

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 20

Artikel: Stahlmaste für Hochspannungsleitungen
Autor: Holliger, Urs
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62625>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

2. Proben geschweisst mit Elektroden Univers W, planeben abgearbeitet. Ursprungsfestigkeiten:

$$U_1 : 28,4 \text{ kg/mm}^2 \quad U_2 : 28,2 \text{ kg/mm}^2 \quad U_3 : 29,1 \text{ kg/mm}^2$$

3. Proben aus Flachstahl geschnitten (Bild 7), mit Elektrode Supercito F 177 mit absichtlich erzeugten Fehlstellen (Bild 8), geschweisst, planeben abgearbeitet. Ursprungsfestigkeiten:

$$F_1 : 23,0 \text{ kg/mm}^2 \quad F_2 : 23,4 \text{ kg/mm}^2$$

Aus diesen drei Serien geht hervor, dass die Festigkeit des Stosses nicht durch die Trägerform oder durch die Behinderung beim Schweissen durch die Stegöffnung (Blaswirkung usw.) beeinflusst wird. Dagegen setzen Schweisfehler, Einschlüsse und Poren die Ursprungsfestigkeit beträchtlich herab.

Da diese Untersuchungen mit Siemens-Martinstahl durchgeführt wurden, erachtete man es als zweckmässig, weitere Proben zu erstellen, die materialmässig dem in Frage stehenden Träger besser entsprechen. Es wurden daher vier Probe-stäbe der Uebergangszone Steg-Flansch des geschweissten DIE-55-Stosses entnommen. Grundmaterial beruhigter Thomasstahl. Elektroden Univers W. Oberflächen planeben abgearbeitet.

Ursprungsfestigkeiten: Zustand der Naht:

$\sigma_u = 20,3 \text{ kg/mm}^2$	Pore
$\sigma_u = 20,6 \text{ kg/mm}^2$	kleine Fehlstellen
$\sigma_u = 27,0 \text{ kg/mm}^2$	einwandfrei
$\sigma_u = 24,6 \text{ kg/mm}^2$	Pore

Der Vergleich dieser Ergebnisse mit denjenigen der obigen Reihen zeigt deutlich den Einfluss des Grundmaterials. Selbst mit den bewusst eingebrachten Fehlstellen gibt der Siemens-Martinstahl bessere und gleichmässige Resultate. Die Rissanfälligkeit der Wurzelnaht ist bei Verwendung der starkbasischen Elektrode Univers W kleiner. Aus allen Untersuchungen geht hervor, dass die Stumpfstösse bei Verwendung von Thomas-Material, auch wenn dieses beruhigt ist, mit starkbasischen Elektroden geschweisst werden müssen. Damit wird die sonst vorhandene Anfälligkeit für Einschlüsse und die Rissempfindlichkeit der Wurzelnaht heruntersetzt.

Die vorstehend beschriebenen Versuche zeigen, dass das Anordnen einer Aussparung im Steg direkt oberhalb bzw. unterhalb der Flanschnaht deren einwandfreie Ausführung ermöglicht. Dabei muss dem gründlichen Entfernen der Schlackenreste jeder Schweisslage grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden, um eine genügende Ursprungsfestigkeit zu erhalten. Die Höhe der Aussparung sollte auf das äusserste gedrückt werden, damit die Spannungen am inneren Lochrand nicht übermässig anwachsen. Von den Stossnähten können dank der Aussparung im Steg durchgehende Röntgenbilder gemacht werden.

Solche geschweisste Stösse können bei sorgfältiger Ausführung nicht nur bei statisch beanspruchten Trägern, sondern auch unbedenklich für dynamisch beeinflusste Konstruktionen, wie Kranbahnen und Brücken, Verwendung finden. Für grössere zusammengesetzte Träger ist dabei die Verwendung von Siemens-Martinstahl zu empfehlen. Alle erwähnten Versuche sind von der EMPA durchgeführt worden.

