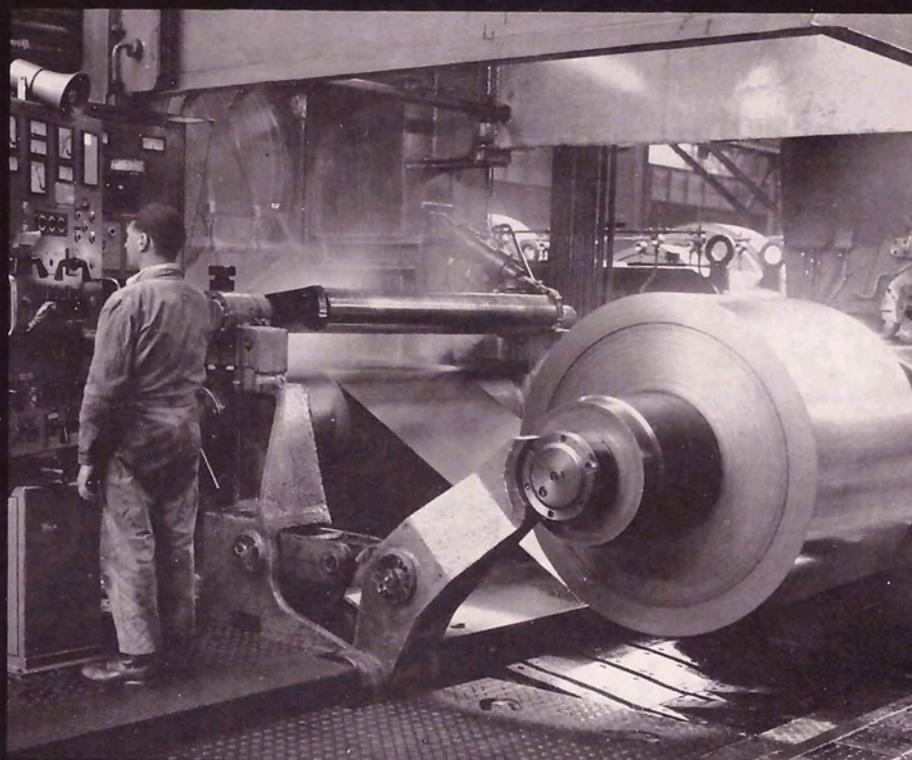


ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN STAHLBAUVERBANDES



# Stahlbau

*Rundschau*

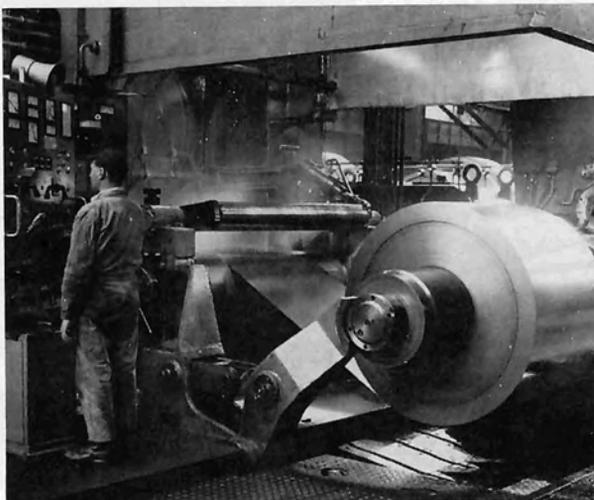
Heft 24 – 1963

## Inhalt

Die Baustatik und ihre Lehre aus der Sicht persönlicher Erlebnisse (Prof. Dr. techn. h. c. Dr.-Ing. K. Sattler)	Seite 1
Umbau der Kleinen Marxerbrücke über den Wienfluß (Senatsrat Dipl.-Ing. M. Ellinger)	Seite 11
Die HV-Schraube unter Zugbelastung (Dipl.-Ing. H. Weiß und Dipl.-Ing. F. Wallner)	Seite 15
Herstellung einer Verbundfuge durch Klebung (Dr. techn. J. Postl)	Seite 23
Ausführung eines Bunkers mit gefalteten Blechen (Dr. techn. J. Postl)	Seite 25
Zur vermehrten Verwendung von Blech und Band in Europa (R. Ménard und H. Odenhausen)	Seite 27
Die Bahnsteigdächer in Bruck an der Mur (Dipl.-Ing. A. Ptak)	Seite 48
Ein Bürohaus in dreieinhalb Monaten (Arch. Dipl.-Ing. K. Zöhrer)	Seite 52
Extracts	Seite 53
Mitteilungen des Österreichischen Stahlbauverbandes	Seite 55

## Contents

Structural Statics and its Theory from the perspective of Personal Experience (Prof. Dr. techn. h. c. Dr.-Ing. K. Sattler)	Page 1
Reconstruction of the „Kleine Marxerbrücke“ over the „Wienfluß“ (Senatsrat Dipl.-Ing. M. Ellinger)	Page 11
Strength bolts under Tension Stress (Dipl.-Ing. H. Weiß and Dipl.-Ing. F. Wallner)	Page 15
Compound Action achieved Adhesion (Dr. techn. J. Postl)	Page 23
Bunker made by using Folded Plates (Dr. techn. J. Postl)	Page 25
More plates and Bands employed in Europe (R. Ménard and H. Odenhausen)	Page 27
Roofing of Railway Station Platforms at Bruck a. d. Mur (Dipl.-Ing. A. Ptak)	Page 48
Office Building – completed in threeandhalf Months (Arch. Dipl.-Ing. K. Zöhrer)	Page 52
Extracts	Page 53



Das neue 1500-mm-VOEST-Kaltwalz-Reversierquarto  
The New 1500 mm VOEST Four-High Reversing Cold Mill

Eigentümer und Herausgeber: Österreichischer Stahlbauverband, Wien; für den Inhalt verantwortlich: Dr. Hugo Dienes, beide Wien IX, Fürstengasse 1 (Palais Liechtenstein); Verleger: Dipl.-Ing. Rudolf Bohmann Industrie- und Fachverlag, Wien I, Canovagasse 5, Tel. 65 86 85 Serie, FS 01/2312 Bohmann Wien; Redaktionelle Gestaltung: Ing. H. Wanke; Druck: Weiss & Co., Wien III, Ungargasse 2, Tel. 73 23 12.

# Stahlbau

## Kundschau

Zeitschrift des Österreichischen Stahlbauverbandes

Heft 24

1963

## Die Baustatik und ihre Lehre aus der Sicht persönlicher Erlebnisse

Von Prof. Dr. techn. h. c. Dr.-Ing. Konrad Sattler, Graz

Herr Prof. Dr. techn. h. c. Dr.-Ing. Konrad Sattler, hervorgegangen aus der Technischen Hochschule Graz, hatte einst nach umfangreicher Tätigkeit in der Stahlbauindustrie die Lehrkanzel für Stahlbau dieser Hochschule inne. Dann erhielt er eine Berufung an die Technische Universität Berlin-Charlottenburg als Nachfolger von Müller-Breslau und Hertwig. 1962 ist er dem Ruf seiner Heimathochschule Graz gefolgt und an diese zurückgekehrt, wo er nun als Ordinarius für Baustatik tätig ist.

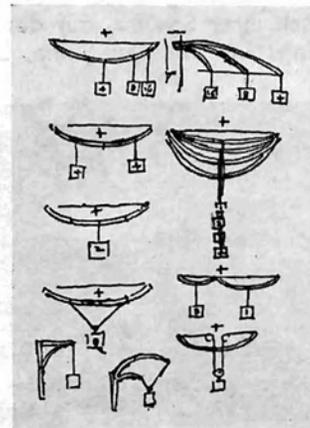
Der Österreichische Stahlbauverband begrüßt die Rückkehr dieses hervorragenden Fachmannes an eine österreichische Hochschule ganz besonders und rechnet es sich zur Ehre an, im nachstehenden einen Auszug aus der Antrittsvorlesung veröffentlichen zu können, die Herr Prof. Sattler am 22. III. 1963 an der Technischen Hochschule Graz hielt, zumal damit auch eine besondere Beziehung zum Tagungsort der Österreichischen Stahlbautagung 1963 hergestellt wird.

Die Schriftleitung

Die nachfolgenden Ausführungen sollen zum Teil dem Rückblick auf große Lehrer dieser Hochschule und ihrem Werk dienen. Manchen von Ihnen, die hier Erkenntnisse gesammelt haben, werden dabei Erinnerungen aus Ihrer Studentenzzeit wach werden, anderen will ich zeigen, welche Fülle von Aufgaben heute an einen normalen Ingenieur in der Praxis gestellt werden und wie er dies nur mit dem Einsatz seiner ganzen Person, auf Grund des durch gute Schulung erworbenen Wissens und seiner selbst gesammelten Erfahrung bewältigen kann.

Es ist entscheidend im menschlichen Leben, mit welchen Menschen man in Berührung kommt, unter welchen Sternen man geboren wurde und welcher Einfluß von außen in den verschiedenen Phasen des Lebens auf einen wirken. Es ist das Erlebnis, das den Menschen gestaltet, und so will ich versuchen, aus der Sicht persönlicher Erlebnisse mit Menschen

Bild 1: Balken-Biegung, Leonardo da Vinci, 1452–1529



und Aufgaben Ihnen ein Bild vom Wesen der Statik und ihrer Lehre zu geben.

Das erste große Erlebnis in dieser Hinsicht hatte ich bereits in meiner Vorstudienzeit. Es war das gefühlsmäßige Erfassen des einmaligen Menschen, Künstlers, Forschers und Ingenieurs Leonardo da Vinci. Bewundernd stand ich später in Mailand vor seinen Zeichnungen, in denen er intuitiv hunderte von Jahren seiner Zeit voraus war. Das Seilpolygon wurde von ihm erahnt, die Zerlegung und Zusammensetzung beliebig gerichteter Kräfte erstmalig von ihm durchgeführt. Als erster prägte er den Begriff des statischen Momentes einer Kraft bei der Untersuchung der Biegung von Balken. Er dachte an zweistöckige Straßen, er studierte das Problem der Kraftübertragung mit Flaschenzügen und Hebeln und vieles anderes mehr. Er nimmt den Satz vom Minimum der Formänderungsarbeit vorweg, den

Menabrea 1857 vermutet und Castigliano 1875 ausspricht, wenn er schreibt:

„Nie wird der Mensch etwas so Einfaches und Herrliches erfinden, wie es eine wahre Naturerscheinung ist. Die göttliche Notwendigkeit zwingt durch ihr Gesetz jede Wirkung, der Ursache auf dem kürzesten Wege zu folgen.“

Unter Zuhilfenahme der Mathematik studierte er die Probleme und gewinnt aus Versuchen und aus der Praxis die Erfahrung, über die er schreibt:

„Indem sie die Lüge von der Wahrheit scheidet, lehrt uns die Erfahrung, nur nach Möglichem zu streben und nicht aus Unwissenheit auf Unreichbares zu hoffen, damit wir uns nicht, in unserer Hoffnung betrogen, der Verzweiflung überlassen. Das Gesehene ist zuverlässiger als das Gehörte.“

Ähnlich heißt es bei Goethe:

„...daß die Erfahrung uns überzeugt, daß unsere besten Gedanken, Wünsche und Vorsätze unreichbar seien.“

Mit der Erwartung, daß man durch geistige Kraft die tote Materie bilden könne, kam ich vor 40 Jahren auf diese Schule. Sie wurde nicht enttäuscht, dank hervorragender Lehrer, die uns das Mögliche zeigten. Im Rahmen dieses Vortrages muß ich mich bei der Schilderung dieser Meister und ihrer Lehre, und auch ihrer Schüler, auf das Gebiet der Statik, allerdings im weiteren Sinne, beschränken.



Bild 2: Karl Federhofer, 1885–1960

Der berühmte Professor Wittenbauer war gerade verstorben. Von Prof. Federhofer erhielten wir die erste und gründliche Schulung von den Grundlagen der Festigkeitslehre bis zur Theorie der Platten. Er war ein international anerkannter Forscher, der auf vielen Gebieten der Statik, des Knickens und Kippens, der Platten und Schalen, der Dynamik, der gewölbten Talsperren und anderem mehr Pionierleistungen vollbracht hatte. Dazu kam der exakte klare Vortrag. Er veranlaßte uns schon von Anfang an zum Quellenstudium und schuf mit das Fundament, auf dem wir im späteren Leben auch

Bild 3: Fritz Postuvanschitz, 1871–1926



ungünstig wirkende Belastungen sicher aufnehmen konnten.

Die eigentliche Baustatik der statisch bestimmten Systeme und des Erddruckes lehrte Prof. Postuvanschitz. Mit einer unwahrscheinlichen Kürze, Systematik und Vollkommenheit war jeder Satz, den er diktierte, eine Erkenntnis. Eine ähnlich prägnante Kürze habe ich später nur bei meinem Kollegen Prof. Teichmann in Berlin gefunden. Zur Berechnung von Einflußlinien entwickelte Postuvanschitz das sogenannte „Freitragerverfahren“, das heute noch als das schönste und beste Verfahren dazu angesehen werden kann. Auch das Verfahren, die Durchbiegungen eines beliebigen Gelenkträgers mit Hilfe eines sogenannten symbolischen Balkens zu ermitteln, stammt von ihm und wird heute immer noch verwendet. Mit dem Ende der Vorlesungen, die wir bei ihm hörten, endete auch sein Leben, viel zu früh.

Anschließend lehrte Prof. Kapsch die statisch unbestimmten Systeme, den Stahlbau und Stahlbetonbau. Die zweite ausgeprägte Komponente im Ingenieurwesen, die Konstruktion, trat uns hier in ihrem „Meister“ entgegen. Beherrschung der Theorie



Bild 4: Georg Kapsch, 1873–1934

Bild 5: Robert Bortsch, 1874–1942



setzte er dabei als selbstverständlich voraus. Der Konstruktion aber – und zwar bis zum kleinsten Detail – galt seine besondere Liebe. Generationen von Ingenieuren danken ihm, was er in dieser Hinsicht geleistet hat. Als einziges Beispiel will ich nur die von ihm bis zum Letzten entwickelten Kraftleitungen erwähnen, die der Schlüssel zum richtigen und schnellen Konstruieren jedes Stoßes und jedes Knotenpunktes sind. Überall dort, wo seine Schüler tätig waren und sind, in der Industrie und auf den Hochschulen, ist diese Methode weitergetragen worden. Sie finden sie heute in den großen deutschen und österreichischen Stahlbauanstalten und auf den Hochschulen in Berlin, Stuttgart und Graz. In Stuttgart lehrt derzeit sein ehemaliger Assistent, Prof. Dr.-Ing. Pelikan, wobei vor allem dessen Untersuchungen über orthotrope Platten erwähnt werden müssen.

Mit Prof. Bortsch wurde der neuen Zeit Rechnung getragen und der erste Professor für Stahlbetonbau an die Technische Hochschule Graz berufen. Er hat die erste bahnbrechende Arbeit auf dem Gebiet der praktischen Berechnung von Scheiben geschrieben. Der Gedanke bestand darin, der äußere



Bild 6: Heinrich Leitz, 1886–1930

ren Spannungsfunktion die innere, mit Hilfe der Differenzenrechnung, anzupassen. Von seinen vielen Arbeiten auf dem Gebiete des Stahlbetons will ich hier absehen. Damit entsproß ein neuer Zweig dem alten Stamm unserer Hochschule.

Darauf aufbauend konnte Prof. Friedrich, damals Assistent, als erster die Einflußflächen von Scheiben darstellen, also Einflußflächen von flächenhaften Gebilden.

Auf der gleichen Lehrkanzel erschien von Prof. Pucher, damals Assistent, die bedeutende Arbeit „Über die doppelt gekrümmten Schalen“. Er wurde daraufhin von Finsterwalder zu Dyckerhoff & Widmann nach Berlin geholt und war ein Jahr später Assistent bei Prof. Dischinger an der Technischen Hochschule Charlottenburg. Die erste Verbindung von Graz zu diesem genialen Wissenschaftler und Konstrukteur war geschaffen. Bald darauf konnte Pucher sein Werk „Die Einflußfelder elastischer Platten“ veröffentlichen, das seinen Siegeszug über die ganze Welt angetreten hat. Hierbei wurde konsequent der heute notwendige Weg beschritten, jahrelange wissenschaftliche Arbeit in einfachster Weise der Praxis nutzbar zu machen. Eine Erweiterung dieser Arbeit auf orthotrope Platten erfolgte später an meinem Lehrstuhl in Berlin durch meine Assistenten Dr. Stein und Dr. Krug mit Hilfe elektronischer Rechengeräte.

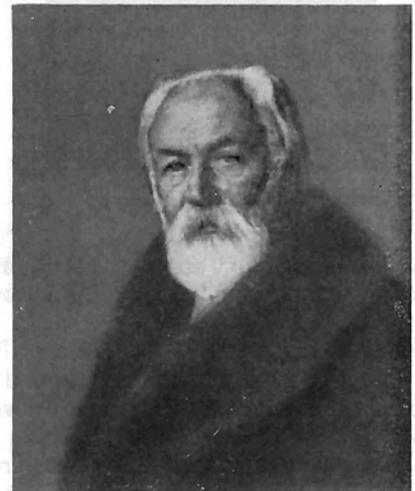


Bild 7: Friedrich Engesser, 1848–1931

Mit Prof. Leitz wurde ein übermäßig begabter Nachfolger für Prof. Postuvanschitz an die Lehrkanzel für Baustatik berufen. Als er 1928 nach Graz kam, war er auf Grund seiner besonderen Arbeiten auf dem Gebiete der Platten, vor allem der Stahlbetonplatten und vielem anderem bereits eine wissenschaftlich markante Persönlichkeit. Er war Assistent bei dem großen Meister Fritz Engesser gewesen, so daß auch dahin von unserer Hochschule enge Fäden geknüpft waren. Bereits 1917 hatte Leitz in seiner Arbeit „Über Nebenspannungen“ gezeigt, daß man die Elastizitätsgleichungen der Deformationsmethode auf dem Wege der Iteration einfach lösen kann. 1920 veröffent-

lichte Engesser seine Methode „Über die Berechnung der Stockwerkrahmen“, die Leitz bereits 1928 an unserer Hochschule lehrte. Diese Arbeit nahm das Cross-Verfahren und das Verfahren von Kani vorweg. Das Cross-Verfahren wurde 1936 als besondere amerikanische Errungenschaft gewertet. Das 1949 von Kani veröffentlichte Verfahren ist bis zur letzten Einzelheit identisch mit dem Verfahren Engessers. Wie man sofort nachweisen kann, unterscheiden sich die Gleichungen nur in der Multiplikation mit einem konstanten Faktor. Der frühe Tod von Prof. Leitz – er hatte nur zwei Jahre hier gelehrt und war in dieser Zeit leidenschaftlich auch für die Erkenntnisse Engessers eingetreten – verhinderte das Weiterbekanntwerden dieser Methode, so daß sie nach zwei Jahrzehnten neu entdeckt werden mußte.



Bild 8: Heinrich Neukirch, 1895–1936

In Prof. Neukirch, der aus der deutschen Stahlbauindustrie hierher kam, um zunächst den Stahlbau zu supplieren, lernte ich einen besonderen Wissenschaftler und erfahrenen Praktiker kennen, den ich besonders verehrte und dessen Freundschaft mir alles bedeutete. Obwohl die Amerikaner schon größte Hängebrücken gebaut hatten, blieb es ihm vorbehalten, als Erster die Theorie der Einflußlinien von Hängebrücken, unter Beachtung der Deformation, also nach der Theorie 2. Ordnung, aufzustellen. Alle später entwickelten Verfahren zur Berechnung von Hängebrücken von Dischinger, Lie usw. basieren auf den von ihm gefundenen Erkenntnissen. Neukirch beschäftigte sich außerdem mit besonderen Stabilitätsbedingungen für das Ausknicken der Pylonen von Hängebrücken, der Theorie 2. Ordnung von Bogen und anderem mehr. Ein viel zu früher Tod, nach wenigen Jahren Lehrtätigkeit, beendete auch dieses Forscherleben.

Neukirch hatte mich als Assistent an die Stahlbau-Lehrkanzel geholt, wo ich anfangen konnte, eigene wissenschaftliche Wege zu gehen, und insbesondere in das damals noch wenig bearbeitete Gebiet der Beulprobleme eindrang. In diese Zeit fiel für mich das Erlebnis der Gotik. Von Frankreich über

Belgien und Deutschland bis Österreich hatten seinerzeit die Meister dieser Baukunst eine aufgelöste Bauweise geschaffen und hatten mit unvorstellbarer Genialität und statischem Können dem Stein sein ihm durch Jahrtausende anhaftendes Kennzeichen, die Schwere, genommen. Mit Andacht und Staunen betrachtete ich diese mit göttlicher Harmonie versehenen Bauwerke, von denen meines Wissens bis zum heutigen Tage keine statischen Berechnungen gefunden werden konnten. Mein unmittelbarer Vorgänger in Berlin, Geheimrat Hertwig, schreibt darüber in seiner Kulturgeschichte der Gewölbe: „Unsere Betrachtung über die gotische Bauweise zwingt uns, mit einem alten Vorurteil über das finstere Mittelalter aufzuräumen. Die Baumeister dieser Dome waren nicht biedere, beschränkte Handwerksmeister, unter deren Leitung ein Stein auf den anderen gesetzt wurde. Es waren Männer, die auf der Höhe der Bildung ihrer Zeit standen, ausgerüstet mit allem handwerklichen und wissenschaftlichen Rüstzeug.“

Im Dezember 1933 begann ich eine elfjährige Tätigkeit bei Großbrückenbauanstalten des Ruhrgebietes. Eine Fülle interessanter Objekte konnte hier bearbeitet werden. Den Beginn machte die erste größere geschweißte vollwandige Eisenbahnbrücke im Rheinland. Bis dahin wurden Kehl nähte nur auf Schub berechnet. Mein Vorschlag, hierfür die Hauptspannungen zu berücksichtigen, wurde von der Deutschen Reichsbahn sofort aufgegriffen. Das geschweißte Hosenrohr der Druckrohrleitung für die Sorpetal-Sperre dürfte in ihrer Art zu den ersten derartigen Konstruktionen gehört haben. Beim Hubgerüst des Schiffshebewerkes Rothensee mußten besonders auch die Verformungen beachtet werden. Eine Großzahl statisch-konstruktiver Gesichtspunkte mußte bei der möglichen Feineinstellung der Lager nach allen Richtungen und zu jedem Zeitpunkt, bei Lagerdrücken von etwa 1000 t, gelöst werden.

Eines Tages kam die telegraphische Anforderung von Prof. Rož, die Frequenzen der Eigenschwingungen, Grund- und Oberschwingungen der Hängebrücke über die Save anzugeben. Das mir bisher Bekannte reichte zur Bestimmung nicht aus. Im Laufe einer Nacht gelang es – über das Modell des von Timoschenko behandelten Balkens, der nur in der Mitte mit einer Masse belegt ist – eine Näherungstheorie der Grund- und Oberschwingungen für jedes beliebige Bauwerk zu finden. Man brauchte nur die Belastung jeweils in der entsprechenden Schwingungsrichtung wirken zu lassen und die zugehörigen Durchbiegungen des zugehörigen Systems zu bestimmen. Als bereits am nächsten Abend die gewünschten Werte gekabelt werden konnten, habe ich auf Grund eines winzigen Gedankens einen beachtlichen ideellen Erfolg aufweisen können.

Dann trat mir zum erstenmal das Problem der Trägerroste entgegen. Die Eisenbahnüberführung im Bahnhof Oberhausen, bestehend aus einer großen Zahl von Rahmen – immer je 5 zu einem Trägerrost vereinigt –, mußte schnellstens ausgeführt werden. Jede Gruppe war 25fach statisch

unbestimmt. Die Berechnung sollte nach dem Verfahren von Krabbe, einem überaus weitblickenden und theoretisch begabten Dezernenten der Reichsbahn, den ich sehr schätzte, ausgeführt werden. Da aber wenige Tage nach Erteilung des Auftrages das Material bestellt werden mußte, mußte schnellstens eine Näherungsberechnung zusammengezimmert werden. Die Werkstattarbeiten wurden auf Grund der letzteren durchgeführt. Trotz sofortiger Anschaffung einer elektrischen Rechenmaschine und ununterbrochener Arbeit gelang es gerade noch, zur Verkehrsübergabe auch die genaue Berechnung in den wesentlichen Teilen fertigzustellen. Die besondere Lehre aus diesen Aufgaben in statischer Hinsicht war, für komplizierte Probleme rechtzeitig genaue Näherungsberechnungen bereit zu haben oder für systematisch erfaßbare Aufgaben Kurven- und Tabellenwerke zu verwenden. Ein nicht unbedeutender Teil meiner Lehrtätigkeit gilt solchen Verfahren.

Es kam damals die Zeit der großen Entwicklungen auf dem Gebiete des Schweißens im Stahlbau. Die Schadensfälle, die damals auftraten, wurden auf dem Gebiete der Stahlerzeugung von den Metallurgen sofort aufgefangen. Auch auf der Seite der Theorie und der Konstruktion mußte umgedacht werden. Nach Möglichkeit mußte man räumliche Spannungszustände vermeiden. Man gewann die Erkenntnis, daß die 2. Invariante des Spannungszustandes nur bei unterschiedlichen Spannungen in den verschiedenen Achsenrichtungen Gültigkeit hatte. Aufbauend auf Arbeiten von v. Mises und Rekling, konnte ich später zeigen, wie man aus dem einachsigen Spannungs-Dehnungsbild des Zugversuches das entsprechende Gesetz für jeden beliebigen anderen Spannungszustand finden kann. Daraus erkennt man deutlich, daß der räumliche Spannungszustand mit gleich großen Spannungen in 3 Achsenrichtungen zum verformungslosen Sprödbruch führt. An einem einfachen Versuch konnte dies gezeigt werden. Mit einem für das Schweißen denkbar ungünstigen Stahl wurden bei der Schweißraupenbiegeprobe und auf Grund der damit verbundenen räumlichen Spannungen nur wenige Grade Biegewinkel gewonnen. Nach Anbohren der Schweißnaht und dem damit verbundenen Abbau der räumlichen Spannungen war das Bild völlig anders. Solche grundsätzliche Versuche können viel zum Verständnis der Probleme beitragen.

Auch andere Modellversuche brachten wertvolle Erkenntnisse:

Eine mehrere hundert Meter lange Autobahnbrücke – wieder eine Trägerrostbrücke – wurde durch feinmechanisch genauest abgedrehte Rundstäbe modellgetreu dargestellt. Auf Bruchteilen von Millimetern wurden bei entsprechenden Belastungen die Durchbiegungen gemessen. Rechnung und Versuch zeigten vollständige Übereinstimmung. Auf Grund der Versuchsergebnisse konnte dann der Rechenaufwand auf einen Bruchteil reduziert werden.

Besonders interessant war die Verwendung des Modellversuches für eine Hängebrücke mit unge-

wöhnlichen Abmessungen, deren Projektierung bis zur Baureife durchgeführt wurde. Die Kabel von 1 m Durchmesser waren durch einen dünnen Klaviersaitendraht ersetzt. Statt 3 km Länge der Wirklichkeit war das Modell 30 m lang. Auch hier waren konstruktive Gedanken primär, die Rechnung selbstverständlich. Jede Bauaufgabe erfordert ein sinnvolles Zusammenspiel von Berechnung und Konstruktion. Als einziges Beispiel möchte ich hier nur die Entwicklungsarbeiten an dem zerlegbaren SKR-Brückengerät der Deutschen Reichsbahn erwähnen, bei dem aus den gleichen Teilen Brücken kleiner und großer Stützweiten – bis 120 m im Freivorbau – errichtet werden konnten.

Nach manchen bitteren Enttäuschungen fand ich nach dem letzten Krieg einen Mann und Freund, der den Glauben an das Gute im Menschen in mir wieder festigte, den Ehrenbürger und Förderer unserer Hochschule, Konsul Kiesling, dem ich bis zu meinem Lebensende in Dankbarkeit verbunden bleiben werde.

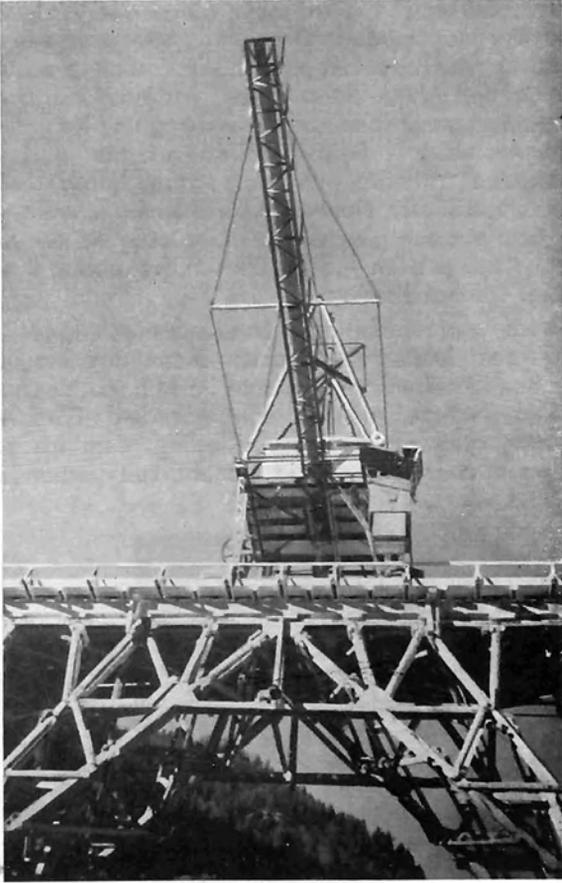


Bild 9: Günther Kiesling, 1900–1962

Durch Aufnahme in sein Unternehmen in Graz wurde mir außerdem ein Arbeitsgebiet erschlossen, in das ich mit Freude eindrang. Die von vielen Ingenieuren mit Unrecht als untergeordnete Arbeiten angesehenen Probleme der Schalung und Rüstung fanden meine besondere Beachtung. Auf Grund der Erfahrungen im zerlegbaren Brückenbau verwendete ich systematisch die Serie im Holzrüstungsbau. Dies ist aber nur möglich, wenn man neben der Konstruktion auch die statische Seite genauest beobachtet. Verschraubbare Stehschalungen für Stützen und serienmäßig hergestellte Gerüsttürme ermöglichen schnellstes und wirtschaftliches Bauen bei geringstem Materialaufwand. Die Schalung für die doppelt gekrümmte Hierzmannsperre bestand zum Beispiel nur aus drei verschiedenen, serienmäßig hergestellten Einzelteilen.

Bei der Betonierbrücke für die Dürrachsperre bestanden die 30 m langen Einzelgespärre, die eingeschwenkt wurden, aus Holz, die Knotenverbindungen zum Teil aus Stahlblech, zum Teil aus Stahlbändern, die Längsträger aus Stahlbeton. Durch diese Anordnung konnten die zulässigen Holz-

Bild 10: Dürrach-Betonierbrücke mit Auslegerkran  
Fig. 10: Dürrach – concreting bridge with jib crane



Längsspannungen voll ausgenützt werden. Der eigens dazu entwickelte Kran, der sich selbst auf- und abbauen konnte, bestand aus Stahl. So wurde jeder Baustoff in der ihm entsprechenden Weise angewendet. Eine Mahnung des Lehrers an die Studenten sei damit verknüpft: Alle Baustoffe gleich wichtig zu nehmen!

Es war naheliegend, daß man sich nach dem Kriege auch mit dem Wohnungsproblem beschäftigte. Die geschoßhohen Wandscheiben führten direkt aus statischen Gründen zur Scheibenbauweise. Gemeinsam mit meinem Freund Prof. Pucher wurde eine solche entwickelt. Die Scheibe kann die auf ihr aufruhenden Deckenlasten unmittelbar in ihre Fußpunkte und damit in die Stützen übertragen. Im Institut von Prof. Pischinger wurden Belastungsversuche und Wärmedurchgangsversuche durchgeführt; die Ergebnisse waren ausgezeichnet. Mit einfachen Kassetten konnte in wenigen Minuten jede beliebige Wandform mit beliebigen Öffnungen hergestellt werden. In einem einfachen Ofen auf der Baustelle, mit elektrischer Umwälzheizung nach Sparowitz, wurden Wände und Decken hergestellt. 3 bis 4 Stunden waren nur vom Einbringen des nassen Betons bis zur Herausnahme der fertigen Wände benötigt worden. Die Stützen wurden an Ort und Stelle zwischen die stehenden Wände betoniert. Die Zeit war aber noch nicht reif dazu. Ein einziges Bauwerk wurde in Kapfenberg errichtet. Daß die Serienfabrikation sich dabei nicht auswirken konnte, ist klar. Das Projekt Marienwiese blieb ein Traum, und dabei wurde auch die Möglichkeit vergeben, daß Graz und die Steiermark bereits vor fast zwei Jahrzehnten führend im Fertigteilbau geworden wären. Die Fertigteilbauweise hat inzwischen in anderen Ländern größte Fortschritte gemacht. Auch hier sehen Sie wieder, neue Gedanken sind mit statischen und konstruktiven Gesichtspunkten und auch mit Gründen der Fertigung und Wirtschaftlichkeit engstens verbunden.

Bei der Übernahme der Lehrkanzel für Stahlbau an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg zu Beginn des Jahres 1951 fand ich einen überaus günstigen Boden, sowohl in bezug auf die Mitarbeiter als auch in bezug auf die Mittel, vor, um die längst geplanten Ausarbeitungen von Problemen, mit denen ich mich nun schon jahrzehntelang herum-schlug, durchzuführen.

Ich bekam den Lehrstuhl, an dem früher einmal der Altmeister der Statik, Müller-Breslau, gewirkt hatte. Er gehörte mit Mohr und Engesser zu den großen Männern der Statik. Ich glaube, ich brauche in diesem Hause wohl nichts über ihn zu sagen. Ich übernahm den Lehrstuhl von Geheimrat Hertwig, dem Nachfolger Müller-Breslaus. Infolge seiner Begabung wurde Hertwig bereits mit 30 Jahren Professor und lehrte bis 1936 in Berlin. Nachdem sein Nachfolger, Prof. Schleicher, dessen klare Gedanken aus seinen verschiedenen Veröffentlichungen, seinem weltbekannten Taschenbuch für Bauingenieure und seiner Tätigkeit als jahrzehntelanger Herausgeber der Zeitschrift „Der Bauingenieur“ sicher bekannt sind, 1946 ausschied, war Hertwig



Bild 11: Verschiebbare Kassetten zur Herstellung beliebiger Wandplatten

Fig. 11: Movable boxes for fabrication of wall slabs

im Alter von 74 Jahren noch einmal auf diesen Lehrstuhl berufen worden. Viele Arbeiten auf dem Gebiet der Elastizitätsgleichungen, der Theorie der Gewölbe, von Stabilitätsproblemen, über Hängebrücken und vieles andere mehr zeigen von seiner Geisteskraft. Er war ein Forscher, der auch das Versuchswesen immer pflegte, und er war bahnbrechend auf dem Gebiete der Bodenmechanik. Er war ein vorbildlicher Lehrer, immer um das Wohl der Studenten besorgt. Seine einmalige Allgemeinbildung machte die Stunden, die ich mit ihm verbringen konnte, schon mit Rücksicht auf seine umfassenden Kenntnisse von der Geschichte der Technik, zum Erlebnis.

Die Beschäftigung mit vielen Problemen des Verbundbaues hatte mich seit langem erkennen lassen, daß hier auf theoretischem Gebiet Neuland vorhanden war. Das Zusammentreffen mit der genialen Person Dischingers (Abb. 16) und das Studium seiner diesbezüglichen grundlegenden Arbeiten war dann der auslösende Anlaß, mich mit der systematischen Bearbeitung dieser Probleme zu befassen. Diese Untersuchungen mußten laufend mit Versuchen untermauert werden. Über Theorie und Versuch habe ich eingehend in Büchern und Zeitschriften berichtet. Im Jahre 1961 wurde ich auf die Kopfbolzendübel aufmerksam, die außer in Amerika und England nicht angewendet wurden. Nach eigenen Anschlußversuchen an die amerikanischen und englischen Versuche konnte ich mich voll für diese wirtschaftliche und konstruktiv günstige Dübelverbindung einsetzen. Durch die zusätzliche Anordnung von Drahtwendeln konnte eine wesentliche Verbesserung in bezug auf die Verformungen der Verbindung gefunden werden. Außerdem konnte auf Grund der eigenen Untersuchungen die Sicherheit für diese Verbindungen gegenüber den amerikanischen Vorschriften zum Teil auf die Hälfte vermindert werden. In Graz werden derzeit in Fortführung dieser seinerzeitigen Versuche, mit Unterstützung von Prof. Tschek und seinen Herren, Doz. Dr.-Ing. Blümel und Doz. Dr.-Ing. Jaburek, ähnliche Versuche mit Fertigbetonplatten durchgeführt. Wird die Fuge zwischen Betonplatte und Stahlträger mit einem Klebemörtel geschlossen, so kann die Anzahl der Verbindungsdübel noch weiter verringert werden. Im Zuge der neuen Versuche werden auch Quertugen geklebt. Die Versuche sind bisher erfolgversprechend. Auch andere interessante Versuche über Klebungen laufen.

Nach den kühnen Bauten des vorigen Jahrhunderts mit engmaschigen Rautensystemen wurden die Rautensysteme später verlassen, da deren genaue Berechnung schwierig und langwierig war. Mein langgehegter Plan, eine einfache Näherungstheorie für diese Systeme zu schaffen, wurde in Weiterentwicklung des Gedankens der Lastaufspaltung von Krabbe und durch Herausschneiden eines Sekundärsystems für die achsensymmetrische Belastung verwirklicht, so daß die Einflußlinien solcher Systeme – vor allem bei Verwendung von elektronischen Rechenmaschinen – schnell und einfach ermittelt werden können. Verschiedene große Bauwerke wurden darnach gerechnet.

Bild 12: Scheibenbauweise, Wandtafeln und Ortbetonstützen

Fig. 12: Plane construction, wall slabs and cast-in-situ concrete

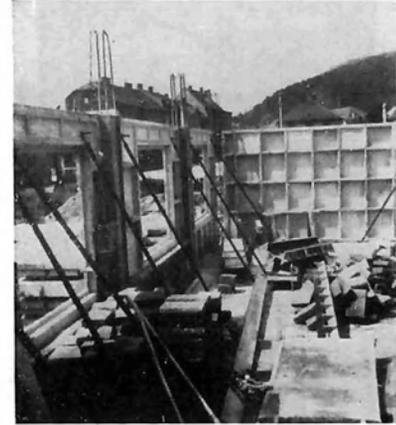


Bild 13: Heinrich Müller-Breslau, 1851–1925



Bild 14: Ferdinand Schleicher, 1900–1957

Bild 15: August Hertwig, 1872–1955



Auf dem Gebiet der Stabilitätsberechnung wurde das Durchbiegungsverfahren entwickelt und damit die Möglichkeit gegeben, Stäbe mit verschiedenen Querschnitten und Lagerbedingungen, sowie gegliederte Stäbe, Rahmen usw. in ausgezeichneter Näherung zu berechnen.

