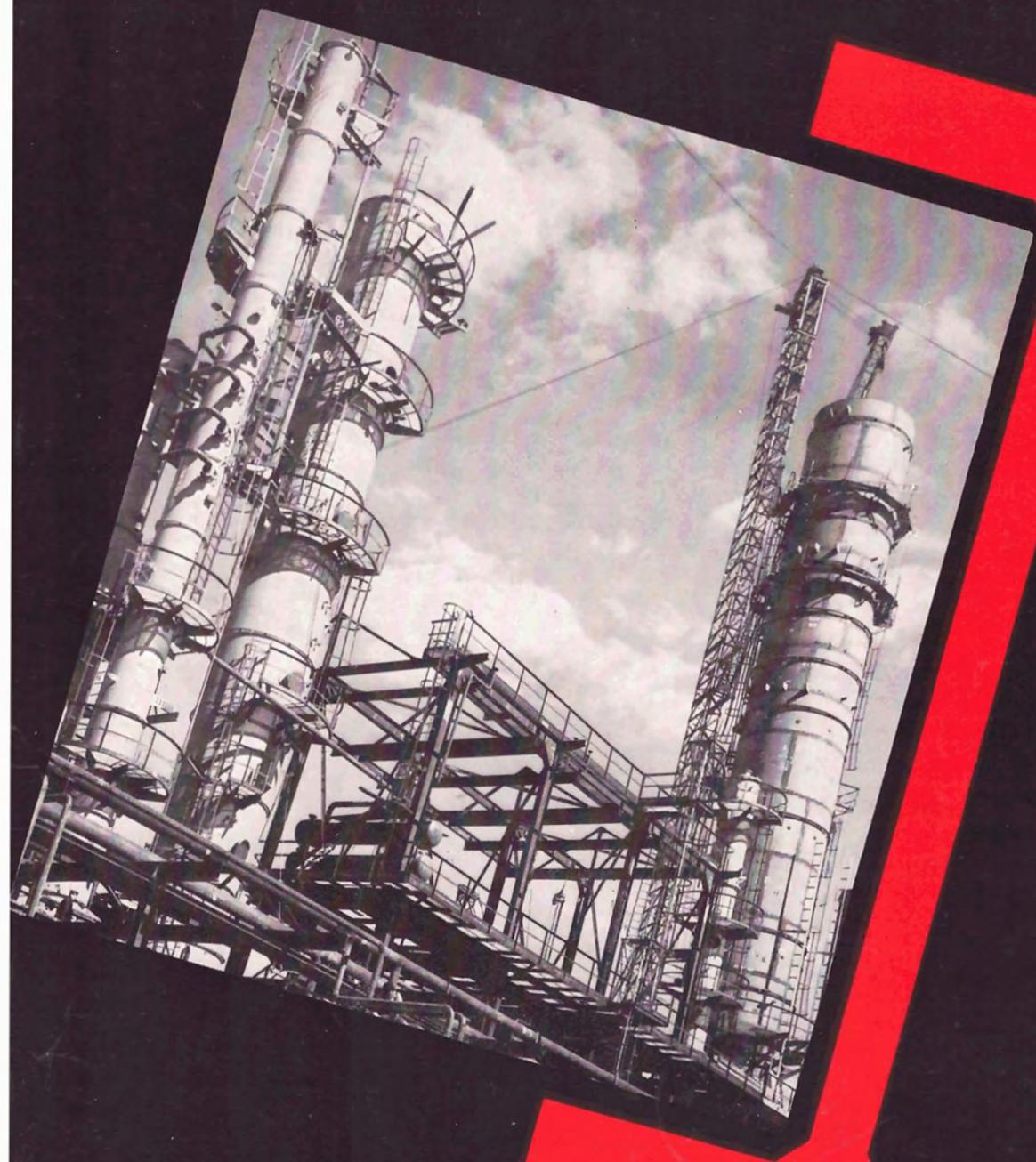


ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN STAHLBAUVERBANDES



Stahlbau

Rundschau

SONDERHEFT
ÖSTERREICHISCHE
STAHLBAUTAGUNG 195
WIEN

Inhalt

Bohr- und Fördertürme bzw. -Maste in Erdölbetrieben (Prof. Dipl.-Ing. Prikel)	Seite 2
Die Mineralöverarbeitung in Österreich – jetzt und in der Zukunft (Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Orlicek)	Seite 10
Über die Entwicklung des Stahlverbrauches in Ölraffinerien (Dipl.-Ing. Molleson)	Seite 16
Das Österreichische Erdgas (Dipl.-Ing. Hirsch)	Seite 24
Neuere Rohrleitungsbrücken in Stahlkonstruktion (Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Beer)	Seite 31
Einfluß des modernen Stahlbaues auf die Konstruktion von Großkesselanlagen (Dipl.-Ing. Rasworschegg)	Seite 48
Behälter aus Stahl (Dipl.-Ing. Hiemesch)	Seite 60
Werkstoff Stahl im Kohlenbergbau Österreichs (Dipl.-Ing. Gumbsch)	Seite 69
Der Werkstoff Stahl in der Kohlenaufbereitung (Dipl.-Ing. Sernetz)	Seite 76
Extracts	Seite 81

Contents

Drilling masts and hoistframes or towers in Oil prospecting (Prof. Dipl.-Ing. Prikel)	Page 2
Processing of mineral oil in Austria at present and in the future (Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Orlicek)	Page 10
Development in the steel consumption in Oil Refineries (Dipl.-Ing. Molleson)	Page 16
The natural Gas in Austria (Dipl.-Ing. Hirsch)	Page 24
New Types of Pipe Bridges in Steel Construction (Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Beer)	Page 31
Influence of modern structural design on Constructions of large size boiler plants (Dipl.-Ing. Rasworschegg)	Page 48
Tanks made of Steel (Dipl.-Ing. Hiemesch)	Page 60
Steel as working material in Austrian Coal Mining (Dipl.-Ing. Gumbsch)	Page 69
Application of Steel in Coal Preparation (Dipl.-Ing. Sernetz)	Page 76
Extracts	Page 81



Destillationsanlage in der neuen Raffinerie Schwechat der ÖMV-AG während der Montage

Distilling plant of the new refinery Schwechat under construction