Stahlmaste für Hochspannungsleitungen

DK 621.315.668.2

Von Urs Hulliger, Dipl. Bau-Ing., in Firma Schächli AG., Zürich

1. Allgemeines

Stahlmaste als Elemente elektrischer Uebertragungsleitungen werden in den Werkstätten der schweizerischen Stahlbauindustrie erst seit etwa 40 Jahren hergestellt. Eingegliedert in die übrigen Aufgabenbereiche des Stahlbaues, kommt dem Mastbau die Rolle einer jüngeren Sparte zu, die sich jedoch nicht minder rasch entwickelte und heute einen ansehnlichen Formenreichtum aufweist.

Der Mastbau ist gekennzeichnet durch andauernde Uebergänge in den Belastungen. Diese ergeben sich: 1. Aus der

Verwendung neuer Leitermaterialien, 2. Aus der Vergrösserung der Spannweiten der elektrischen Leiter, 3. Aus der fortschreitenden Erhöhung der Uebertragungsspannungen, angefangen von 15 kV bis zu 380 kV heute.

2. Entwurf und Ausführung von Masten

Dem Konstrukteur und Statiker sind beim Entwurf und für die Ausführung meist die folgenden Grundlagen gegeben:

a) Das Leiterbild (s. Bild 1) schreibt die erforderlichen Abstände der Stahlkonstruktion von den unter Spannung stehen-

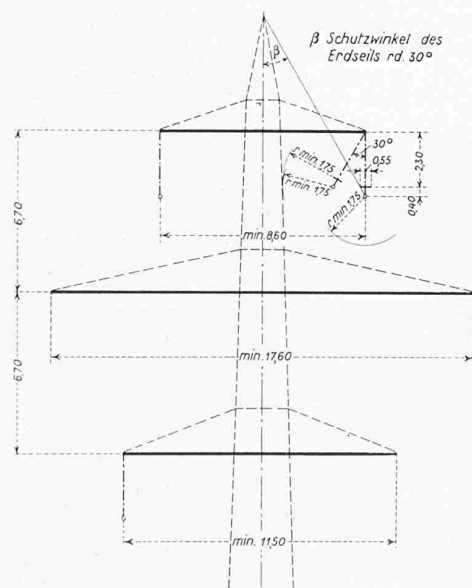


Bild 1. Leiterbild des Tragmastes einer 225-kV-Leitung

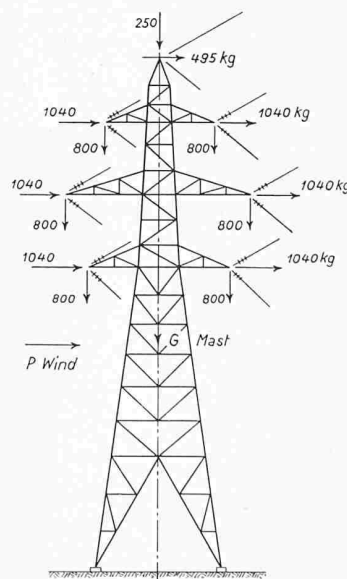


Bild 2. Belastungsschema für den Abspannmast einer 225-kV-Leitung. Leitungswinkel: 166°, Spannweite 450 m, Leiter 6 x 400 mm² Aldrey

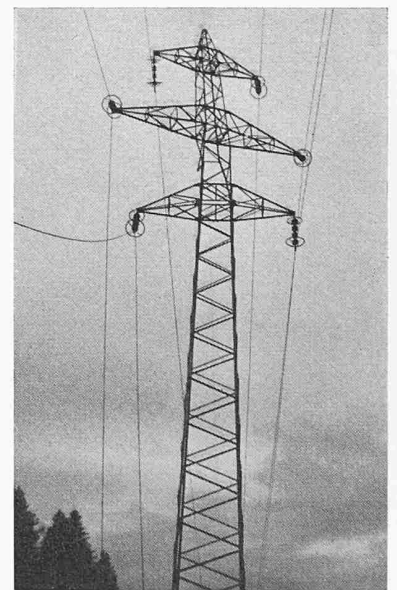


Bild 3. Defekter Stützast der 150-kV-Leitung Ragaz-Grynau, EW Zürich. Trotz des Bruches von 2 Leitern — infolge Baumfällen — nur lokal begrenzte Schäden