Durch Zufall wurde ich auf das Verfahren von Lundquist aus den USA aufmerksam, das unmittelbar vor Kriegsbeginn veröffentlicht und in Europa nicht bekannt wurde. Damit kann die Stabilität ganzer Systeme bei unverschieblichen Knotenpunkten berechnet werden. Wenige Monate später konnten die Hörer meiner Vertiefungs-Vorlesung darnach jedes entsprechende Problem praktisch lösen.

Durch Weiterentwicklung auf meinem Lehrstuhl durch meinen Assistenten Dr. Schaber wurde auch die Frage des Knickens ganzer Systeme mit verschieblichen Knotenpunkten in einfacher Weise gelöst. Für jedes beliebige System kann die Knickdeterminante auf Grund der Lundquist'schen Tabellen sofort angeschrieben werden. Rahmen mit Schrägstielen, elastisch gestützte Druckgurte und anderes mehr können damit berechnet werden.

Gegen Ende des Krieges und unmittelbar darnach wurde von Guyon und Massonnet der Trägerrost in der Auffassung als orthotrope Platte behandelt. Auch diese Arbeit blieb in Deutschland unbeachtet. Durch einen Zufall stieß ich auf diese Arbeit und fand darin die lange gesuchte einfache Berechnung der frei aufliegenden Trägerroste. Es waren dabei nur zwei Zahlenwerte zu rechnen und schon konnte die Lastverteilung für alle Hauptträger aus Kurventafeln angegeben werden. Das Verfahren hatte nur den Nachteil, daß sämtliche Hauptträger gleich ausgebildet sein mußten und es für frei aufliegende Trägerroste entwickelt war. In der Wirklichkeit ist dies aber selten der Fall. Durch eine einfache Betrachtung wurde der Schlüssel gewonnen, wie man die vorhandenen Tafeln auch bei ungleichen Hauptträgern und statisch unbestimmten Systemen verwenden konnte. Damit fand für mich eine Berechnungsweise ein gutes Ende, die mich vor 30 Jahren schon beschäftigt hatte.

Im Jahre 1960 kam unerwartet die Nachricht, daß mein lieber Freund Prof. Chwalla verstorben war. Nachdem jahrelang die verantwortungsvolle und umfangreiche Lehrtätigkeit an den Lehrkanzeln für Statik und Stahlbau von Prof. Beer durchgeführt wurde, hatte Prof. Chwalla 1955 die Berufung an die Lehrkanzel für Statik angenommen. Da Sie alle das Leben und Wirken dieses großen Forschers und Menschen noch frisch in Erinnerung haben, will ich heute nicht näher darauf eingehen. Die ehrenvolle Anfrage des hohen Professorenkollegiums unserer Hochschule bezüglich seiner Nachfolge an der Lehrkanzel für Baustatik brachte mich in schwere Gewissenskonflikte. An beiden Stellen, in Berlin und in Graz, waren leuchtende Vorbilder vorhanden, deren Erbe es an erster Stelle zum Wohl der Studenten zu erhalten galt. Die Verpflichtung meinen eigenen Lehrern und meiner eigenen Hochschule gegenüber, denen ich soviel zu verdanken habe,



Bild 16: Franz Dischinger, 1887–1953



Bild 17: Ernst Chwalla, 1901–1960

gaben schließlich den Ausschlag, nach Graz zu gehen.

Ich habe nur auszugsweise auf wesentliche Beiträge, die auf dem Gebiete der Statik von den Forschern und Lehrern unserer Hochschule geleistet wurden, hinweisen können. Der Name unserer Hochschule hat einen guten Klang in der Welt. Um so größer ist auch die Verpflichtung, die man mit der Übernahme eines Lehramtes übernimmt.

Die erste Verpflichtung gilt der Lehre. Es müssen dem jungen Studenten die grundlegenden Werte und Methoden übermittelt werden, damit alte und neue Wege beschritten werden können.

Studenten müssen mit den neuesten Entwicklungen vertraut werden. Selbstverständlich muß im gleichen Maße alter Stoff auf Wesentliches reduziert werden. Es müssen für ihr Fach begeisterte Ingenieure herangezogen werden, die in der Lage sind, das Erbe zu verwalten und weiterzuentwickeln. Gerade dies ist in unserer schnelllebigen Zeit notwendig. Mit den Errungenschaften der Technik wird die Zahl derer, die sich in ihrem Leben zum großen Teil mit statisch-theoretischen Problemen beschäftigen, immer geringer. Der Rechenautomat ersetzt das bisher notwendige Rechnen. Die Näherungsberechnungen werden dringend notwendig, um wenigstens Zusammenhänge zu erkennen. Es gibt schon und es wird immer mehr Menschen geben, die nur mit Tabellen arbeiten können. Hier ist es Aufgabe der Hochschulen, die Fäden von der Vergangenheit über die Jetztzeit in die Zukunft nie abreißen zu lassen.

Neben der Lehre darf die Forschung auf theoretischem und versuchstechnischem Gebiet nicht vernachlässigt werden. Auf theoretischen Erkenntnissen und praktischen Versuchen basierend kann der Ingenieur neue Konstruktionen ausführen. Er darf dabei keine Angst haben, muß aber ein ausgesprochenes Verantwortungsgefühl zeigen. Es finden sich immer wieder Persönlichkeiten und Behörden, die

die Zeichen der Zeit erkennen und den Fortschritt fördern. Der Hochschullehrer muß hier mit im Bunde sein. Er muß aber auch die Verbindungen mit der Umwelt, sowohl des In- wie des Auslandes, aufrecht-erhalten.

Aus den obigen Ausführungen kann man entnehmen, welche vielseitige Tätigkeit ein Bauingenieur leisten muß. Man kann aber auch erkennen, daß es der Ingenieur der Praxis ist – in den Werken, auf den Baustellen, bei den Behörden –, der heute immer neue Werte schafft, und daß dieser in geistiger und gesellschaftlicher Hinsicht in die Spitzengruppe jedes Landes einzureihen ist.

Dem jungen Studierenden der Hochschule aber möchte ich zum Abschluß folgendes sagen: Sehen Sie das Studium nicht als Qual, sondern als Mittel, einen Schritt auf dem Weg zur Erkenntnis weiterzuschreiten, an, als ersten Schritt zur Erforschung von unbekanntem Dingen. Lassen Sie Ihren Verstand sofort dort tätig eingreifen, wo Sie glauben, daß etwas nicht richtig und nicht zweckmäßig ist. Beobachten Sie die Umwelt in ihren kleinsten Dingen. Lassen Sie Ihre Phantasie spielen. Betrachten Sie jede Arbeit, auch die geringste, als gleich wertvoll, wählen Sie endgültig Ihren Beruf so, daß er sie mit Freude erfüllt und Ihrer Veranlagung und Ihren Wünschen entspricht.

Es liegt ein ewiges Gesetz vor, nach dem jeder anzutreten hat: Arbeiten Sie nach Möglichkeit mit diesem Gesetz und nicht dagegen. Unsere Wünsche aber, auch was unsere Arbeiten betrifft, werden sich nur zum Teil verwirklichen lassen. Dazu möchte ich mit Goethe schließen: „Sehen wir nun während unseres Lebensganges dasjenige von anderen geleistet, wozu wir selbst früher einen Beruf fühlten, ihn aber, mit manchem andern, aufgeben mußten, dann tritt das schöne Gefühl ein, daß die Menschheit zusammen erst der wahre Mensch ist, und daß der Einzelne nur froh und glücklich sein kann, wenn er den Mut hat, sich im Ganzen zu fühlen.“



Europabrücke im Montagezustand

(Werkfoto VOEST)

Europa-bridge in erection stage

Die Europabrücke, deren Baustelle von den Teilnehmern der letzten Österreichischen Stahlbautagung in Innsbruck besichtigt worden ist und die inzwischen in ihrer großen Mittelöffnung am 30. Mai 1963 geschlossen wurde, wird nach Fertigstellung der Straßendecke im Oktober 1963 eröffnet werden. Damit ist eines der hervorragendsten Stahlbauwerke, die jemals in Österreich errichtet wurden, vollendet. Wir bringen aus diesem Anlaß eine Montageaufnahme der Brücke, die den Bauzustand im Herbst 1962 zeigt. Im Hinblick auf die bereits erschienenen Veröffentlichungen und die noch in Aussicht genommenen ausführlichen Berichte in der Fachliteratur, sehen wir an dieser Stelle von einem Bericht ab. (Die Schriftleitung)

# Umbau der Kleinen Marxerbrücke über den Wienfluß

## Orthotrope Platte mit Asphaltfahrbahndecke

Von Senatsrat Dipl.-Ing. Max Ellinger

### A. Allgemeines

Die öffentlichen Ausschreibungen für Großbrückenbauten der Stadt Wien werden seit Jahren mit vollem Erfolg als Ideenwettbewerb gemeinsam mit einer bindenden Kostenangabe durchgeführt.

Es werden lediglich die Anlageverhältnisse der geplanten Brücke, wie: Brückenachse, Querschnitt, die gewünschte Nivelette, die geforderte K.U.K. angegeben; ebenso werden die Ergebnisse der Bodenaufschlüsse zur Verfügung gestellt.

Dem heutigen Geschmack entsprechend wird meist ein Tragwerk unter der Fahrbahn gefordert (Deckbrücke).

Die Wahl der Baustoffe (Stahl, Stahlbeton oder Spannbeton), des statischen Systems, der konstruktiven Lösung bleiben dem Projektanten überlassen.

Als Ergebnis solcher Ausschreibungen langt meist eine größere Zahl sehr interessanter Lösungen ein, wie Stahltragwerke mit Betonfahrbahn im Verbund oder aber Trägerroste mit orthotroper Platte, weiters Spannbetonentwürfe verschiedener Systeme.

Bei den Stahlentwürfen mit orthotroper Platte können grundsätzlich zwei Ausführungsarten angeboten werden:

a) über der orthotropen Platte kommt eine Ausgleichsschicht, sodann eine Abdichtung gegen Feuchtigkeit, Schutzanstrich (eventuell Fahrbahnbeton) und zuletzt der Fahrbahnbelag

b) der Fahrbahnbelag liegt mit einer Feuchtigkeitsabdichtung direkt auf der orthotropen Platte.

Beide Ausführungen haben zum Ziel, in dem scharfen Wettbewerb mit anderen Baustoffen und Baumethoden bestehen zu können. Ausführung b) zeichnet sich durch geringes Eigengewicht der Stahltragwerke und geringe Konstruktionshöhe aus; sie wird daher bei möglichst kurzer Bauzeit vielfach die wirtschaftlichste Lösung bringen.

Während Verbundkonstruktionen sowie Tragwerke mit orthotroper Platte mit Ausgleichsbeton schon wiederholte Male erfolgreich ausgeführt wurden, ist bisher in Österreich noch keine Leichtfahrbahn (Asphaltbelag direkt auf der orthotropen Platte) hergestellt worden.

Die Bauarbeiten an der Europabrücke, wo eine solche Leichtfahrbahn vorgesehen ist, sind noch nicht soweit vorgeschritten, um Erfahrungen über die praktische Durchführung sowie über das Verhalten im Verkehr bei unseren klimatischen Bedingungen zu erwerben.

Um für die Großbrückenbauvorhaben der Stadt Wien in den kommenden Jahren möglichst Erfahrungen in dieser Hinsicht sammeln zu können, wurde auf einer in den Jahren 1899/1900 erbauten Stahl-

brücke über den Wienfluß, der „Kleinen Marxerbrücke“ eine solche Leichtfahrbahn eingebaut.

### B. Die Kleine Marxerbrücke, Altbestand

Das Tragwerk besteht aus 8 Fachwerk-Hauptträgern sowie den erforderlichen Querträgern samt Aussteifungen und der darüber befindlichen Fahrbahn.

Die Stützweite beträgt 28,60 m, die Brückenbreite rund 20 m, wobei die Fahrbahn 12,0 m, die beiden Gehwege je 4,0 m breit sind.

Die Fahrbahn, auf die sich hauptsächlich die Umbauarbeiten bezogen, war auf Fahrbahnträger aus Zores-Eisen aufgebaut. Auf einem darüber aufgetragenen Füll- und Ausgleichs-Beton war der eigentliche Straßenbelag aus 13 cm starkem Holzstöckelpflaster hergestellt.

Um die Verkehrssicherheit zu erhöhen und Frostauftreibungen sowie Quellerscheinungen zu vermeiden, entschloß sich die Stadt Wien im Frühjahr 1962 den Holzstöckelbelag durch Asphalt zu ersetzen und hier zugleich Erkenntnisse für weitere derartige Bauvorhaben zu erwerben.

### C. Durchführung der Stahlbauarbeiten

Im Zuge des Umbaus der alten Fahrbahndecke wurden der gesamte Fahrbahnbelag und die als Fahrbahnträger dienenden Zores-Eisen entfernt.

Die neue ergänzende Stahlkonstruktion besteht aus einem 10 mm dicken Flachblech, unter dem Längsrippen mit der Abmessung von 180 mm Höhe und 10 mm Dicke zur Versteifung aufgeschweißt sind.

Die Querträger bestehen aus Stegblechen, die ebenfalls an das Flachblech angeschweißt und unten mit angenieteten Doppelwinkeln versehen sind.

Mit diesen Winkeln ruht die neue orthotrope Platte auf den Querträgern der verbliebenen alten Hauptkonstruktion auf. Die Aufständungen der Fahrbahnplatte auf den Hauptträgern bestehen aus einem Stegblech mit einer oben angeschweißten Gurtlamelle und unten angenieteten Winkeln.

Um einen sorgfältigen Verbund des Fahrbahnbelages mit dem Flachblech zu gewährleisten, wurden Schubeisen von 5 mm Dicke und 20 mm Höhe im Abstand von rund 145 mm fischgrätfförmig angeordnet; sie wurden mit dem Flachblech punktförmig verschweißt.

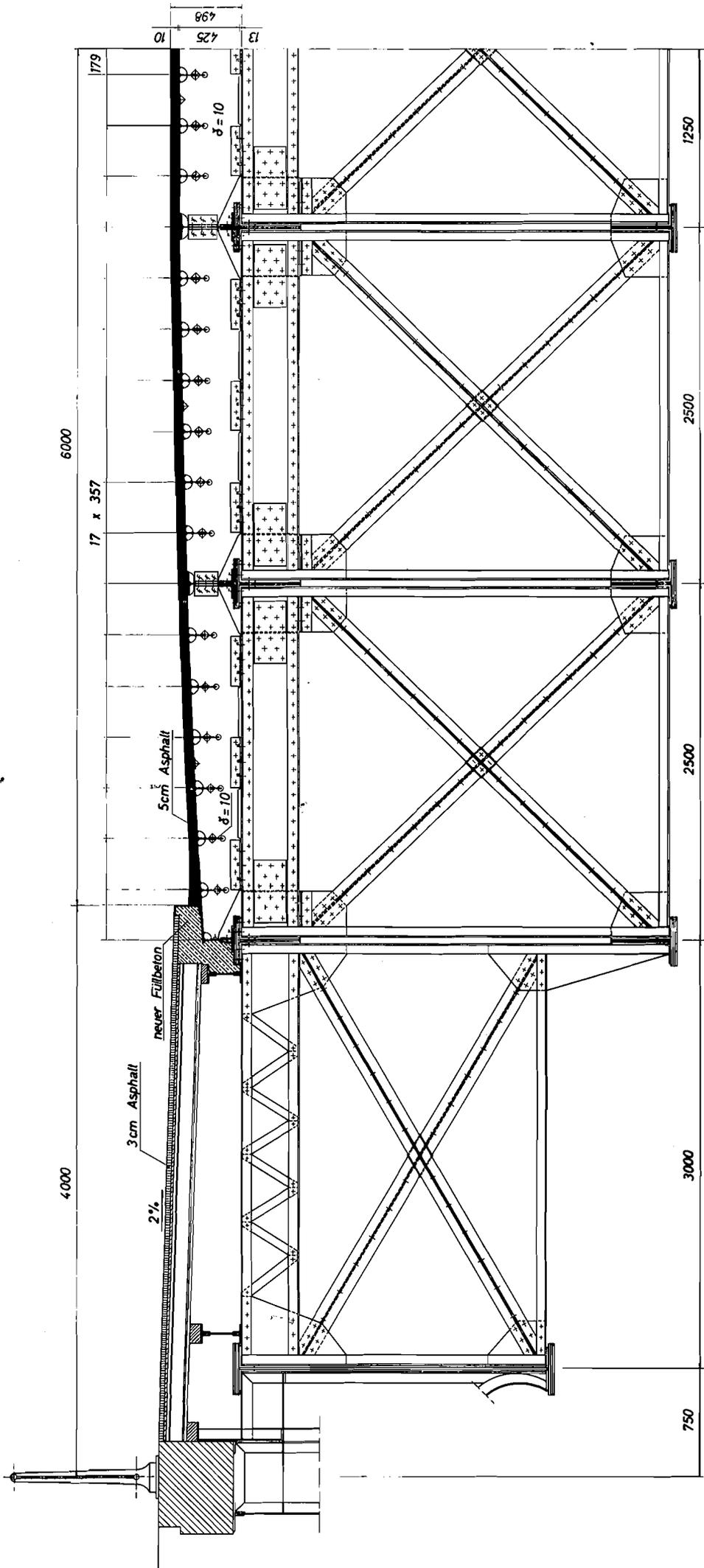


Bild 1: Kleine  
 Marxerbrücke über  
 den Wienfluß,  
 Querschnitt in  
 Brückenmitte

Fig. 1: Marxerbrücke;  
 cross in the middle  
 of the bridge

Bild 2: Montage der orthotropen Platte

Fig. 2: Erection of the orthotropic plate

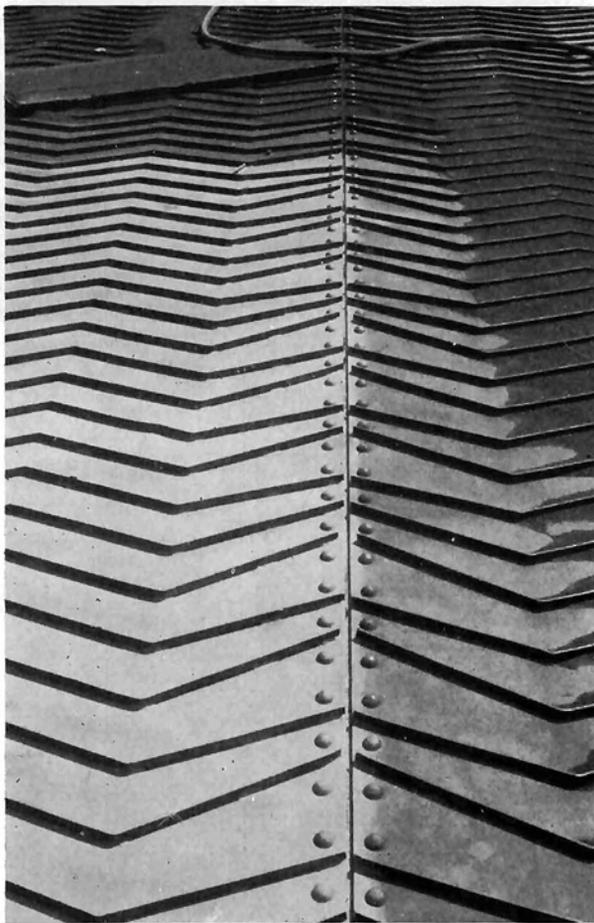
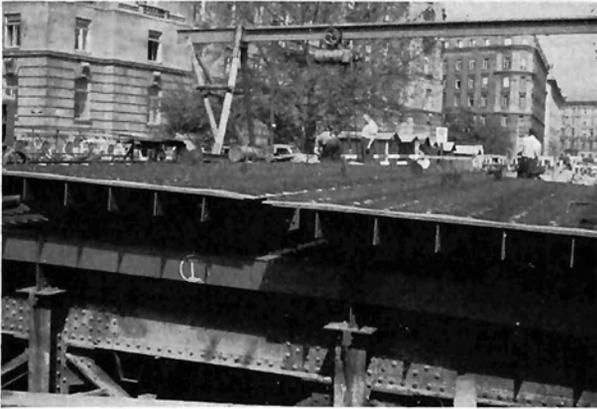


Bild 3: Orthotrope Platte mit den aufgeschweißten Schub-eisen (zum Teil entrostet)

Fig. 3: Orthotropic plate with the welded on shear bars (a part removed of rust)

#### D. Aufbringen des bituminösen Fahr-bahnbelages auf die orthotrope Platte

Zum Aufbringen des Fahrbahnbelages sind vier Hauptvorgänge erforderlich:

1. Reinigen und Entrosten der orthotropen Platte einschließlich der Schub-eisen.
2. Aufbringen der Okta-Haftmasse.
3. Herstellen des Mastixbelages.
4. Herstellung des eigentlichen Straßenbelages.



Bild 4: Entrosten mittels Sandstrahlung

Fig. 4: Removal of rust by sand blasting

ad 1. Die vorhandene Stahlfläche der orthotropen Platte wurde gereinigt und mittels Sandstrahlgebläse völlig entrostet.

ad 2. Auf die entrostete Stahlfläche wurde nun im Flammspritzverfahren ein Überzug aus Okta-Haftmasse, der auch einen Schutz gegen Feuchtigkeit darstellt, aufgebracht. Das Aufbringen der Okta-Haftmasse mußte unmittelbar nach der Sandstrahlentrostung erfolgen, um neuerliche Rostbildungen oder Verschmutzungen zu vermeiden.

Die je Quadratmeter aufgespritzte Menge an Okta-Haftmasse betrug auf der „Kleinen Marxerbrücke“ 0,8 kg.

ad 3. Auf die, durch die Okta-Haftmasse abgedichtete Fahrbahnfläche wurde der Asphaltmastix-Fahrbahnbelag aufgebracht. Das Aufbringen des Asphaltmastixbelages erfolgte in 2mal zwei ähnlichen Arbeitsgängen.

a) Aufbringen des Asphaltmastixs mit einem Okta-Haftmassezusatz bis zur Oberkante der Schubeisen (20 mm).

b) Einstreuen von Diabassplitt von der Korngröße 12/20 mm Durchmesser (30 kg/m<sup>2</sup>) in die noch heißflüssige Masse und abwalzen dieser Schichte.

Dieser Vorgang wurde nun wiederholt, jedoch wurde weniger Mastixmasse aufgetragen und jetzt Diabassplitt 5/10 (15 kg/m<sup>2</sup>) eingestreut und abgewalzt.

ad 4. Auf den nun rund 35 mm dicken Mastixbelag wurde weiters ein Heißmischbelag mit vorimprägniertem Füller (Vabit-Belag) aufgebracht und ebenfalls durch Walzung verdichtet (rund 45 kg/m<sup>2</sup>).

Die Gesamtstärke des bituminösen Belages beträgt nach allen Arbeitsgängen 5,0 cm, das Gesamtgewicht 115 kg/m<sup>2</sup>.

#### E. Schlußbemerkung

Die hergestellte Probefläche hat ein Flächenmaß von rund 350 m<sup>2</sup>.

Die Arbeiten wurden im August 1962 bei schönem, warmen Wetter ausgeführt.

Ein abschließendes Urteil über die Güte des Asphaltmastixbelages mit Okta-Haftmasse auf der orthotropen Platte kann auf Grund der kurzen Beobachtungszeit nicht gegeben werden; es zeigten sich bisher trotz des langdauernden extrem kalten Winters 1962/63 keine Veränderungen am Fahrbahnbelag.

Senatsrat Dipl.-Ing.  
Max Ellinger, Wien  
Magistratsabteilung 29.



Bild 5: Entrosten mittels Sandstrahlung

Fig. 5: Removal of rust by sand blasting

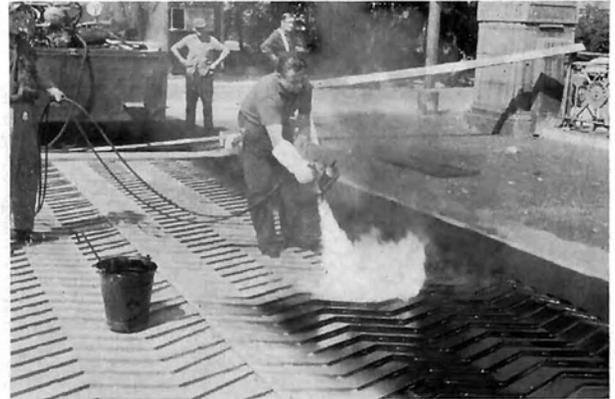


Bild 6: Aufbringen der „Okta-Haftmasse“ im Flammstritzverfahren

Fig. 6: Applying of the „Okta-Binder“ by means of flame spray procedure

# Die HV-Schraube unter Zugbelastung

Beitrag zur Beurteilung der HV-Schrauben im Stahlbau unter besonderer Berücksichtigung axialer Zugkräfte

Von H. Weiß und F. Wallner, Linz/Donau

## I. Theoretische Grundlagen

Die Wirksamkeit der HV-Schraube als Mittel zur Herstellung einer Reibungsverbindung beruht auf der Möglichkeit, eine bestimmte Klemmkraft der Schraube durch Vorspannen nicht nur zu erreichen, sondern auch dauernd zu erhalten. Es soll untersucht werden, wie weit eine zusätzliche axiale Zugkraft, welche bei Belastung der Verbindung gewollt oder ungewollt auf die Schraube einwirkt, die Vorspannkraft und die Klemmkraft beeinflusst.

Die gestellte Frage führt auf die ursprüngliche praktische Verwendung der HV-Schraube als Dehnschraube des Maschinenbaues.<sup>1)</sup>

Bekanntlich addiert sich eine axiale Zugkraft nur mit einem Bruchteil zur Vorspannkraft der Schraube solange die im Druckteil verbleibende Klemmkraft größer als Null ist. Wird die Klemmkraft gleich Null, das heißt, beginnen sich die Druckfugen zu öffnen, so wird die Kraft in der Schraube gleich der zusätzlichen Zugkraft.

Die elastostatischen Zusammenhänge werden klar, wenn man sich die Vorgänge beim Aufbringen der Vorspannkraft vor Augen hält. Die beim Vorspannen geleistete Formänderungsarbeit zerfällt in je einen Anteil aus der Schaftdehnung der Schraube, der Deformation des Gewindeteiles von Schraube und Mutter, sowie der Zusammendrückung der geklemmten Teile. Das Ergebnis hängt auch vom Ort der Lasteintragung der zusätzlichen axialen Zugkraft ab. Auf diesen Umstand hat bereits v. Hanffstengel<sup>2)</sup> hingewiesen und hat unter Berücksichtigung der Erfordernisse des Maschinenbaues diesen Einfluß sowohl von der theoretischen als auch von der praktischen Seite behandelt.

Für die folgenden Betrachtungen gelten nachstehende Bezeichnungen:

- $P_v$  Vorspannkraft der Schraube
- $Z$  zusätzliche axiale Zugkraft
- $P_s$  resultierende Kraft in der Schraube
- $P_{d1}$  resultierende Klemmkraft im Druckteil
- $P_{di}$  resultierende Klemmkraft im Druckteil innerhalb des Bereiches zwischen den Angriffspunkten der Zugkraft
- $P_{da}$  resultierende Klemmkraft im Druckteil außerhalb des Bereiches zwischen den Angriffspunkten der Zugkraft
- $F_z$  verglichene Fläche des Schraubenschaftes
- $E_z$  E-Modul des Schraubenschaftes
- $F_d$  verglichene Fläche des Druckteiles
- $E_d$  E-Modul des Druckteiles

- $l$  verglichene gleichmäßig gezogene Länge des Schraubenschaftes
- $l_i$  Länge des Druckteiles zwischen den Angriffspunkten der Zugkraft
- $l_a$  Gesamtlänge des Druckteiles außerhalb der Angriffspunkte der Zugkraft
- $\Delta l_x$  Dehnung des Schraubenschaftes auf die Länge  $l$  durch die Kraft  $l$
- $\Delta l_{ix}$  Stauchung des Druckteiles auf die Länge  $l_i$  durch die Kraft  $l$
- $\Delta l_{ax}$  Stauchung des Druckteiles auf die Länge  $l_a$  durch die Kraft  $l$
- $\Delta g$  Verformungskomponente des Gewindeteiles in Richtung der Schraubenachse durch die Kraft  $l$
- $l_g = \Delta g \cdot F_d \cdot E_d$   
Definitionsgleichung für eine verglichene Länge  $l_g$  als Charakteristik der Gewindenachgiebigkeit  $\Delta g$  gemessen an der Nachgiebigkeit des Druckteiles
- $d$  Innendurchmesser des Druckkörpers
- $D$  Außendurchmesser des Druckkörpers
- $D'$  Außendurchmesser des verglichenen wirksamen Druckzylinders
- $L$  Klemmlänge der HV-Schraube einschließlich Beilagscheiben.

In Bild 1 ist ein Gedankenmodell zur Vereinfachung der Ableitung der theoretischen Beziehungen dargestellt und mit den gewählten Bezeichnungen versehen.

Der Zuwachs der Schraubenkraft durch die Zugkraft  $Z$  wird mit  $X$  bezeichnet und kann als Bruchteil  $k \cdot Z$  dieser Zugkraft dargestellt werden, so daß

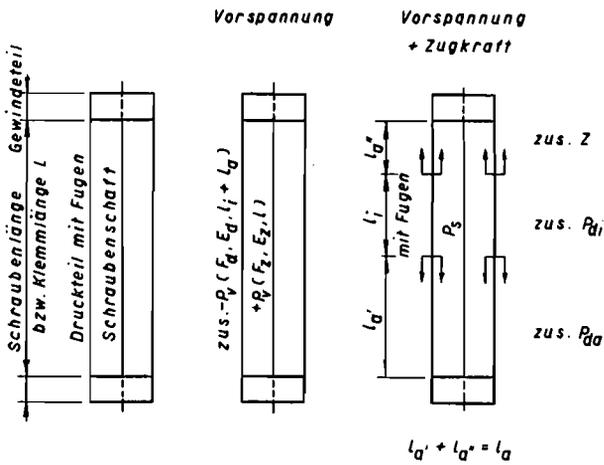
$$(1) \quad X = k \cdot Z$$

gilt. Zur Ermittlung von  $k$  wird  $X$  als Überzählige gewählt und man erhält auf bekannte Art mit den Bezeichnungen nach Bild 1

$$\begin{aligned} X &= -\delta_{xz} / \delta_{xx} \\ -\delta_{xz} &= \Delta l_{iz} = Z \cdot l_i / F_d E_d \\ \delta_{xx} &= \Delta l_x + \Delta l_{ix} + \Delta l_{ax} + \Delta g \\ &= (l / F_z E_z) + (l_i + l_a + l_g) / F_d E_d \\ &\quad \quad \quad l_i + l_a + l_g = l_d \\ \delta_{xx} &= (l / F_z E_z) + (l_d / F_d E_d) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1a) \quad X &= k \cdot Z \\ k &= \psi / (1 + \varphi) \\ \psi &= l_i / l_d \\ \varphi &= F_d E_d / F_z E_z \cdot l_d \end{aligned}$$

Bild 1



$$P_s = P_v + X \dots X = k \cdot Z \dots P_s = P_v + k \cdot Z \quad K < 1$$

$$P_{di} = -P_v + Z - X = P_v + Z(1 - K)$$

$$P_{da} = -P_s = -(P_v + kZ)$$

$$\Delta l_x = l / F_z \cdot E_z$$

$$\Delta l_{ix} = l_i / F_d \cdot E_d$$

$$\Delta l_{ax} = l_a / F_d \cdot E_d$$

$$\Delta l_g = l_g / F_d \cdot E_d$$

Definitionsgleichung für  $l_g$

$$l_g = \Delta l_g \cdot F_d \cdot E_d$$

$$l_a = l_a + l_i + l_g$$

Die Relationen (1) bzw. (1a) sind an die Bedingung gebunden, daß die Fugen des Druckteiles geschlossen bleiben. Es muß daher

(2)  $P_{di} \geq 0$

sein, wenn von den nachstehenden Ergebnissen Gebrauch gemacht wird.

(3)  $P_s = P_v + k \cdot Z$  (Schraubenkraft)

(4)  $|P_{di}| = P_s - Z = P_v + k \cdot Z - Z = P_v - (1 - k) \cdot Z$   
(Klemmkraft zwischen den Zugangriffspunkten)

(5)  $|P_{da}| = P_s = P_v + k \cdot Z$   
(Klemmkraft außerhalb der Zugangriffspunkte)

(6) Gültigkeitsgrenze:  $(P_{di} = 0) \dots \bar{Z} = P_v / (1 - k)$

(7)  $Z > \bar{Z} \dots P_s = Z$   
 $P_{di} = 0$   
 $|P_{da}| = Z$

Zu den in den Formeln enthaltenen Werten ist folgendes zu sagen:

Als Dehnlänge  $l$  der Schraube wird die Klemmlänge einschließlich der Beilagscheiben ( $L$ ) und mit  $F_z$  die Querschnittsfläche des Schraubenschaftes anzusehen sein. Weit schwieriger ist es, alle jene Werte festzulegen, welche sich auf den Druckteil beziehen.

Wie bereits erwähnt, ist die Lage des Lastangriffspunktes von Bedeutung, das heißt, die Wahl der Größe  $l_i$ .

In Bild 2 sind einige Beispiele dargestellt, die zeigen, mit welchen Werten  $l_i$  praktisch angenommen werden könnte. Da es sich um komplizierte räumliche Spannungs- und Verformungszustände

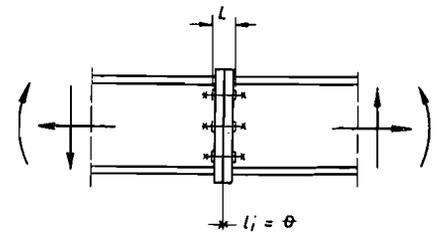


Bild 2 a

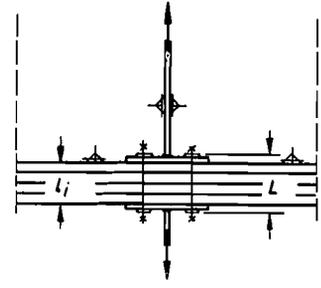


Bild 2 b

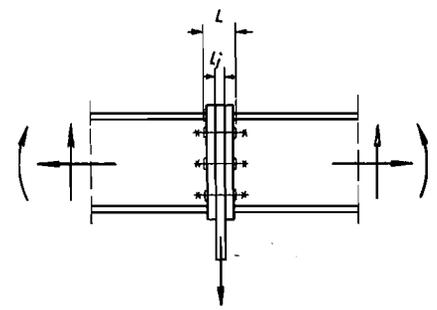


Bild 2 c

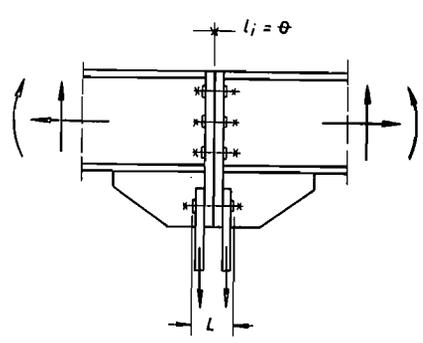


Bild 2 d

handelt, wird die richtige Festlegung von  $l_i$  so lange schwierig sein, wie keine entsprechenden Versuchsergebnisse vorliegen.

Besondere Unsicherheit besteht in der Annahme der verglichenen Druckfläche  $F_d$ . Bild 3a zeigt die bisher gebräuchliche Berechnung nach Rötcher.<sup>1)</sup>

Unter Berücksichtigung von  $D' = s + \frac{1}{2} L$

$s$  ... Schlüsselweite  
 $L$  ... Klemmlänge einschließlich  
 Dicke der Beilagscheiben

$$\text{wird } F_d = \frac{\pi}{4} (D'^2 - d^2)$$

$F_d$  ist somit von der Klemmlänge abhängig. Andererseits müßte aber auch der Schraubenabstand bzw. der Randabstand eine Rolle spielen, da unter Umständen bei größeren Werten von  $L$  die Druckkegel mehrerer Schrauben sich gegenseitig beeinflussen oder bei kleineren Randabständen zum Teil außerhalb des gedrückten Querschnittes liegen (siehe Bild 3b).

Bei der Annahme von Rechnungswerten für die Gewindenachgiebigkeit  $\Delta g$  wird man über grobe Schätzwerte wohl nicht hinauskommen. Der Einführung in die Formeln kommt mehr eine qualitative Bedeutung zu.

Die Auswirkung der Unsicherheit in der Annahme des Lastangriffspunktes auf die Berechnungsergebnisse wird durch die beiden folgenden theoretischen Grenzfälle eingeschlossen.

Neben dem Grenzfalle mit der Bedingung

$$\psi = 0 \text{ aus } l_i = 0,$$

welche aussagt, daß die Zugkräfte an zwei unmittelbar gegenüberliegenden Ufern einer Fuge des Druckteiles angreifen, ist noch die Einleitung der Zugkräfte unmittelbar in den Schraubenschaft praktisch möglich und daher in Betracht zu ziehen. Letztere Anordnung ergibt den zweiten Grenzfalle mit  $\psi = 1$ , da hier

$$-\delta_{xz} = Z \cdot l_d / F_d E_d \text{ und daher } \psi = l_d / l_d = 1 \text{ gilt.}$$

Beide Grenzfälle führen zu den möglichen Extremwerten für  $k$ ,  $X$ ,  $P_s$

$l_i = 0$  und damit  $\psi = 0$  liefert die Resultate:

$$k = 0, X = 0, P_s = P_v$$

$l_i = l_d$  und damit  $\psi = 1$  liefert die Resultate:

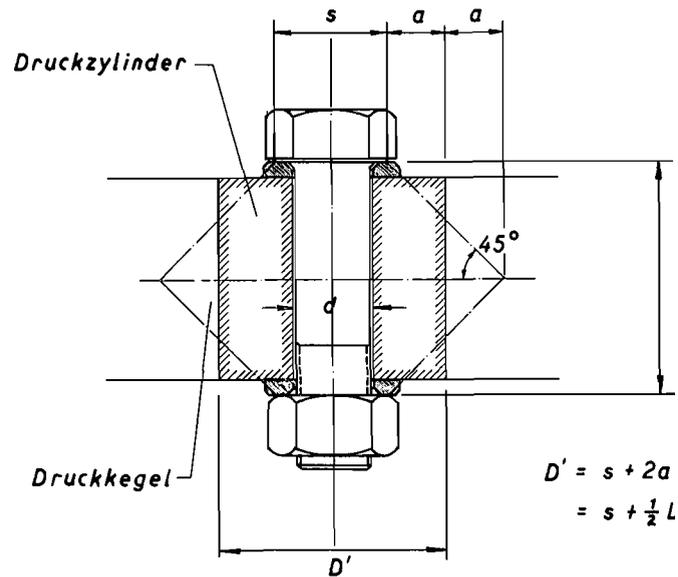
$$k = 1 / (1 + \varphi), X = Z / (1 + \varphi), P_s = P_v + Z / (1 + \varphi)$$

wobei  $k$ ,  $X$ ,  $P_s$  ihre Größtwerte erreichen.

