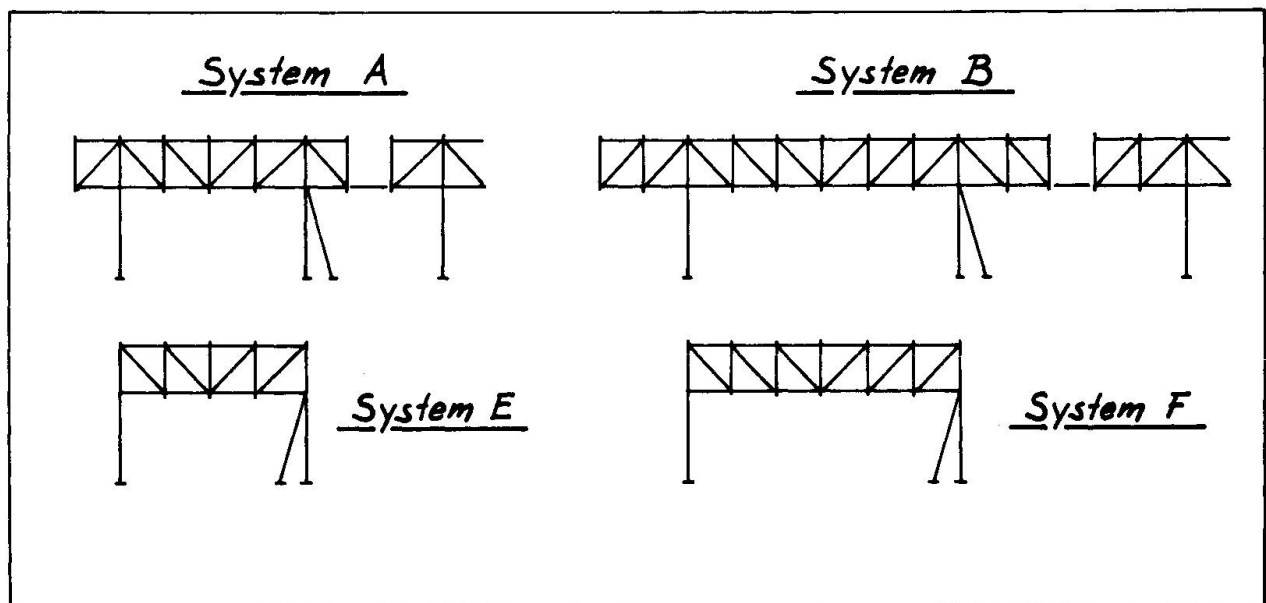


Bild 6 Neue Systeme standardisierter Rohrbrücken
Nennlast 2,0 6,0 Mp/m

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.