

# Geschweisste Rohrkonstruktionen

Autor(en): **Gottfeldt, Harry**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **105/106 (1935)**

Heft 16

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-47505>

## **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.

INHALT: Geschweisste Rohrkonstruktionen. — Vom Studentenheim an der E. T. H. — Spritzguss mit „kalter“ Druckkammer. — Die Metallwarenfabrik P. & W. Blattmann in Wädenswil. — Mitteilungen: Geräuschmessung. Der Zusammenschluss der britischen Kraftwerke. Höchstdruckdampf für Schiffsantrieb. 45 000 PS-Propeller-

Turbine für das Kraftwerk Wheeler Dam. Elektrische Abstimmung im schwedischen Parlament. Internationaler Talsperrenkongress. Indische Zugwiderstandsversuche. Eidgen. Technische Hochschule. — Wettbewerbe: Seebadanstalt in Rapperswil. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 106

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 16

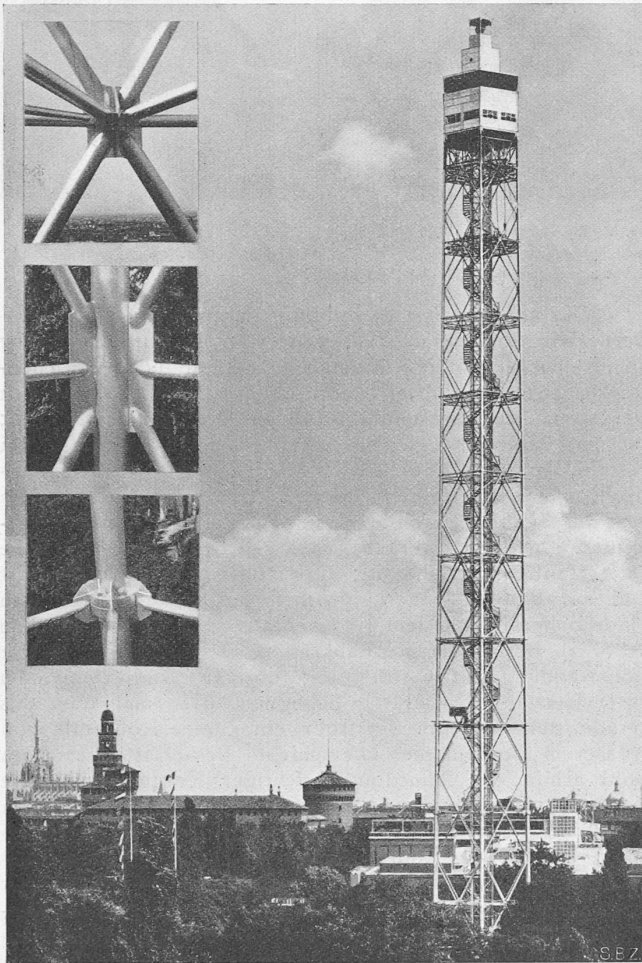


Abb. 9. Gesamtbild und Einzelheiten der „Torre Littoria“ in Mailand.

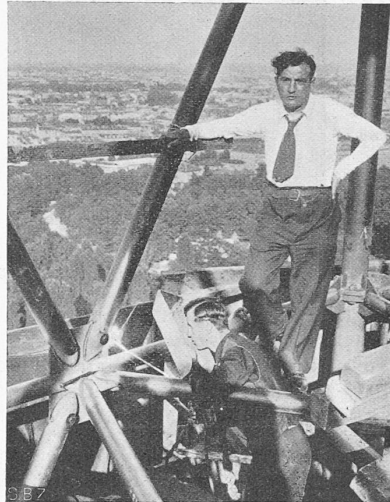


Abb. 11. Schweißen eines Knotenpunktes gemäss Abb. 9 oben links. — Entwurf des Turmes: Prof. Dr. Ing. Cesare Chiodi, Mailand.