Die theoretischen Beziehungen lassen sich leicht in Form eines übersichtlichen Diagrammes darstellen (siehe Bild 4), welchem alle gesuchten Größen entnommen werden können wie:

$P_s$  ... endgültige Zugkraft in der Schraube  
 $|Pd_i| = P_s - Z$  ... endgültige Vorspannkraft (Klemmkraft) zwischen den Angriffspunkten der Zugkraft

Bild 3 a



$|Pd_n| = P_s$  ... endgültige Vorspannkraft (Klemmkraft) außerhalb der Angriffspunkte der Zugkraft.

Bisher war es allgemein üblich, von der Darstellungsart des „Vorspannungsdreieckes“ Gebrauch zu machen.<sup>3)</sup>

Es wäre durchaus möglich, diese Darstellungsart auch dann beizubehalten, wenn der Lastangriffspunkt berücksichtigt werden soll (siehe Bild 5). Für den Sonderfall  $l_i = 0$ ,  $\psi = 0$  wird allerdings  $P_v \cdot \Delta l_{ix} = 0$ ,  $\beta = 90^\circ$  und das Diagramm unbrauchbar.

Die bisherigen, rein theoretischen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Wenn die Zugkräfte in unmittelbar einander gegenüberliegenden Ufern einer Druckfuge angreifen, ist zu erwarten, daß die Schraubenkraft auch nach Aufbringen einer zusätzlichen Zugkraft die Größe der Vorspannkraft solange nicht überschreitet, solange die Zugkraft kleiner als die Vorspannkraft bleibt. Wird die Zugkraft größer als die Vorspannkraft, so müßte sich die Druckfuge öffnen

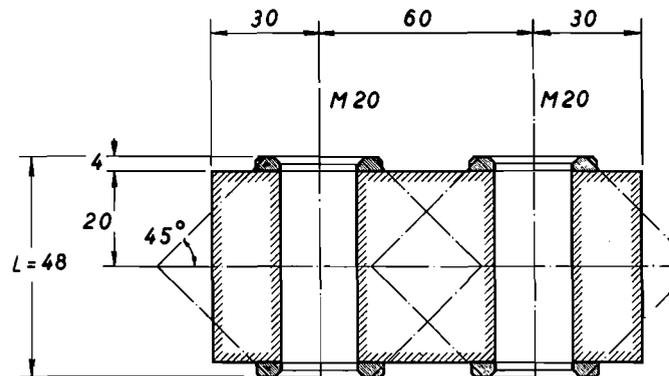
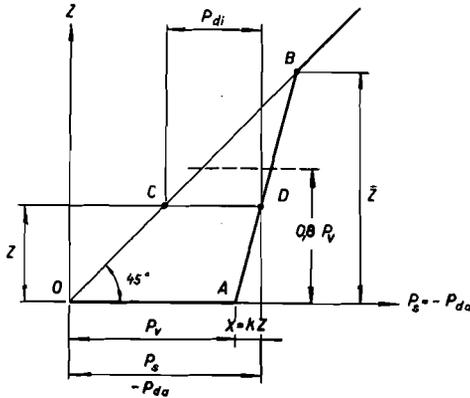


Bild 3 b

Bild 4



und die Schraubenkraft gleich der Zugkraft sein. Dieses Ergebnis ist von allen anderen Größen der Verbindung wie  $F_z$ ,  $E_z$ ,  $l$ ,  $F_d$ ,  $l_d$ ,  $E_d$ ,  $\Delta g$  unabhängig und nur an die Bedingung  $l_i = 0$  gebunden.

Da dieser Fall häufig vorkommt, ist seine praktische Bedeutung groß. Es ist denkbar, daß in der Fuge, an deren Ufern die Zugkräfte angreifen, eine Querkraft übertragen werden soll und damit in der Fuge auch die Wirkung einer Reibungsverbindung erzielt werden muß. Die vorhandene Klemmkraft ist durch

$$|P_{di}| = P_v - Z$$

gegeben. Wird aber die Verbindung in anderen

Fugen als Reibungsverbindung in Anspruch genommen, so bleibt die vorhandene Klemmkraft  $|P_{da}| = P_v$  erhalten.

Es ist daher durchaus nicht gleichgültig, in welcher Fuge des Druckteiles der Verbindung diese als Reibungsverbindung in Anspruch genommen wird. So steht zum Beispiel nach Bild 2d für die Querkraftübertragung nur die Klemmkraft  $P_v - Z$ , aber für die Lastübertragung beim Anschluß der Hängestangen die gesamte Vorspannkraft zur Verfügung, obwohl es sich um ein und dieselbe Schraube handelt.

2. Im Falle des Vorhandenseins von Zwischenlagen zwischen den Angriffspunkten der Zugkraft, das heißt, im Falle  $l_i > 0$  und daher  $\psi > 0$

ist der Zuwachs zur Schraubenvorspannkraft um so größer, je größer  $Z$ ,  $F_z/F_d$ ,  $E_z/E_d$  und  $\psi = l_i/l_d$  ist.

Als Beispiel wird ein praktisch möglicher oberer Grenzwert durchgerechnet.

Beispiel:

Dem Bild 2b könnten folgende Abmessungen zugrunde gelegt werden:

$$l_i = 80 \text{ mm} \quad L = 4 + 10 + 80 + 10 + 4 = 108 = l_d$$

$$M24, F_{sp} = 3,415 \text{ cm}^2, d_{sp} = 2,085 \text{ cm}$$

$$W_{Tsp} = \frac{F_{sp} \cdot d_{sp}}{4} = 1,78 \text{ cm}^3$$

mit der Annahme  $\Delta g \sim 0$ .

Scheibendurchmesser außen: 44 mm.

Aus konstruktiven Gründen wird von der in den Richtlinien<sup>4)</sup> zugelassenen Möglichkeit Gebrauch gemacht, mit dem Schraubenabstand bis nahe an den Scheibendurchmesser heranzugehen. Aus diesem Grunde kann höchstens mit einem Durchmesser von 50 mm für den wirksamen Druckzylinder gerechnet werden.

Mit  $E_z = E_d$  und  $l/l_d \sim 1$  ergibt sich folgende Rechnung:

$$\psi = 80/108 = 0,741$$

$$\varphi = F_d/F_z = 14,33/4,52 = 3,17$$

$$F_z = \frac{\pi}{4} 2,4^2 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$F_d = \frac{\pi}{4} \cdot (5,0^2 - 2,6^2) = 14,33 \text{ cm}^2$$

$$k = \psi/(1 + \varphi) = 0,741/4,17 = 0,178$$

$$P_v = 24,59 \text{ t} \quad \bar{M}_A = 110 \text{ kgm} \quad (\text{siehe Anhang zur Neufassung der Richtlinien})^4)$$

$$\text{Restmoment } \bar{M}_T = 0,42 \quad \bar{M}_A = 46,2 \text{ kgm}$$

$$\text{Für } Z=0 \text{ wird die größte Vergleichsspannung aus } \sigma_1 = P_v/F_{sp} = 24,59 \text{ t}/3,415 \text{ cm}^2 = 7,20 \text{ t/cm}^2 = 0,8 \sigma_F$$

$$\tau = \bar{M}_T / W_{Tsp} = 4,62 \text{ tcm}/1,78 \text{ cm}^3 = 2,60 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau^2} = \sqrt{7,20^2 + 3 \cdot 2,60^2} = 8,50 \text{ t/cm}^2 = 0,9,44 \sigma_F$$

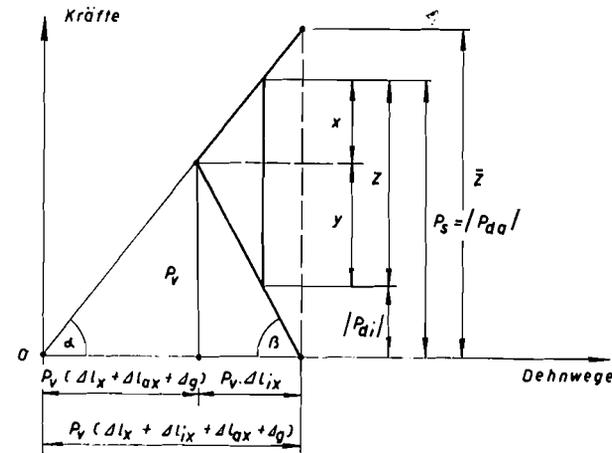
$$\text{Für } Z=0,8, P_v=0,8 \cdot 24,59 \text{ t} = 19,67 \text{ t} = \text{zul. } Z \text{ auf Grund der Richtlinien: }^4)$$

$$P_s = P_v + k \cdot Z = 24,59 \text{ t} + 0,178 \cdot 19,67 \text{ t} = 24,59 \text{ t} + 3,50 \text{ t} = 28,09 \text{ t}$$

$$\sigma_1 = 28,09 \text{ t}/3,415 \text{ cm}^2 = 8,22 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{8,22^2 + 3 \cdot 2,60^2} = 9,37 \text{ t/cm}^2 > \sigma_F$$

Bild 5



$X$  ... Zuwachs der Schraubenkraft

$Y$  ... Abnahme der Vorspannkraft innerhalb der Zugangriffspunkte:  $Y = Z - X$

$P_s$  ... endgültige Schraubenkraft

$|P_{da}|$  ... Absolutbetrag der endgültigen Kraft im Druckteil außerhalb der Zugangriffspunkte:

$$|P_{da}| = P_s$$

$|P_{di}|$  ... Absolutbetrag der endgültigen Kraft im Druckteil innerhalb der Zugangriffspunkte:

$$|P_{di}| = P_v - Y$$

$$\Delta l_x = l/E_z \cdot F_z$$

$$\Delta l_{ix} = l_i/E_d \cdot F_d$$

$$\Delta l_{ax} = l_a/E_d \cdot F_d$$

$$\Delta g = l_g/E_d \cdot F_d$$

Die Sicherheit der Verbindung hängt daher vor allem davon ab, mit welcher Genauigkeit der Wert von  $Z$  angegeben werden kann. Die Bruchgrenze von  $10 \text{ t/cm}^2$  für die Vergleichsspannung wäre bei einer Schraubenkraft von  $30,5 \text{ t}$  erreicht, wenn die Wirkung des praktischen Anziehdrehmomentes von  $110 \text{ kgm}$  konstant gehalten wird. Dies würde einem Wert  $Z = (30,5 \text{ t} - 24,59 \text{ t}) / 0,178 = 33,2 \text{ t}$  entsprechen.

Die Gültigkeitsgrenze der Formeln (1) und (1a) ist aber mit  $\bar{Z} = P_v / (1-k) = 24,59 \text{ t} / (1-0,178) = 29,9 \text{ t}$  gegeben. Da für alle  $Z > \bar{Z}$   $P_s = Z$  gilt, wird die Vergleichsspannung  $\sigma_v = 10,0 \text{ t/cm}^2$  bei  $Z = 30,5 \text{ t}$  erreicht, also bei einer  $30,5 \text{ t} / 19,67 \text{ t} = 1,55$ fachen Steigerung von zul.  $Z$ .

Aus dem Berechnungsergebnis ist zu ersehen, daß die größte Beanspruchung  $\sigma_v$  wohl nicht proportional mit der Schraubenkraft  $P_s$  steigt, aber unter Annahme der zulässigen Zugkraft sehr hohe Werte erreichen kann.

## II. Versuche

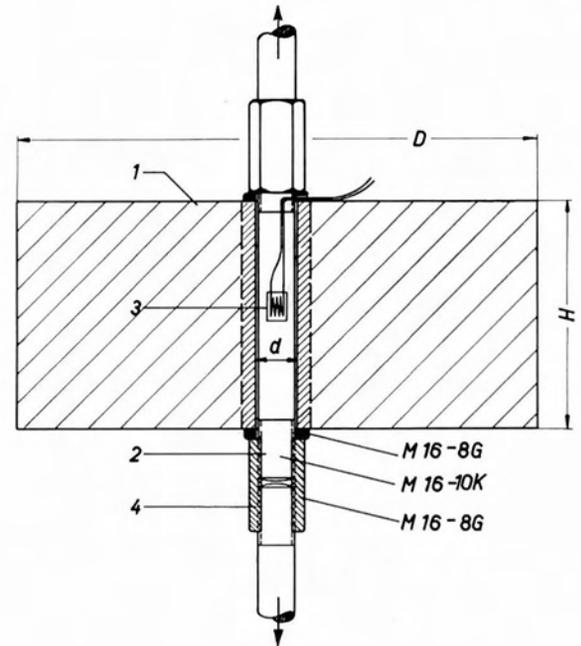
Die Berechnungsergebnisse für HV-Verbindungen, die zusätzlichen, auf die Schrauben wirkenden axialen Zugkräften ausgesetzt werden, sind mit nachstehenden Unsicherheiten behaftet:

- der Lage des Lastangriffes,
- der Abschätzung der verglichenen Fläche des wirksamen Druckzylinders,
- der Größe der Schraubenzugkraft.

Zur experimentellen Ermittlung der Lage des Angriffspunktes und deren Auswirkung auf die Bemessungsgrundlagen wären umfangreiche, den praktischen Fällen angepaßte Versuche notwendig. Die vorliegenden Versuche beschränkten sich auf das Nachprüfen der theoretischen Grenzfälle.

Was die Abschätzung der verglichenen Fläche des wirksamen Druckzylinders betrifft, so verwendete man bisher den von Rötcher angenommenen Druckkegel. Bei Belastungsversuchen an HV-Verbindungen, die über die Gleitgrenze ausgedehnt werden, kann man jedoch feststellen, daß sich die durch die Vorspannkraft hervorgerufenen Reibungskräfte in einem eng begrenzten Bereich um den Schraubenlochrand abspielen. Dies bedeutet, daß der von Rötcher angenommene Kegel nicht einen Fußwinkel von  $45^\circ$  aufweisen kann, sondern erheblich steiler verlaufen muß. Die Versuche sollten zeigen, ob diese aus der Beobachtung entstandene Annahme berechtigt ist oder nicht.

Die erforderliche Möglichkeit der genauen Ermittlung der zahlenmäßigen Werte für die Zugkraft  $Z$  ist eine rein baustatische Aufgabe und macht in vielen Fällen Schwierigkeiten. Als Ergänzung der vorliegenden theoretischen Arbeiten sind dazu noch Versuche notwendig, die aber über den Rahmen der gestellten Aufgaben hinausgehen.



### A. Versuche mit Lastangriff an der Schraubenmutter ( $l_i = L$ )

Die für diese Versuche gewählte Versuchsanordnung geht aus Bild 6 hervor. In dem eine Bohrung aufweisenden zylindrischen Druckkörper (1) befindet sich eine mit beidseitigem Gewinde versehene hochfeste Schraube (2), auf die zur Messung der im Schraubenschaft auftretenden Kraft  $P_s$  zwei um  $180^\circ$  versetzte Dehnmeßstreifen (3) aufgeklebt sind. Die Dehnmeßstreifen gestatten, einerseits die Vorspannkraft nach Anziehen der Schrauben festzustellen, andererseits die Veränderung der Schraubkraft bei Aufbringen zusätzlicher axialer Zugkräfte zu beobachten. Die Einleitung der axialen Zugkräfte erfolgte in den Schraubenschaft über die verlängerten Muttern (4). Bei dieser Anordnung wird

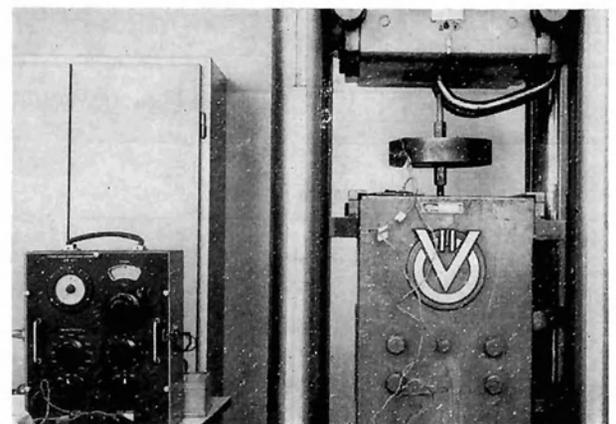
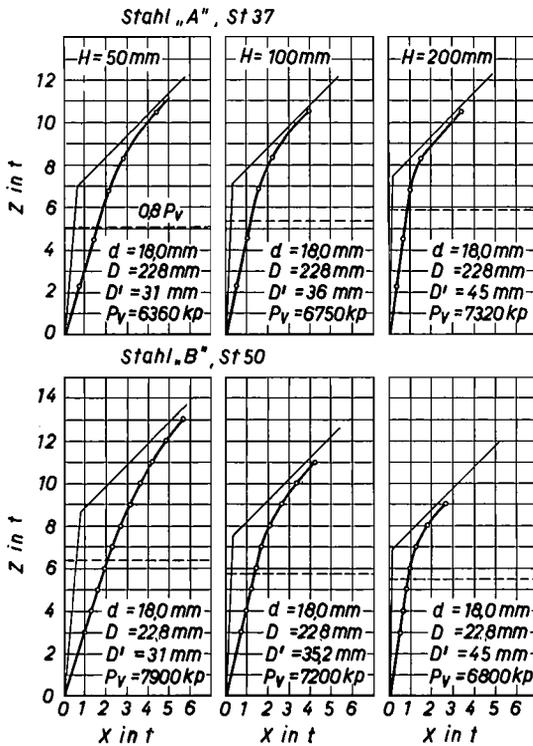


Bild 7

Bild 8



der theoretische Grenzfall  $\psi=1$  wegen der Gewindenachgiebigkeit nicht vollständig erreicht. Infolge der zu erwartenden Kleinheit des Einflusses der Gewindenachgiebigkeit wird sich dieser Umstand im Ergebnis jedoch nicht auswirken.

Um den von Rötcher angenommenen Bereich des Druckkegels mit Sicherheit erfassen zu können, wurden Druckkörper mit einem Außendurchmesser  $D=228\text{mm}$  und einer Höhe  $H$  von 50, 100 bzw. 200 mm verwendet. Der Durchmesser der Bohrung betrug einheitlich  $d=18\text{mm}$ . Außerdem wurden Versuche mit Druckkörpern angestellt, deren Zylinderaußendurchmesser  $D=30\text{mm}$  betrug, das heißt, gleich groß war wie der Außendurchmesser der Beilagscheiben. Bei diesen Druckkörpern ist daher die Fläche des Druckteiles eindeutig bestimmt und man

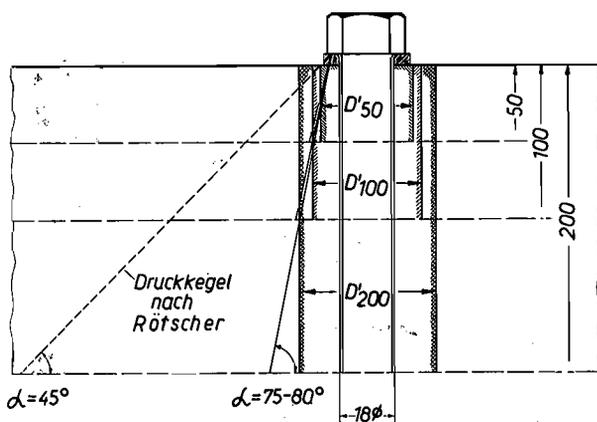


Bild 9

kann die Versuchsergebnisse zur Überprüfung der gewählten Versuchsanordnung heranziehen. Die Druckkörper für eine Versuchsreihe waren aus Stahl St 37, der jedoch in seinen Festigkeitseigenschaften an der untersten Grenze lag, der zweiten Versuchsreihe aus Stahl St 50 gefertigt.

Für die Versuche standen Schrauben, Beilagscheiben und Muttern M 16 zur Verfügung. Die Länge der Schraubenbolzen war jener des Druckteiles angepaßt; der zylindrische Schraubenschaft wurde um 10 mm kürzer als die Höhe des jeweiligen Druckkörpers gehalten. Die Länge jedes Gewindeendes war mit etwa 25 mm festgelegt. Das Schraubenmaterial lag in Güte 10 K vor, jenes der Muttern und Beilagscheiben in Güte 8 G.

Nach Aufkleben der Dehnmeßstreifen in der Mitte des Schraubenschaftes wurden die Versuchskörper mit einem Drehmoment von etwa 20 mkp verschraubt. Während des Aufbringens der achsialen Zugkräfte  $Z$  in der Zerreißmaschine erfolgte laufend die Messung der Kraft  $P_s$  im Schraubenschaft. Bild 7 zeigt einen in die Zerreißmaschine eingebauten Prüfkörper und die Meßeinrichtung.

Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind in Bild 8 schaubildlich wiedergegeben. Die Diagramme zeigen, welche Krafterhöhung im Schraubenschaft (Kraftanteil  $X$ ) durch eine achsial aufgebraachte Zugkraft  $Z$  eintritt. Die gesamte Kraft im Schraubenschaft  $P_s$  ergibt sich aus der Summe des Kraftanteiles  $X$  und der Vorspannkraft  $P_v$ . Außerdem sind in die Schaubilder die theoretischen Werte für  $X$  eingetragen, die sich nach Rötcher ergeben bzw. die Werte für  $P_s$ , die nach Aufhören der Vorspannkraft im Druckteil zu erwarten sind (schwach ausgezogener Linienzug).

Die in den Versuchen festgestellten  $X$ - $Z$ -Kurven bestehen gleich der theoretischen grundsätzlich aus zwei verschieden geneigten Geraden. Sie weichen jedoch beträchtlich von den berechneten Werten ab:

a) Es werden bei einer zusätzlichen Zugkraft  $Z$  im Schraubenschaft erheblich größere Kräfte gefunden als nach Rötcher angenommen.

b) Es fehlt der un stetige Übergang der  $X$ - $Z$ -Kurve, der theoretisch bei Aufhören der Vorspannkraft im Druckteil eintreten soll.

Rechnet man aus der Neigung des unteren geradlinigen Teiles der  $X$ - $Z$ -Kurve die Druckfläche des verglichenen Druckzylinders aus, so ergeben sich bei einem Lochdurchmesser von 18 mm für die drei gewählten Druckkörperhöhen Durchmesser  $D'$  von 31, 36 bzw. 45 mm. Dies bedeutet, wie in Bild 9 gezeigt, daß die Neigung des von Rötcher angenommenen Druckkegels nicht  $45^\circ$  sondern  $75-80^\circ$  beträgt. Es sei noch darauf hingewiesen, daß für die Berechnung von  $D'$  die Gewindenachgiebigkeit nicht berücksichtigt und der E-Modul des Druck- und Zugteiles als gleich angenommen wurde.

Ein Unterschied der Ergebnisse der Versuche mit Druckkörpern aus St 37 und St 50 ist nicht zu erkennen und war auch nicht zu erwarten.

Die Ergebnisse der Versuche mit Druckkörpern, deren Außendurchmesser  $D=30\text{mm}$  betrug, gehen

aus Bild 10 hervor. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Versuchen stimmten die an diesen Versuchskörpern gemessenen X-Werte recht gut mit den Rechnungswerten überein, was die Neigung des unteren geradlinigen Teiles der X-Z-Kurve betrifft. Die geringen Abweichungen, die man auch aus den Unterschieden des Druckkörperdurchmessers D und des verglichenen Druckzylinderdurchmessers D' erkennen kann, können einerseits auf kleine Unterschiede im E-Modul des Druckteiles und der Schrauben, andererseits auf die Gewindenachgiebigkeit zurückzuführen sein.

Die Versuche haben jedoch das allmähliche Übergehen des unteren geraden Teiles der X-Z-Kurve zur 45° geneigten Geraden, die nach Aufhören der Vorspannkraft im Druckteil erreicht werden soll, bestätigt. Da eine Abhängigkeit dieser Abweichung von der Vorspannkraft vermutet werden mußte, wurden ergänzende Versuche angestellt, bei denen an 200 mm langen zylindrischen Druckkörpern aus St 50 mit 30 mm Außendurchmesser die Schrauben bis 3850, 8300 bzw. 12650 kp angezogen wurden. Nach Bild 11 findet man das allmähliche Übergehen der beiden Geraden unabhängig von den Vorspannkraften in allen Fällen, die Abweichung scheint jedoch bei hohen Vorspannkraften größer zu werden.

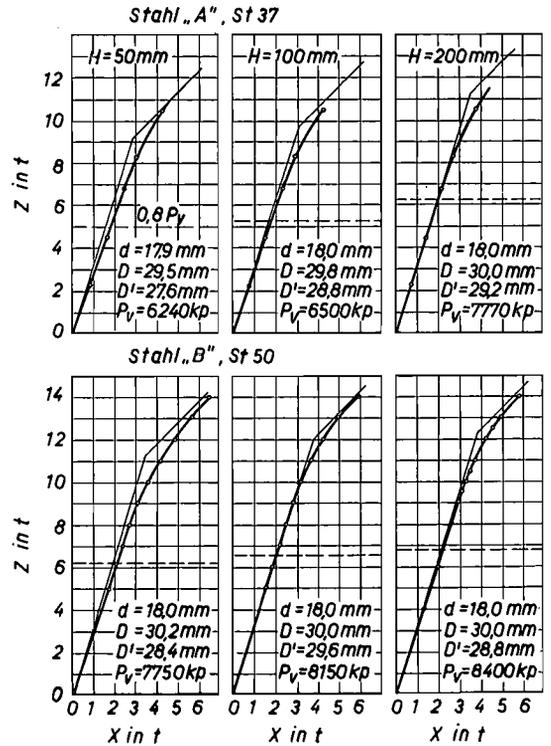
**B. Versuche mit Lastangriff in Druckfuge ( $l_i = 0$ )**

Wie aus Bild 12a hervorgeht, fanden für diese Versuche als Druckkörper (1) Zylinder mit einem Außendurchmesser  $D=30$  mm bzw. 100 mm, einer Höhe von 50 mm und einem Durchmesser der Innenbohrung von 18 mm Verwendung. Zur Aufbringung der Last in der Trennfuge des Druckkörpers dienten Querträger, die durch Längsstäbe verbunden waren (2). Das Anziehen der Schrauben erfolgte mit etwa 20 mkp. Das Bild 13 gibt eine photographische Aufnahme der in die Zerreißmaschine eingebauten Versuchseinrichtung wieder.

Entsprechend den rechnerischen Ergebnissen dürfte bis zum Erreichen der 45°-Geraden, das heißt, bis zur Aufhebung der Druckkraft im Druckzylinder, im Schraubenschaft nur eine Kraft in Höhe der Vorspannkraft gefunden werden. Der Kraftanteil X müßte bis zu diesem Punkt Null sein. Die Meßergebnisse nach Bild 12b und c zeigen, daß diese Annahme grundsätzlich gilt, daß jedoch in gleicher Weise wie bei den unter A. beschriebenen Versuchen bereits vor Erreichen der 45°-Geraden über die Vorspannkraft hinausgehende Kräfte im Schraubenschaft festgestellt werden. Diese Abweichung beginnt zum Teil bereits bei der allgemein zugelassenen Schraubenzugkraft  $Z=0,8 P_v$ .

**III. Zusammenfassung**

Nach Erläuterung der theoretischen Grundlagen und Festlegung praktisch anwendbarer Formeln sowie der dazugehörigen Ausgangswerte, wurde an Hand eines Beispiels aus der Stahlbaupraxis gezeigt, daß die größte Vergleichsspannung in der vorgespannten HV-Schraube unter Annahme der höchstzulässigen zusätzlichen Zugkraft  $Z=0,8 P_v$  sehr



große Werte erreichen kann. In die theoretischen Betrachtungen wurde der neue Begriff der Nachgiebigkeit des Gewindeteiles ( $\Delta g$ ) eingeführt.

Es wurde außerdem vor Augen geführt, daß der baustatische Ermittlung der Zugkraft Z unter den Ausgangswerten für die Berechnung große Bedeutung zukommt. Unter jenen Berechnungsparametern, welchen keine genauen Abmessungen zugrunde liegen, sind die Druckfläche  $F_d$  und der Abstand der Zugangriffspunkte  $l_i$  die wesentlichsten.

Zur Abschätzung der Größen  $F_d$  und  $l_i$  wurden einige Versuche durchgeführt. Dabei konnte fest-

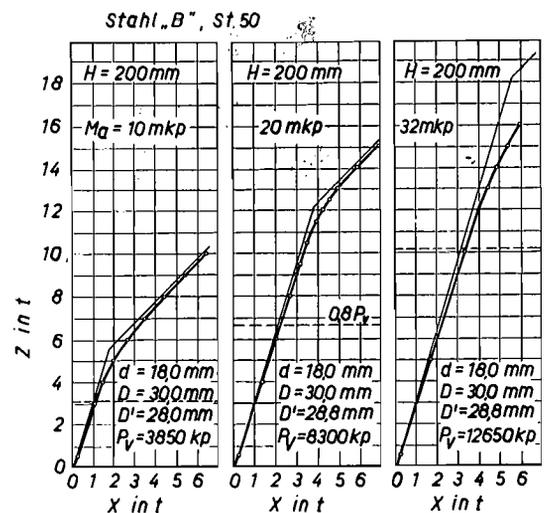


Bild 11

Bild 12

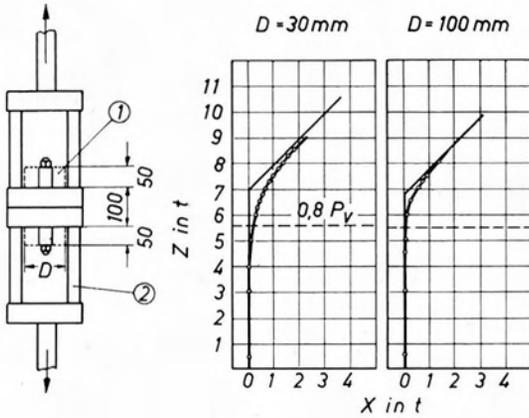
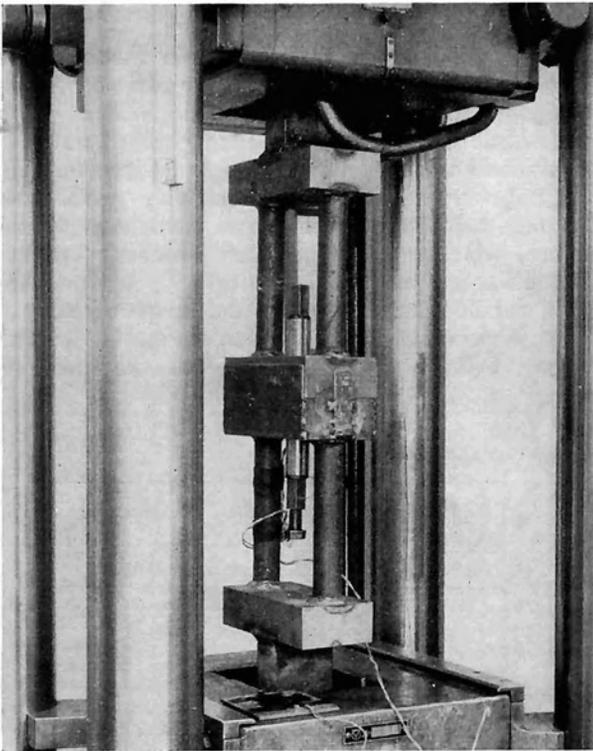


Bild 13



gestellt werden, daß die Annahme des Druckkegels nach Rötischer als zu günstig angesehen werden muß. Tatsächlich findet man Druckkegel mit einem Fußwinkel von 75–80°. Dieses Ergebnis steht im vollen Einklang mit spannungsoptischen Versuchen, die von Hoyer<sup>5)</sup> beschrieben wurden. Bei Lastangriffen in unmittelbar einander gegenüberliegenden Ufern einer Druckfuge – für diesen Fall ist unter anderem die Größe der maßgeblichen Druckfläche gegenstandslos – stimmen die Meßergebnisse sehr gut mit der Theorie überein. Dies gilt jedoch nicht bis zur Grenzzugkraft  $\bar{Z}$ , welche zu einem Öffnen der Druckfuge führt. Es werden bereits vorher, zum Teil bei einer Kraft  $Z=0,8 P_V$  Abweichungen von der Geraden derart festgestellt, daß die Schraubenkraft  $P_s$  größer als die Vorspannkraft  $P_V$  wird.

Diese, der Theorie nicht entsprechende Erscheinung wurde auch bei allen anderen Versuchen mit Lastangriff an der Schraubenmutter beobachtet. Sie bringt gegenüber dem Idealfall eine Vergrößerung der Schraubenkraft, gleichzeitig jedoch eine Verkleinerung der Abnahme der Klemmkraft.

Für die Beurteilung von Bauteilversuchen<sup>3)</sup> sowie für die Bemessung auszuführender HV-Verbindungen, erscheinen die vorgelegten Erkenntnisse wesentlich. Es sind jedoch weitere Versuche notwendig, um verlässliche Grundlagen für die behandelten Größen, wie maßgebende Druckfläche  $F_d$  und rechnerischer Abstand der Kraftangriffspunkte  $l_i$ , zu erhalten und Erklärungen für die gefundenen Abweichungen von der Theorie praktisch zu verwerten.

#### Schrifttum

- (1) F. Rötischer: Die Maschinenelemente, Berlin, Springer, Erster Band, Seite 229–238. 1927.
- (2) K. v. Hanffstengel, Einfluß des Kraftangriffes auf die Beanspruchung vorgespannter Schraubenverbindungen. VDI-Zeitschrift Band 86, Nr. 33/34 vom 22. August 1942, Seite 508.
- (3) O. Steinhardt und K. Möhler: Versuche zur Anwendung vorgespannter Schrauben im Stahlbau. III. Teil. Berichte des Deutschen Ausschusses für Stahlbau. Heft 24, Köln 1962. Seite 25–67.
- (4) Österreichischer Stahlbauverband: Neufassung der Richtlinien für die Verwendung hochfester vorgespannter Schrauben im Stahlbau (Ausgabe Februar 1963). Anhang zur Neufassung der Richtlinien für die Verwendung hochfester vorgespannter Schrauben im Stahlbau (Ausgabe Februar 1963).
- (5) Hoyer: Über gleitfeste Schraubenverbindungen im Stahlbau (Versuchsergebnisse und Bemessungsrichtlinien). Wissenschaftliche Reihe der Hochschule für Bauwesen, Cottbus. Heft 1.

Dipl.-Ing. Hans Weiß

und  
Dipl.-Ing. Felix Wallner

Vereinigte Österreichische Eisen- und Stahlwerke AG  
Linz/Donau

# Herstellung einer Verbundfuge durch Klebung

Von Dr. techn. J. Postl, Graz

Die guten Erfahrungen mit Zweikomponenten-Kunstharzen in weiten Bereichen der Technik geben die Möglichkeit, Kunstharze auch im Verbund zwischen Stahl und Stahlbeton zu verwenden. Voraussetzung ist ein Kunstharz, welches eine Verarbeitung an der Baustelle ohne Vorsichtsmaßnahmen zuläßt und vollkommen wasserunempfindlich ist, sich somit auch zur Verklebung von Ortbeton und Stahl eignet.

Mehrjährige positive Versuche mit den Harzen der Fa. Sinmast gaben die Grundlagen zur Ausführung einer Klebefuge vorerst an einer Verbundbrücke geringer Stützweite. Die Brücke liegt in der Zufahrt zum Fernheizkraftwerk Graz der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-Aktiengesellschaft (Stewag) und überquert einen kleinen Kanal. Wegen der geringen Bauhöhe und der Unmöglichkeit einer Einrüstung mußten die Hauptträger aus Stahl (St 37 T) gewählt werden. Für die 16 cm starke Platte war Beton der Güte B 225 vorgesehen. Die Abmessungen der Brücke sind aus Bild 1 und 2 zu ersehen. Die Verkehrslast entspricht der Brückenklasse I (ONORM 4002, 1. Teil), jedoch mit Ersatz der 14-t-Fahrzeuge durch 25-t-Fahrzeuge und ohne Berücksichtigung der Raupenfahrzeuge. Der Verbund ist nur für Verkehrslasten angesetzt.

Um die Wirksamkeit der Klebung nicht auszuschalten, wurden als Sicherungsverdübelung HV-Schrauben der Güte 10 K verwendet. Es werden also wesentliche Teile der Schubkräfte durch die Klebefuge übertragen und rechnerisch als „gewährleistete Reibung“ in Ansatz gebracht. Für die Größe der übertragbaren Schubkräfte ist die zulässige Schubspannung im Beton maßgebend, da der Harzfilm bedeutend höhere Festigkeiten besitzt.

Die maximalen Spannungen wurden für den Stahl-Hauptträger mit  $\sigma_{st}^o = -0,826 \text{ t/cm}^2$  und  $\sigma_{st}^u = +1,677 \text{ t/cm}^2$  errechnet, für die Stahlbetonplatte aus Verbundwirkung mit  $\sigma_b^o = -52,2 \text{ kg/cm}^2$  und  $\sigma_b^u = -11,85 \text{ kg/cm}^2$ . Die örtlichen Spannungen liegen für die Unterlagsplatten der HV-Schrauben in der Nähe der Fließgrenze und erreichen in der Stahlbetonplatte unter den Schrauben-Unterlagsplatten  $\frac{2}{3}$  der Prismenfestigkeit [1]. Ein Detail der Verbundkonstruktion ist in Bild 3 zu ersehen.

## Herstellung der Klebefuge:

Nach dem Sandstrahlen erfolgte ein Voranstrich der Stahlobergurte in der Werkstätte mit dem unterwassererhärteten Kunstharz „Sinmast UW“. Anschließend wurden die Hauptträger montiert, die HV-Schrauben eingezogen und die Wendeln mit den Schrauben-Unterlagsplatten aufgesetzt.