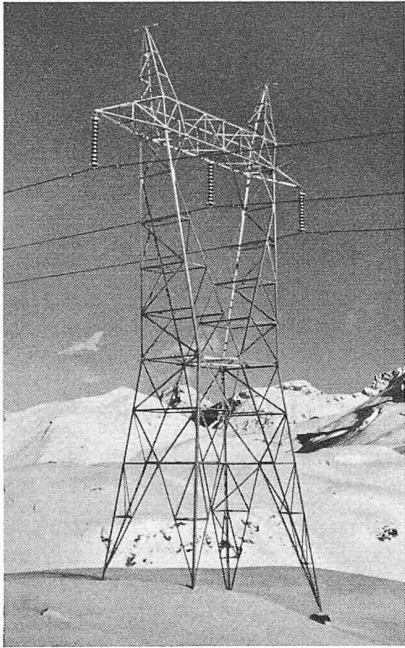


Bild 4. X-Mast der 225-kV-Leitung Löbbia-Bivio (Kt. Graubünden), EW Zürich

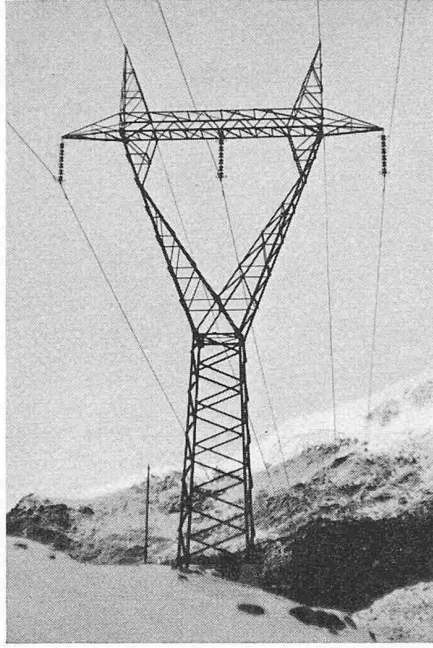


Bild 5. Y-Mast der 225-kV-Leitung Löbbia-Bivio

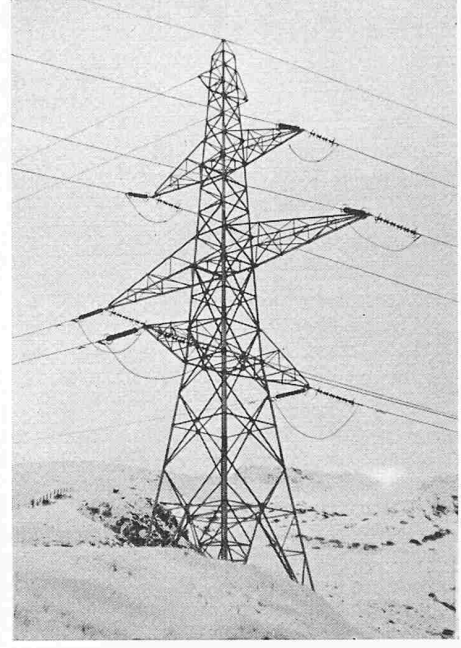


Bild 6. Sammelmast zweier 225-kV-Leitungen bei Bivio

den Leitern vor und umgrenzt den Konstruktionsraum. *b)* Das Belastungsschema. Die zu wählenden Belastungsfälle sind durch amtliche Vorschriften (Eidg. Verordnung über elektrische Anlagen vom 7. Juli 1933) vorgeschrieben. Grundlegend für die Ermittlung der einzuführenden Lasten (Seilzüge und lotrechte Lasten) ist die Seilberechnung. Diese wird im allgemeinen von der Bauherrschaft durchgeführt und dem Statiker in Form des Belastungsschemas übermittelt (siehe Beispiel Bild 2, für welches folgender Belastungsfall gilt (Art. 95 II, 2a der Verordnung): *a)* Resultierende der Leiterzüge und des Erdseils bei 0° , ohne Zusatzlast; *b)* Winddruck auf die Leiter, die Isolatoren, das Erdseil und die Mastkonstruktion in Richtung der Resultierenden; *c)* Leitergewicht, Erdseilgewicht, Isolatoren- und Montagegewicht).