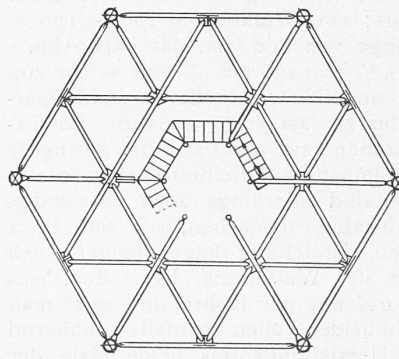


Abb. 10. Horizontalverband mit seinen Knotenblechen. — 1 : 200.

**Geschweisste Rohrkonstruktionen.**

Von Dr.-Ing. HARRY GOTTFELDT, London.

Der günstigste Querschnitt für zentrisch gedrückte Stäbe, d. h. der Querschnitt, der ein möglichst grosses Trägheitsmoment mit einer kleinen Fläche, also geringem Gewicht vereinigt, ist der Kreisring, das Rohr<sup>1)</sup>. Diese Erkenntnis ist alt, und zahlreiche gusseiserne Stützen aus den Anfangszeiten des Stahlbaues legen noch heute Zeugnis davon ab. Mit dem Ersatz des Gusseisens durch den Flussstahl gewannen aber eckige Formen die Oberhand, die allein den Eigenheiten der Nietverbindung gerecht zu werden vermochten. Die Versuche, durch Schellen, Muffen oder besondere Formgebung der Rohrenden zu brauchbaren Rohrverbindungen zu kommen, führten, wenigstens im Bauwesen, zu keinem Ergebnis, und erst die neuzeitlichen Schweissverfahren verhalfen dem Rohr wieder zur Geltung.

Der erwähnte theoretische Vorteil dieses Querschnittes ist übrigens, entgegen den häufig zu findenden Behauptungen, an sich gar nicht erheblich. Trägt man beispielsweise für eine Kraft von 20 t und veränderliche Knicklänge das Stabgewicht bei Wahl eines der bisher üblichen Querschnitte auf und vergleicht es mit dem Gewicht gleich

<sup>1)</sup> A. Hilpert und O. Bondy, „Z.VDI“, Bd. 77 (1933), S. 701. Diese Arbeit wurde in den nachstehenden Ausführungen wiederholt benutzt; die Abb. 2 und 3 sind von dort übernommen.

Q. Bondy und H. Gottfeldt, „Engineering“ April 5, 19; 1935.

man hiermit einen weiteren Linienzug c in Abb. 1 ein, so fällt der Vergleich weit mehr zu Gunsten der Rohre aus.

In der Abb. 1 sind die Rohrdurchmesser um je 1/4" abgestuft. Auf Verlangen können die Rohre durch kaltes Nachziehen auf jeden gewünschten Durchmesser bei beliebiger Wanddicke gebracht werden, sodass der Linienzug c nahezu stetig dargestellt werden könnte. Das ermöglicht eine gute Ausnutzung der jeweils zulässigen Beanspruchung, erschwert aber die Lagerhaltung und erfordert ziemlich viel Rechenarbeit zur Auffindung besonders geeigneter Abmessungen. Verschiedentlich wurden Zahlentafeln<sup>2)</sup> und zeichnerische Verfahren<sup>3)</sup> zur Vereinfachung dieser Arbeit aufgestellt; als weiteren Beitrag zur Lö-

<sup>2)</sup> R. Ulbricht, „Mitt. der Niederrhein. Bez. Ver. des VDI“, 1932, Nr. 1; auch der Röhrenverband, G. m. b. H., Düsseldorf, hat eine diesbezügliche Tafel zusammengestellt.

<sup>3)</sup> H. Gerbeaux, „Revue soud. aut.“, 1932, S. 2614.

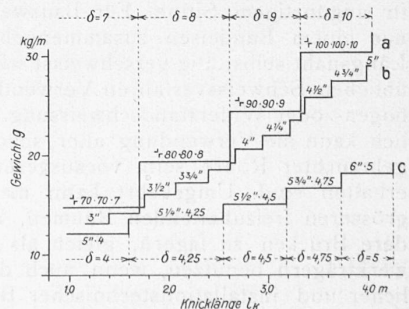


Abb. 1. Gewichte von  $\perp$  Querschnitten und von Rohren bei  $S = 20$  t,  $\sigma_{zul} = 1,4$  t/cm<sup>2</sup> und wechselnder Knicklänge.