Drei Wochen nach Aufbringen des Voranstriches wurde die eigentliche Klebefuge mit dem wasserunempfindlichen Kunstharz „Sinmast 2“ in einer Schichtstärke von zirka 0,2 mm hergestellt. Die Ar-

Bild 1: Abmessungen der Brücke

Fig. 1: Measures of the bridge

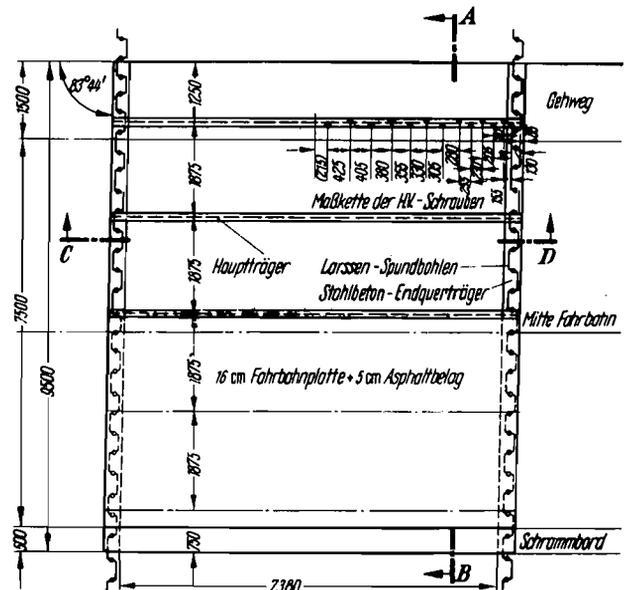
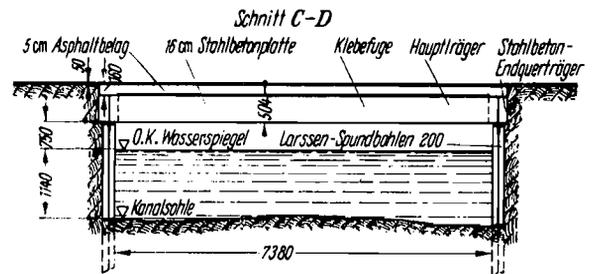


Bild 2: Schnitt A-B

Fig. 2: Cross section A-B

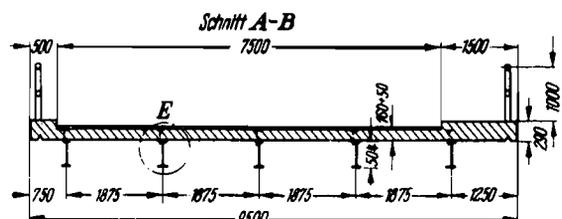
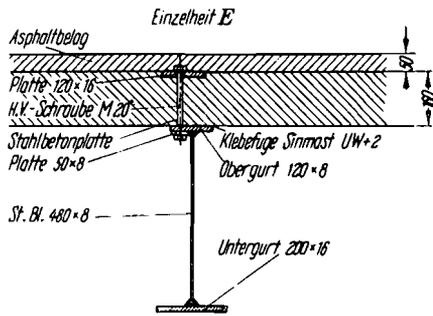


Bild 3: Einzelheit E

Fig. 3: Detail E



beiten waren bei regnerischem Wetter und einer Lufttemperatur von  $+10^{\circ}\text{C}$  durchzuführen, der Kleber mußte also auf die mit Sinmast UW vorbehandelten feuchten Flächen aufgetragen werden.

Etwa eine Stunde nach Aufbringen des Klebanstriches (also noch in klebeaktivem Zustand) wurde die Fahrbahnplatte betoniert. Anschließend waren die HV-Schrauben leicht anzuziehen, um ein saftiges Anliegen der Schrauben-Unterlagsplatten zu erzielen.

Die Klebung konnte beim Entfernen der Schalung nach drei Tagen überprüft werden. Sie war zu diesem Zeitpunkt bereits gut ausgehärtet. Das Vollanspannen der HV-Schrauben erfolgte 8 Tage nach dem Betonieren, wobei die Vorspannung zur Berücksichtigung des Kriechens 10% höher angesetzt war.

Die Brücke ist seit August 1962 in Betrieb und dient zur Überführung von Schwerlastfahrzeugen für den Brennstoff-Antransport des Fernheizkraftwerkes Graz.

Die Bauherrschaft dieser Brücke ist die Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-Aktiengesellschaft (STEWEAG), Graz.

Die Berechnung der Verbundkonstruktion, die Herstellung und Montage des Stahltragwerkes sowie die Herstellung der Klebefuge wurden von der Maschinenfabrik Andritz AG, Graz, durchgeführt.

Die Berechnung der Fahrbahnplatte wurde durch die STEWEAG ausgeführt, die Herstellung der Platte lag in den Händen der Fa. Ast & Co., Graz.

Für die Herstellung der Klebefuge wurden die Zweikomponentenharze „Sinmast UW“ und „Sinmast 2“ des GYL-Labors, Österreichische Firma: Sinmast GmbH, Wien I, verwendet.

#### Literatur:

- [1] K. Sattler: Betrachtungen über die Verwendung hochzugfester Schrauben bei Stahlträger-Verbundkonstruktionen. Herausgeber: Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, 6. Kongreß, Stockholm 1960.
- [2] Dörnen und Meyer: Die Emsbrücke Hemberg in dübellosem Stahlverbund. Stahlbau (1960), H. 7.
- [3] „Sinmast“, ein elastisches Kunstharz für die Bauindustrie. Verfasser und Herausgeber: GYL-Labor, Dr. K. Ney, KG, Waldstadt am Wörthsee, Post Steinebach Obb.
- [4] J. Postl: Klebung bei einer Verbundbrücke. Der Bauingenieur, 37. Jahrg. (1962), H. 10.

Dr. techn. J. Postl  
Maschinenfabrik Andritz AG, Graz

# Ausführung eines Bunkers mit gefalteten Blechen

Von Dr. techn. J. Postl, Graz

In einem österreichischen Betrieb wurde ein Bunker errichtet, dessen Fassungsraum, in vier, nahezu gleich große Zellen aufgeteilt, zirka 2000 m<sup>3</sup> beträgt. Zusätzlich sind einzelne „Taschen“ für die Lagerung von Hilfs- und Nebenprodukten vorgesehen.

Der Querschnitt des Bunkers hat etwa die Form eines Deltoides mit einer größten Breite von 13,7 m und einer größten Höhe von zirka 15 m zwischen Einlauf und Auslauf. Die Länge des vierzelligen Bunkers beträgt 18,1 m. Die oberen Einlässe sind über einen Bedienungssteg zugänglich.

## 1. Örtliche Gegebenheiten

Der Bunker war im Inneren eines bestehenden Stahlbetongebäudes zu errichten. Der nach Beendigung der Montage freie Abstand zwischen den Bunkerabschlußwänden und den Giebelwänden des Gebäudes beträgt zirka 0,50 m, zwischen den Bunkerlängswänden und den Gebäudelängswänden minimal 1,75 m. Der Bunker liegt im Bereich dreier Stockwerke des Gebäudes, es waren also zwei Stahlbetondecken teilweise zu entfernen und der Form des Bunkers anzupassen. Die bestehenden Stahlbetonstützen mußten für die Auflagerung des Bunkers zum Teil durch stählerne Stützen verstärkt werden.

Das Dach des Gebäudes besteht aus einer 5 cm starken Stahlbetonplatte auf Stahlpfetten und Fachwerkbändern. Diese Fachwerkbänder durften mit der Bunkerkonstruktion nicht verbunden werden, in diesen Bereichen waren also doppelte Zellenquerwände vorzusehen.

Ein Entfernen des Daches für den Einbau der Stahlkonstruktionsteile wurde ausgeschlossen, für den Transport der Bunkerelemente in das Gebäudeinnere stand lediglich ein Ausbruch in einer Giebelwand im Ausmaß von 4 x 3 m zur Verfügung.

## 2. Berechnungsgrundlagen

Zellenfüllung: mehlförmiges Produkt; Schüttgewicht 0,5 t/m<sup>3</sup>; Böschungswinkel 40°; Betriebstemperatur bis über 100° C.

„Taschen“-Füllung:

- a) Schüttgewicht 1,0 t/m<sup>3</sup>
- b) Schüttgewicht 1,1 t/m<sup>3</sup>.

Verkehrslast für den Bedienungssteg

am Einlauf:	250 kg/m <sup>2</sup> ;
Auflast durch den Verteil-Redler:	180 kg/m;
Gewicht des Auszieh-Redlers:	230 kg/m.
Material: St 37 T.	

Das Gewicht des Bunkers sollte so gering wie möglich gehalten werden. Der theoretisch erforderlichen Blechstärke war je Abrieblfläche 1 mm an Materialstärke hinzuzufügen.

## 3. Ausbildung des Bunkers

Die Erfordernisse der Montage führten zur Auflösung des Bunkers in ein räumlich biegungssteifes Haupttraggerüst und in die Bunkerwände. Das Haupttraggerüst besteht aus 5 Stützenreihen zu je drei Stützen, welche in Höhe + 10,87 m durch Querriegel untereinander biegungssteif verbunden werden. Die Stützenreihen stehen in den Ebenen der Zellentrennwände bzw. der Abschlußquerwände. Die Querriegel liegen direkt unter den Fachwerkbändern der Dachkonstruktion. Die somit entstehenden dreistielligen Querrahmen sind an ihren äußeren Rahmenecken durch Längsriegel zu einem räumlichen Tragwerk verbunden.

Die Stöße dieses Haupttraggerüsts wurden mit Schrauben der Güte 10 K hochfest verschraubt, um ein sorgfältiges Ausrichten des Gerüsts vor dem Einbau der Bunkerbleche und damit eine klaglose Montage der gegen Schweißverzüge sehr empfindlichen Wandkonstruktionen zu gewährleisten.

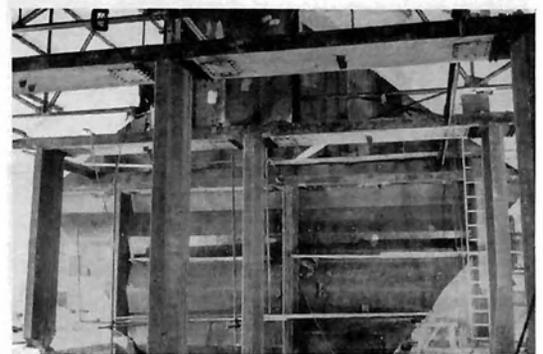


Bild 1: Traggerüst mit einer eingebauten Querwand

Fig. 1: Supporting Framework with one cross wall mounted

Bild 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Traggerüst mit einer bereits eingebauten Querwand.

Stiele und Riegel bestehen aus Hohlkastenprofilen, da Ansammlungen von Lagergut zu vermeiden und geeignete Anschlüsse für die oberhalb der Riegel geteilten Querwände zu schaffen waren.

Die Lagerung der Bunkerstiele erfolgt auf allseits gelenkig ausgebildeten und geschmierten Gleitlagern, um dem Ausdehnungsbestreben des Bunkers infolge der hohen Temperaturen des Füllgutes einen möglichst geringen Widerstand entgegenzusetzen. Die Bewegungsmöglichkeiten der einzelnen Stiele sind durch Knaggen begrenzt.

Die Konstruktion der Längs- und Querwände besteht aus Blechen, welche in ihrer Haupttragrichtung gefaltet sind. Der Pfeil der Faltung beträgt 0,25 m.

Bild 2: Querwand, in das Traggerüst eingeschweißt  
 Fig. 2: Cross wall welded in the supporting framework



Bild 4: Ausschnitt einer Längswand mit Längsträgern und Stützen  
 Fig. 4: Detail of a longitudinal wall with girders and supports

Fig. 4: Detail of a longitudinal wall with girders and supports

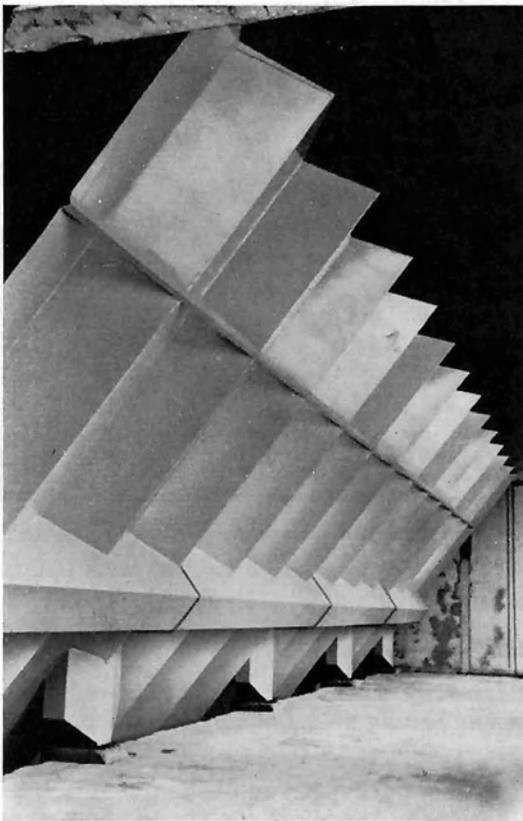
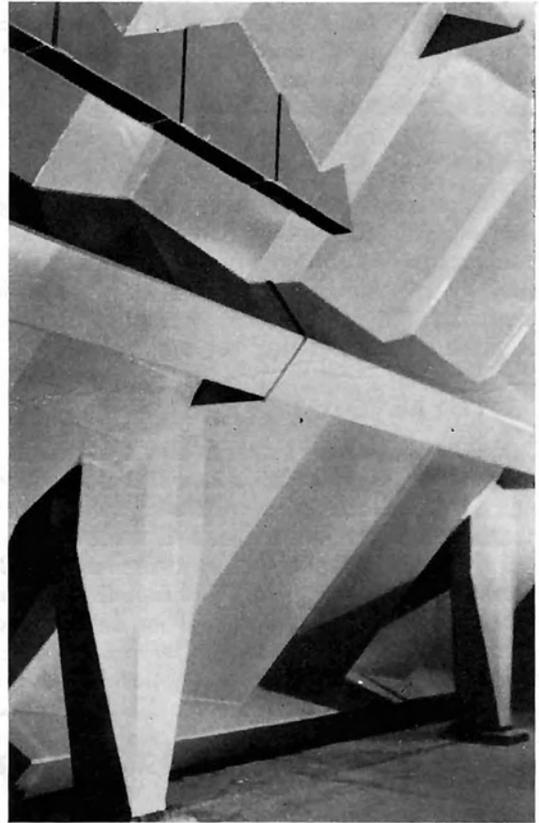


Bild 3: Montage einer Längswand  
 Fig. 3: Erection of a longitudinal wall

Die Blechstärken liegen zwischen 5 und 8 mm, das entspricht theoretischen Blechstärken von 4 bis 6 mm. Die Querwände stützen sich direkt auf die Stützen und Riegel des Haupttraggerüstes und an ihren äußeren Begrenzungen auf die Längswände ab (Bild 2). Die Längswände sind ihrerseits mit den Querwänden kraftschlüssig verbunden und erhalten in den erforderlichen Abständen hohlkastenförmige,

horizontal laufende Längsträger. Sämtliche Anschlüsse, Stöße und Verbindungen der Wandbleche wurden auf der Baustelle dichtgeschweißt. Bild 3 und 4 zeigen Ausschnitte einer Längswand mit Längsträgern, den Durchritten der Stützen und den Auflagern.

Die „Taschen“ werden gegen den übrigen Bunker durch ausgesteifte Flachbleche abgeschlossen.

#### 4. Montage

Die Montage wurde im wesentlichen in den drei Frühjahrsmonaten durchgeführt. Nach dem Aufstellen und Ausrichten des Haupttraggerüstes wurden die einzelnen Querwände und anschließend feldweise die Längswände eingebaut und geschweißt. Zuletzt wurden die unteren Auslässe und der Laufsteg montiert. Entwurf, Herstellung und Montage dieses Bunkers wurden durch die Maschinenfabrik Andritz AG, Graz, ausgeführt.

Dr. techn. J. Postl,  
 Maschinenfabrik Andritz AG, Graz

# Zur vermehrten Verwendung von Blech und Band in Europa\*)

Von René Ménard, Paris, und H. Odenhausen, Düsseldorf

## 1. Strukturwandel in der Stahlverwendung

Kennzeichen unserer modernen dynamischen Wirtschaft sind ihre Zustandsänderungen. Diese werden in wechselseitiger Beziehung durch den technischen und wirtschaftlichen Fortschritt einerseits sowie andererseits durch Wandlungen in den Lebens- und Kaufgewohnheiten der Verbraucher ausgelöst. Auch auf den zahlreichen Gebieten der Stahlverwendung gibt es, wirtschaftlich gesehen, keine statischen Systeme; Motorräder und Dampflokomotiven, gestern noch repräsentativ für die Stahlverwendung im Verkehrswesen, sind heute kaum noch gefragt. Statt dessen ist die Nachfrage nach anderen stahlintensiven Erzeugnissen, wie Kraftwagen und Haushaltgerät, Brücken und Arbeitsmaschinen um Größenordnungen gestiegen. Neue Anwendungsgebiete und neue Erzeugnisse sind hinzugekommen. Diese kurzumrissenen Erscheinungen in der modernen Wirtschaft und insbesondere in der gegenwärtigen Stahlverwendung hatten einen bemerkenswerten Wandel im Stahlangebot zur Folge. So zeigt Bild 1 beispielsweise, daß der relative Anteil an der Feinblecherzeugung, gemessen an der gesamten Walzstahlerzeugung, während der letzten Jahre in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft gestiegen, der relative Anteil der Erzeugung von schweren Profilen dagegen zurückgegangen ist. Diese Darstellung zeigt also eine bemerkenswerte Umschichtung im Walzstahlangebot innerhalb weniger Jahre. Noch deutlicher wird dieser Strukturwandel in der Stahlverwendung, wenn man längere Zeiträume betrachtet. Bild 2 zeigt wiederum relative Anteile der Walzstahlerzeugnisse in den Vereinigten Staaten, und zwar zu Anfang dieses Jahrhunderts und in der Mitte dieses Jahrhunderts. Die Veränderungen sind ganz beträchtlich. Während noch zu Anfang dieses Jahrhunderts die Eisenbahnschiene mit 24 % das typische Stahlerzeugnis war, ist es heute das Blech und Band mit nahezu 45 %. Aus den Bildern 1 und 2 ist zu schließen, daß Blech und Band < 3 mm Dicke Walzstahlerzeugnisse mit expansiver Nachfrage auch für die Zukunft sind.

Frägt man nach den Gründen für die vermehrte Verwendung von Blech und Band, so findet man zwei wesentliche Gesetzmäßigkeiten, eine wirtschaftliche und eine technische:

- die Proportionalität zum steigenden Wohlstand;
- die Abhängigkeit von der Entwicklung des Leichtbaues.

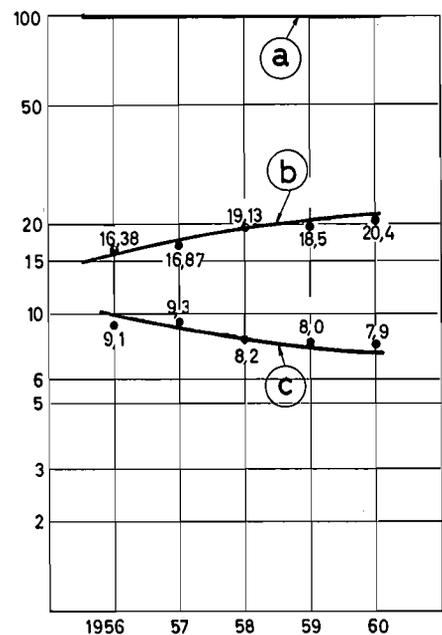
\*) Text des Vortrages, der von H. Odenhausen auf dem XXI. Internationalen Kongreß der Stahlberatungsstellen in Harrgate, England, am 21. Mai 1963 gehalten wurde. (Nachdruck aus „Acier-Stahl-Steel“ 6/63).

Bild 1: Darstellung der relativen Anteile bei der Erzeugung von Feinblechen und Formstahl in der Montanunion während der Jahre 1956 bis 1960

a) Gesamte Walzstahlerzeugung (100 %). – b) Feinblecherzeugung. – c) Erzeugung schwerer Profile.

Fig. 1: Proportion of sheet and heavy sections in the steel productions of the ECSC countries during the years 1956 to 1960

a) Total production of rolled steel (100 %). – b) Production of thin sheets. – c) Production of sections.



### 1.1 Mehrverbrauch von Blech und Band als Folge steigenden Wohlstandes

In den Bildern 3a und b ist für die Länder Frankreich und Deutschland der Versuch gemacht, den Gleichlauf in der Erzeugung von Blech und Band < 3 mm mit dem Bruttosozialprodukt – als statistisch verfügbares Maß für den Wohlstand – zu zeigen. Da es den Verfassern hierbei lediglich auf die Darstellung der Tendenz ankommt, wurden konjunkturelle Schwankungen durch knickfreie Kurvenstücke ausgeglichen.

Mit diesen Bildern ist die Proportionalität zwischen Verwendung und Wohlstand für den Zeitraum von 1956 bis 1961 offensichtlich. Es erhebt sich

Bild 2: Relative Anteile der amerikanischen Walzstahlerzeugung, Mittelwerte für die Jahre 1901 bis 1905 einerseits und 1956 bis 1960 andererseits

Fig. 2: Proportion of rolled steel production in the United States during the periods 1901 to 1905 and 1956 to 1960, respectively

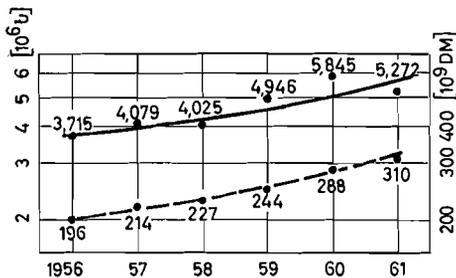
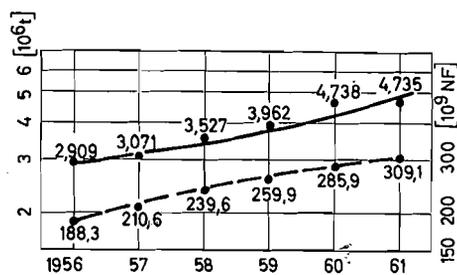
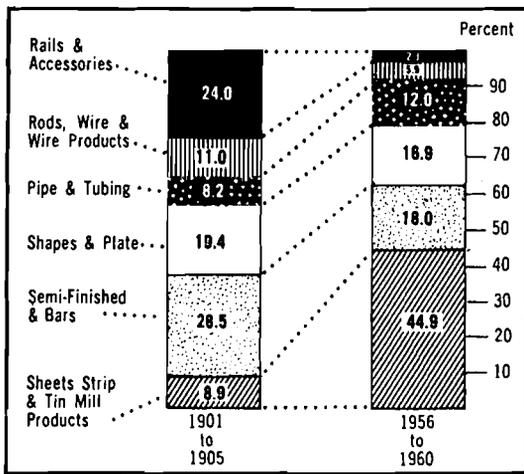


Bild 3: a) Gleichlauf in der Erzeugung von Blech und Band  $< 3\text{ mm}</math> einerseits und dem Bruttosozialprodukt andererseits für die Republik Frankreich während der Jahre 1956 bis 1961$

b) Gleichlauf der Erzeugung von Blech und Band  $< 3\text{ mm}</math> einerseits und dem Bruttosozialprodukt andererseits für die Bundesrepublik Deutschland während der Jahre 1956 bis 1961$

Fig. 3: a) Parallel development in the production of sheet and strip of less than 0,12 in (3mm) thickness, and in the gross national income for France during the years 1956 to 1961

b) Parallel development in the production of sheet and strip of less than 0,12 in (3mm) thickness, and in the gross national income for the German Federal Republic (GFR) during the years 1956 to 1961

nun die Frage, ob sie in der gleichen Form auch für zukünftige Zeiträume gilt. Bei den Überlegungen hierzu – die auf Beobachtung und Schätzung beruhen und die im einzelnen hier nicht nachvollzogen werden sollen – kann man zu dem Schluß kommen, daß – über lange Zeiträume betrachtet – die Verwendung von Blech und Band in Abhängigkeit vom Wohlstand (Bild 4 a) nach ähnlichen Gesetzmäßigkeiten verläuft, wie die Magnetisierungskurve für ferromagnetische Werkstoffe (Bild 4 b). Diese s-förmigen Kurven scheinen, wie sich durch weitere Beispiele nachweisen läßt, für nahezu alle Sättigungsvorgänge typisch zu sein. Ein wesentlicher Unterschied dürfte allerdings darin liegen, daß die Sättigungsgrenze im Magnetisierungsdiagramm nach Bild 4 b waagrecht, in Bild 4 a dagegen ansteigend verläuft. Denn es spricht nichts dafür,

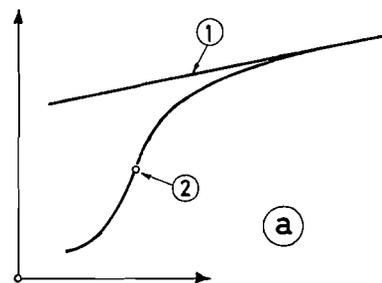


Bild 4 a: Verwendung von Blech und Band in Abhängigkeit vom Wohlstand (schematisch über große Zeiträume betrachtet)

1 Sättigungsgrenze – 2 Wendepunkt

Fig. 4a: Consumption of sheet and strip vs. prosperity (as observed for long periods of time)

1 Saturation limit – 2 Inflection point

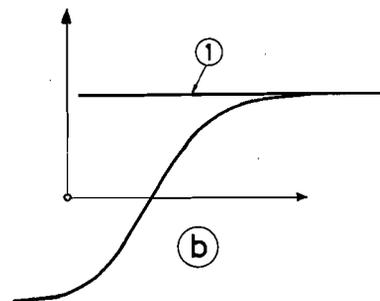


Bild 4 b: Magnetisierungskurve eines ferromagnetischen Werkstoffes (schematisch)

1 Sättigungsgrenze

Fig. 4b: Hysteresis loop of a ferro-magnetic material (simplified)

1 Saturation limit

daß bei der Stahlverwendung die Sättigung eine konstante starre Größe ist; vielmehr ist damit zu rechnen, daß für immer wieder neuartige Stahlfertig-erzeugnisse Nachfrage besteht, wenn bei vorhan- denen bereits eine Sättigung erreicht ist. Beispiels- weise wird sich in der Zukunft – eine ungestörte wirtschaftliche Entwicklung vorausgesetzt – eine Fam- ilie nicht mehr als zwei, höchstens drei Autos hal- ten können, was der Sättigungsgrenze für dieses Fertigerzeugnis entspricht; sie wird aber dann immer noch den Wunsch und die Nachfrage nach anderen Wirtschaftsgütern haben, bei denen Stahl zur An- wendung kommt. Ein weiterer Grund für die An- nahme einer steigenden Sättigungsgrenze ist die in- folge technischer und modischer Einflüsse sich stän- dig verringernde Lebensdauer der Wirtschaftsgüter, kurz gesagt die Tendenz, vom Gebrauchsgut zum Verbrauchsgut zu kommen.

Es ist nun die Frage von Interesse, an welcher Stelle der Kurve in Bild 4a wir uns wohl heute befinden mögen. Die Antwort hierauf ist immer um- stritten. Die Verfasser sind jedoch der Meinung, daß wir uns in Europa etwa im Bereich des Wendepun- kes befinden mögen.

## 1.2 Mehrverbrauch von Blech und Band als Folge des Leichtbaues

Auf nahezu allen Gebieten der Stahlverwendung ist eine technische Entwicklung zu beobachten, die man gemeinhin mit Entstofflichung bezeichnet. Ent- stofflichung bedeutet Abwendung vom Massivbau und Hinwendung zum Leichtbau. Die Entstofflichung war bereits in der Zeit der Gotik ein erklärtes Ziel der Baukunst. In neuerer Zeit sind insbesondere vom Flugzeugbau neue Impulse für die Entstofflichung der Konstruktion ausgegangen, die auch auf vielen anderen Gebieten, wie Fahrzeugbau, Bauwesen, Apparatebau und Maschinenbau Eingang gefunden haben. Für diese Entstofflichung gibt es zahlreiche Erklärungen und Deutungen sowie technische, wirt- schaftliche und auch architektonische Begründungen. Die Verfasser sehen jedoch die eigentliche Ursache der Entstofflichung darin, daß der menschliche Geist das Bestreben hat, die Materie zu überwinden.

Der Leichtbau als universelles zeitgenössisches Konstruktionsprinzip bedient sich in zunehmendem Maße dünnwandiger Elemente. Für das Sonderge- biet des Stahlleichtbaues bedeutet das: vermehrte Verwendung von Blech und Band an Stelle anderer Walzstahlerzeugnisse.

Bild 5 zeigt schematisch die gegenseitige Abhän- gigkeit von Wanddicke, Oberfläche und Leichtbau- grad. Punkt 1 entspricht dem herkömmlichen Massiv- bau, Punkt 2 dem fortschrittlichen Leichtbau.

Im Gegensatz zum Massivbau ist die Stahlver- wendung beim Leichtbau dadurch gekennzeichnet, daß hierbei der Aufwand an Weiterverarbeitung wesentlich größer ist. Das heißt, Blech und Band sind im Leichtbau nur als Ausgangsprodukt zu betrachten und müssen im allgemeinen noch einer umfangrei- chen konstruktiven Gestaltung und noch zahlreichen

Bild 5: Gegenseitige Abhängigkeit zwischen Wanddicke, Oberfläche und Leichtbaugrad (schematisch). Punkt 1: Massivbau, Punkt 2: Leichtbau  
a) Oberfläche – b) Leichtbaugrad – c) Wanddicke

Fig. 5: Interdependence of wall thickness, surface area and lightweight construction degree  
Point 1: heavy construction, point 2: lightweight construction  
a) Area – b) Degree of lightweight construction – c) Wall thickness

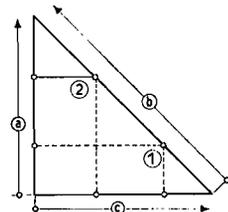
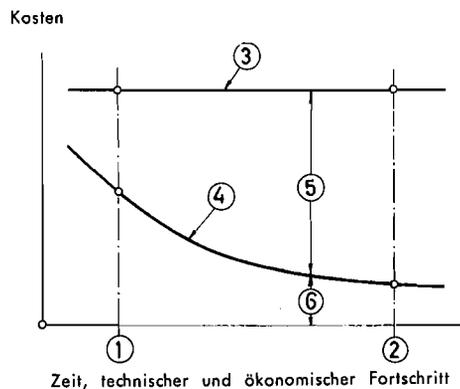


Bild 6: Mit zunehmendem technischen und wirtschaftlichen Fortschritt verringert sich der Materialkostenanteil eines Stahlfertig-erzeugnisses relativ zugunsten des Verarbei- tungsaufwandes (schematisch)

1 Massivbau – 2 Leichtbau – 3 Gesamtkosten eines Stahl- erzeugnisses = 100% – 4 Kostenanteil des Walzstahls – 5 Verarbeitungsaufwand – 6 Materialaufwand

Fig. 6: Technical and economical progress reduce the material cost, yet increase the manufacturing cost of a steel product

1 Mass construction – 2 Lightweight construction – 3 Total production cost of steel finished products: 100% – 4 Manufacture cost of rolled steel – Transformation cost – 6 Materials cost



Stufen der Weiterverarbeitung unterworfen werden. In Bild 6 ist der Versuch gemacht, diese Gesetzmä- ßigkeit anschaulich darzustellen. Die Gesamtkosten von typischen Stahlfertig-erzeugnissen sind gleich 100% gesetzt, so daß sie in Abhängigkeit von der Zeit, vom technischen und wirtschaftlichen Fortschritt – und was nahezu identisch ist, vom Leichtbaugrad – eine waagrechte Linie in der Abbildung ergeben. Dementsprechend verringert sich der Materialauf- wand relativ zugunsten des Verarbeitungsaufwan- des. Auch in dieser Abbildung kennzeichnet wieder Punkt 1 den Massivbau und Punkt 2 den Leichtbau.

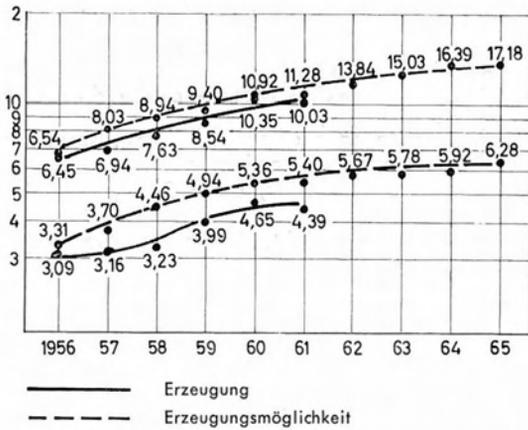


Bild 7: Erzeugung und Erzeugungsmöglichkeit für a) Blech < 3 mm und b) Warmband und Röhrenstreifen für die Europäische Gemeinschaft ab 1956  
 Obere Kurven: Blech < 3 mm  
 Untere Kurven: Warmband und Röhrenstreifen

Fig. 7: Production and production capacities of sheet of less than 0,12 inches (3 mm) thickness, hot rolled strip and tube in the ECSC countries  
 Upper curves: Sheet of less than 0,12 in (3 mm) thickness  
 Lower curves: Hot rolled strips and tubes



Bild 8: Verlegung von kunststoffbeschichtetem Wellblech als Dachhaut für die Pultdächer von dreigeschossigen Wohnhäusern. Die einzelnen Tafeln werden mit Kitt- raupen gegen das Eindringen von Wind, Wasser und Schnee abgedichtet

Fig 8: Plastic-coated corrugated sheet used as roofing material of low pitched roofs of three-story flats. Sealing against wind, water and snow is achieved with putty



Bild 9: Eindecken von Wohnbauten mit verzinkten Stahldachpfannen

Fig. 9: Placing steel tiles for a dwelling house roof

## 2. Absatzmöglichkeiten und Erzeugungsmöglichkeiten

Die vermehrte Verwendung von Blech und Band hat in der Nachkriegszeit in nahezu allen Stahlindustrien der Welt zu einer lebhaften Investitionstätigkeit für Produktionsanlagen dieser Walzerzeugnisse geführt. Dabei wurden zahlreiche verfahrenstechnische Neuerungen, die vorwiegend in der Mechanisierung und Steuerung des Walzvorganges sowie in der Qualitätsüberwachung der Erzeugnisse liegen, mit großem Erfolg angewandt. Es handelt sich hier also nicht allein um eine umfangreiche Kapazitätsausweitung, sondern zugleich um eine umfassende technologische Modernisierung. Bei Erzeugnissen mit expandierender Verwendung, wie es Blech und Band sind, ist es grundsätzlich unmöglich, Erzeugungskapazität und Absatzmenge jederzeit und in allen Phasen der Expansion genau im Gleichgewicht zu halten und dabei unter Umständen auch noch konjunkturelle Schwankungen zu berücksichtigen. Eine derartige Abstimmung ist um so schwieriger, je größer diese Produktionsanlagen sind und je länger der Zeitraum zwischen Investitionsbeschluß und Produktionsbeginn ist.

Was nun die modernen Bandstraßen betrifft, so ist hier in einigen Jahren für absehbare Zeit mit einem Kapazitätsüberhang zu rechnen, in den der Bedarf hineinwachsen muß. Das gilt nicht nur für die Länder der Gemeinschaft, wie es Bild 7 zeigt, sondern auch für einige andere Stahlindustrien in der Welt. Es ist aber nicht so, daß man sich – wenn auch nur zeitweilig – mit einer unvollständigen Kapazitätsausnutzung abfinden müßte. Vielmehr sollten die betreffenden Werke und Industrien ihre Anstrengungen darauf richten, eine intensive Markt- und Produktentwicklung zu betreiben. Besonders in Kapitel 4 dieser Veröffentlichung ist der Versuch gemacht, am Beispiel des Baumarkts zu zeigen, daß hier noch große Absatzchancen vorhanden sind, die nutzbar gemacht werden können.

## 3. Bisherige Fortschritte in der Verwendung von Blech und Band

Die Anwendungstechnik von Blech und Band hat in neuerer Zeit erhebliche Fortschritte gemacht. Voraussetzungen hierfür bieten in erster Linie die technologischen Eigenschaften des Stahlblechs, insbesondere Verformbarkeit und Schweißbarkeit. Aber auch der Umstand, daß sich die Fertigungstechnik, die auf diesen Eigenschaften beruht, mechanisieren und automatisieren läßt, ist für die industrielle Produktion von Stahlblecherzeugnissen sehr von Vorteil gewesen. Schließlich hat auch die konstruktive Weiterentwicklung, also die Kunst des Konstrukteurs, zu den Fortschritten in der Anwendungstechnik von Blech und Band beigetragen. Nachfolgend soll an Hand einiger ausgewählter Beispiele ein kurzer Überblick des derzeitigen Standes der Anwendungstechnik für Blech und Band gegeben werden.

### 3.1 Großflächige Bauteile

Bei der Auflösung eines Konstruktionssystems in lastübertragende stabförmige Bauglieder einerseits und raumabschließende Elemente andererseits, kommen großflächige Wand-, Decken- und Dachbauteile, die aus Stahlblech hergestellt sind, zur Verwendung. Das am längsten bekannte Bauteil dieser Art ist das Wellblech. Das Wellblech findet auch heute noch, mit Verzinkung und Anstrich oder mit Verzinkung und Kunststoffplattierung versehen, Anwendung als Wand- und Dachhaut. Die Bilder 8 und 13 zeigen die Verlegung solcher verzinkter und kunststoffplattierter Wellbleche auf den Pultdächern von dreigeschossigen Wohngebäuden. Ein weiteres Beispiel sind die großformatigen Pfannenbleche, die durch regelmäßige sickenförmige Rippen verstärkt sind. Bild 9 zeigt das Verlegen dieser verzinkten Pfannenbleche auf dem Dach eines Wohnhauses.

Für größere Flächenbelastungen sind großflächige Bauteile aus Stahlblech entwickelt worden, die für Dächer mit großen Spannweiten und für Geschosdecken Verwendung finden. Gegenüber Wellblech und Pfannenblech zeichnen sie sich durch größere Profilhöhen und kleinere Biegeradien ihrer Querschnitte aus.

Die Bilder 10, 11 und 14 zeigen Beispiele verschiedener Bauarten von Stahlzellendecken. Die Vorteile dieser Bauarten sind verhältnismäßig geringes Gewicht, sofortige Begehbarkeit nach der Montage sowie Nutzbarmachung der Hohlräume für Versorgungsleitungen und Verdrahtung.