Beim Entwurf des Mastbildes wird sich der Konstrukteur vor allem an Normtypen halten, die sich in der Praxis bewährt haben und auch ästhetisch zu befriedigen vermögen. Dem Ingenieur stellt sich nicht nur die Aufgabe, möglichst wirtschaftlich zu dimensionieren; er hat dazu auch Bedingungen anderer Art zu berücksichtigen wie: Transportmöglichkeiten; Grösse der zur Verfügung stehenden Bäder in der Verzinkerei; Verwendung von ein oder zwei Grössen der Verbindungsmittel bei einer Mastserie; Anordnung der Ausfachungen so, dass der Mast zur Kontrolle der elektrischen Teile leicht bestiegen werden kann; Wahl der Profile derart, dass der Möglichkeit eines späteren Umbaus (z. B. Erhöhung der Uebertragungsspannung) Rechnung getragen wird (bei Stabverstärkungen sollten die Schraubenbilder in den Knotenblechen beibehalten werden können); Bemessung des Gesamtbauwerks so, dass bei Ueberbeanspruchungen (z. B. Leiterbruch bei Stützmasten) nicht die Sicherheit des ganzen Mastes in Frage gestellt wird, sondern nur örtliche Beschädigungen auftreten (Bild 3).

3. Beispiel einer ausgeführten Leitung

Die im Jahre 1954/55 erstellte 225-kV-Leitung Löbbia-Bivio führt Energie von der Bergeller Kraftwerken Albigna und Castasegna über den Septimerpass zu der bestehenden Sammelleitung des EWZ in Tinzen (Oberhalbstein). Als Masttypen fanden die bei Dreileitersystemen vielfach angewandten X-Maste Verwendung (Bild 4). Bemerkenswert bei diesen Masten ist die feingliedrige Konstruktion, welche den Mast bei Fernsicht im Landschaftsbild zurücktreten lässt. An Stellen ohne Fundationsmöglichkeiten für gespreizte Maste (Rutschgebiete) und dort, wo die zur Verfügung stehende Fläche für die Fundamente beschränkt war, wurden die in der Schweiz weniger bekannten Y-Maste (Bild 5) aufgestellt. Bild 6 zeigt als Sonderbauwerk einen Sammelmast, auf welchem der Leitungsstrang von Brusio aufgenommen wird.

4. Umbau von Masten

Mit der zunehmenden elektrischen Energieproduktion entstehen in unseren Landschaften, vor allem in der Umgebung der Verbrauchszentren, mehr und mehr Freileitungen, deren Nebeneinander nicht immer dazu angetan ist, das Landschaftsbild zu verschönern.

In dieser Hinsicht darf der vom EWZ zusammen mit einer Stahlbaufirma durchgeführte Umbau einer bestehenden 150-kV-Leitung auf eine 225-kV-Leitung als richtunggebendes Beispiel angesprochen werden.

Die bestehende 150-kV-Leitung mit zwei Drehstromsystemen zu je 80 000 kW Uebertragungsleistung war als Sammelleitung der stadtzürcherischen Kraftwerke im Kt. Graubünden (Tiefenkaasel, Sils, Marmorera, Heidsee) und des Wäggitawerkes bis zur wirtschaftlich tragbaren Grenze ausgenützt. Der Anschluss der oben beschriebenen 225-kV-Leitung der Bergellerwerke mit 130 000 kW Leistung an das Verbrauchs-

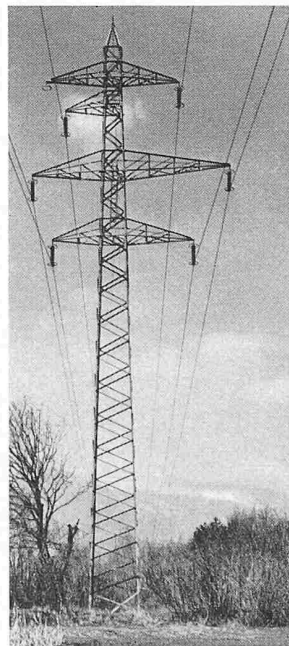


Bild 7. Umbauzustand eines Tragmastes der 150-kV / 225-kV-Leitung Mels-Zizers, EW Zürich