tragfähiger Rohre von der selben Wanddicke, so erhält man die Linienzüge a und b der Abb. 1, die nicht allzuweit voneinander entfernt sind. Der wesentliche Vorteil der Rohre liegt darin, dass ihre Wanddicken viel geringer sein dürfen als bei anderen Querschnittsformen. Bei Walzweisen bedingt die Rücksicht auf das Walzverfahren, auf Rost und auf die Gefahr des Ausbeulens der einzelnen Teile eines Profils eine Dicke der frei abstehenden Teile von rd. einem Zwölftel ihrer Länge (bei Winkeleisen mit 120 mm Schenkellänge also etwa 10 mm); bei Rohren, die bei sachgemäßem Endabschluss nur einseitig der Rostgefahr ausgesetzt sind und deren Querschnittsteilchen sich durch die Krümmung gegenseitig versteifen, kann als roher Mindestwert der Wanddicke etwa ein Dreissigstel des Durchmessers angesehen werden. Trägt

sung dieser Aufgabe hat der Verfasser eine Rechen-tafel ausgearbeitet<sup>4)</sup>, die die unmittelbare Bestimmung der gesuchten Größen — Durchmesser und Wanddicke — aus den gegebenen — Stabkraft und Knicklänge — nach den deutschen Knickvorschriften gestattet, also den Umweg über Trägheitsradius, Fläche und Schlankheitsgrad vermeidet.

Abb. 1 zeigt, dass für einzelne Stäbe Gewichtsersparnisse bis zu fast 50% möglich sind. Auf ganze Bauwerke darf man das natürlich nicht übertragen, da bei Zugstäben eine Ersparnis nicht eintritt; auch für Biegebeanspruchungen ist das Rohr nicht zweckmässig. Häufig findet man daher für derart beanspruchte Stäbe auch bei Rohrkonstruktionen ein Form- oder Stabeisen (Abb. 2). Immerhin haben Vergleichsrechnungen gezeigt, dass bei Fachwerkbindern Gewichtsersparnisse von über 30% durch Verwendung von Rohren möglich sind<sup>5)</sup>. Berücksichtigt man, um eine wirklich massgebende Beurteilungsgrundlage zu erhalten, ausser den Herstellungskosten auch noch die des Unterhalts — die bei Stahlbauwerken im wesentlichen gleich den Anstrichkosten sind — so fällt der Vergleich noch weit mehr zu gunsten des Rohres aus; zwei Winkeleisen  $100 \times 100 \times 10$  haben eine Umrisslänge von 800 mm, das nach Abb. 1 gleichwertige Rohr von  $5\frac{3}{4}'' = 136 \text{ mm } \varnothing$  eine solche von nur 427 mm. In der in<sup>4)</sup> angeführten Quelle werden Ersparnisse an Anstrichfläche bis zu fast 50% genannt. Bei beweglichen Bauwerken, Kranen usw. wirkt sich das geringere Gewicht schliesslich auch günstig auf die Betriebskosten aus.

Solche Ersparnisse sind allerdings auch notwendig, um das Rohr wettbewerbsfähig zu machen, weil sein Preis wegen der schwierigeren Herstellung leider immer noch weit höher ist, als der des Walzeisens. Ist  $A$  der Preis einer Tonne Walzeisen,  $aA$  der der Rohre, und setzt man die Bearbeitungskosten in beiden Fällen ebenfalls annähernd gleich  $A$ , so wird der Herstellungspreis beide Male der gleiche, wenn die Rohrkonstruktion um  $100 \frac{a-1}{a+1} \%$  leichter als die bisher übliche Ausführung ist; für  $a$  zwischen 2,0 und 2,5 liegt dieser Ausdruck zwischen 33 und 43%. Diese ganz roh ermittelten Zahlen haben selbstverständlich keinerlei absolute Bedeutung; sie liegen aber doch wenigstens der Grössenordnung nach in der Nähe der oben als praktisch erreichbar genannten Werte.