Eigentümer und Herausgeber: Österreichischer Stahlbauverband Wien; für den Inhalt verantwortlich: Dr. Hugo Dienes, beide Wien III, Lothringerstraße 16; Verleger: Dipl.-Ing. Rudolf Bohmann, Industrie- und Fachverlag, Wien I, Canovagasse 5; Redaktionelle Gestaltung: Ing. H. Wanke; Druck: Buchdruckerei Weiss & Co., Wien III, Ungargasse 2, Tel. 73 23 12.

Stahlbau

Rundschau

Zeitschrift des Österreichischen Stahlbauverbandes

SONDERHEFT: ÖSTERREICHISCHE STAHLBAUTAGUNG 1959

Zur Eröffnung der Österreichischen Stahlbautagung 1959 in Wien

Dipl.-Ing. Kurt Kleiber, Präsident des Österreichischen Stahlbauverbandes

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Namens des Vorstandes des Österreichischen Stahlbauverbandes begrüße ich Sie auf das herzlichste und danke Ihnen, daß Sie unserer Einladung so zahlreich Folge geleistet haben.

Insbesondere begrüße ich herzlich die Vertreter nachstehender Länder:

Deutsche Bundesrepublik, DDR, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Holland, Jugoslawien, Schweden, Schweiz und Ungarn.

Es ist uns ferner eine große Ehre, unter den Teilnehmern auch die Herren Professoren aus- und inländischer Hochschulen in unserer Mitte zu wissen, desgleichen auch die Vertreter der Behörden unseres Landes, deren Anwesenheit die Bedeutung unserer Tagung unterstreicht.

Ebenso gilt mein Dank für ihr Erscheinen auch den Vertretern verschiedener österreichischer Industrieunternehmungen, Verbände und wissenschaftlicher Vereinigungen.

Ich danke auch den Herren Vortragenden, die es trotz ihrer großen beruflichen Inanspruchnahme auf sich genommen haben, in verschiedenen Fachvorträgen über ihre Erfahrungen und Erkenntnisse zu berichten.

Der Österreichische Stahlbauverband pflegt seine Stahlbautagungen unter ein Motto zu stellen. Diesmal haben wir das Motto Erdöl-Gas-Kohle gewählt. Öl, Gas und Kohle haben für unser Land eine überaus große Bedeutung, und alle drei gehören zu den bedeutendsten Stahlverbrauchern unseres Landes.