Bild 14 zeigt als weiteres Beispiel ein großflächiges Bauteil aus kunststoffplattiertem Stahlblech, das vorwiegend für Dächer verwendet wird. Es zeichnet sich einerseits durch geringes Gewicht, andererseits durch große Tragfähigkeit aus und bildet eine wasserdichte Dachfläche. Die erforderliche Tragfähigkeit dieses dünnwandigen Bauteiles wird dadurch erreicht, daß zwischen den als Hauptträger wirkenden abgekanteten Randteilen noch Querrippen zur Versteifung der ebenen Flächen vorhanden sind.

Bild 15 zeigt eine ähnliche Konstruktion wie Bild 12, wobei die einzelnen Elemente aus verzinktem Stahlblech bestehen.

### 3.2 Kaltprofile

Kaltprofile sind kaltgeformte stabförmige Stahlleichtprofile, die aus Blech oder Band hergestellt werden. Bild 16 zeigt eine Reihe von Querschnitts-

Bild 13: Verlegung von kunststoffbeschichtetem Wellblech als Dachhaut für die Pultdächer von dreigeschossigen Wohnhäusern. Die einzelnen Tafeln werden mit Kitt-rauben gegen das Eindringen von Wind, Wasser und Schnee abgedichtet

Fig. 13: Low pitched roofs consisting of plastic-coated corrugated sheet

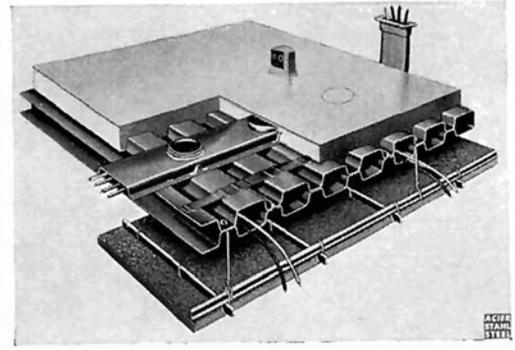


Bild 10: Schnittmodell einer Stahlzellendecke

Fig. 10: Cut-away view of cellular steel floor



Bild 11: Verlegung einer Stahlzellendecke in einem Stahlskelettbau

Fig. 11: Placing cellular steel floor in a steel frame building

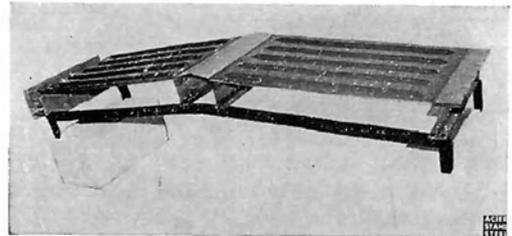


Bild 12: Dachkonstruktion, bestehend aus profilierten kunststoffbeschichteten Stahlblechelementen

Fig. 12: Roof consisting of plastic-coated sheet steel elements with stiffening ribs



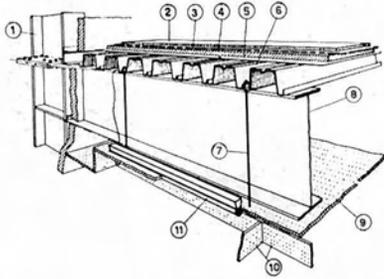


Bild 14: Stahlzellendecke für ein Bürogebäude  
 1 Stütze – 2 Fußbodenbelag, z. B. Teppich; 25 mm Estrich  
 – 3 Kokosfasermatte – 4 65-mm-Beton-Fertigplatten –  
 5 Bitumenfilzplatte – 6 Stahlzellen – 7 Aufhängung für  
 Unterdecke – 8 Deckenträger – 9 Horizontale Unterdecke  
 für Schallschluck und Luftverteilung – 10 Schürzen der  
 Unterdecke für Schallschluck und Blendbeseitigung –  
 11 Leuchtstofflampe

Fig. 14: Cellular steel floor in an office building  
 1 Stanchion – 2 Floor finish, 1" (25 mm) thick – 3 Coco  
 matting – 4 2½" (65 mm) precast concrete planks – 5  
 Tared building paper – 6 Cellular steel floor – 7 Ceiling  
 hanger – 8 Joists – 9 Ceiling – 10 Insulating slats  
 (sound and light) – 11 Lighting tubes

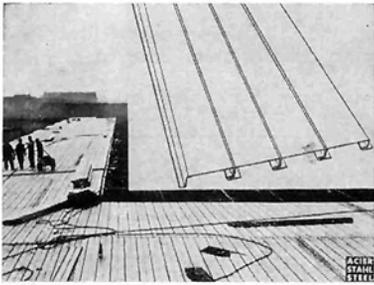


Bild 15: Dachkonstruktion, bestehend aus verzinkten  
 Stahlblechelementen

Fig. 15: Roof, consisting of galvanized sheet steel ele-  
 ments

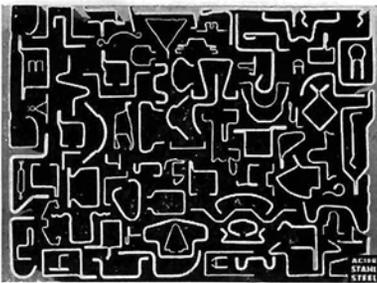


Bild 16: Kaltprofile in den verschiedensten Formen und  
 Abmessungen

Fig. 16: Cold-formed sections of various shapes and  
 dimensions

formen solcher Kaltprofile. Ihr Merkmal ist es, daß sie in allen Querschnittsteilen eine nahezu gleichbleibende Wanddicke besitzen. Kaltprofile sind typische Bauelemente für den Leichtbau. Sie erlauben große Gestaltfestigkeit und Steifigkeit der Konstruktion bei geringem Gewicht. Auf diesen Eigenschaften beruht die Wirtschaftlichkeit ihrer Verwendung. Sie dienen stets zur Aufnahme von Kräften sowohl von Längskräften als Druckstäbe oder Stützen wie auch von Querkraften als Biegeträger. Sehr gebräuchlich sind C-, Z-, Winkel und Hutprofile, besonders jedoch C-Profile in paarweiser Anordnung, wobei im allgemeinen die Stege fest verbunden sind. C-Profile in paarweiser Anordnung sind sowohl für Stützen als auch für Biegeträger außerordentlich günstig.

Neben den klassischen Berechnungsverfahren auf Zug, Druck und Biegung müssen die Kaltprofile auf mehrere Instabilitätserscheinungen untersucht werden. In Bild 18 sind die am häufigsten vorkommenden Instabilitätsfälle von ein- und zweistegigen Kaltprofilen dargestellt. In Abschnitt 4.1 dieser Veröffentlichung wird noch näher auf die Berechnungsgrundlagen und -vorschriften solcher Kaltprofile eingegangen. An dieser Stelle soll hierüber jedoch nur soviel gesagt werden, daß die wirtschaftliche Verwendung von Kaltprofilen eine Frage von geeigneten und für die Praxis brauchbaren Berechnungsgrundlagen ist.

Die Kaltprofile werden normalerweise als offene Profile verwendet. Offene Profile eignen sich jedoch für Torsionsbeanspruchungen nur dann, wenn es sich um sogenannte weiche Konstruktionen handelt wie beispielsweise bei Ackerwagen und anderen landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Sind jedoch von Kaltprofilen außer Längs- und Querkraften auch Torsionskräfte ohne nennenswerte Formänderungen zu übertragen, so sind dazu die offenen Profile wenig geeignet, da in diesem Falle ein geschlossener Profilumfang mit nicht unterbrochenem Schubfluß verlangt werden muß. In solchen Fällen werden C- oder Z-Profile mit den offenen Seiten gegeneinander verschweißt oder Hutprofile durch ein aufgeschweißtes Blech geschlossen.

Die Vorteile der Kaltprofile liegen jedoch nicht allein in ihrer Brauchbarkeit für den Leichtbau, sie sind darüber hinaus häufig auch konstruktiver Art. Als einziges Beispiel hierfür sei die Nagelbarkeit erwähnt. Bild 19 zeigt eine Reihe von nagelbaren Deckenträgern, die aus Kaltprofilen bestehen.

### 3.3 Selbstbauprofile

In den letzten Jahren haben sich die sogenannten Selbstbauprofile nach Bild 17 eingeführt. Das sind kaltgeformte ungleichschenklige Winkelprofile, gelegentlich auch C-Profile, die auf beiden Schenkeln in einem regelmäßigen System gelocht sind. Sie finden vorwiegend für die Erstellung von Lager- und Betriebseinrichtungen sowie auch für leichte Stahlkonstruktionen Verwendung. Zur Verbindung werden Schrauben benutzt.

Der Vorteil dieser Selbstbauprofile liegt darin, daß ungelernete Arbeitskräfte mit Hilfe normaler Schrau-

benschlüssel und leichter, transportabler Handhebelscheren nach Bild 21 innerhalb kürzester Zeit improvisierte Konstruktionen erstellen können. Mit den Selbstbauprofilen kann wie mit den Teilen eines Metall-Baukastens gearbeitet werden. Entsprechender Zubehör wie Regalböden, Scharniere, Knotenbleche, Gitterroste, Rollen, Laufräder und anderes erweitern die Anwendungsmöglichkeiten der Selbstbauprofile.

Die Bilder 20 bis 23 zeigen typische Verwendungen von Selbstbauprofilen, Bild 22 Ständerkonstruktionen für Tischwerkzeugmaschinen, Prüfgeräte und Vorrichtungen, die Abbildungen 20 und 23 Stützenfuß und Knotenpunkt einer leichten Baukonstruktion.

### 3.4 Räumliche Tragwerke

Ein für den Leichtbau typisches System ist das Räumliche Tragwerk. Ein Räumliches Tragwerk entsteht bei Auflösung eines festen Baukörpers in ein dreidimensionales Netzwerk von Zug- und Druckstäben oder ein dreidimensionales Faltnetzwerk von Flächenelementen. Ausgezeichnete Vorbilder für Räumliche Tragwerke findet man in der Natur, beispielsweise wie die Bilder 24 a und 24 b zeigen, im Kieselgur-Gerüst der Radiolarien, in dem zahlreiche Varianten zu finden sind, von Tetraedern oder Pyramiden im Raumverband bis zu hexagonal oder aus Dreiecken aufgebauten Kugelstrukturen. Auch die Binsen-Zellen nach Bild 24 c bieten ein hervorragendes Beispiel für ein räumliches Konstruktionssystem.

In neuerer Zeit werden Räumliche Tragwerke besonders aus architektonischen Gründen verwendet. Dabei hat man auf der Suche nach neuen Ausdrucksformen eine Vielzahl neuer Lösungen gefunden, die die Fülle der Möglichkeiten zeigen, nach denen man Räumliche Tragwerke gestalten kann. Es gibt ebene Platten, räumlich einfach oder mehrfach gekrümmte Flächen, zylindrische Formen oder kuppelförmige Konstruktionen. Gemeinsames Kennzeichen dieser Tragwerke sind die zahlreichen aber gleichartigen Bauteile. Dieser Umstand kommt einer wirtschaftlichen Serienfertigung sehr entgegen.

Als Bauelement für Räumliche Tragwerke wird vorzugsweise das Rohr verwendet. Aber neben dem Rohr benutzt man mehr und mehr stabförmige Kaltprofile sowie auch Flächenelemente aus Blech.

Die Bilder 25, 27, 28 und 30 zeigen ausgeführte Räumliche Tragwerke mit stabförmigen Konstruktionselementen. Die Bilder 34 und 35 sind Entwürfe für Räumliche Tragwerke mit Flächenelementen. Die Bauwerke in den Abbildungen 27, 30 und 34 haben Rechteck-Grundriß, in den Bildern 25 und 35 Kreis-Grundriß. All diese Leichtkonstruktionen sind neuzeitliche Beispiele für die Verwendung von Blech und Band.

### 3.5 Schalenkonstruktionen

Im Gegensatz zum Räumlichen Tragwerk wirkt bei der Schale weder ein Netzwerk von Stabelementen noch ein Faltnetzwerk von Flächenelementen, sondern eine räumlich gekrümmte Außenhaut. Auch

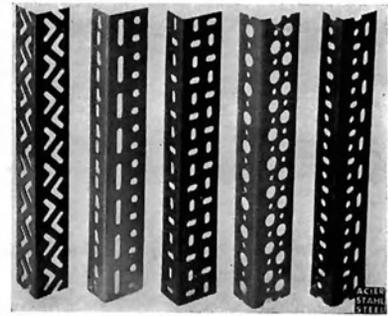


Bild 17: Selbstbauprofile. Ungleichförmige Winkel in 5 verschiedenen Lochsystemen

Fig. 17: Slotted angles with unequal legs, 5 slot patterns

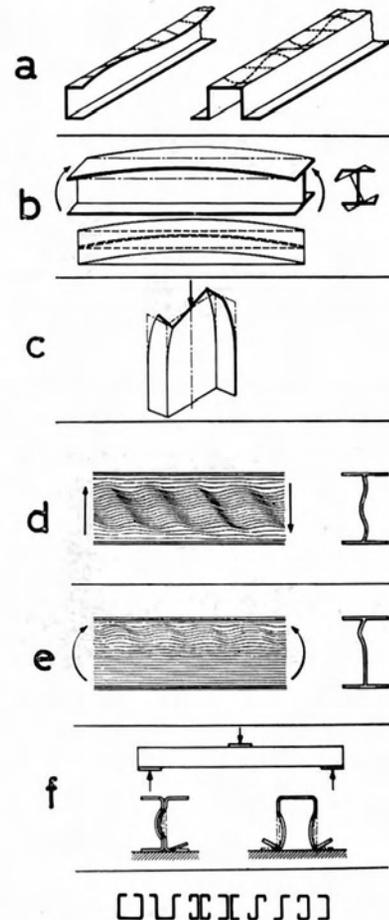


Bild 18: Instabilitätsfälle von ein- und zweistegigen Kaltprofilen. a) Örtliches Beulen in Druckflanschen unter Druck- oder Biegedruckkraft – b) Seitliches Kippen von Biegeträgern – c) Drillknicken unter Druckkraft – d) Diagonalbeulen in Stegen und Schubkraft – e) Längsbeulen in Stegen unter Biegedruckkraft – f) Querbeulen in Stegen unter Punktlast, auch Krüppeln genannt

Fig. 18: Cases of instability in cold-formed sections with one and two webs

a) Lateral buckling of compressed flanges under compression and bending stresses – b) Lateral buckling of beams under bending torsion buckling under compression – c) Instability of webs – d) Diagonal buckling of the webs under shearing stresses – e) Longitudinal buckling of the webs under compression and bending – f) Transverse buckling of the webs subjected to a concentrated load

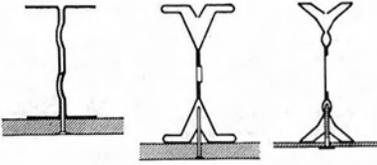


Bild 19: Querschnitte nagelbarer Deckenträger, die aus Kaltprofilen hergestellt sind

Fig. 19: Cross-sections of nailable girders for the support of ceilings consisting of cold-formed sections

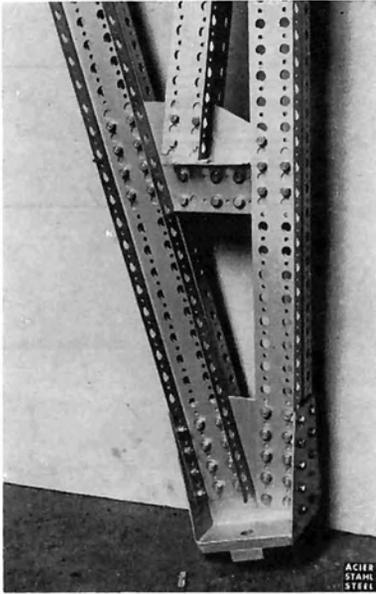


Bild 20: Fuß einer Stütze aus Selbstbauprofilen

Fig. 20: Stanchion made of slotted angles

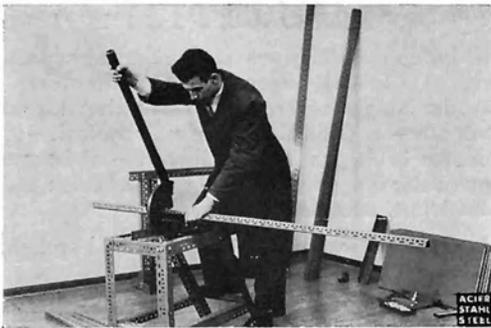


Bild 21: Ablängen von Selbstbauprofilen mit Hilfe einer einfachen transportablen Handheberschere

Fig. 21: Cutting down slotted angles by means of simple transportable hand shears

hierfür finden sich wieder in der belebten Natur ausgezeichnete Vorbilder: Eierschale, Muschel, Schildkrötenpanzer, Walnußschale und andere.

Im Flugzeugbau und im Fahrzeugbau ist die Schalenkonstruktion schon seit langer Zeit erfolgreich angewandt worden. Es liegt daher nahe, sie auch auf anderen Gebieten der Leichtbauweise, insbesondere im Bauwesen, zu verwenden. Die in letzter Zeit häufig gebauten Kugelbehälter für Gase und Flüssigkeiten sind Beispiele für die Schalenkonstruktion mit großen Abmessungen. Gebräuchliche Kugeldurchmesser liegen zwischen 10 und 50 m; die Blechdicken sind entsprechend den Betriebsdrücken 10 bis 30 mm.

Für Blech und Band  $< 3$  mm kommen Schalenkonstruktionen wesentlich geringerer Abmessungen in Betracht, wovon die Bilder 29 und 31 einige neuartige Anwendungen zeigen. Bild 29 sind Schalungselemente aus Stahlblech für eine Kassettendecke. Bild 31 zeigt Schalenelemente aus nicht rostendem Stahlblech für die Außenwand eines Ausstellungsbauwerkes.

### 3.6 Oberflächenschutz

Je dünnwandiger die Bauelemente einer Leichtkonstruktion sind, um so größere Bedeutung gewinnt der Oberflächenschutz, denn die dünnwandigen Bauteile besitzen keinerlei Reserve gegenüber Korrosionsschäden. Aus diesem Grunde muß jede Korrosion unbedingt vermieden werden. Es sei nochmals an Bild 5 erinnert, das die Gesetzmäßigkeit zwischen Leichtbaugrad, Oberfläche und Wanddicke schematisch darstellt.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten eines hinreichenden Oberflächenschutzes. Diese richten sich in erster Linie nach Lebensdauer und Verwendungszweck der Bauteile. In jedem Fall beginnt der Korrosionsschutz schon auf dem Reißbrett des Konstrukteurs.

Bei starker Korrosionsgefährdung hat sich besonders die Feuerverzinkung mit nachfolgendem Anstrich als zweckmäßig und wirtschaftlich erwiesen. Die Emaillierung kommt für Bauteile in Betracht, die keiner nennenswerten Kräfteinwirkung ausgesetzt sind und von denen eine lange Lebensdauer erwartet wird, beispielsweise für Panels von Mantelwänden und Fassadenverblendungen oder für Dachelemente. Bild 33 zeigt als Beispiel eine fensterlose Gebäudewand, die mit farbig emaillierten Stahlblechen gestaltet ist. Bild 36 zeigt emaillierte Stahldachpfannen im Format  $31 \times 25$  cm.

Die Notwendigkeit eines hinreichenden Oberflächenschutzes beim Leichtbau hat dazu geführt, daß dünnwandiges Blech und Band bereits von vornherein mit einem Oberflächenschutz versehen auf den Markt kommt. Es handelt sich in erster Linie um die Bandverzinkung und die Kunststoffbeschichtung von Kaltband. In beiden Fällen geht man von der Überlegung aus, daß es vielfach wirtschaftlicher ist, das Ausgangsmaterial mit einem Korrosionsschutz zu versehen als das ganze, unter Umständen sperrige, Werkstück oder Bauteil nach der Fertigstellung. Es kommt hinzu, daß sich der Oberflächenschutz des

Bild 22: Untergestelle aus Selbstbauprofilen für Prüfgeräte, Tischwerkzeugmaschinen und Vorrichtungen

Fig. 22: Benches made of slotted angles and used for testing apparatus, table machine tools, jigs and fixtures

Bandstahles unmittelbar im Anschluß an den Walzvorgang automatisieren läßt. Für den Konstrukteur ist es wichtig, zu wissen, daß beide Arten der Oberflächenveredelung eine Weiterverarbeitung nach den meisten der auch sonst üblichen Verfahren gestatten. Bei der Kunststoffbeschichtung hat man die Wahl verschiedener Schichtdicken, Farben, Oberflächenstruktur sowie des Untergrundes. Für die Verformungsfähigkeit des oberflächenveredelten Bleches ist allein die Festigkeit des Stahles maßgebend.

Bild 37 zeigt als Beispiel drei Teile aus dem Gebiet der Lüftungstechnik, die aus bandverzinktem Stahlblech angefertigt sind. Bild 32 zeigt ein Wellblech von 12 m Länge, ebenfalls aus bandverzinktem Stahlblech hergestellt. Die Bilder 38, 39 und 41 sind Anwendungsbeispiele für kunststoffbeschichtetes Stahlblech. Bild 46 zeigt ein Stahlfertighaus, dessen sämtliche Bauteile aus kunststoffbeschichtetem Stahlblech bestehen.

Für das kunststoffbeschichtete Stahlblech sind spezifische Fügeverfahren entwickelt worden. Bild 43 zeigt Schraub- und Nietverbindungen, Bild 42 Falz- und Klemmverbindungen, Bild 44 Klebeverbindungen und Bild 45 Schweißverbindungen von kunststoffbeschichtetem Stahlblech. Schließlich zeigt Bild 47 Tiefziehteile aus kunststoffbeschichtetem Stahlblech, die sowohl Haftfähigkeit als auch Formänderungsfähigkeit der Kunststoffbeschichtung unter Beweis stellen.

### 3.7 Verbindungsmittel

Bei dünnwandigen Bauteilen ist das Schweißen gebräuchlichstes Fügeverfahren, und zwar insbesondere das Punktschweißen nach Bild 45 f und 45 g und das Buckelschweißen nach Bild 45 h. Diese elektrischen Widerstandsschweißverfahren besitzen beträchtliche fertigungstechnische Vorteile. Aus diesem Grunde ist man sehr darum bemüht, das Anwendungsgebiet des Punktschweißens auch auf die Verbindung dicker Wandungen auszuweiten. Das hat bekanntlich im herkömmlichen Stahlbau mit gewalzten Profilen schon zu ermutigenden Anfangserfolgen geführt.

Weitere gebräuchliche Verbindungsmittel für dünnwandige Bauteile sind Schrauben und Nieten.

Bild 25: Räumliches Tragwerk einer Kuppelkonstruktion. Die Bauelemente sind Leichtgitterträger aus Stahlblech. Versammlungsgebäude in Little Rock, Ark., USA

Fig. 25: Dome type space structure for a convention building in Little Rock, Ark., USA. Construction elements are light lattice girders

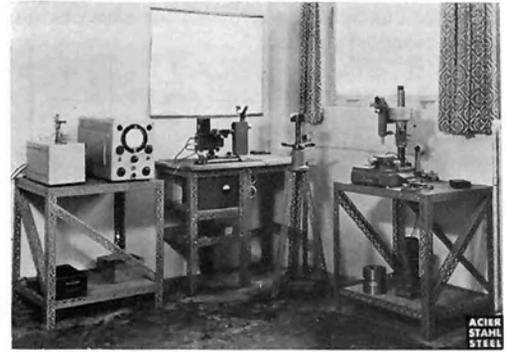


Bild 23: Knotenpunkt eines Portalrahmens aus Selbstbauprofilen

Fig. 23: Knot point of a portal frame made of slotted angles

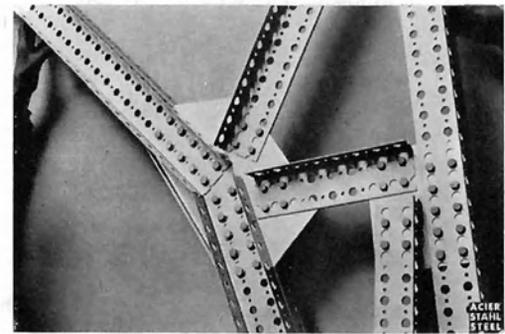


Bild 24: Vorbilder für stabförmige räumliche Tragwerke in der Natur

a) Radiolarien-Skelett mit hexagonalen Zellen – b) Radiolarien-Skelett mit dreieckigen Zellen – c) Binsen-Zellen in sternartigem Verband

Fig. 24: Prototypes of Nature's own space structures  
a) Diatomite skeleton of infusoria with hexagonal cell structure – b) Diatomite skeleton of infusoria with hexagonal cell structure – b) With triangular cell structure – c) Rush cell network with star pattern

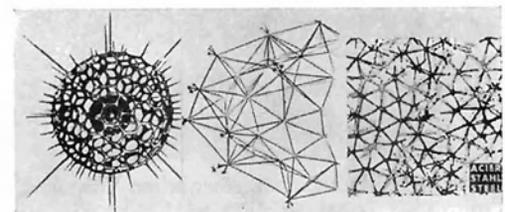


Bild 26: Regal aus Selbstbauprofilen für eine achtgeschos-  
sige offene Hängeregistratur

Fig. 26: Shelves made of slotted angles for an 8-storey  
filing cabinet

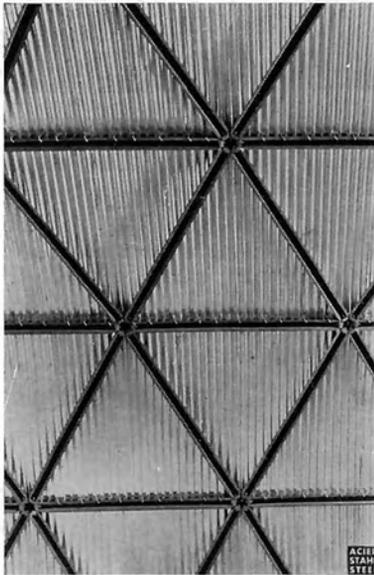
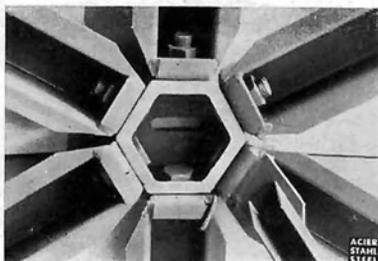


Bild 27: Ausschnitt aus dem räumlichen Tragwerk einer  
Bogenhalle. Als Bauelemente sind Kaltprofile mit Hut-  
querschnitt gewählt worden

Fig. 27: Basic framework of a space structure in a vault  
type shed



### 3.7.1 Blechschrauben

Als eine Schraube besonderer Art ist in den letzten Jahren die Blechschraube entwickelt worden. Von den herkömmlichen Schrauben unterscheidet sie sich besonders durch Form und Gewinde. Beides ist in Europa und Amerika einheitlich (amerikanische Norm: ASA B 18.6 – 1947; deutsche Norm: DIN 7970 – 1956; entsprechende französische und britische Normen sind in Vorbereitung). Es gibt inzwischen verschiedene Arten von Blechverschraubungen, von denen nachfolgend einige interessante Ausführungen erwähnt werden sollen:

#### 3.7.1.1 Einsatzgehärtete Schrauben ohne Muttern, die das Gegengewinde selbst formen

Bild 40 zeigt drei Möglichkeiten der Blechverbindung mit Hilfe dieses Schraubentyps. 40 c ist eine sehr gebräuchliche Art dieser Verbindung, bei der die Löcher in die zu verbindenden Bleche vorher gebohrt oder gestanzt werden. Dabei entspricht der Lochdurchmesser im Blech dem Kerndurchmesser der Schraube. In Bild 40 a ist die Bohrung im oberen Blech größer als der Gewindeaußendurchmesser, im unteren Blech etwas kleiner als der Kerndurchmesser der Schraube und zusätzlich aufgedornt. Hierdurch entsteht eine kegelförmige Auswölbung, die eine Sicherung der fest angezogenen Blechschraube bewirkt. In Bild 40 b entsprechen die Löcher in beiden Blechen dem Kerndurchmesser der Schraube und beide sind aufgedornt, wodurch die Schubfestigkeit der Verbindung beträchtlich vergrößert wird.

#### 3.7.1.2 Einsatzgehärtete Bohrschrauben

Die Bohrschraube dient zugleich als Bohrer ihres eigenen Gewindeloches. Sie hat einen kegelförmigen Bohransatz, der ohne Körner ein Loch von der Größe des Kerndurchmessers schneidet. Das Schraubengewinde formt dann in dieser Lochwandung das Gegengewinde. Bild 48 zeigt die Arbeitsfolge bei einer Dünblechverbindung mittels Bohrschraube.

Für die Verwendung von Bohrschrauben ist jedoch ein Kraftschrauber mit besonderem Spannkopf erforderlich, der eine zentrische Führung der Schraube während des Bohrvorganges gestattet. Die Überdrehung der Schraube wird durch ein einstellbares Maximaldrehmoment verhindert.

#### 3.7.1.3 Schrauben mit Schnellmütern (Speed Nuts)

Bei dieser Verbindung wird eine rechteckige aufgewölbte Grundplatte mit zwei verschiedenen aufgebogenen Krallen, die aus der Grundplatte herausgestanzt sind, als Mutter benutzt. Die sich gegen-

Bild 28: Knotenpunkt aus dem Tragwerk von Bild 27

Fig. 28: Knot point of the space structure Fig. 27

überliegenden Krallen greifen in die Gewindegänge der Schraube ein und werden bei deren Anziehen nach innen gezogen. Durch die Federwirkung der Krallen und der gewölbten Platte wird die Schraubenverbindung gesichert.

### 3.7.1.4 Schrauben mit Schlagmuttern

Bild 51 zeigt eine Schlagmutter, die mit Hilfe von Schlageisen und Hammer in der Blechbohrung unlösbar befestigt wird. Man bohrt oder stanzt zunächst den für die Mutter erforderlichen Lochdurchmesser in das Blech und treibt die Schlagmutter in die Bohrung ein. Durch den Schlag fließt der Blechrand der Bohrung zwischen die Flanken des verzahnten Bundes und in die Zahnritzen. Die Verzahnung sichert die Schlagmutter gegen Verdrehen.

### 3.7.2 Blechnieten

Von Interesse sind ausschließlich Blindnieten; das sind solche Nieten, die durch Krafteinwirkung von nur einer Seite geschlossen werden. Die einfachste Art eines Blindnietes ist das Spreizniet mit Kerbnagel (Bild 52). Darüber hinaus sollen nachfolgend zwei weitere Konstruktionen kurz besprochen werden.

#### 3.7.2.1 Hohlriet mit Nietnagel

Bild 53 zeigt den Ablauf des Nietvorganges. Wenn durch den Zug des Nietwerkzeuges die zu verbindenden Blechquerschnitte fest zusammengepreßt sind und der Schließkopf durch Aufspreizen des Nietenkopfes voll ausgeformt ist, reißt der Nietnagel an seiner Sollbruchstelle ab. Damit ist das Niet geschlossen. Von Vorteil ist, daß kein Verzug, auch bei verhältnismäßig dünnen Blechen, auftritt.

#### 3.7.2.2 Niet mit Schließring

Der Nietenkopf ist in seinem überstehenden Ende gerillt. Beim Schließen wird das Niet fest angezogen und danach ein duktiler Schließring mittels eines Nietwerkzeuges radial in die Rollen eingepreßt.

## 4. Zukünftige Aufgaben für die Verwendung von Blech und Band

Um die Verwendung von Blech und Band zu vergrößern, bedarf es einer dreifachen Aufgabe: der Erschließung neuer Anwendungen; der Entwicklung neuer Verarbeitungsverfahren; der Erhöhung von Eigenschaftswerten des Werkstoffes Stahl.

Nachfolgend soll an Beispielen deutlich gemacht werden, daß in allen drei Richtungen noch ungenutzte Möglichkeiten vorhanden sind. Was neue Anwendungen betrifft, so soll dies im Beispiel des

Bild 32: 12 m lange Wellblechtafel aus bandverzinktem Stahlblech

Fig. 32: Corrugated sheet of hot-dip galvanized steel 40 ft (12 m) long



Bild 29: Schalungselemente aus Stahlblech für eine Kassetendecke

Fig. 29: Sheeting elements of sheet steel for a panelled ceiling

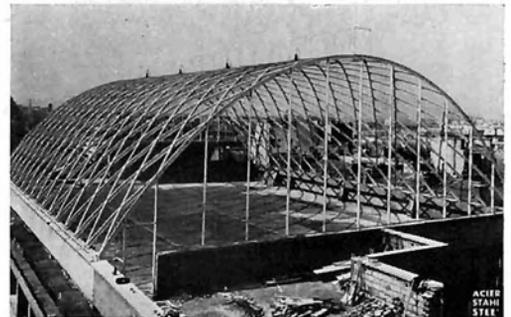


Bild 30: Räumliches Tragwerk aus Kaltprofilen. Tennishalle auf dem Dach eines Gebäudes in Paris

Fig. 30: Space structure made of cold-formed sections, enclosing a tennis court on the roof of an existing building



Bild 31: Schalenelemente aus nichtrostendem Stahlblech für die Außenwand eines Ausstellungsbauwerkes

Fig. 31: Shell type elements made of stainless sheet steel covering an exhibition hall

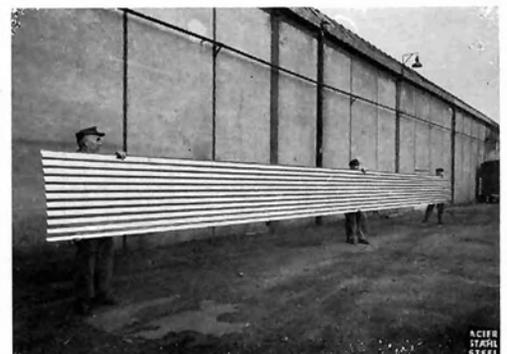




Bild 33: Verblendung eines Kaufhauses mit Wandtafeln aus farbig emailliertem Stahlblech

Fig. 33: Curtain wall consisting of enamelled sheet steel panels in various colours for a department store

Baumarktes dargestellt werden. Explosionsverformung und Magnetverformung sind Beispiele für neuartige Verarbeitungsverfahren. Schließlich soll darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Kaltverfestigung eine Möglichkeit bietet, die Streckgrenze des Stahls zu erhöhen. Der erhöhten Streckgrenze jedoch kann ohne weiteres eine Erhöhung der zulässigen Spannungen folgen, wobei der Sicherheitsfaktor unverändert bleibt.

#### 4.1 Erschließung des Baumarktes

Daß der Baumarkt noch unerschlossen ist, wird in Westdeutschland beispielsweise an dem Umstand deutlich, daß die gültige DI-Norm 4115 (Stahlleichtbau und Stahlrohrbau im Stahlhochbau) noch Mindestdicken der Bauglieder von 3 bzw. 1,5 mm vorschreibt. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, daß der Stahlleichtbau erst unterhalb dieser Mindestdicken interessant und wirtschaftlich wird. Diese Norm, die für sich in Anspruch nimmt, eine Stahlleichtbaunorm zu sein, bedeutet also in Wirklichkeit Verhinderung des Stahlleichtbaues.