Am teuersten sind die nahtlosen (Mannesmann-)Rohre, die aus einem gelochten Stahlblock ausgewalzt werden und dank dieses Herstellungsverfahrens ausserordentlich gleichmässige Werkstoffeigenschaften im ganzen Querschnitt aufweisen. Der Schweissvorgang beeinflusst diese guten Eigenschaften allerdings gerade an den wichtigen Anschlussstellen in ungünstigem Sinne. Für Bauzwecke genügen i. a. die aus einem Bandeisen zusammengebogenen Rohre, deren Längsnaht selbsttätig verschweisst wird. Hierfür finden alle üblichen Schweissverfahren Verwendung, also Gas-, Lichtbogen- oder Widerstandsschweissung. Besonders wirtschaftlich kann die Verwendung alter, schon zu Leitungszwecken gebrauchter Rohre sein, vorausgesetzt, dass sie noch gut erhalten sind. Umgekehrt kann man Rohrleitungen über grösseren freizuhaltenden Räumen, anstatt sie auf besondere Brücken zu lagern, gleich als Gurtungen von Fachwerkträgern benutzen, wenn auch die Verkoppelung baulicher und installationstechnischer Belange in einem einzigen Gebilde wohl nur bedingt zweckmässig ist.

<sup>4)</sup> H. Gottfeldt, „Elektroschweissung“, 1934.

<sup>5)</sup> R. Ulbricht, „Schmelzschweissung“, 1931, S. 4.

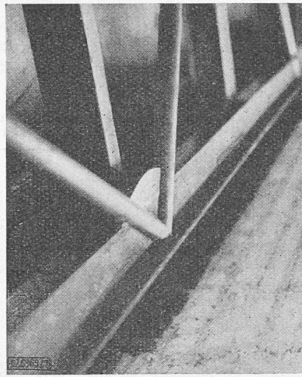


Abb. 2. Dachbinder. Streben  $1\frac{1}{2}'' \cdot 2,5$  Gurte z. T.  $180 \cdot 80 \cdot 9$ , z. T. nach Abb. 4. Die drei schiefen Vierkante in Abb. 2 gehören nicht zum Dachbinder (Werkstattaufnahme)!

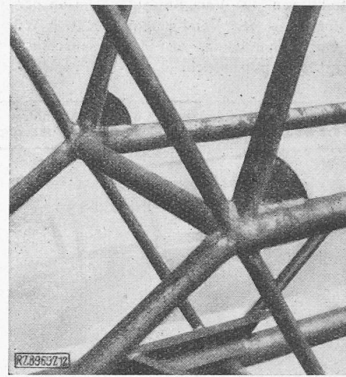


Abb. 3. Einzelheiten eines 9,75 m hohen Sprungturms.

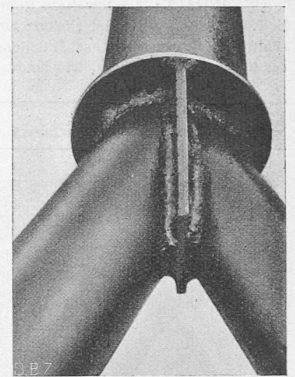


Abb. 6. Knotenpunkt-Ausbildung mit Querblechen.