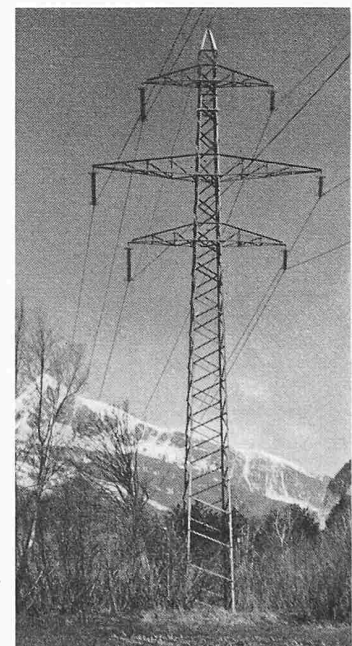


Bild 8. Tragmast der 150-kV / 225-kV-Leitung Mels-Zizers, EW Zürich, Zustand nach dem Umbau

Tabelle 1. Leitungsdaten

	Bestehende 150-kV-Leitung	Neue 225-kV-Leitung
Leiterquerschnitt	185 mm ² Cu	400 mm ² Aldrey
Gewicht der Leiter	1,7 kg/m	1,1 kg/m
Maximaler Leiterzug	4,2 t	4,2 t
Ausladung der Ausleger	oberster	2700 mm
	mittlerer	4800 mm
	unterster	3500 mm
Höhe der Erdseilauflagerung über Boden	a m	$a + 2,7$ m
	Durchhang bei 250 m Spannweite	b m

netz der Stadt Zürich bedingte entweder den Bau einer neuen Leitung, parallel zur bestehenden, oder den Umbau der 150-kV-Leitung auf eine 225-kV-Leitung auf dem alten Tracé mit einer Leistungsgrenze von 160 000 kW pro System.

Der zweiten Lösung wurde trotz hoher Kosten und Erschwernissen beim Umbau der Vorzug gegeben, erstens aus Rücksicht auf den Schutz des Landschaftsbildes, zweitens weil das bestehende, meist in Tälern verlaufende Tracé mit

wenig exponierten Punkten eine gute Betriebssicherheit aufweist.

Die Verstärkungen der Maste konnten dank dem günstigen spezifischen Gewicht der für die 225-kV-Leitung vorgesehenen Aldrey-Leiter gegenüber den bestehenden Kupferleitern der 150-kV-Leitung auf ein Minimum beschränkt werden; sie umfassen lediglich die Ausfachungen des Mast-schaftes.

Der Umbau, der zur Zeit durchgeführt wird, geht folgendermassen vor sich: Nachdem bei vollem Betrieb der Leitung der Mastaufsatz erhöht worden ist, können die Ausleger ausgewechselt werden, wobei während der Dauer von drei Stunden je ein System der 150-kV-Leitung, bestehend aus drei Leitern, ausgeschaltet werden muss. In Bild 7 ist der Umbauzustand eines Tragmastes dargestellt. Die Stahlkonstruktion des Mastaufbaues, des obersten Auslegers und des rechts liegenden untern Auslegers sind auf den 225-kV-Betrieb umgebaut. Die Isolatoren und Leiter werden erst ausgewechselt, wenn der Umbau der Tragmaste auf der Strecke zwischen zwei Abspannmasten beendet ist. Bild 8 zeigt den vollendeten Umbau der Stahlkonstruktion. Auf der linken Seite sind die verlängerten Isolatorenketten für den 225-kV-Betrieb erkenntlich.

Der gesamte Umbau der Leitung, die etwa 650 Maste umfasst, wird sich auf die Dauer von drei Jahren erstrecken.

Stahlrohrbau-Beispiele aus der Konstruktionspraxis

DK 624.014.27

Von Ing. W. Gebhardt, i. Fa. AG. Josef Meyer, Eisen- und Waggonbau, Möhlin

Allgemeines

Mit der zunehmenden Bedeutung der Schweissttechnik hat man sich im Stahlbau — anfangs noch zögernd, dann aber rasch in vermehrter Masse — von den überkommenen «klassischen» Konstruktionsformen der genieteten Bauweise gelöst. Am Beispiel des Brückenbaues ist von Prof. Dr. F. Stüssi¹⁾ eindrücklich dargestellt worden, wie die aufgelösten, unübersichtlichen Gitterkonstruktionen den einfach-klaaren, vollwandigen Bauformen gewichen sind.