Nun ist diese Norm jedoch nicht die einzige Schwierigkeit, die sich der Erschließung des Baumarktes für die Stahlverwendung entgegenstellt. Es gibt in den europäischen Ländern keine praktisch brauchbaren Berechnungsgrundlagen und -vorschriften für Bauteile aus dünnwandigem Stahlblech. Die im konventionellen Stahlbau üblichen Vorschriften sind nur bedingt brauchbar, und zwar deshalb, weil man hier mit der kritischen Beulfestigkeit rechnet. Es ist aber nachgewiesen worden, daß bei Erreichen der kritischen Beulfestigkeit im allgemeinen noch kein Versagen des Bauteils auftritt. Es wird von Fällen berichtet, in denen nach Erreichen der kritischen Beulfestigkeit die Last noch bis auf das Fünffache gesteigert werden konnte, ehe das Bauteil versagte. Der Baumarkt wird in Zukunft noch mehr als bisher durch den Leichtbau beherrscht. Das bedeutet, daß aus Wettbewerbsgründen bei Bauwerken die zukünftigen Konstruktionsprinzipien den gegenwärtigen Konstruktionsprinzipien des Flugzeugbaues entsprechen müssen. Es liegt also nahe, die Berechnungsverfahren des Flugzeugbaues auch im Stahl-

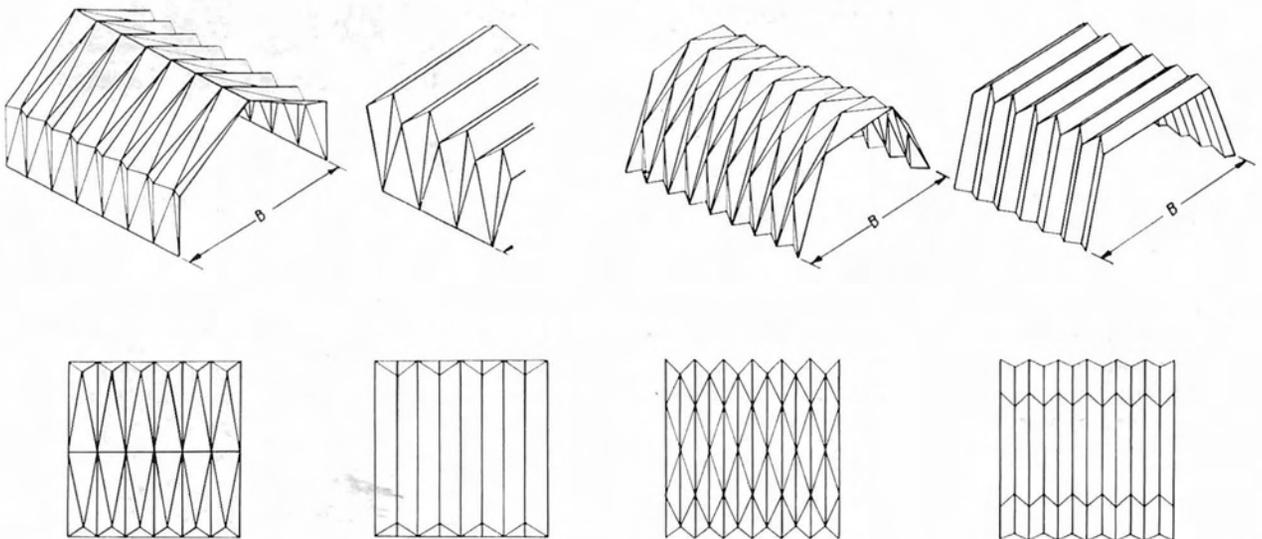
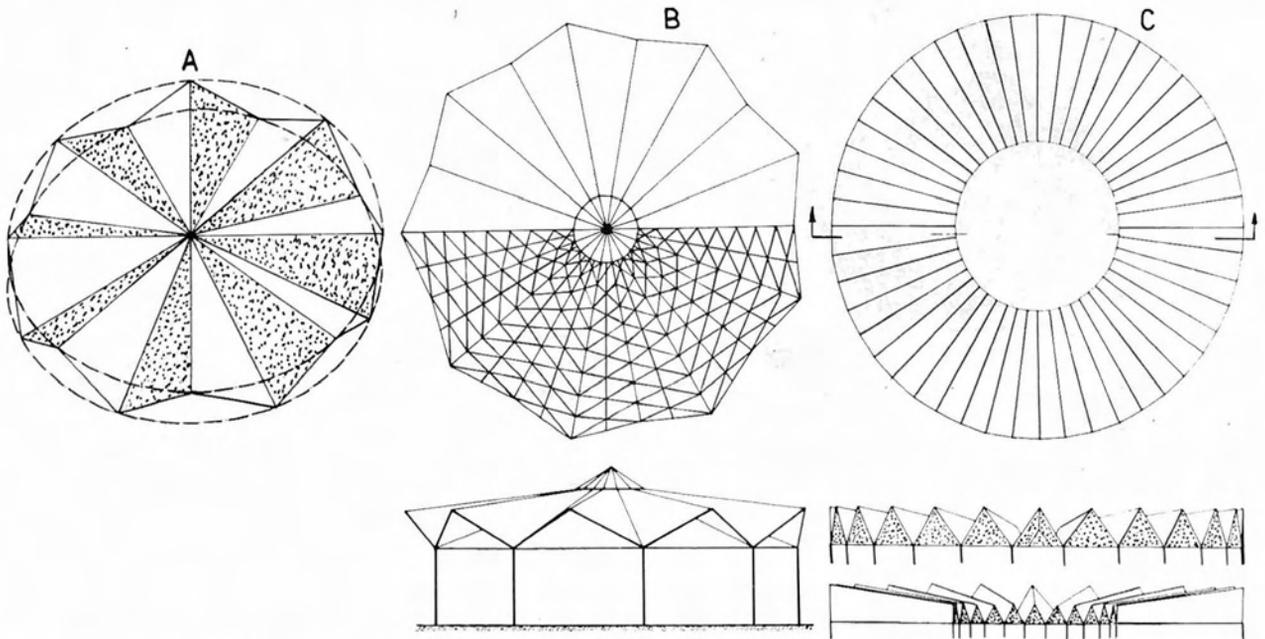


Bild 34: Entwürfe von räumlichen Tragwerken für Bauwerke mit rechteckigen Grundrissen

Fig. 34: Designs of space structures for buildings of rectangular planform

Bild 35: Entwürfe von räumlichen Tragwerken für Bauwerke mit Kreis-Grundrissen

Fig. 35: Designs of space structures for buildings of circular shape



leichtbau zur Anwendung zu bringen. In Amerika ist man diesen Weg schon vor einigen Jahrzehnten gegangen. Auf Veranlassung des American Iron and Steel Institute sind an der Cornell-Universität in Ithaca, N. Y., auf Grund einer umfangreichen Grundlagenforschung und unter Auswertung von Erfahrungen des Flugzeugbaues brauchbare Berechnungsgrundlagen und -vorschriften für den extremen Stahlleichtbau entwickelt worden. Sie sind unter der Bezeichnung „Specification for the Design of Light Gage Cold-Formed Steel Structural Members“ (Vorschriften für die Berechnung kaltgeformter dünnwandiger Bauteile aus Stahlblech) bekannt geworden und inzwischen zum Bestandteil nahezu aller Baukoden in den Vereinigten Staaten geworden. In ihrer letzten und überarbeiteten Fassung wurden diese Vorschriften in der Ausgabe 1962 des „Light Gage Cold-Formed Steel Design Manual“ (Handbuch für die Berechnung von Bauteilen aus kaltgeformtem dünnwandigem Stahlblech) vom American Iron and Steel Institute veröffentlicht.

Diese Vorschriften haben sich inzwischen in den Vereinigten Staaten außerordentlich bewährt und dem Stahlleichtbau zu großen Erfolgen verholfen. In ihrer unkomplizierten Form haben sie sich insbesondere für den praktischen Gebrauch als zweckmäßig erwiesen. Es liegt daher nahe, diese Berechnungsgrundlagen und -vorschriften auch in den europäischen Ländern zur Anwendung zu bringen. Man könnte sich auf diese Weise eigene Entwicklungen

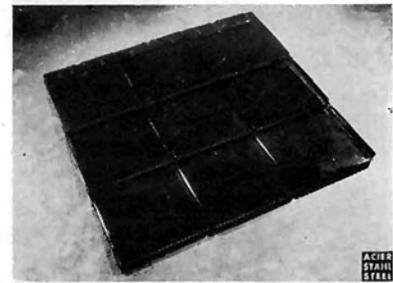


Bild 36: Dachpfannen im Format 31×25 cm aus emailliertem Stahlblech

Fig. 36: Enamelled steel roofing tiles, 12 in. by 10 in. (30 x 25 cm) in size

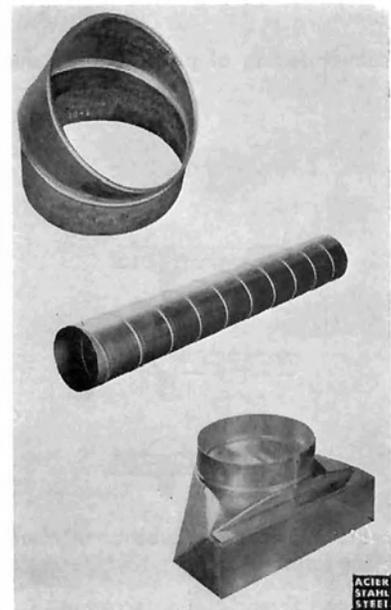


Bild 37: Bauteile für die Lüftungstechnik, hergestellt aus bandverzinktem Stahlblech

Fig. 37: Construction elements for air-conditioning units, made of hot-dip galvanized steel strip

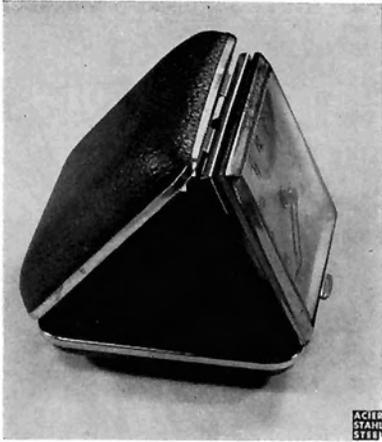


Bild 38: Gehäuse eines Reisewekkers aus kunststoffbeschichtetem Stahlblech mit Lederstruktur

Fig. 38: Alarm clock case made of plastic-coated sheet steel with leather type surface



Bild 39: Rolltreppenverkleidung aus kunststoffbeschichtetem Stahlblech

Fig. 39: Escalator facing of plastic-coated sheet steel

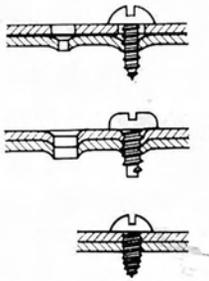


Bild 40: Einsatzgehärtete Schraube ohne Mutter, die das Gewinde selbst formt

Fig. 40: Hardened thread-cutting screw

und die damit verbundenen Kosten ersparen. Man käme sehr schnell in den Besitz brauchbarer Berechnungsgrundlagen und -vorschriften und man hätte schließlich einer Zersplitterung in den Vorschriften hier in Europa wirksam entgegengewirkt. Aus diesem Grund sind diese bewährten amerikanischen Vorschriften für den europäischen Gebrauch nur zu empfehlen. Natürlich müssen sie den jeweiligen Normen, Maßsystemen und anderen Gepflogenheiten der entsprechenden europäischen Länder angepaßt werden.

#### 4.2 Explosionsverformung

Gewisse Erwartungen für eine Ergänzung der bestehenden Umformungsverfahren, insbesondere beim Tiefziehen und Formpressen, setzt man in die Anwendung hohen kontrollierten Explosionsdruckes. Es hat sich gezeigt, daß Werkstoffe, die bei den bisher üblichen Umformungsverfahren nur begrenzte Bildsamkeit aufweisen, wie beispielsweise hochfeste Stähle und einige Edelstähle, sich jedoch unter hohem Explosionsdruck gut verformen lassen. Dabei erhöht sich ihre normale Dehnung um ein Mehrfaches. Wie es zu diesem Verhalten der Werkstoffe kommt, ist noch nicht eindeutig geklärt. Als wahrscheinliche Ursachen sind die außergewöhnliche Höhe des Druckes – bis zu 100 000 atü – einerseits und die sehr kurze Umformungszeit – unter einmillionstel Sekunde – andererseits anzusehen. Unter diesen Bedingungen scheinen feste Werkstoffe so plastisch zu werden, daß sie in ihrem Verhalten etwa einer Flüssigkeit entsprechen.

Die bisherigen Forschungsergebnisse zeigen allerdings, daß auch beim Explosionsumformen kritische Grenzen für die Umformgeschwindigkeit existieren, oberhalb deren eine Zerstörung des Werkstoffes auftritt, weil dann offenbar der idealplastische Zustand überschritten wird. Es müssen daher auch bei der Explosionsumformung bestimmte Bedingungen, insbesondere hinsichtlich Energiemenge und Verbrennungsgeschwindigkeit eingehalten werden.

Inzwischen haben sich zahlreiche Verfahrensarten für die Explosionsumformung herausgebildet. Von diesen soll hier nur eine einzige als Beispiel Erwähnung finden:

Bild 49 zeigt schematisch die Umformung von großflächigen Blechteilen unter Verwendung eines Wasserkissens als Druckübertragungsmedium. Zu diesem Zweck benutzt man einen verhältnismäßig großen, wassergefüllten Behälter. In diesen Behälter werden Werkzeuge und Werkstück eingetaucht. Um das Eintreten des Wassers in das Werkzeug zu verhindern, wird die Blechtafel auf dem Werkzeug abgedichtet. Sodann wird im Werkzeug ein Vakuum erzeugt und die ebenfalls im Wasser angebrachte Sprengladung gezündet. Die hierbei entstehende Druckwelle wird vom Wasser auf das Blech übertragen, wodurch das Blech auf die Oberfläche des Werkzeuges geschlagen wird und dadurch dessen Form annimmt.

Abgesehen von der Plastizierbarkeit des Werkstoffes bei der Explosionsumformung, sind weitere Vorteile darin zu sehen, daß der Werkstoff nicht rück-

federt wie bei der mechanischen Umformung und keine inneren Spannungen besitzt und daher nicht nachgeglüht zu werden braucht.

#### 4.3 Magnetverformung

Auch die Magnetverformung erweitert die Reihe neuer Verfahren für die Verarbeitung von dünnwandigem Stahlblech. Hierbei treibt die Energie eines kurzzeitigen Magnetfeldes hoher Stärke das Stahlblech in die Vertiefung einer Matrize.

Bild 54 a zeigt schematisch die Anwendung dieses Verfahrens für die wulstförmige Aufweitung oder Zusammendrückung von dünnwandigen Rohren oder geschlossenen Profilen. In Bild 54 b werden scheibenförmige Spulen benutzt, um Ronden tiefzuziehen.

Auch dieses Verfahren befindet sich noch in der Entwicklung. Die elektromagnetische Kraftdichte ist beträchtlich. So entwickelt ein Feld von beispielsweise 300 000 Gauß Stärke eine Kraftdichte von 3500 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4 Nutzbarmachung der Kaltverfestigung

In den europäischen Ländern gibt der Stahlbetonbau seit vielen Jahren ein interessantes Beispiel für die Nutzbarmachung der Kaltverfestigung in den Bewehrungsstählen. Die Betonstähle der Gruppe III b nach DIN 1045 werden nach dem Walzen durch eine Verdrillung kaltverfestigt (Torstähle). Dabei erhöht sich die Streckgrenze von etwa 25 kg/mm<sup>2</sup> im unverfestigten Zustand auf 42 kg/mm<sup>2</sup> im kaltverfestigten Zustand. Das entspricht einer Erhöhung um etwa 70%. Dabei vermindert sich die Dehnung nur um etwa 55%. Die zulässige Spannung erhöht sich im gleichen Verhältnis wie die Streckgrenze, da der Sicherheitsfaktor unverändert bleibt.

Auch beim Ziehen von Stahldraht tritt eine Kaltverfestigung ein, die in vielen Fällen konstruktiv nutzbar gemacht wird, beispielsweise bei Stahldrahtmöbeln, Stahldrahtbehältern und vielen anderen Gebrauchsgegenständen in Stahldrahtkonstruktion.

Die Kaltverfestigung von Stahldraht und ähnlichen Profilen durch Verdrillen und Ziehen ist verhältnismäßig einfach durchzuführen. Bei dünnwandigen Bauteilen aus Blech und Band muß man sich jedoch anderer Verfahren bedienen. Nachfolgend sollen drei Möglichkeiten erwähnt werden:

Bei kompakten Kaltprofilen – das sind solche Kaltprofile, bei denen nahezu alle Querschnittselemente verformt sind und die daher nur wenig ebene Querschnittselemente besitzen – tritt bereits durch die Profilierung eine Kaltverfestigung ein, womit eine nennenswerte Erhöhung der Streckgrenze verbunden ist. Allerdings ist diese Erhöhung in den verschiedenen Querschnittselementen eines solchen Kaltprofils unterschiedlich, und zwar entsprechend dem Verformungsgrad. Die rechnerische Streckgrenze ergibt sich als Mittelwert aus dem Zugversuch am ganzen Profil.

Durch Kaltwalzen des Blechstreifens vor der Profilierung kann man bekanntlich eine über den gesamten Querschnitt gleichmäßig verteilte Streckgrenze



Bild 41: Isoliermantel aus kunststoffplattiertem Stahlblech für Rohrleitungen und Armaturen

Fig. 41: Insulating jacket made of plastic-coated sheet steel for pipe lines and valves

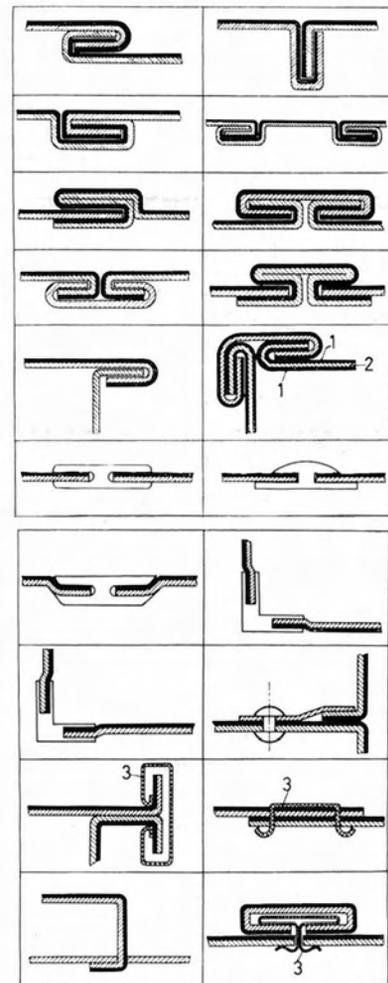


Bild 42: Falz- und Klemmverbindungen von kunststoffbeschichtetem Stahlblech  
1 Kunststoffbeschichtung – 2 Stahlblech – 3 Feder

Fig. 42: Folded and clamped fastenings for plastic-coated sheet steel  
1 Plastic coat – 2 Steel sheet – 3 Spring

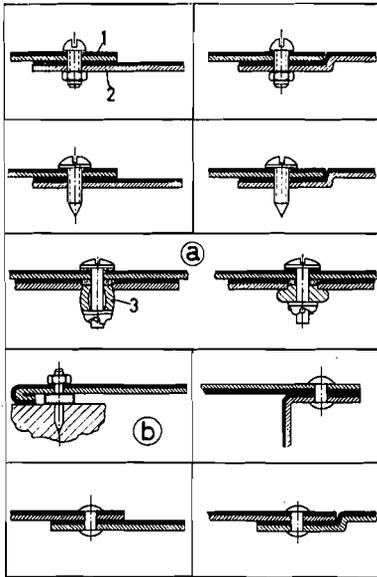


Bild 43: Schrauben- und Nietverbindungen von kunststoffbeschichtetem Stahlblech

1 Kunststoff-Beschichtung – 2 Stahlblech – 3 Gummiring  
a) Lösbare Spreizverbindung – b) Auf dem Befestigungsgrund eingeschlagener oder aufgeschlossener Bolzen mit Gewinde

Fig. 43: Screwed and riveted connections for plastic-coated sheet steel

1 Plastic coat – 2 Steel sheet – 3 Rubber ring  
a) Connection by rubber ring crushing – b) Placing a dowel

zenerhöhung erzielen. Diese Vorverfestigung gestattet bei der Profilierung jedoch keine nennenswerte Verformungsgrade mehr, so daß diese Möglichkeit nur für Kaltprofile mit großen Biegeradien in Betracht kommt, wie zum Beispiel für zylindrische Rohre.

Bei Profilen, bei denen ebene Querschnittselemente vorherrschen, kann man auch diese ebenen Querschnittselemente einer Kaltverformung unterziehen, beispielsweise durch Mikroprofilierung. Hiermit kann man eine nahezu gleichmäßige Streckgrenzerhöhung entweder über den ganzen Querschnitt oder aber in solchen Querschnittselementen erzielen, die in den äußeren Zonen von Biegeträgern liegen.

Bei der Nutzbarmachung der Kaltverfestigung dürfen die folgenden Gesichtspunkte nicht außer acht gelassen werden <sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Siehe hierzu: G. Winter, Commentary on the 1962 Edition „Light Gauge Cold-Formed Steel Design Manual“, American Iron and Steel Institute, New York, N. Y. 1962.

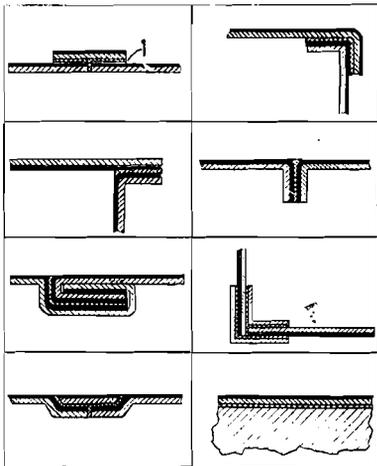


Bild 44: Klebverbindungen von kunststoffbeschichtetem Stahlblech

Fig. 44: Glued fastenings of plastic-coated sheet steel

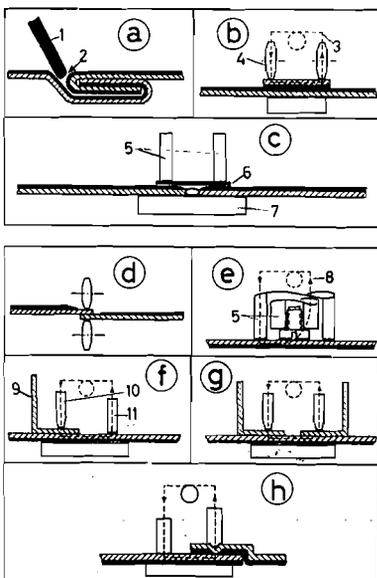


Bild 45: Schweißverbindungen von kunststoffbeschichtetem Stahlblech

1 PVC-Stab – 2 Heißluft – 3 Stromverlauf – 4 Erwärmung des Kunststoffüberzuges über den Grundwerkstoff – 5 Elektroden – 6 Kunststoff-Folie – 7 Stahlgeschweißst – 8 Stromverlauf (einseitig) – 9 Befestigungselement – 10 Schweißelektrode – 11 Kontaktelektrode

a) Heißluftschweißung – b) Widerstandsschweißung – c) Hochfrequenzschweißung – d) Rollennaht- oder Punktschweißung – e) Kondensator-Impulsschweißung – f) Einfach-Punktschweißung – g) Doppel-Punktschweißung – h) Buckelschweißung

a), b), c) Kunststoff-Kunststoff – d), e), f), g), h) Stahl-Stahl

Fig. 45: Welded connections of plastic-coated sheet steel  
a) Hot air welding – b) Resistance welding – c) High frequency current welding – d) Seam welding or spot welding – e) Impulse welding – f) Single spot welding – g) Double spot welding – h) Projection welding

1 PVC electrode – 2 Hot air – 3 and 8 Current direction  
4 Plastic coating heating – 5 and 10 Electrodes – 6 Plastic sheet – 7 Welding steel plate – 9 Fastening device

Bild 46: Stahlfertighaus, dessen sämtliche Bauteile aus kunststoffbeschichtetem Stahlblech bestehen

Fig. 46: Prefabricated steel house built up of plastic-coated sheet steel elements exclusively

Die Kaltverfestigung und damit die Erhöhung der Streckgrenze hängt vom Grad der Kaltverformung ab.

Die Kaltverfestigung ist richtungsabhängig in bezug auf die Kaltverformung und bei Zug anders als bei Druck sowie in Querrichtung anders als in Längsrichtung.

Schließlich ist der Grad der Kaltverfestigung noch abhängig von der Stahlsorte und der Erschmelzungsart.

Die Nutzbarmachung der Kaltverfestigung ist eine erfolgversprechende Zukunftsaufgabe sowohl für die wissenschaftliche Forschung als auch für die praktische Anwendung.

### 5. Verwendung von Blech und Band, dargestellt am Beispiel des Wohnungsbaues

Dünnwandiges Stahlblech ist ein universeller Baustoff. Diese Vielseitigkeit beruht sowohl auf den mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs wie insbesondere Festigkeit und Elastizitätsmodul, als auch auf den technologischen Eigenschaften dünnwandigen Stahlbleches, insbesondere seiner Kaltverformbarkeit. Durch unterschiedliche Verformungsverfahren, deren Entwicklung nach Zahl und Umfang noch nicht abgeschlossen ist, können nahezu alle erforderlichen Konstruktionsformen aus Stahlblech wirtschaftlich hergestellt werden. Infolgedessen finden Konstruktionselemente und Bauteile aus Blech und Band auf nahezu allen Gebieten der Technik Verwendung. Die umfangreichsten Anwendungsgebiete sind: Fahrzeugbau, Behälterbau, Hochbau, Landwirtschaft, Verpackung, Inneneinrichtung und Haushaltsgeräte.

Bild 49: Umformung von großflächigen Formteilen unter Verwendung von Wasser zur Druckübertragung

1 Formwerkzeug – 2 Blechtafel – 3 Wassertank – 4 Sprengladung – 5 Wasserfüllung – 6 Vakuumleitung – 7 Zündkabel – 8 Werkzeugaufhängevorrichtung

Fig. 49: Large area sheet forming by using water for pressure transfer

1 Die – 2 Sheet – 3 Water container – 4 Explosive – 5 Water – 6 Vacuum tube – 7 Primacord – 8. Die suspension device

Bild 50: Verwendung von verzinkten Kaltprofilen, mit 2 und 3 mm Wanddicke für Tragwerke von dreigeschossigen Wohnbauten

Fig. 50: Galvanized cold formed sections 0.08-0.12 in (2-3 mm) thick used for a 3-storey dwelling houses' framework

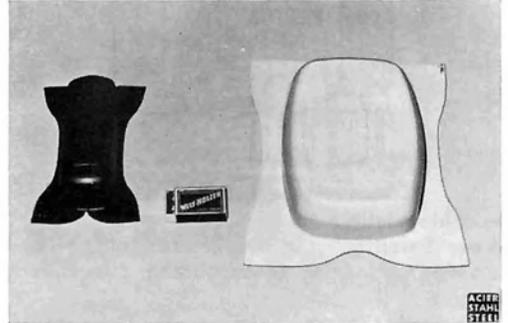


Bild 47: Tiefziehteile aus kunststoffbeschichtetem Stahlblech

Fig. 47: Deep-drawn component parts of plastic-coated sheet steel

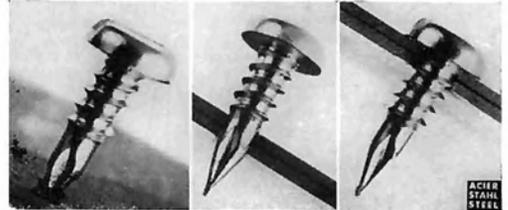
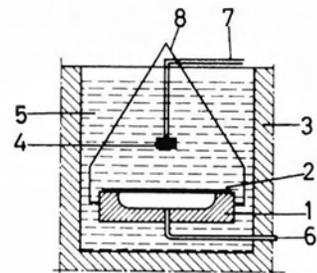


Bild 48: Gehärtete Bohrschraube

Fig. 48: Cementation steel screws



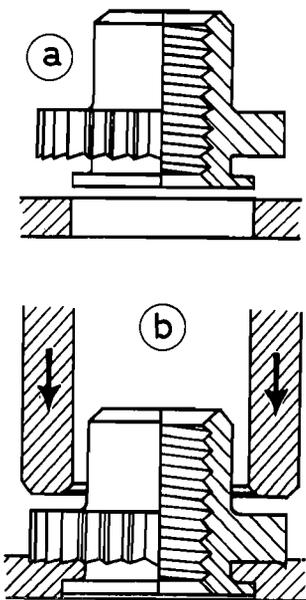


Bild 51: Schlagmutter

a) Vor der Befestigung in der Blechbohrung – b) Nach der Befestigung in der Blechbohrung mit Hilfe eines Schlagringes

Fig. 51: Impact nut

a) Prior to insertion in bore – b) After insertion in bore by means of tubular punch

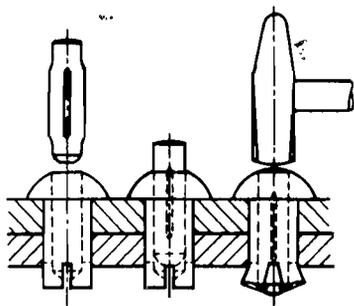


Bild 52: Einfaches Blindniet (Hohlriet mit Kerbnagel)

Fig. 52: Sheet screw with speed nut

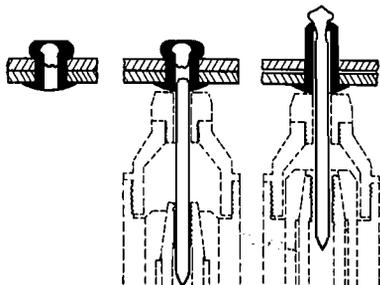


Bild 53: Hohlriet mit Nietnagel

Fig. 53: Hollow rivet with riveting pin

Nachfolgend soll zunächst die Verwendung von Blech und Band am Beispiel des Wohnungsbaues dargestellt werden. Dabei fallen den Bauteilen sehr verschiedene Aufgaben zu. An erster Stelle stehen die tragenden und die raumabschließenden Funktionen, manchmal sind beide zugleich zu erfüllen. Hinzu kommt die Verwendung von Blech und Band für Heizung, Lüftung und Sanitärinstallation.

Die Verwendung von Bauteilen aus kaltgeformtem dünnwandigem Stahlblech wird heute durch zwei Erscheinungen des neuzeitlichen Bauwesens begünstigt: durch Leichtbau und Vorfertigung.

### 5.1 Tragwerk

Die unter den Kaltprofilen für tragende Zwecke entwickelten Querschnittsformen zeichnen sich durch geringstmöglichen Werkstoffaufwand im Verhältnis zur Tragfähigkeit aus. Die umfangreichste Anwendung in der Praxis haben paarweise zusammengeschnittene  $\square$ - und  $\square$ -Profile gefunden. Diese Doppelprofile eignen sich gleich gut als Träger und als Stützen.

Während man anfänglich Kaltprofile für kleine und untergeordnete Bauwerke verwendete – besonders weil noch keine geeigneten Berechnungsverfahren zur Verfügung standen – werden jetzt auch größere mehrgeschossige Wohnhäuser mit Tragwerk aus Kaltprofilen hergestellt. Bild 50 zeigt eine Siedlung von dreigeschossigen Reihenhäusern, deren Tragkonstruktion von 2 und 3 mm Wanddicke besteht.

### 5.2 Mantelwände

Wenn bei einem Bauwerk die Kräfte nicht mehr durch dickwandiges Mauerwerk, sondern mit Hilfe eines Tragwerkes aus Stahl oder Stahlbeton übertragen werden, haben die Außenwände nur noch raumabschließende und isolierende Funktion. Derartige Mantelwände (curtain walls) bestehen zumeist aus einem leichten Kaltprofil-Raster, und Flächenelementen, deren Außenhaut vielfach aus verzinktem oder emailliertem Stahlblech besteht.

Bild 55 zeigt ein eingeschossiges Stahlfertighaus mit großflächigen Wandelementen aus weiß und farbig emailliertem Stahlblech. Die Elemente der Mantelwände können glatt oder profiliert sein. Die Emaillierung ist in jedem Farbton möglich, mit matter oder glänzender Oberfläche.

### 5.3 Decke und Dach

Decken und Dächer sind Bauteile mit tragender und zugleich raumabschließender Funktion.

Für Decken wurden Bauteile aus dünnwandigem Stahlblech anfänglich nur als Deckenträger verwendet, und zwar für Beton-Trägerdecken, wobei sie während des Baues als Montageträger und später in der fertigen Decke als Tragelement dienen. Während bei dieser Deckenbauart das Stahlblech ausschließlich tragende Aufgaben hat, ist man bestrebt, auch die raumabschließende Funktion durch Stahlblechbauteile mit übernehmen zu lassen. Es entstand

eine Verbunddecke, die aus einem Wellblech mit aufgeschweißten Bewehrungsstäben einerseits und einer Betonauffüllung andererseits besteht.

Eine weitere Entwicklung stellt die Stahlzellendecke dar, wovon Bild 10 ein Beispiel ist. Diese Stahlzellendecken werden in erster Linie für die Überspannung großer Räume in Büro- und Geschäftshäusern verwendet. Es ist an der Zeit, entsprechende leichte und einfachere Bauarten für Wohnhäuser zu entwickeln.

Ähnlich wie bei Decken kommen auch Stahlblechkonstruktionen für Dächer in Betracht. Hierbei wird im Vergleich zur Decke eine geringere Tragfähigkeit, dafür aber hoher Widerstand gegen Witterungsangriffe verlangt.

Eine schon seit langem bekannte Form ist das Wellblechdach. Es wird auch – wie aus den Bildern 8 und 13 ersichtlich – bei Wohnbauten verwendet. Die Tragfähigkeit läßt sich durch Änderung der Profilierung, zum Beispiel durch Trapezprofile, erhöhen. Der Korrosionsschutz kann zum Beispiel in Form einer Kunststoffbeschichtung, die auf der verzinkten Oberfläche aufgebracht wird, verbessert werden.

Auch mit glatten Blechen, bei denen – wie Bild 56 zeigt – nur beide Ränder durch Profilierung zu Trägern geformt sind, lassen sich sehr leichte Dächer mit großer Spannweite oder mit großen Pfettenabständen herstellen.

Bild 9 zeigt das Eindecken eines Wohnhausdaches mit großformatigen verzinkten Stahldachpfannen. Verzinkte Stahldachpfannen haben sich nachweislich seit einem halben Jahrhundert bewährt.

Stehfalzdächer aus verzinktem Stahlblech nach Bild 57 eignen sich besonders für harte Wetterbedingungen in niederschlagsreichen Gebirgsgebieten. Durch Falzen oder Bördeln entsteht eine geschlossene Dachhaut, die selbst bei nur 3° Neigung gestauten Schmelzwasser nicht eindringen läßt.

#### 5.4 Heizung, Lüftung, Sanitärinstallation

Bei Heizungsanlagen im Wohnungsbau kommt Blech und Band hauptsächlich für Radiatoren der Warmwasserheizung und für Luftführungs Kanäle der Warmluftheizung in Betracht.

Spülbecken, Waschbecken und Badewannen aus emailliertem Stahlblech sind besonders preisgünstig und wegen des geringen Gewichtes vorteilhaft bei Transport und Montage, wie in Bild 60 zu sehen ist. Für Spülbecken und Spültische in Küchen wird in zunehmendem Maße nichtrostendes Stahlblech verwendet.

#### 5.5 Türen und Fenster

Bei der Verwendung von Blech und Band für Türen und Fenster hat sich das Hohlprofil als besonders vorteilhaftes Bauelement erwiesen. Es gewährleistet ein sehr günstiges Verhalten gegenüber Biege- und Torsionsbeanspruchung. Diese Werkstoff- und Formeigenschaften sind im Türen- und Fensterbau deshalb besonders wichtig, weil Gebrauchseigenschaften wie Dichtigkeit, Verwindungssteifheit und großer Lichteinfall davon abhängen.

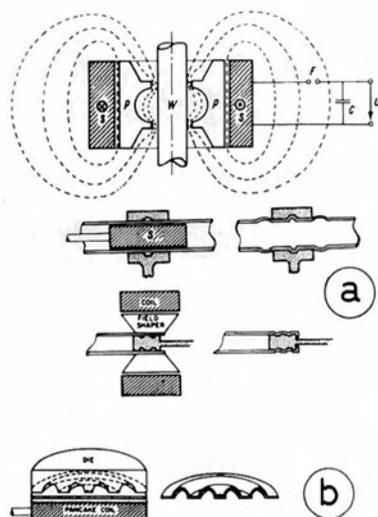


Bild 54: a) Magnetverformung von Profilen und Rohren (Aufweitung oder Zusammendrückung) – b) Tiefziehen von Ronden mit Hilfe der Magnetverformung bei Verwendung scheibenförmiger Spulen

Fig. 54: a) Magnetic forming of sections and tubes (widening or compression) – b) Deep-drawing of round blanks by the magnetic process using disc-shaped coils



Bild 55: Stahlfertighaus und Fertiggarage mit großflächigen Wandelementen aus weiß und farbig emailliertem Stahlblech

Fig. 55: Prefabricated home and garage consisting of large wall elements made of sheet steel and enamelled in various colours



lange wall elements made of sheet steel and enamelled profilierten, verzinkten Stahlblechen

Fig. 56: Long span roof elements of galvanized sheet steel



Bild 57: Hochstegiges flaches Stehfalzdach für ein eingeschossiges Einfamilienhaus

Fig. 57: Deep ribbed roof of sheet steel construction for a onestorey private home

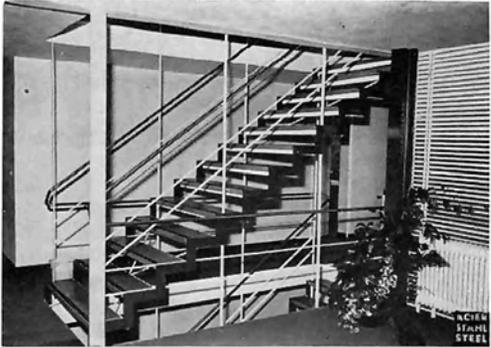


Bild 58: Gerade Geschoßtreppe mit Wangen aus Stahlblech

Fig. 58: Straight stairs with sheet string

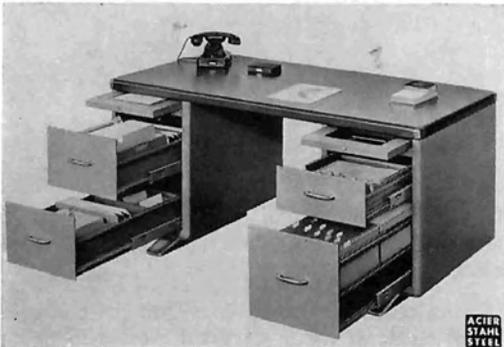


Bild 59: Organisationsschreibtisch mit Schubladeneinrichtungen, die leicht den Arbeitsverhältnissen angepaßt werden können

Fig. 59: Multi-purpose desk with drawers which may easily be adapted to changing requirements



## 5.6 Treppen

Wie kaum ein anderer Bauteil ist im Wohnungsbau die Treppe Gegenstand der Entstofflichung. Erwünscht sind Leichtigkeit und Transparenz bis zur Grenze des konstruktiv Möglichen. Aus diesem Grund hat man in Blech und Band einen geeigneten Baustoff für Treppen gefunden. Bild 61 zeigt eine leichte Treppe, bei der Stufen und Wangen aus dünnwandigem Stahlblech bestehen, Bild 58 ebenfalls eine äußerst leichte Treppe mit Wangen aus Stahlblech.

## 6. Verwendung von Blech und Band, dargestellt am Beispiel der Innenausstattung

Die Bemühungen um eine Entstofflichung der Gegenstände erstrecken sich auch auf Innenausstattung und Möbel. Aus diesem Grund haben auch hier Blech und Band eine neue Anwendung gefunden. Das soll nachfolgend an vier Anwendungsgebieten dargestellt werden.

### 6.1 Ladeneinrichtungen

Entscheidender Vorteil bei Ladeneinrichtungen in Leichtbauweise ist die bessere Raumausnutzung. Bei Lebensmittelgeschäften kommen noch hygienische Gesichtspunkte hinzu. Das sind die Gründe, weshalb Blech und Band bei Ladeneinrichtungen aller Art, wie Regale, Schränke, Kühltruhen und Vitrinen ein weites Anwendungsgebiet gefunden haben. Die Anforderungen an den Oberflächenschutz können hier vorzugsweise durch Emaillierung, Lackierung, Kunststoffbeschichtung, Verchromung und Vernickelung erfüllt werden. Besonders eignet sich nichtrostendes Stahlblech.

### 6.2 Büroeinrichtungen

Bei Büromöbeln stehen heute funktionelle Gesichtspunkte im Vordergrund. Diese erfordern konstruktive Änderungen gegenüber den herkömmlichen Möbeln, die sich durch Verwendung von Blech und Band besonders günstig erfüllen lassen. Ein Beispiel hierfür ist der Organisationsschreibtisch mit Schubladeneinrichtungen in Bild 59. Die Unbrennbarkeit von Stahlblech bei diesen Einrichtungen kann zu Erleichterungen bei den Feuerschutzbestimmungen führen.

### 6.3 Wohnungseinrichtungen

Das Anwendungsgebiet für Blech und Band in der häuslichen Welt ist mannigfaltig und bezieht sich

Bild 60: Badewannen aus emailliertem Stahlblech sind wegen ihres geringen Gewichtes besonders handlich bei Transport und Montage

Fig. 60: Bath tubs of enamelled sheet steel can be easily handled during transportation and installation due to their low weight

vorwiegend auf folgende Gegenstände: Küchenmöbel, Kühlschränke, Waschmaschinen, Herde und Ofen, Heizkörperverkleidungen und Beleuchtungskörper.

Bild 62 zeigt ein Beispiel für Heizkörperverkleidung aus emailliertem Stahlblech.