Die konstruktive Ausbildung geschweisster Rohrfachwerke wird am einfachsten, wenn man die einzelnen Stäbe unmittelbar, also ohne Knotenbleche oder ähnliche Zwischenstücke, zusammenführen kann (Abb. 3). Die Rohrenden werden mit dem Schneidbrenner passgerecht zugeschnitten; hat man zahlreiche gleiche Anschlüsse, beispielsweise bei Masten, so kann die Bearbeitung auch mit einem zylindrischen Fräser erfolgen, dessen Durchmesser gleich dem des durchgehenden Rohres ist. Wählt man für die Gurtungen eines Fachwerkes Walzeisen, so sind T-förmige Querschnitte zweckmässig; die Rohre werden geschlitzt und auf den Steg heraufgeführt, und zwar bis an den Flansch heran, mit dem sie ebenfalls verschweisst werden (Abb. 2). Bei grösseren Stabkräften ist ein Eindringen der Rohrwandungen zu befürchten; übrigens kann man dem unter Umständen dadurch begegnen, dass man über das gerade durchlaufende Gurtrohr ein kurzes Rohrende von grösserem Durchmesser überschiebt. Besser ist aber dann wohl schon die Anordnung richtiger Knotenbleche, die durch die geschlitzten Rohre hindurchgesteckt und an beiden Schlitzten mit dem Rohr verschweisst werden. Dadurch werden die Rohrwandungen gut gegeneinander ausgesteift und die Kräfte innerhalb des Knotenpunktes leichter ineinander übergeführt. Reichen bei T-Gurtungen die Anschlusslängen nicht aus, so werden knotenblechartige Ansätze an den Steg geschweisst. Gewinnt man den T-Querschnitt durch Teilen eines I-Trägers, so kann man diese Ansätze gemäss Abb. 4 auch gleich mitausschneiden;<sup>6)</sup> die Steghöhe wird bei Zugstäben nach der erforderlichen Fläche, bei Druckstäben aus der Bedingung  $J_x = J_y$  bestimmt. Schwierig wird die Unterbringung von Knotenblechen bei Raumbauwerken, wenn auch die Gurtungen aus Rohren bestehen und gleichzeitig Knotenbleche nach mehreren Richtungen anzuschliessen sind; bei einem 1933 in Mailand errichteten Turm von nicht weniger als 108,6 m Höhe, von dem nachstehend noch die Rede sein wird, wurde diese Aufgabe in der in Abb. 5 schematisch angedeuteten Weise gelöst. Sind an einem Knotenpunkt alle Stäbe unterbrochen, so kom-

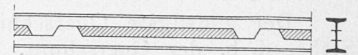


Abb. 4. Gewinnung geeigneter I-Profile aus I.

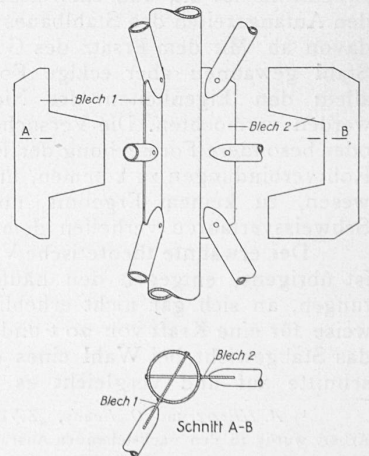


Abb. 5. Knotenpunkt der „Torre Littoria“ gemäss Abb. 9 links Mitte.

<sup>6)</sup> H. Gottfeldt, „Stahlbau“ 1932, S. 79; s. a. „Zeitschr. der Ö. A. I. V.“ 1933, S. 173.

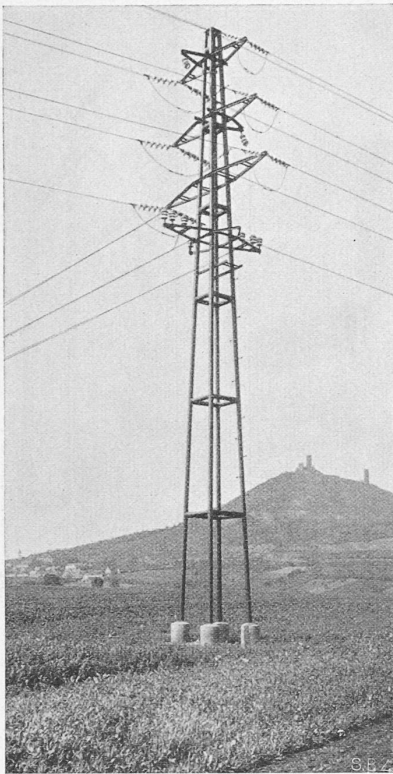


Abb. 8. Strebenloser Mast aus Rohren.

Kugel wird dort, wo die Stabaxen ihre Wandung treffen, kegelförmig angebohrt; in diese Löcher werden die Rohre eingeführt und ringsherum angeschweisst (Abb. 7). Es ist einleuchtend, dass man in einen so ausgebildeten Knotenpunkt beliebig viele Stäbe aus beliebigen Richtungen

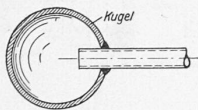


Abb. 7. Kugel als Rohr-Knoten „blech“.