Gewiss zielt auch die immer häufigere Verwendung des Stahlrohres als Konstruktionselement in der gleichen Richtung; indem ein Rohr an die Stelle kreuzständiger Winkel oder eines Rahmenstabes tritt, macht sich an der bescheidensten Aufgabe, z. B. an einem Windverband, die gleiche Tendenz bemerkbar, wie im imposanteren Gebiet des Brückenbaues.

Die graphischen Darstellungen Bild 1 und Bild 2 veranschaulichen die bekannte Ueberlegenheit des Rohrquerschnittes in bezug auf das Verhältnis Trägheitsradius zu Laufmetergewicht, beziehungsweise Trägheitsmoment zu Preis pro Laufmeter. Man muss sich jedoch davor hüten, bei jedem Druckstab eine entsprechende Gewichtseinsparung zu erwarten. Wo die Knicklängen in zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen stark voneinander abweichen, dürfte im allgemeinen ein T-Profil immer noch wirtschaftlicher sein. Ganz eindeutig kommt dagegen der Vorteil des Rohres zum Ausdruck, wenn Fachwerkstäbe nach dem höchstzulässigen Schlankheitsgrad dimensioniert werden müssen, wie dies bei Wind- und Stabilisierungsverbänden im Hochbau sehr oft der Fall ist.

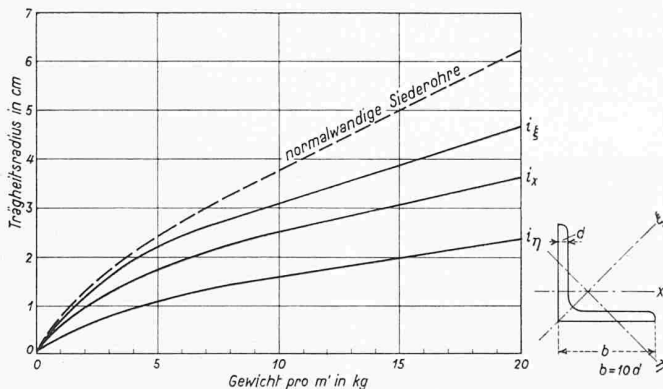


Bild 1. Vergleich zwischen Rohr und Winkelprofil: Trägheitsradius in Funktion des Gewichts

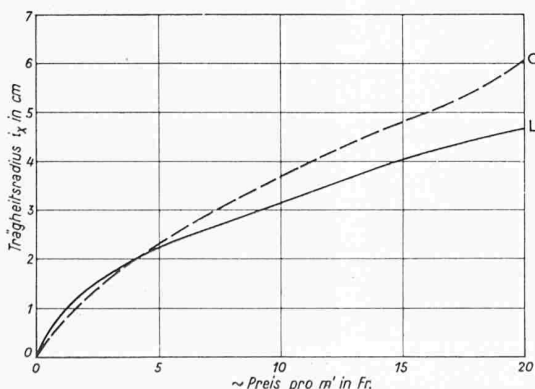


Bild 2. Ebenso in Funktion des Preises

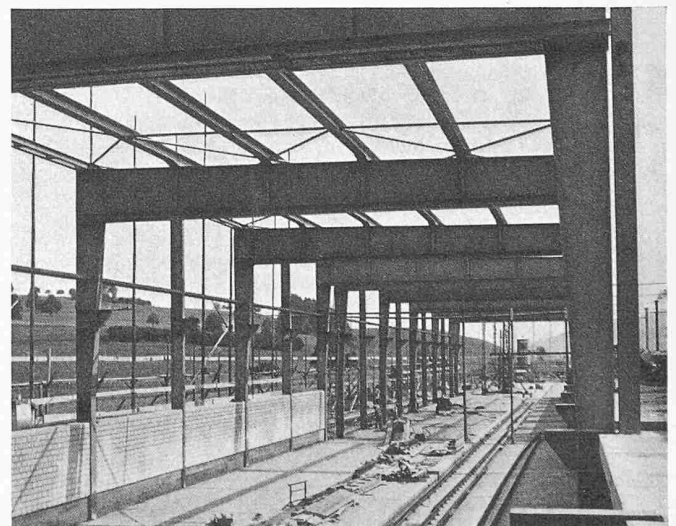


Bild 3. Neubau Schindler & Cie. in Ebikon, Windverband in Rohrbau