#### 6.4 Krankenhauseinrichtungen

Bei allen Einrichtungsgegenständen von Krankenhäusern muß größter Wert auf leichte Reinhaltungsmöglichkeit und Desinfektionsfähigkeit gelegt werden. Aus diesem Grund ist eine möglichst glatte, dichte und widerstandsfähige Oberfläche neben den anderen Funktionen, für die die Gegenstände dienen sollen, unbedingt erforderlich. Das Stahlblech, nichtrostend, mit Einbrennlack, Emaillierung oder Kunststoffbeschichtung versehen, erfüllt dieses bei entsprechender Formgebung in hohem Maße.

### 7. Zusammenfassung und Ausblick

Eine der bemerkenswertesten Änderungen in der Stahlverwendung ist der ständig wachsende Anteil von Blech und Band < 3 mm Dicke gegenüber allen anderen Walzstahlerzeugnissen. Die hauptsächlichen Gründe hierfür sind einerseits in dem steigenden Wohlstand breiter Käuferschichten und deren Lebens- und Kaufgewohnheiten, andererseits in der Entwicklung des Leichtbaues zu suchen. Dieser Wandel in der Nachfrage hat in vielen Stahlindustrien der Welt zu umfangreichen Investitionen für moderne Bandstraßen geführt. Im Hinblick auf die zu erwartenden beträchtlichen Erzeugungskapazitäten dieser Anlagen und ihre möglichst gleichmäßige Auslastung wird eine intensive Markt- und Produktentwicklung als zugehöriger Bestandteil der Investitionstätigkeit für notwendig erachtet.

Die gegenwärtigen Fortschritte in der Verwendung von Blech und Band sind ermutigend für eine weitere Entwicklung. Sie werden in dieser Veröffentlichung dargestellt an Beispielen für Konstruktionselemente (großflächige Bauteile, Kaltprofile, Selbstbauprofile), für Konstruktionssysteme (Räumliche Tragwerke, Schalen) sowie an Beispielen für den Oberflächenschutz und für Verbindungsmittel. Zukünftige Aufgaben für die vermehrte Verwendung von Blech und Band liegen in der Erschließung neuer Anwendungen (was am Beispiel des Baumarktes gezeigt wird), in der Entwicklung neuer Verarbeitungsverfahren (am Beispiel der Explosionsverformung gezeigt) sowie in der Erhöhung von Eigenschaftswerten des Werkstoffes Stahl (z. B. die Nutzbarmachung der Kaltverfestigung).

Aus der Vielzahl der Verwendungsmöglichkeiten von Blech und Band werden Wohnungsbau und Innenausstattung behandelt. Auf diesen beiden ausgewählten Verwendungsgebieten wird ein systematischer Überblick über die Vielzahl von Gegenständen aus Blech und Band vermittelt. Zahlreiche andere Verwendungsgebiete, wie zum Beispiel Verkehr und Verpackung, mußten im Rahmen dieser Veröffentlichung außer Betracht bleiben.



Bild 61: Dreiteilige Treppe aus Stahlblech

Fig. 61: Stairway of sheet steel, made up in three sections



Bild 62: Heizkörperverkleidung aus farbig emaillierten Stahlblechelementen

Fig. 62: Radiator grill of sheet steel enamelled in various colours

Auf allen Gebieten der Verwendung von Blech und Band ist für die Zukunft mit einem harten Wettbewerb anderer Werkstoffe und Baustoffe zu rechnen. Dieser Wettbewerb sollte weder verhindert noch verfälscht werden. Was den Werkstoff Stahl in der Form von Blech und Band betrifft, so sind hier äußerst günstige Voraussetzungen für einen solchen Wettbewerb vorhanden. Hierzu zählen in erster Linie der hohe Elastizitätsmodul des Stahls, der ein Maß für die Stabilität und die Steifigkeit der Leichtkonstruktion ist, sowie die hervorragenden technologischen Eigenschaften von Stahlblech, insbesondere Kaltverformbarkeit und Schweißbarkeit. All diese Eigenschaften in vollem Maße und systematisch nutzbar zu machen ist unsere gegenwärtige Aufgabe.

René Ménard, Direktor des Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier, Paris  
H. Odenhausen, Direktor der Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf

# Die Bahnsteigdächer in Bruck a. d. Mur

Dipl.-Ing. Alfred P t a k, Wien

Anlässlich der Elektrifizierung der Bahnlinie Mürz-zuschlag-Knittelfeld wurde der Bahnhof Bruck a. d. Mur wesentlich umgestaltet.

Seiner Bedeutung als stark frequentierter Umsteigebahnhof entsprechend erhielt er Zwischenbahnsteige und einen bergseitig gelegenen Randbahnsteig. Der Zugang vom Aufnahmegebäude zu den neuen Bahnsteigen erfolgt durch einen Tunnel (Bild 1 und 2).

Über die Größe und bei Aufrechterhaltung des Betriebes äußerst schwierigen Bauarbeiten wird von berufener Seite ein Bericht erstattet werden. Der vorliegende Aufsatz soll nur die Überdachung der Bahnsteige behandeln.

Für sämtliche vier Bahnsteige, den Hausbahnsteig, die zwei Mittelbahnsteige und den bergseitigen Randbahnsteig, wurde das bei den Bahnhöfen „Neuer Wiener Südbahnhof“, „Praterstern“, „Traisengasse“ und „Floridsdorf“ (letztenannte liegen im Bereich der Wiener Schnellbahn) bestens bewährte Furaldach auf Spannstählen mit stählerner Unterkonstruktion gewählt. Neben der Anpassungsfähigkeit des Systems an den vorgegebenen Grundriß war für die Wahl der Umstand maßgebend, daß durch die Arbeiten für die Errichtung der Bahnsteigdächer weder der Zugsverkehr noch die Reisenden behindert werden sollten.

Die Tatsache des geringen Eigengewichtes und der sich daraus ergebenden kleinen Fundamentbelastungen war bei dem an der Baustelle vorhandenen Untergrund nur in einem Bereich des Hausbahnsteiges von Bedeutung. Was die Herstellkosten anlangt, braucht die Spannstahlkonstruktion keinen Vergleich mit anderen Bauweisen zu scheuen, und zwar um so weniger, je unregelmäßiger der Grundriß ist. Sie ist in der Lage, ohne nennenswerte Mehrkosten wechselnde Dachbreiten und Krümmungsverhältnisse zu bewältigen.

Über das Spannstahldach liegen eine Reihe von Veröffentlichungen vor\*). Das für Bahnsteigdächer wesentliche sei hier kurz zusammengefaßt:

Dipl.-Ing. Dr. Rudolf M a c u l a n erhielt im Jahre 1954 ein österr. Patent Nr. 179 883 auf eine „Flächentragkonstruktion“, die nach ihrem Hauptbestandteil als Spannstahldach bezeichnet und bekannt wurde. Der Grundgedanke kann einfach dadurch erläutert werden, daß die bei üblichen Bauweisen für die Stützung der Dachhaut vorhandenen Biegeträger (Pfetten) durch stark vorgespannte Drähte ersetzt werden. Um wirtschaftlich zu bleiben ist es allerdings notwendig, von den sonst im Bauwesen üblichen Grenzen der Verformung unter Last abzugehen. Es wurde beim Wiener Südbahnhof der Durchhang des Daches bei voller Schneelast mit  $\frac{1}{100}$  der Feldweite begrenzt, bei den Wiener Schnellbahn-

höfen auf  $\frac{1}{70}$  der Feldweite vergrößert und auch bei den Bahnsteigdächern in Bruck a. d. Mur vorgeesehen.

Des weiteren muß bei der Wahl des Werkstoffes der Drähte bedacht werden, daß die Vorspannung möglichst hoch sein soll. Es gelangen daher die im Stahlbetonbau üblichen Stähle mit Zugfestigkeiten bis  $180 \text{ kp/mm}^2$  zur Anwendung. Mit Rücksicht auf den Korrosionsschutz ist die Grenze nach oben durch die Tatsache bedingt, daß Stähle höchster Festigkeit nicht feuerverzinkt geliefert werden. Will man auf diese Form von Korrosionsschutz nicht verzichten, so hat man sich mit Spannstahl St 100/130 zu begnügen.

Dieses Material hat eine 0,2-%-Grenze von  $100 \text{ kp/mm}^2$  und eine Zugfestigkeit von mindestens  $130 \text{ kp/mm}^2$ .

Entsprechend den Spannbetonvorschriften DIN 4227 wird die zulässige Spannung mit 0,75 der 0,2-%-Grenze bzw. mit 0,55 der Mindestzugfestigkeit festgelegt. Das ergibt für Spannstahl St 100/130 den Wert von  $7150 \text{ kp/mm}^2$ . Die Nutzbreite der Furalbahnen bedingt einen Zahnleistenabstand von 0,5 m. Jede Zahnleiste wird durch ein Drahtpaar unterstützt, so daß auf 1 m Dachbreite 4 Spanndrähte angeordnet werden. Zur Kennzeichnung der im Spannstahldach auftretenden Kraft- und Verformungsgrößen seien als Beispiel die Verhältnisse der Mittelbahnsteige Bruck a. d. Mur aufgezeigt.

Als Belastung auf das Dach wirken: ständige Last (Fural + Spannstahl) . . . . .	$g = 5 \text{ kp/m}^2$
Nutzlast (Schnee) . . . . .	$p = 120 \text{ kp/m}^2$
Gesamtlast . . . . .	$q = 125 \text{ kp/m}^2$

Der Gespärreabstand beträgt 10 m, die zulässige Durchbiegung bei einer Temperatur von  $0^\circ \text{C}$  und voller Schneelast 143 mm. Als Spannstahl gelangen Drähte mit  $\phi 7,18 \text{ mm}$  aus Spannstahl St 100/130 zur Anwendung. Die Vorspannung der Drähte ergibt sich mit  $5400 \text{ kp/cm}^2$ , der Dachzug auf 1 m Dachbreite mit  $8750 \text{ kp}$ .

Der größte auftretende Dachzug bei  $-25^\circ \text{C}$  und voller Schneelast beträgt  $11\,720 \text{ kp/lfm}$ . Eine Besonderheit des Spannstahldaches ist seine Unempfindlichkeit gegen Überlastung. Bei einer Erhöhung der Last auf den 1,75fachen Wert steigt die Zugspannung in den Drähten auf  $8450 \text{ kp/cm}^2$  und bleibt somit noch weit unter der 0,2-%-Grenze von  $10\,000 \text{ kp/cm}^2$ .

Die Dachkonstruktion der Bahnsteige 1 und 4 wurde mit Druckriegel ausgeführt, das heißt die Spannkraften werden aus den Endriegeln in die Rinnen- bzw. Glasschürzenträger geleitet und ergeben primär keine Belastung der Stützenfundamente, da der Kraftfluß in der Dachfläche geschlossen ist. Die Gespärre sind daher nur auf Dachlast und Wind zu bemessen. Lediglich die Temperaturwirkung in Bahnsteiglängsrichtung ist besonders zu beachten. Ihr

\*) Siehe Literaturhinweise am Schluß dieses Aufsatzes.

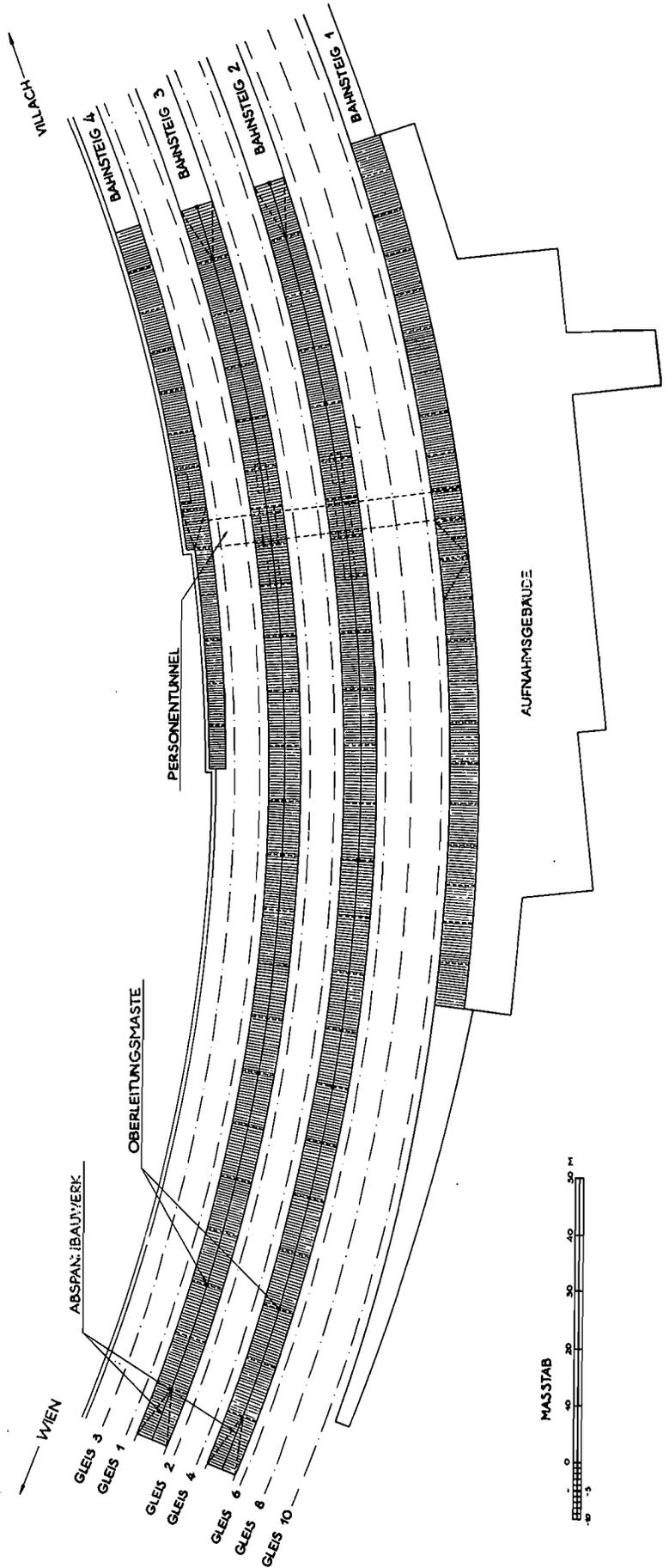


Bild 1: Lageplan

Fig. 1: Situation plan

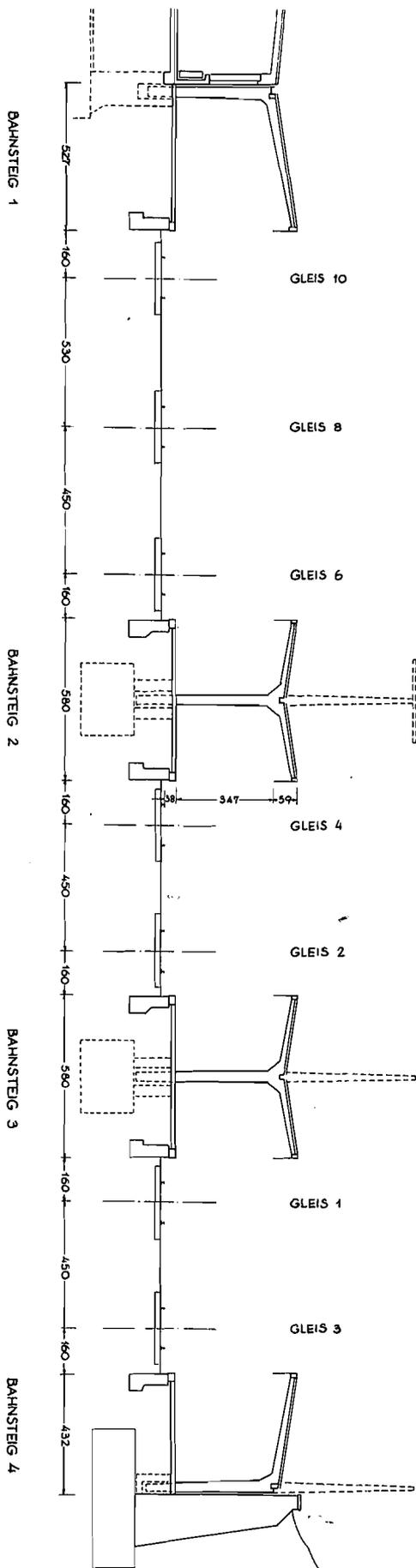


Bild 2: Regelquerschnitt

Fig. 2: Cross section

Einfluß wurde am Bahnsteig 1 durch Unterteilung der Gesamtlänge von rund 140 m in zwei Spannabschnitte verringert und durch geeignete Wahl der Querschnitte für die Stützen klein gehalten. Der Bahnsteig 4 weist als Besonderheit zwei wesentlich unterschiedliche Breiten von 3,0 bzw. 4,3 m auf. Auf die Breite von 3,0 m laufen die Spannstäbe über die ganze Länge durch, während die Spannstäbe der Restfläche beim Breitensprung enden. Der Übergang der Druckriegelkräfte wird durch ein in der Dachfläche liegendes Fachwerk bewirkt. Die Feldweiten am Bahnsteig 1 schwanken mit Rücksicht auf die Baumaße des Aufnahmegebäudes in den Grenzen von 5757 bis 7590 mm.

Das Bahnsteigdach ist gemäß der Gleislage ein Polygon, das einem Kreis mit einem Radius von ungefähr 340 m eingeschrieben ist. Die Bahnsteigbreite variiert zwischen 5070 und 5310 mm.

Die Gespärre sind in den Fundamenten eingespannte einsteigige Schweißkonstruktionen, die Rinnen- und Glasschürzenträger entsprechend ihrem Verwendungszweck zusammengesetzte Hohlkastenträger.

Bei den Mittelbahnsteigen 2 und 3 werden die Spannkkräfte in stählerne Endbauwerke geleitet, die Rinnen- und Schürzenträger erhalten dadurch keine Axialkräfte. Aus diesem Grunde wurde die Feldweite auf zirka 10 m vergrößert. Die Bahnsteigbreite beträgt 5,8 m. Die Gespärre erhalten aus den Ablenkkräften eine zusätzliche Belastung in den Dachflächen quer zum Bahnsteig.

Die Gespärre sind einstielige geschweißte Stahlrahmen, nur im Bereich der Stiegenaufgänge sind zweistielige Rahmen angeordnet. Die Endbauwerke bestehen aus zwei einstieligen Gespärren, die durch einen Fachwerkträger gegeneinander abgestützt sind (siehe Bild 3). Das Fachwerk wird im Endzustand durch Anschlagtafeln verdeckt.

Die Entwässerung der Dachflächen erfolgt bei allen Bahnsteigen in geschweißten Stahlblechrinnen ohne Zinkblechauskleidung. Sie sind gegenüber der Furaleindeckung abgesenkt angeordnet, um auch bei belastetem Dach mit voller rechnermäßiger Durchbiegung einen ungestörten Abfluß des Wassers zu ermöglichen. Die Abfallrohre sind in Abständen von 4 Feldweiten angeordnet.

Für die Aufhängung bzw. Abspannung der Fahrleitungen erhielten Stützen der Bahnsteige 2, 3 und 4 Stielverlängerungen über die Dachfläche hinaus nach oben, das heißt, es sind im Bereich der Bahnsteigdächer auf den Bahnsteigen gesonderte Tragmaste für eine Fahrleitung nicht erforderlich.

Die Anlieferung der Stahlkonstruktion an die Baustelle erfolgte mit der Bahn. Die Gespärre der Bahnsteige 1 und 4 wurden in einem Stück geliefert, die Gespärre der Bahnsteige 2 und 3 getrennt nach Riegel und Stützen.

Der Zusammenbau der Einzelteile erfolgte vor dem Versetzen in die Fundamentaussparungen, ein Vorgang, der mit Hilfe eines bahneigenen Kranes durchgeführt wurde. Die Endbauwerke der Bahn-



Bild 3: Die fertiggestellten Bahnsteigdächer in Bruck a/Mur

Fig. 3: The Railway Station Platforms in Bruck a/Mur

steige 2 und 3 sind in der üblichen Weise mit Rundstahlankern an den Fundamenten befestigt; ihr Zusammenbau erfolgte durch Bauschweißung.

Nach Abschluß der Einrichte- und Vergußarbeiten wurden die Spannstäbe auf Bahnsteiglänge ausgelegt und in den auf den Riegeln aufgeschweißten Klemmplatten fixiert.

Das Spannen der Drähte erfolgte mit hydraulischen Pressen an einem Ende, wobei die beobachtete Dehnung als Maß für die eingebrachte Vorspannung diente. Dieser Vorgang ist ausreichend genau, da es sich bei den Mittelbahnsteigen mit einer Länge von 230 m um einen Spannweg von 606 mm handelt. Nach dem Spannen der Drähte wurde ein zweimaliger Chlorkautschuk-Alkydharz-Schutzanstrich aufgebracht, die Fural-Zahnleisten angeklemt und das Dach eingedeckt. Infolge der polygonalen Grundrißgestaltung mußten die Furalbahnen über jedem Riegel gestoßen werden. Das Einglasen der Schürze und der Anstrich aller Stahlteile bildete den Abschluß der Arbeiten.

Mit der Montage der Stützen wurde im Februar 1963 begonnen, das Montageende war am 30. April 1963.

Die generelle Planung der Arbeiten erfolgte seitens der Österreichischen Bundesbahnen, die Detailplanung der Spannstahlkonstruktion, die Lieferung und Montage durch die Waagner-Biro AG., Wien-Graz, das Verlegen der Spannstäbe durch Hofman & Maculan, Wien.

#### Literatur:

- Spannstahldächer – eine Neukonstruktion im Hallenbau**, von Dr.-Ing. Viktor Schreiter. In „Heraklith-Rundschau“, Heft 30, Oktober 1954.
- Span – Steelwire Roofing**, New Austrian Technique, by E. O. Genzsch. In „Prefabrication and new building technique. International Monthly Journal“, London, Vol. 2, No. 18, April 1955.
- Toiture a fils tendus**, V. Schreiter, Ingenieur. In „Architecture d'aujourd'hui“, Paris 1955, p. XXXV.
- Das Spannstahldach Patent Dr. Maculan**, von Dipl.-Ing. A. Ohlemutz, Frankfurt (M). In „Der Stahlbau“, 26. Jg., Heft 10, Berlin, Oktober 1957.
- Neuzeitliche Baukonstruktionen**, von F. Baravalle, Wien. In „Österreichische Ingenieur-Zeitschrift“, Wien, 1. Jg., Heft 4, April 1958.
- Bahnsteigdächer in Spannstahlbauweise**, von Dipl.-Ing. Oskar Emmereich, Karlsruhe. In „Eisenbahntechnische Rundschau“ (Zeitschrift für die gesamte Eisenbahntechnik), Darmstadt, Jg. 1958, Heft 4.
- Anwendung der Spannstahl-Dachkonstruktion**, von Baumeister Werner Seydel. In „Bauplanung, Bautechnik“ (Technisch-wissenschaftliche Zeitschrift für das Bauingenieurwesen), Berlin, 13. Jg., Heft 4, April 1959.
- Das Spannstahldach**, von W. Bürgermeister. In „Bauplanung, Bautechnik“ (Technisch-wissenschaftliche Zeitschrift für das Bauingenieurwesen), Berlin, 13. Jg., Heft 4, April 1959.
- Spannstahldach – System Dr. Maculan**, von Dr.-Ing. K. Miesel, Braunschweig. In „Deutsche Bauzeitschrift“, 7. Jg., Heft 9, Gütersloh, September 1959.

Dipl.-Ing. Alfred Ptak,  
Waagner-Biro A.G., Wien V.

# Ein Bürohaus in dreieinhalb Monaten

Von Architekt Dipl.-Ing. Kurt Z ö h r e r, Wien

Auf dem Gelände der Österreichischen Botschaft in Moskau wurde ein zweigeschossiger Erweiterungsbau errichtet. Der zweigeschossige Zubau umfaßt Büroräume und eine Garage.



Bild 1: Mitte Juni standen die ersten Stahlrahmen  
Fig. 1 The first structural steel frames were completed in June

Aus verschiedenen Gründen entschloß sich der mit der Planung und Bauleitung beauftragte Architekt, dieses Bauvorhaben in Stahlskelettbauweise auszuführen: Vor allem zwang die relativ kurze, vom Mai bis Oktober reichende frostfreie Periode zu einem sehr raschen Bauen, und einer so kurzen Baufrist bot sich geradezu der Stahlbau als ideale Bauweise an. Ferner ergab sich aus der Tatsache, daß mit Ausnahme der Grundbaustoffe Kies, Zement und Ziegel der Bedarf an Baustoffen aus Österreich anzuliefern war, die Notwendigkeit, eine möglichst leichtgewichtige Konstruktion zu wählen, um das

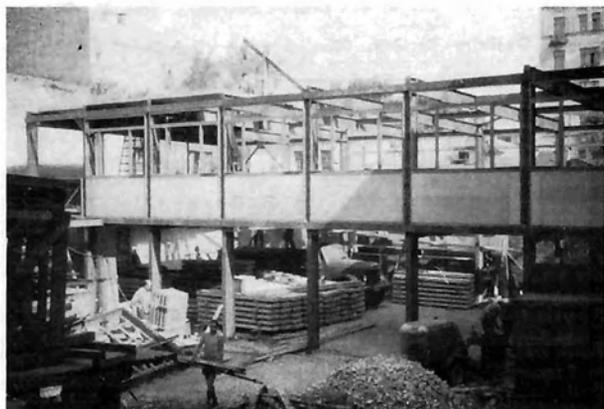


Bild 2: Rohbau mit montierten Sandwichplatten  
Fig. 2: Building in raw construction with sandwiched plates (curtain walls) mounted

Gewicht der Bahntransporte niedrig zu halten. Infolge der ungewöhnlich kurzen Bauzeit war auch ein relativ geringer Lohnstundenaufwand gegeben. Da für dieses Bauvorhaben ausschließlich österreichische Firmen und Arbeitskräfte eingesetzt wurden, spielte dieser Umstand wegen der außerordentlich hohen örtlichen Kosten eine wesentliche Rolle.

Es war erforderlich, gerade eine derartige, während des Ablaufes nicht oder nur schwer umdisponierbare Baustelle bis zum letzten Detail gründlichst vorzuplanen. Wegen des sehr beschränkten Platzes auf der Baustelle und in Ermangelung einer Zwischenlagerungsmöglichkeit außerhalb des Botschaftsareals konnten die Bauelemente und sonstigen Baustoffe zeitlich immer nur so angeliefert werden, daß sie jeweils möglichst knapp vor dem Zeitpunkt des tatsächlichen Bedarfes an der Baustelle eintrafen. Dies erforderte von allen beteiligten Stellen, Büros und Firmen sowie von der Baustelle eine genaueste Einhaltung aller festgelegten Termine.



Bild 3: 3 1/2 Monate nach Baubeginn waren die Büros bezugsfertig

Fig. 3: Within a period of three and half months after commencement of building the office rooms were ready for use

Ein zwingender Grund zur perfekten Vorplanung des gesamten Bauablaufes liegt überhaupt im Wesen des Stahlbaues, der eine viel eingehendere und präzisere Erfassung aller Einzelheiten erfordert als die meisten anderen Bauweisen, was sich in vorteilhaftester Weise für den Ablauf der Arbeiten auf der Baustelle auswirkt.

Das 24 m lange, 12 m breite und 6,50 m hohe, aus 9 zweistieligen Stahlrahmen samt Horizontal- und Vertikalverbänden bestehende Stahlskelett wurde aus genormten Walzprofilen vorgefertigt und auf

Bild 4: Furalverkleidete Straßenfront, fertig Ende September

Fig. 4: Fural-lined front-side



1,60 m tief reichende Stahlbeton-Streifenfundamente gelenkig montiert.

Das als Garage dienende Erdgeschoß mußte auf Verlangen der sowjetischen Baubehörde mit Massivmauerwerk und 7 Kipptoren nach außen abgeschlossen werden. Als Decken wurden ausreichend

schall- und wärmeisolierte Stahlbetonplatten verlegt, auf die im Bürogeschoß PVC-Beläge und als Dachhaut eine Blechdeckung aufgebracht wurden.

Die Außenwände des Obergeschosses bestehen aus Sandwichplatten-Elementen mit eingebauten, isolierverglasten Drehkipfenstern bzw. Profilitverglasungen gegen die Nachbarseite. Als Fassade wurde eine Furalverkleidung auf Holzlatten montiert.

Die teils verglasten und teils als Schrankwände ausgebildeten Zwischenwände des Obergeschosses bestehen aus spanplattenverkleideten, schallisolierten Holzriegel-Elementen, in die bereits in Österreich die gesamte Elektroinstallation eingebaut wurde.

Die Beheizung erfolgt durch eine an das bestehende Heizsystem des alten Botschafts-Gebäudes angeschlossene Warmwasser-Zentralheizung.

Bei der Baudurchführung waren mannigfache organisatorische Schwierigkeiten zu überwinden, die sich vor allem aus dem massierten Einsatz von oft gleichzeitig acht verschiedenen Firmen auf engstem Raum ergaben. Trotzdem war es dank einer gründlichen Vorplanung möglich, alle gestellten Termine einzuhalten und zum Teil sogar wesentlich zu unterschreiten, wodurch vielfach nicht unbeträchtliche Kosten eingespart werden konnten. Das vorbildliche Zusammenwirken aller an der Planung und Ausführung des Bauvorhabens beteiligten Stellen ermöglichte schon vier Wochen nach Beginn der Montage die Dachgleiche und in insgesamt dreieinhalb Monaten konnte das Gebäude bereits bezugsfertig übergeben werden. Die präliminierte Bausumme wurde um 14% unterschritten.

Herstellung und Montage der Stahlkonstruktion: Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft, Werk Zeltweg.

Architekt  
Dipl.-Ing. Kurt Z ö h r e r  
Wien

## Extracts

### Structural Statics and its Theory from the perspective of Personal Experience

by Prof. Dr. techn. h. c. Dr.-Ing. Konrad Sattler, Graz . . . . . Page 1

This article contains the inaugural lecture of the author as full Professor for Structural Statics on the Technical University at Graz. Here, the author reveals his scientific career, mainly giving a most interesting review as to his acquaintance with famous scientists in the line of

structural engineering from the time of his studies up to the present date, whereat the development of structural statics is fully associated. The extensive tasks of the engineer are stressed.

### Reconstruction of the "Kleine Marxerbrücke" over the "Wienfluß"

by Senatsrat Dipl.-Ing. Max Ellinger, Vienna . . . . . Page 11

This report deals with the public Tender Invitations for bridge projects, issued by the Vienna Municipality, whereat material, statical system and construction are left to the Tenderer's proposal. In such a Tender Adjudication for reconstruction of a bridge over the

"Wienfluß" a bridge roadway was selected to be executed in light-weight construction, consisting of an orthotropic plate with asphalt cover applied directly. This type of decking was chosen in order to gather new experiences.

## Strength bolts under Tension Stress

by Dipl.-Ing. We i ß and Dipl.-Ing. Wa l l n e r, Linz . . . . . Page 15

It is investigated, how far a tensile load applied additionally on a prestressed high strength bolt of a steel construction connection will influence the prestressing load in the bolt and the clamping strength within the compression part. In this investigation especially the location of load application is considered. The theory developed up to now for the requirements of mechanical engineering is adapted for the practical necessities of steel construction connections. An example from the

steel construction practice shows the possibility of application of the theory. In order to check the truth of the theory itself and the truth of the suppositions made some tests were conducted, the results of which are discussed in detail. These results show that the conceptions hitherto existing correspond only partially with the practical facts. The differences found making further tests necessary require – in view of their importance – an explanation in order to obtain a possibility of utilization in practice.

## Compound Action achieved Adhesion

by Dr. techn. J. P o s t l, Graz . . . . . Page 23

The author describes achieving of compound action between girder and slab in a compound girder bridge of small span using synthetic resin as adhesive substance.

In order not to eliminate effectiveness in adhesion high tensile bolts of quality 10 K are used as additional shear connectors.

## Bunker made by using Folded Plates

by Dr. techn. J. P o s t l, Graz . . . . . Page 25

A bunker of approx. 2000 m<sup>3</sup> capacity was erected in an Austrian factory for storing auxiliary- and by-products. Since absolute rigidity against bending is required, a main supporting framework was selected, con-

sisting of supports arranged in 5 rows of 3 supports each. The longitudinal and cross walls are constructed of plates folded in their main supporting direction.

## More Plates and Bands employed in Europe

by R. M é n a r d, Paris, and H. O d e n h a u s e n, Düsseldorf . . . . . Page 27

As a result of their investigations, the two authors report that regarding the employment of steel the steadily growing share in using plates and bands

< 3 mm thickness becomes more and more important. Such development is demonstrated on a number of practical examples.

## Roofing of Railway Station Platforms at Bruck a. d. Mur

by Obering. Dipl.-Ing. A. P t a k, Vienna . . . . . Page 48

For covering the four railway station platforms at Bruck a. d. Mur a roofing construction with Fural attached to pre-stressed steel cables supported by a lower steel structure was selected, as has been already employed most successfully for a number of major railway stations in Austria. This system is featured particularly by its flexibility in case of covering ground areas being irregular in shape without the need of interrupting the railway station service. This form of roofing is most

economical because of reduced foundation load due to the slight weight of the roofing material. Compared with other systems here economy even rises the more irregular the ground area to be roofed is shaped. The basic principle of stressed steel wire constructions is replacement of the conventional purlins by heavily pre-stressed cables. The paper closes with detailed bibliographical references.

## Office Building – completed in threeandhalf Months

by Architect Dipl.-Ing. K. Z ö h r e r, Vienna . . . . . Page 52

A two-storied building was erected additionally on the ground of the Austrian Embassy in Moscow, to accommodate offices and a garage. The building in steel skeleton

construction on detailed designs was built by using members prefabricated in Austria, and completed within a period of threeandhalf months only.

## Mitteilungen des Österreichischen Stahlbauverbandes

Unter Vorsitz von Herrn Direktor Dipl.-Ing. Götz, Waagner-Biro AG, fand am 5. April 1963 die Hauptversammlung des Österreichischen Stahlbauverbandes statt, bei der nachstehender Tätigkeitsbericht für das Jahr 1962 erstattet wurde:

### 1. Technische Arbeitsausschüsse

Verschiedene Fragen und Probleme, die einer Klärung oder Regelung bedürfen, werden sowohl von der Seite der Auftraggeber als auch von der der Industrie an den Stahlbauverband herangetragen. In den einzelnen Technischen Arbeitsausschüssen, die sich aus Vertretern von Behörde, Wissenschaft und Industrie zusammensetzen, werden diese Fragen untersucht und nach Abgrenzung der Aufgabenstellung eingehend behandelt mit dem Ziel, durch Schaffung gemeinschaftlicher Richtlinien und Grundlagen für die Ausführung entsprechender Konstruktionen den Stahlbau in allen seinen Bereichen zu fördern und weiter zu entwickeln und durch gemeinsam erarbeitete Lösungen ein Maximum an technischen und wirtschaftlichen Vorteilen zu erreichen. Eine andere Form der Zusammenarbeit ergibt sich aus dem gegenseitigen Austausch von Erfahrungen, durch deren Nutzenwendung den Beteiligten wiederum neue Erkenntnisse zur Förderung des Stahlbaugedankens vermittelt werden sollen.

Im folgenden wird kurz über das Ergebnis der Arbeiten in den derzeit wichtigsten Arbeitsausschüssen berichtet:

#### a) Arbeitsausschuß für hochfeste, vorgespannte Schrauben (HV-Verbindungen) im Stahlbau

Mit der Fertigstellung der Überarbeitung der Richtlinien für die Verwendung hochfester vorgespannter Schrauben im Stahlbau hat die Arbeit des Ausschusses einen vorläufigen Abschluß erreicht. Die sehr zufriedenstellenden Ergebnisse der in der Versuchsanstalt der VOEST durchgeführten Reibungs- und Dauerfestigkeitsversuche sind in den Richtlinien berücksichtigt, ebenso ist auch eine Anpassung an die „Europäischen Richtlinien für die Verwendung hochfester vorgespannter Schrauben im Stahlbau“ erfolgt. Letztere stützen sich auch auf in Österreich durchgeführte Versuche und Forschungen. Die neue Fassung der österreichischen HV-Richtlinien mit den dazugehörigen Erläuterungen wird in einem Sonderheft der Stahlbau-Rundschau publiziert, welches auch einige bemerkenswerte Beiträge über ausgeführte Stahlkonstruktionen, bei welchen die HV-Verschraubungen als Verbindungsmittel angewendet wurde, enthalten wird. Die neuen Richtlinien werden an alle öffentlichen und privaten Auftraggeber sowie an ausführende Firmen versandt und ihre Anwendung bis zur endgültigen Normung empfohlen. Zum Zweck der Normung liegen sie auch dem Österreichischen Normenausschuß vor. Versuche mit HV-Schrauben, die zusätzliche Zugkräfte aufzunehmen haben, sind in Vorbereitung.

#### b) Arbeitsausschuß „Stahlleicht- und Stahlrohrbau“

Die Diskussionen und Beratungen in diesem Ausschuß müssen sehr in die Breite gehen, denn es liegt in der Natur der Sache, daß gerade das sehr differenzierte Gebiet des Stahlleichtbaues gegenüber dem konservativen

Stahlbau nicht leicht abzugrenzen ist. Darüber hinaus ist nirgends eine dem jetzigen Stand der technischen Entwicklung des Stahlleichtbaues entsprechende Regelung vorhanden, so daß keine existenten Vorschriften und Bestimmungen als Beratungsgrundlage herangezogen werden können. Vielfach handelt es sich aber hierbei auch um völlig neue Gebiete. In den bisherigen Sitzungen konnte über verschiedene Abschnitte eine maßgebende Fassung des Entwurfstextes erarbeitet werden, doch bedürfen noch wesentliche Punkte der Richtlinien einer Abklärung, so vor allem das Kapitel des Korrosionsschutzes und jenes der Verbindungsmittel, wobei bei letzterem der Punktschweißung und dem Kleben eine besondere Bedeutung zukommen wird. Aber auch der Abschnitt „Besondere Bauelemente“, der speziell für die Weiterentwicklung des Stahlleichtbaues zukunftsweisend ist, wird noch Gegenstand eingehender Diskussionen sein müssen, wobei vor allem hier die Mitarbeit der mit der Herstellung solcher Bauelemente befaßten österreichischen Firmen anzustreben ist, um deren grundsätzliche Auffassungen hinsichtlich Berechnung, Konstruktion und Ausführung kennenzulernen, die dann in den Stahlleichtbau-Richtlinien Aufnahme finden müssen.