statisch günstig — vor allem genau mittig — zusammenführen kann. Da die Rohrenden keinerlei Bearbeitung erfordern, dürften auch die Kosten der Kugeln noch tragbar sein. Die vorstehenden Ausführungen dürften hinreichend gezeigt haben, dass das Rohr schon heute ein durchaus ernst zu nehmender Konkurrent des Walzeisens sein kann. Ein endgültiges Urteil wird sich allerdings wohl erst an Hand noch zahlreicherer Ausführungen fällen lassen. Andererseits darf nicht übersehen werden, dass die Herstellungsverfahren längsgeschweisster Rohre noch jung sind, sodass mit den zu erwartenden Fortschritten auf dem Gebiet der automatischen Schweißung auch Preisermässigungen im Bereich der Möglichkeit liegen. Heute sind die unter Verwendung von Rohren ausgeführten Bauwerke noch gering an Zahl. An erster Stelle stehen Maste und ähnliche hohe Bauten auf schmaler Grundfläche; bei diesen müssen wegen der wechselnden Krafrichtungen alle oder fast alle Stäbe knicksicher ausgebildet werden, die Besonderheiten des Rohrquerschnittes kommen daher in weitestem Umfang zur Geltung. Da die Stabkräfte der Wandglieder meist verhältnismässig klein sind, lassen sich die Anschlüsse in einfachster Weise ausbilden. Auch ohne Streben, nach Art der Vierendeelträger, hat man schon Gittermaste aus Rohren ausgeführt. Ihr Aussehen ist zweifellos gut (Abb. 8)<sup>7)</sup>; die in den Stäben auftretenden Biegemomente wirken sich aber recht ungünstig auf das Gewicht aus. Bei Vergleichsausführungen eines vierstieligen Mastes mit 6,0 m Höhe und 0,4 t Spitzenzug ergab sich das Gewicht bei Verwendung von Winkelisen zu 170 kg, bei Rohren zu 95 kg (— 44%)<sup>8)</sup>, bei Rohren, aber ohne Streben zu 124 kg. Für die Stiele zweistieliger Maste kommen Rohre wohl kaum in Frage da diese Stiele für die beiden Knickaxen ganz verschie-

men statt der Knotenbleche auch Querbleche in Frage (Abb. 6), die zwar die spannungverteilende Funktion der Knotenbleche nicht erfüllen, aber eine kräftige Aussteifung der Rohrwandung ergeben und eine Kraftübertragung durch Stumpfnähte ermöglichen, was ja bei geschweissten Anschlüssen immer erstrebenswert ist. Für leichtere Dreigurträger sind Wandungen aus Rohren günstig, da sich die räumlichen Anschlüsse dann äusserst einfach ausbilden lassen.

Eine eigenartige Lösung eines räumlichen Rohrknotens gibt ein englisches Patent; als Knoten „blech“ verwendet man eine Hohlkugel, die durch Gasschweißung aus zwei Halbkugeln gewonnen wird. Die

dene Trägheitsmomente haben sollten; der Versuch, dieses Ziel durch ovale Rohre zu erreichen, sei nur als Kuriosum erwähnt.<sup>8)</sup>

Der schon genannte italienische Turm von 108,6 m Höhe (Torre Littoria) wurde im Mai 1933 in Mailand anlässlich der V. Triennale<sup>9)</sup> eingeweiht.<sup>10)</sup> Er erhebt sich über einer sechseckigen Grundfläche und hat am Fuss eine Breite von 12 m, in 97 m Höhe die nur wenig geringere Breite von 9 m (Abb. 9). In dieser Höhe befindet sich ein Restaurant, darüber ein Leuchtturm. Als Zugang dazu dient ein Aufzug in der Axe des Turmes. Das Gerüst des Aufzuges ist durch waagrechte Verbände gegen das Haupttragwerk festgelegt (Abb. 10). Um dieses innere Gerüst schraubt sich eine Treppe empor. Der Turm, der schon an sich ein recht beachtliches Bauwerk darstellt, ist dadurch ganz besonders bemerkenswert, dass sämtliche tragenden Verbindungen sowohl in der Werkstatt wie auf der Baustelle ausser einigen Bolzen zur Erleichterung der Montage und zur Einhaltung der geometrischen Form durch Lichtbogenschweißung hergestellt wurden und dass für sämtliche Stäbe ausschliesslich Rohre Verwendung fanden. Die Ausbildung der Hauptknotenpunkte geht aus Abb. 5, 9 und 11 hervor, welche letztgenannte auch einen Masstab für die Rohrdimensionen gibt. Die Stabkräfte in den Hauptstielen gehen bis zu 295 t Druck bzw. 245 t Zug. Hierfür fanden Rohre von 432 mm Durchmesser und 14 mm Wanddicke mit  $F = 184 \text{ cm}^2$  und einer Beanspruchung bis zu  $1,6 \text{ t/cm}^2$  Verwendung. Nach oben hin ist ihr Durchmesser bis auf 165 mm abgestuft. Die dickeren Rohre sind an ihrem oberen Ende durch Schmieden dem Durchmesser des nächsten Schusses angepasst. — Diese geschweisste Rohrkonstruktion ist durch ihre Abmessungen zu den bedeutendsten und kühnsten geschweissten Bauwerken überhaupt zu zählen.

### Vom Studentenheim an der E. T. H.

Die diesjährige Generalversammlung der Genossenschaft Studentenheim (Präsident Prof. Dr. A. Rohn) konnte erfreuliche Berichte der Betriebskommission und des Schweizer Verbandes Volksdienst, dem die wirtschaftliche Leitung des Heimes übertragen ist, entgegennehmen. Die Zahl der Gäste, die im Studentenheim verkehrten und dort eine Konsumation genossen, betrug im Jahre 1934/35 (April bis März) 553315 (gegenüber 550175 im Vorjahr). Es darf hervorgehoben werden, dass die Frequenz seit etwas mehr als zwei Jahren praktisch konstant blieb. Die durchschnittliche Verbrauchsquote eines jeden Gastes betrug im Berichtsjahre 81 Rp., im Vorjahre 86 Rp. und vor zwei Jahren 94 Rp., d. h. sie ist gegenüber dem Jahresdurchschnitt 1932/33 um 14% zurückgegangen. Im Berichtsjahre hat ein Gast im Studentenheim monatlich durchschnittlich 77 Fr. ausgegeben, gegenüber 80 Fr. im Vorjahr, was einer Verbilligung der Lebenshaltung im Studentenheim um rd. 3,7% entspricht.

Die Jahresrechnung des Wirtschaftsbetriebes weist zugunsten der Genossenschaft einen Gewinnsaldo von 26421,16 (21996,88) Fr. auf. Der Gewinn aus dem Wirtschaftsbetrieb beträgt jetzt 5,9 (4,6)% der Wirtschaftseinnahmen. Die Betriebseinnahmen sind zurückgegangen auf rd. 448000 (475000) Fr., d. h. rd. 5,7%. Seit dem Jahr 1932/33 ist trotz zunehmender Frequenz ein stetiger Rückgang der Betriebseinnahmen zu verzeichnen. Gegenüber dem Vorjahr haben jedoch auch die Ausgaben des Wirtschaftsbetriebes um rd. 31500 Fr., d. h. 7% abgenommen, was einem Preisabbau bei einigen Lebensmitteln und weiteren Rationalisierungsmassnahmen im Wirtschaftsbetrieb zuzuschreiben ist. Die Qualität hat dabei keineswegs abgenommen.

Aus den angegebenen Zahlen geht deutlich hervor, dass die Studierenden weniger konsumieren als früher. Ganz besonders macht sich das bemerkbar in den beiden Caféräumen, die sich seitens der Studierenden erfreulicherweise — wie auch die Lese- und Arbeits-

<sup>8)</sup> Kirschbaum, „Verkehrstechnik“ 1932, S. 320, sowie „Ossature métallique“ 1935, Heft 1.

<sup>9)</sup> Vergl. „SBZ“, Bd. 102, S. 290\*, 9. Dez. 1933.

<sup>10)</sup> Ausführlich publiziert in „Il Politecnico“ (Mailand) August 1933 und Januar 1934, ferner kurz in „Elektroschweißung“ Januar 1934 und „Arcos-Zeitschrift“ August 1933.

<sup>7)</sup> J. Wankle, „Stahlbau“ 1932, S. 6, S. 104.