#### c) Arbeitsausschuß „Leistungsbeschreibung für Stahlbrücken“

Die Arbeiten in diesem Ausschuß stehen vor dem Abschluß. Die letzte Entwurfsfassung der Leistungsbeschreibung für Stahlbrücken steht derzeit in Bearbeitung und wird in der nächsten Arbeitssitzung verabschiedet werden. Nach Redigierung des Entwurfes werden diese Richtlinien den Brückenbaubehörden als Grundlage für das Ausschreibungs- und Vergabeverfahren zugeleitet. Damit wird dieser Ausschuß seine Tätigkeit abgeschlossen haben, die eine Erleichterung der Ausschreibung von Stahltragwerken zum Ziele hatte.

#### d) Arbeitsausschuß „Verbundbau“

Der technische Fortschritt bringt es mit sich, daß der Verbundbau immer mehr an Bedeutung gewinnt. Erst durch den Verbundbau ist es möglich geworden, die Stahlkonstruktion als wirtschaftliche Bauweise in Gebieten anzuwenden, die bisher dem Stahlbeton allein vorbehalten waren. Dieser Entwicklung Rechnung tragend, wurde unter Vorsitz von Herrn Prof. Dr.-Ing. e. h., Dr.-Ing. Sattler der TH Graz ein Arbeitsausschuß ins Leben gerufen, dessen erste Sitzung kürzlich in Graz stattgefunden hat. Die Aufgabe des Ausschusses ist:

1. die Aufstellung von Richtlinien für derzeit noch nicht genormte Bauweisen, die eventuell bis zur normenmäßigen Behandlung als Grundlage für die Ausführung entsprechender Konstruktionen dienen können, und

2. die Ausarbeitung von Ergänzungsvorschlägen zu bestehenden Normvorschriften, soweit sich deren Ergänzung im Zuge der technischen Entwicklung als zweckmäßig erweist.

Ein Arbeitsprogramm wurde aufgestellt, in dessen Rahmen eine Reihe offener Probleme geklärt und in Richtlinien aufgenommen werden soll.

#### e) Arbeitsausschuß „Dampfkesselverordnung“

Zur Verbesserung der Konkurrenzlage der österreichischen Hersteller von Dampfkesseln und Druckbehältern wurden unter Mitwirkung des Leiters des Technischen Überwachungsvereines in Wien verschiedene Änderungs- und Ergänzungsvorschläge zu den Bestimmungen der Dampfkesselverordnung und der „Werkstoff- und Bauvorschriften für die Herstellung von Dampfkesseln“ (W. B. V.) eingebracht und beraten mit dem Ziel einer Anpassung an den derzeitigen Stand der Entwicklung und an die zum Teil modernen Vorschriften der benachbarten Erzeugungsländer. Es konnte erreicht werden, daß bezüglich wesentlicher Punkte der T. Ü. V. sich bereit erklärt hat, eine Ausnahmegenehmigung bei den zuständigen behördlichen Stellen zu erwirken; bezüglich weiterer Firmenvorschläge hat der T. Ü. V. Erleichterungen zugesichert.

#### f) Arbeitsausschuß „Korrosion“

Wegen der großen Bedeutung, die der Korrosionsschutz überhaupt und besonders auch für den Stahlbau hat, ist ein Arbeitsausschuß für Korrosionsfragen gebildet worden. In diesem Arbeitsausschuß wirken Vertreter der auftraggebenden Behörden, der Stahlbauanstalten und der mit der Konservierung von metallischen Konstruktionen befaßten Firmen mit, um die Entwicklungen der Anstrich- und Korrosionsschutztechnik zu fördern und sich daraus ergebende konstruktive und fertigungstechnische Fragen gemeinsam zu diskutieren.

#### g) Arbeitsausschuß „Stahlrohrgerüste“

Im Fachnormenausschuß „Stahlbau“ hat sich ein Unterausschuß gebildet, der auf Grund der vom Stahlbauverband erarbeiteten und fertiggestellten Richtlinien für den Stahlrohrgerüstbau deren Normung vorbereitet. Die Auswertung der vom Stahlbauverband veranlaßten Windkanalversuche an Stahlrohrgerüstteilen für deren praktische Bemessung ist noch im Gange. In der DDR durchgeführte Windkanalversuche bestätigten das Ergebnis der Wiener Versuche.

Allen in den Arbeitsausschüssen tätigen Mitarbeitern, die durch ihre selbstlose und nützliche Arbeit zum Fortschritt der Stahlbautechnik beitragen, sei an dieser Stelle aufrichtig und bestens gedankt!

## 2. Europäische Konvention der Stahlbauverbände

Erwähnt seien die Arbeiten in jenen Kommissionen, in denen der Österreichische Stahlbauverband maßgeblich vertreten ist und wo im Berichtsjahr sichtbare Fortschritte erzielt wurden.

**Kommission 6, Normalisierung und Reduktion der im Stahlbau zu verwendenden Profile:**

Diese Kommission hat im Berichtsjahr den Normungsentwurf für gleichschenkelige und ungleichschenkelige Winkel, den sie im Einvernehmen mit der zuständigen Arbeitsgruppe der Montanunion aufgestellt hat, herausgebracht. Dieser Entwurf kommt den Bedürfnissen der Stahlbauindustrie weitgehend entgegen und bringt hauptsächlich die Einführung dünnerer Winkel (etwa  $\frac{1}{15}$  der Schenkelbreite) in der Normreihe mit sich.

**Kommission 8, Stabilitätsprobleme:**

Ziel dieser Kommission ist die Aufstellung einheitlicher Werte für die zulässigen Knickspannungen im europäischen Raum. Der Schwerpunkt der Arbeiten dieser Kom-

mission liegt in zwei Unterausschüssen, deren einer mit theoretischen Untersuchungen des Knickproblems und der andere mit der Programmierung und Durchführung von Versuchen befaßt ist. Gegenwärtig werden Profile der IPE-Reihe 160 verschiedener Provenienz, darunter auch der Alpine, untersucht und auf ihre Knickfestigkeit geprüft.

## 3. Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (IVBH)

Am 8. und 9. Mai 1962 hielt der Ständige Ausschuß der IVBH in Wien seine 28. Sitzung ab, die vom Österreichischen Stahlbauverband gemeinsam mit dem Österreichischen Betonverein vorbereitet wurde. 22 Staaten entsandten insgesamt 69 Delegierte, die sich aus hervorragenden Fachleuten zusammensetzten. Die Sitzung war insbesondere der Vorbereitung des 7. Kongresses der IVBH im Sommer 1964 in Rio de Janeiro gewidmet.

Im Anschluß daran wurde ein Besichtigungsprogramm quer durch Österreich durchgeführt, bei dem bedeutende neuere Stahlkonstruktionen, wie z. B. die Jubiläumshalle der Wiener Messe, Kraftwerk und Donaubrücke bei Aschach, das Festspielhaus Salzburg und die Europabrücke gezeigt werden konnten. Die Gäste aus aller Welt zeigten sich sehr beeindruckt von dem Gesehenen.

## 4. Beratungsstelle für Stahlverwendung

Die Zusammenarbeit mit den europäischen Stahlberatungsstellen war auch im Berichtsjahr eine sehr intensive. Besonders erwähnt wird der Versand von Informationsschriften, Erfahrungsberichten, Merkblättern über sachgemäße Stahlverwendung, welche wir in großzügigster Weise kostenlos von der Beratungsstelle in Düsseldorf erhalten, ferner die Aussendung von Monographien über Stahlverwendung, Vergabe von Lichtbildervorträgen und Verbreitung von sonstigem Werbematerial. In dieser auf breitester Basis betriebenen Informationstätigkeit werden behördliche und private Auftraggeber, Ingenieurkonsulenten, Architekten, technische Hochschulen und Gewerbeschulen und sonstige am Stahlbau interessierte Stellen und Persönlichkeiten erfaßt.

## 5. Publikationen

### a) Stahlbau-Rundschau

Im Berichtsjahr sind die Hefte Nr. 21 und Nr. 22 erschienen, die folgende Beiträge enthalten:

Heft 21: Sonderheft „Österreichische Stahlbautagung 1961, Innsbruck“:

„Entwicklungstendenzen im Seilbahnbau“ – Prof. Dr.-Ing. Czitary.

„Der Werkstoff Stahl und die Aufgaben der Nahförderung“ – Prof. Dr.-Ing. Billich.

„Die Eisenbahnen als Stahlverbraucher, unter besonderer Berücksichtigung des Oberbaues“ – Zentralinsp. Dipl.-Ing. Czuba.

„Brückenbauten der Österreichischen Bundesbahnen“ – Dir.-Rat Dipl.-Ing. Tschepfer.

„Stählerne Straßenbrücken in Tirol“ – OBR Dipl.-Ing. Gruber.

Heft 22:

„Die Jubiläumshalle der Wiener Messe AG“ – Dipl.-Ing. Schreiner.

„Die geschichtliche Entwicklung der Weichen“ – Dr.-Ing. Simon.

„Olympia-Kunsteisstadion in Innsbruck“ – Pressestelle der OAMG.

„Triebwagen-Gornitur für die Wiener Schnellbahn“ – Dipl.-Ing. Jud.

„Die Straßenbrücke über die Donau in Aschach“ – Dipl.-Ing. Müller und Dipl.-Ing. Grabner.

„Ein neues österreichisches Zementwerk in Stahlskelettbauweise“ – Ziv.-Ing. Prof. Dr.-Ing. Krapfenbauer.

„Die Rolle als Stetigförderer“ – Dipl.-Ing. Monsberger.

#### b) Acier – Stahl – Steel

In der Internationalen Fachzeitschrift für Stahlverwendung „Acier – Stahl – Steel“ war die österreichische Stahlindustrie mit folgenden Beiträgen vertreten:

„Zur Knicklänge von Füllstäben aus Rundstahlschlangen“ – Dozent Dr. Resinger.

„Messe-Jubiläumshalle auf dem Gelände der Wiener Internationalen Messe“ – Architekt Dipl.-Ing. Bayer.

„Jauntalbahn-Draubücke“ – Direktionsrat Dipl.-Ing. Tschepfer.

„300/75/15 t-Gießkrane“ – Obering. Dr.-Ing. Willi.

„Interessante Konstruktionen im Laufkranebau“ – Ing. Beidl.

Ferner wurde in der Rubrik „Chronik“ über folgende Objekte von österreichischer Seite berichtet:

„Neue Großtribüne des Wiener Eislaufvereines“,

„Ein 150 t-Hammerkran“,

„Hochvakuumbehälter für die Atomforschung“,

„Österreichische Stahlwasserbauanlage für Übersee“,

„Wehrkran Aschach“.

Die in den Sprachen Deutsch, Französisch, Englisch, Italienisch und Spanisch erscheinende Zeitschrift mit einer Auflagenzahl von mehr als 25 000 Exemplaren im Monat ist in der ganzen Fachwelt verbreitet.

#### c) Mitteilungen der „Stahlbau-Rundschau“

Diese Mitteilungen, die monatlich erscheinen und die nur in Österreich mit einer Auflage von rund 600 Stück an alle am Stahlbau interessierten Kreise versendet werden, enthalten neben Berichten über Forschungs- und Versuchsergebnisse, neuere Entwicklungen sowie über Arbeiten in den technischen Arbeitsausschüssen einen umfassenden Literaturdienst mit Hinweisen auf einschlägige in- und ausländische Fachzeitschriften mit Angabe der Titel der Beiträge und zum Teil mit kurzen Inhaltsangaben. Weiters enthalten diese Mitteilungen die Wiedergabe der Berichte, die wir laufend vom Deutschen Ausschuss für Stahlbau über dessen Arbeiten erhalten, und schließlich Bekanntmachungen über interessante internationale Veranstaltungen und Kongresse, sowie österreichische und deutsche Patentnachrichten, so daß sie eine kurzgefaßte Information über Fortschritt und Entwicklung auf dem Gebiete des Stahlbaues darstellen.

#### d) VDI-Nachrichten

Die weit verbreiteten VDI-Nachrichten brachten in ihrer Nummer vom 5. September 1962 eine Österreich gewidmete Beilage, in der an hervorragender Stelle durch den Österreichischen Stahlbauverband ein umfassender Bericht über die jüngste Entwicklung des österreichischen

Stahlbaues und seine eindrucksvollen Leistungen untergebracht werden konnte, die damit einem außerordentlich breiten Kreis im Ausland zur Kenntnis kamen.

#### 6. Stahlbauseminar

Im Berichtsjahr wurde in Tübnitz gemeinsam mit der zuständigen Abteilung des Bundesministeriums für Unterricht vom 24. bis 29. September ein Stahlbauseminar abgehalten. Am Seminar nahmen 26 Professoren aller österreichischen Gewerbeschulen teil, die über neue Erfahrungen und Entwicklungen in den einzelnen Sparten des Stahlbaues sowie über theoretische Probleme mittels nachfolgender Vorträge informiert wurden:

„Schweißung – Hochfeste Schraubenverbindungen – Klebeverbindungen“ – Obering. D. I. Weiss und D. I. Wallner, VOEST.

„Industrie- und Hallenbau“ – Dipl.-Ing. Schreiner, VOEST.

„Stahlleichtbau“ – Prof. Dr.-Ing. Krapfenbauer.

„Kesselbau und Behälterbau“ – Dir. Dr.-Ing. Markow und Obering. Dipl.-Ing. Moder, Waagner-Biro.

„Kraftwerks- und Turbinen-Zubehörteile des Stahlbaues“ – Direktor Dipl.-Ing. Scheuer, M. F. Andritz.

„Druckrohrleitungen“ – Dipl.-Ing. Feder, VOEST.

„Werkstoffprüfung – Montagebauweisen“ – Dir. Dr.-Ing. Oberndorfer und Ing. Neunteufel, VOEST.

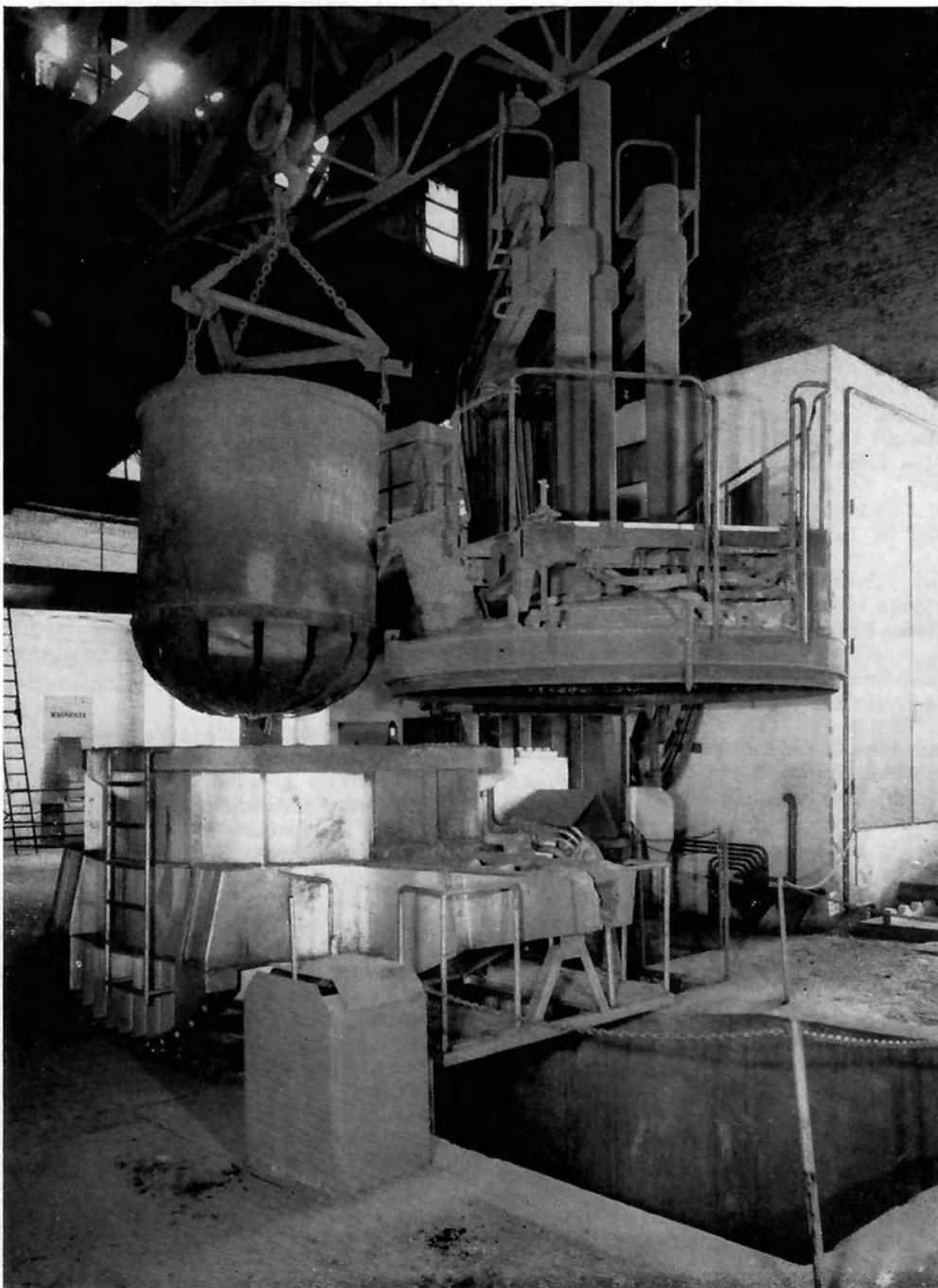
„Konstruktives Zeichnen im Stahlbau“ – Dipl.-Ing. Pfohl, Waagner-Biro.

Wegen des großen Interesses, das diese Veranstaltung bei den Teilnehmern gefunden hat, wurden wir vom Bundesministerium für Unterricht gebeten, auch im Jahre 1964 wieder ein Stahlbauseminar abzuhalten. Durch diese ständige Einrichtung der Stahlbauseminare hat sich eine enge Verbindung mit allen höheren Gewerbeschulen ergeben, wodurch es möglich ist, sowohl die Lehrer als auch die Schüler durch laufende Übersendung von Informationsschriften, Mitteilungen über ausgeführte Bauten und Konstruktionen u. dgl. über den Fortschritt und Neuerungen der Stahlbautechnik auf dem laufenden zu halten. Darüber hinaus werden über Ersuchen der Gewerbeschulen jährlich ein oder zwei Lichtbildervorträge über Themen des Stahlbaues in das Unterrichtsprogramm eingebaut, die eine wertvolle praktische Ergänzung des theoretischen Unterrichtes darstellen und auf diese Weise der Kontakt zwischen Industrie und technischem Nachwuchs aufrecht erhalten werden kann.

#### 7. Bevorstehende Veranstaltungen

Europäisches Symposium „Schutz von Stahlkonstruktionen durch metallische Überzüge“.

Der Österreichische Stahlbauverband ist Mitglied der Europäischen Föderation Korrosion. Es ist beabsichtigt, einen Europäischen Arbeitsausschuß, der sich ausschließlich mit Fragen des Korrosionsschutzes von Stahlkonstruktionen befaßt, zu bilden. Die Gründung dieses Arbeitsausschusses soll eingeleitet werden durch die Veranstaltung eines Europäischen Symposiums „Schutz von Stahlkonstruktionen durch metallische Überzüge“, welches vom 19. bis 21. September 1964 in Wien abgehalten wird.



LICHTBOGEN-  
OFEN  
mit  
SCHWENKDECKEL  
und  
ELEKTROHYDR.  
REGULIERUNG,  
SYSTEM BBC



KORB-  
BESCHICKUNG  
des OFENS

WIRTSCHAFTLICHES  
SCHMELZEN mit

INDUKTIONS- und  
LICHTBOGENOFEN

OESTERREICHISCHE BROWN BOVERI-WERKE AKTIENGESELLSCHAFT

Europabrücke — die mit Böhler-Elektroden geschweißt,  
mit Böhler-Preßluft-Schlagschraubern geschraubte und  
mit Böhler-Niethämmern genietete Brücke zu  
Europa von Morgen — ein Beweis des Vertrauens in die  
„verbindenden“ Kräfte unserer Erzeugnisse



GEBR. BOHLER & CO. AKTIENGESELLSCHAFT WIL

Photo: Albrecht, Innsbruck





**KRANE  
Förderanlagen**

**WIENER BRÜCKENBAU- UND EISENKONSTRUKTIONS-AG.**  
WIEN 67, POSTFACH

TEL. 64 36 86



GESCHWEISSTER SHED-BAU

**STAHLHOCHBAU**

PROJEKTIERUNG, STATISCHE BERECHNUNG  
KUNDENBERATUNG  
LIEFERUNG UND MONTAGE KOMPLETTER ANLAGEN

**KRANBAU**

**STAHLWASSERBAU**

**SCHWEISSKONSTRUKTIONEN**

MASCHINENFABRIK  
**ANDRITZ**  
ACTIENGESELLSCHAFT  
*Graz-Andritz Austria*

# OESTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT

das Werk

ZELTWEG

lieferte die

## STAHLKONSTRUKTION

für das österreichische Botschaftsgebäude

in MOSKAU



aus dem weiteren Stahlbau-Erzeugungsprogramm  
des Werkes Z e l t w e g :

**STAHLSCHELETTE**

**HALLENKONSTRUKTIONEN**

**GROSSGARAGEN**

**BEHÄLTER**

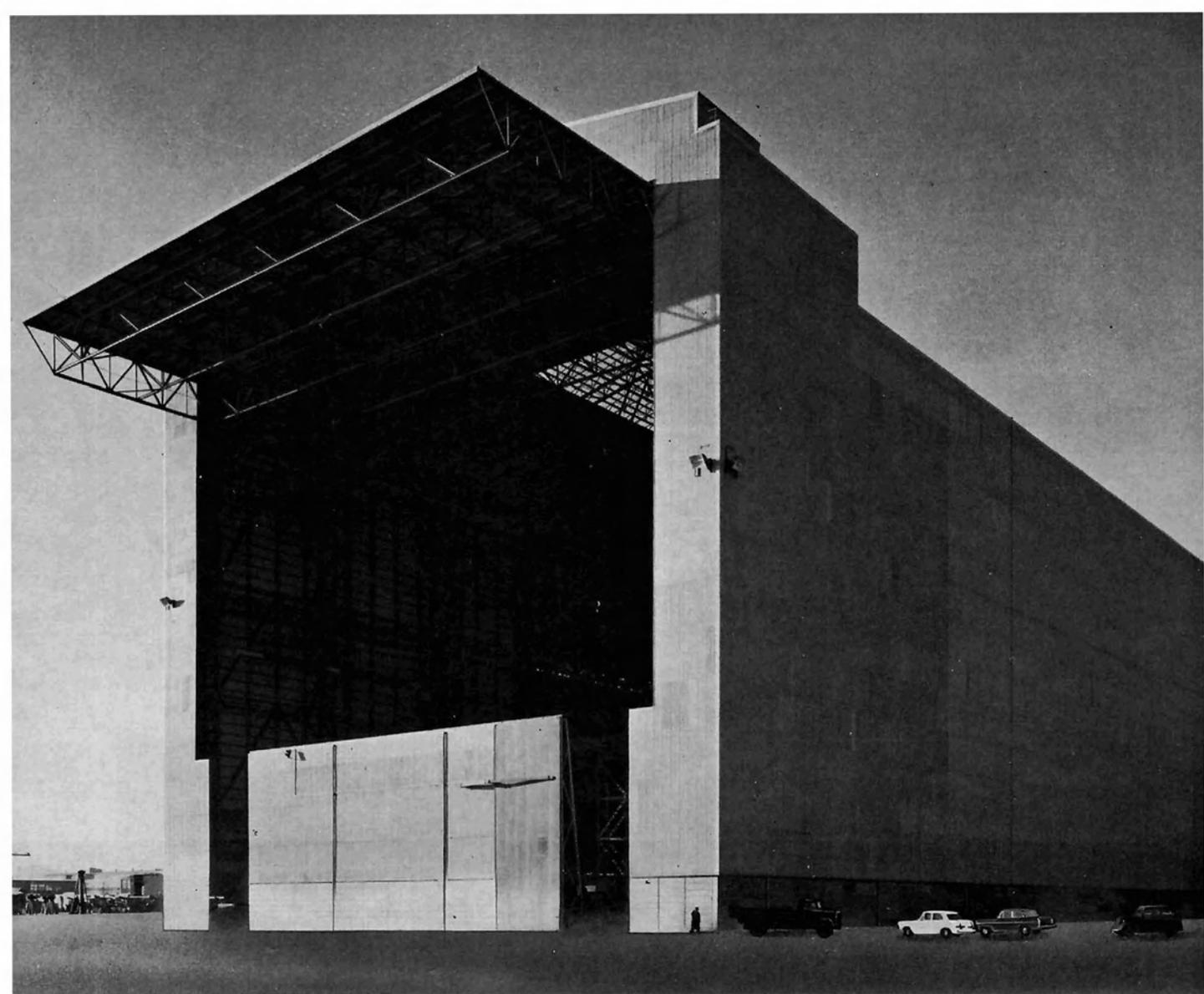
**SICHERHEITSLAUFBÄHREN**

**LAWINENSCHUTZBAUTEN**

**WASSERSPULEN für Güterwege**

**OESTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT**

**WIEN I, FRIEDRICHSTRASSE 4**



## Stahlhochbau

Zur Fertigstellung von Schiffsteilen bis 600 t Gewicht in einer geschlossenen Halle lieferte und montierte Waagner-Biro die Stahlkonstruktion der Sektionswerkstätte.

Die Breite der Halle beträgt 65 m, die Länge 160 m. Der First liegt 60 m über dem Gelände. Das im Bild hochgekippt gezeigte Tor gibt die Durchfahrt frei für die beiden 300-t-Bockkrane zum Transport der Schiffssektionen in das Trockendock.

**WAAGNER-BIRO**   
WIEN AKTIENGESELLSCHAFT GRAZ



### AUS UNSERER WERKZEUGMASCHINENPRODUKTION:

EINSTÄNDEREXZENTERPRESSE  
DOPPELWANDIGE EXZENTERPRESSEN  
MECH. DOPPELSTÄNDERPRESSEN  
ABKANTPRESSEN HYD.  
ABKANTMASCHINEN  
BLECHSCHEREN  
BLECHRICHTMASCHINEN  
BLECHRUNDMASCHINEN  
PROFILEISENRUNDMASCHINEN  
ELEKTRONISCH GESTEUERTE  
SCHWEISSTISCHE  
SPINDELPRESSEN

HYD. BLECHZIEHPRESSEN  
HYD. C-STÄNDERPRESSEN  
HYD. SPEZIALPRESSEN  
HYD. STEINPRESSEN  
HYD. ELEKTRODENPRESSEN  
HYD. KUNSTSTOFFPRESSEN  
HYD. HEIZPLATTENPRESSEN  
HYD. PLATTENPRESSEN  
HYD. PRESSPUMPEN  
HYD. STEUERUNGEN  
HYD. AKKUMULATORENANLAGEN  
SCHALTSCHRÄNKE FÜR HYD.  
ANLAGEN



Fertigungshalle für Werkzeugmaschinen

Weiters erzeugen wir

**LASTHEBEMAGNETE** für die verschiedensten Verwendungszwecke

**SIMMERING-GRAZ-PAUKER A.G.**

Zentrale: Wien VII, Mariahilfer Straße 32, Tel. 93 35 35, FS 01 2767

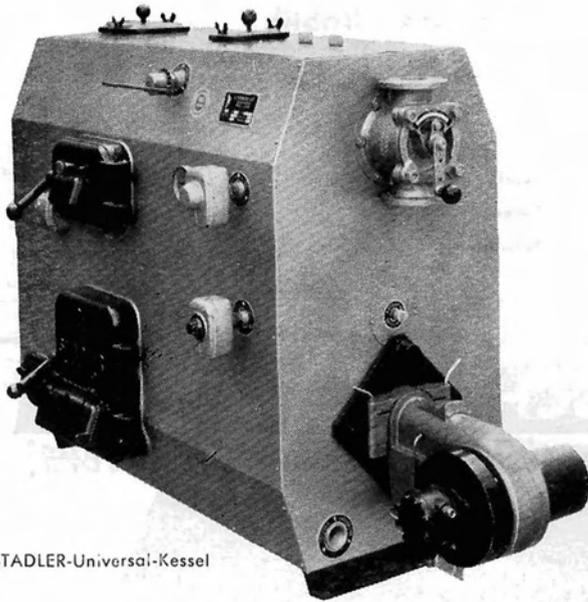
# STADLER-Universal- Zweistoffbrand-Heizkessel

Das deutsche Spitzenfabrikat, in Österreich erzeugt. Für die Beheizung seines Hauses wählt der modern denkende, fortschrittliche Bauherr die Warmwasser-Zentralheizung.

Dazu wählt und braucht er den STADLER-Universal-Heizkessel mit allen seinen außerordentlichen Vorzügen.

Der Kessel für Öl, Gas und feste Brennstoffe.

Der Kessel mit zwei voneinander getrennten Brennkammern, daher der Kessel mit größter betrieblicher Störungsfreiheit und Sicherheit. Ohne Unterbrechung bei Änderung des Brennmaterials, ob Öl oder fester Brennstoff.



STADLER-Universal-Kessel

Werkfoto: Kesselfabrik Hans Rendl, Salzburg

Der Kessel mit der hygienischen Frisch-Warmwasser-Erzeugung.

Kein abgestandenes Warmwasser mehr.

Der Kessel mit der wirtschaftlichen Regelung der Heizungs-Wassertemperatur. Einsparung von unnötigen Heizkosten durch das angebaute Beimischventil.

Der Kessel mit seiner vorzüglichen behördlichen Begutachtung.

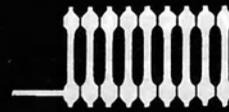
Der Kessel mit seiner gediegenen, soliden, gedrungene Ausführung.

Der Kessel mit seinem niederen Preis in 10 verschiedenen Größen von 25 000 bis 200 000 WE.

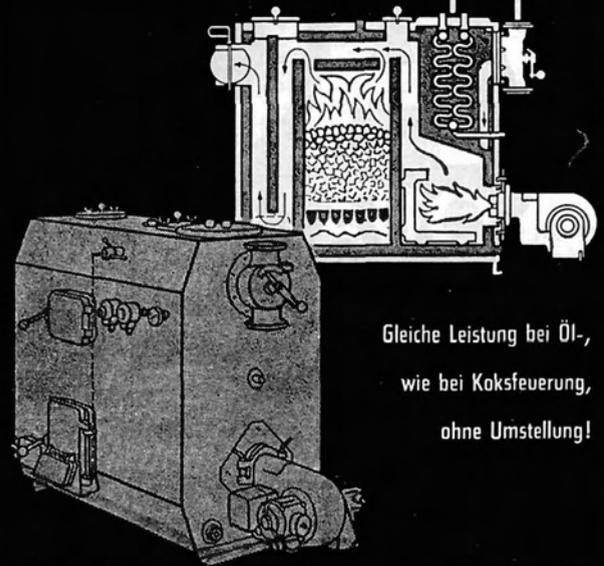
Erzeugt in Österreich von: Firma HANS RENDL, KESSELFABRIK SALZBURG, Siezenheimer Straße 31.

Verlangen Sie bitte unsere Prospekte und Gutachten sowie unsere Beratung. Vertretungen in allen Bundesländern. Wir warten auf Sie.

# DEUTSCHES SPITZENERZEUGNIS IN ÖSTERREICH HERGESTELLT



## STADLER-UNIVERSAL-HEIZKESSEL



Gleiche Leistung bei Öl-,  
wie bei Koksfeuerung,  
ohne Umstellung!

**HANS RENDL** KESSELFABRIK  
SALZBURG, SIEZENHEIMERSTRASSE 31  
TELEPHON: 46-33 SERIE, FS.: 06-426



Seit über 80 Jahren

# O. M. MEISSL & CO.

Gesellschaft m. b. H.

Technische Anstriche, Sandstrahlentrostung und Spritzmetallisierung

Wien III, Marxergasse 39    Telefon 72 42 01    Fernschreiber 3403



## Feuerverzinkungen

**Brunner Verzinkerei**

**Brüder Bablik**

WIEN XVIII,  
SCHOPENHAUERSTRASSE 36

Telefon: 33 46 36 Serie

Fernschreiber: 1791

Tel.-Adresse: Zingagefer

**GUTES ÖSTERREICHISCHES WERKZEUG-**  
*der verlängerte Arm des österreichischen Facharbeiters!*



*zum Schweißen - Schneiden - Löten und für  
alle anderen autogenen Metallbearbeitungs-Verfahren  
ergänzen das Können von Kopf und Hand zum  
erfolgsicheren Dreiklang!*

**VERKAUFSTELLE FÜR WIEN: WIEN 6., LEHARGASSE 3**

**AGA - WERKE WIEN GES. M. B. H., Wien IV, Prinz-Eugen-Straße 72, Tel. 65 66 31**

**FÜR STAHLBAU UND INDUSTRIE**

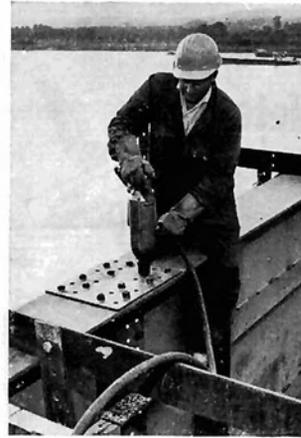
**Hochfeste  
Schrauben  
und Muttern**

**Güteklassen  
5D 8G 10K**

**BREVIILLIER-URBAN A.G.**

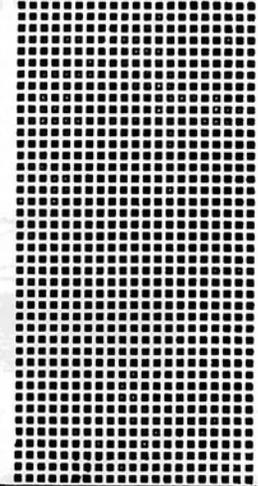
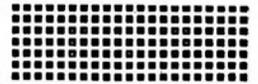
**WIEN VI, LINKE WIENZEILE 18, TEL. 561516**

Druckluftwerkzeuge  
aller Art



Drehmomentschlag-  
schrauber im Einsatz  
beim Bau  
einer Brücke

Spezial-Gebiete:  
Bohrvorschub-  
einheiten und  
Mehrfachschräuber



Pressluftwerkzeug-  
und Maschinenbau

**PREMAG**

G M B H

6222 Geisenheim/Rhein

Alleinvertretung für Österreich:  
BLASCHKE & VAHL, WIEN I, Hegelg. 15, Tel. 52 49 53, Telex 01/3385



## Wiener Internationale Messe

Frühjahrsmesse 15.-22. März 1964

Herbstmesse 13.-20. September 1964

Im September 1921 öffnete die Wiener Messe zum erstenmal ihre Tore. Von dieser unter den tristesten Wirtschaftsverhältnissen abgehaltenen Messe bis zu den Konjunkturmessen von heute spannt sich der Bogen einer mehr als 40jährigen Messeentwicklung, die parallel zur allgemeinen Wirtschaftsentwicklung verlief. Zur Zeit ihrer Gründung noch umstritten, ist die Wiener Messe heute aus der österreichischen Wirtschaft nicht mehr wegzudenken. Als europäische Großmesse steht sie in der ersten Reihe jener Wirtschaftsveranstaltungen, welche Motor und Spiegel des Weltmarktes sind. Auf einem Gelände von 400 000 m<sup>2</sup> entfalten 3000 österreichische und 2000 ausländische Aussteller aus 20 Staaten eine gigantische Warenschau von 25 000 Exponaten vor 65 000 Besuchern aus 70 Ländern aller Kontinente.

Damit ist die WIENER INTERNATIONALE MESSE der Boden für das Treffen der Wirtschaftstreibenden – ob Aussteller oder Interessenten – aller Wirtschaftsräume.



## Blindnieten

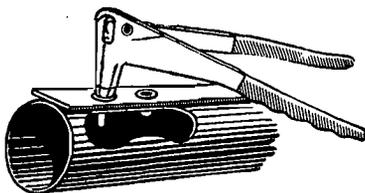
die Ihnen die Augen  
öffnen!

Rationelle Blindvernetzung  
von **EINER** Seite –  
**EIN** Mann –  
in **EINEM** Arbeitsgang



aus Aluminium  
aus Monel  
aus Kupfer  
aus Weichstahl  
hohe Scher- und Zugkraft

luft- und wasserdicht  
aus Aluminium  
aus Kupfer  
äußerst  
druckfest



Für Fahrzeug-, Karosserie-, Kühlmöbel-, Waggon-, Behälter-  
Apparatebau, Elektroindustrie und v. a. m.  
Arbeitsleistung bis 1200 Nieten stündlich  
Bis 50 % Kostenersparnis

**Oesterreichische Vereinigte Schuh-  
maschinen-Gesellschaft**

Gesellschaft m. b. H.

**ALLGEMEINE INDUSTRIE-ABTEILUNG**  
Wien VII, Schottenfeldg. 85, Tel. 93 14 05, FS 01-2797

## Rednerkrankheit?

Ja, die gibt es. – Aber ein Trost: Sie ist heilbar! Die sogenannte „Kunst“ der freien Rede ist erlernbar. Bekannte Männer, deren rhetorische Leistungen heute bewundert werden, hätten früher nie an sich geglaubt, so unsicher fühlten sie sich.

Die „Geheimnisse“ der Kunst der freien Rede sind entschleiert. Nehmen Sie das Buch

**„Sie haben das Wort, Herr Direktor“**

200 Seiten mit Schallplatte, Leinen S 146,50.

Dieses Werk gibt Ihnen keine fertigen Reden in die Hand. Es sagt Ihnen aber, wie man zum Beispiel das Lampenfieber überwindet, wie man die Stimme richtig führt, wie man in Räumen mit und ohne Mikrophon spricht, wie man richtig atmet, was man betont, wie man mit Dolmetscher spricht, wie auf Tagungen und Konferenzen und hundert andere Dinge in geradezu spannender Art und Weise.

Die Schallplatte bringt Ihnen die Lehrbeispiele meisterhaft akustisch näher. Versuchen Sie einmal auf Anhieb alles fehlerfrei nachzusprechen, Sie werden staunen, wie schwer eigentlich unsere Zunge ist. Folgen Sie der von Heinrich George gesprochenen Kleist-Novelle auf der zweiten Seite, Sie werden hören, wie man Spannung meisterlich erzeugen kann. – Bestellen Sie das Buch mit der Platte noch heute bei der

**BOHMANN-FACHBUCHHANDLUNG**

Wien I, Canovagasse 5  
Fernruf 65 86 85

# Stahl

# schaft

# Wohlstand

**ÖSTERREICHISCHER STAHLBAUVERBAND**

Wien IX, Fürstengasse 1 · Telefon 341277