Wenn nun der erste Tag fast ausschließlich mit Vorträgen über Erdgas und Erdöl im allgemeinen besetzt ist, wird am zweiten Tag der Stahlbau im Zusammenhang mit Öl, Gas und Kohle zu Worte kommen.

Wie alle technisch-wissenschaftlichen Veranstaltungen möge auch die Österreichische Stahlbautagung über den fachlichen Rahmen hinaus die bestehenden Bande und Beziehungen mit unseren ausländischen Freunden und Fachkollegen weiter vertiefen und festigen und unter den bereits vorhandenen vielen Bausteinen für eine größere europäische Wirtschaftsgemeinschaft ein weiterer bescheidener Beitrag für diese Zielsetzung sein.

In diesem Sinne eröffne ich hiermit die Stahlbautagung 1959.

Redaktioneller Hinweis:

Bei der Österreichischen Stahlbautagung 1959 in Wien wurde von den Vortragenden eine große Zahl von Lichtbildern gezeigt. Aus technischen Gründen ist es nicht möglich, alle diese Bilder zu veröffentlichen, weshalb nur eine beschränkte Auswahl getroffen werden konnte.

Bohr- und Fördertürme bzw. -Maste in Erdölbetrieben

Von Prof. Dipl.-Ing. Gottfried P r i k e l, Leoben

Wie bei jeder Industrie, gilt auch in der Erdöl- und Erdgasindustrie der Grundsatz:

Maximale Leistung bei minimalen Kosten.

Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß der Risikofaktor im Bergbau und in der Erdölindustrie sehr hoch ist, ja vielleicht bei letzterer eine noch bedeutendere Rolle spielt.

Die heute in Verwendung stehenden geophysikalischen Apparaturen geben wohl wertvolle Aufschlüsse über die Gestaltung der Untertagestrukturen und haben dazu beigetragen, den Risikofaktor beim Schürfen nach Erdöl und Erdgas wesentlich herabzusetzen. Sie ermöglichen bisher aber nicht die Feststellung, ob eine Struktur auch als erdöl- oder erdgashöflich angesehen werden kann, bzw., ob sie eine wirtschaftliche Ausbeute mit den heutigen Fördermethoden ergeben wird.

Erst eine abgeteufte Bohrung und der folgende Fördertest kann hierüber Aufschluß geben.

Es ist bekannt, daß im Durchschnitt nur jede zehnte Schurfbohrung eine wirtschaftlich ausbeutbare Lagerstätte findet.

Die besonders seit dem ersten Weltkrieg von Jahr zu Jahr steigende Nachfrage nach Erdölprodukten und nicht zuletzt der Konkurrenzkampf der großen Erdölkonzerne, brachte es mit sich, daß auf allen Gebieten der Erdöl- und Erdgasindustrie nach besseren Arbeitsmethoden und Einrichtungen geforscht und gesucht wurde. Einen bedeutenden Auftrieb erhielt dieses Bestreben durch die Weltwirtschaftskrise 1929–1931, die durch das plötzliche Überangebot und den damit verbundenen Preisabfall die Erdölfirmen zu radikalen Rationalisierungsmaßnahmen zwang.

So änderte sich auch das von früher bekannte Bild eines Erdölfeldes, mit seinem verhältnismäßig dichten Wald an Bohr- und Fördertürmen, da, wie aus meinen folgenden Ausführungen hervorgehen wird, man heute mit einer viel geringeren Zahl solcher Türme das Auslangen findet.

Die Einsatzzeit einer Bohranlage kann in eine tatsächlich produktive und eine unproduktive gegliedert werden.

Als produktiv kann, streng genommen, nur jene Zeit angenommen werden, innerhalb welcher der Bohrmeißel einen effektiven Bohrfortschritt erzielt.

Alle anderen Zeitabschnitte, wie Antransport, Aufbau, Wechsel des stumpf gewordenen Meißels, Verrohrungsarbeiten, verschiedene Wartezeiten für Bohrlochvermessungen, Reparaturen usw. und der Abbau der Anlage, sind nicht direkt als produktiv anzusprechen.

Es muß jedenfalls angestrebt werden, daß die unproduktive Zeitspanne einen möglichst geringen Prozentsatz der Gesamtzeit erreicht.

Auf alle diese Arbeiten hier näher einzugehen, würde zu weit führen.

Bevor ich aber auf das eigentliche Thema meines Vortrages „Bohr- und Fördertürme“ zu sprechen

komme, möchte ich doch in aller Kürze nur auf jene unproduktive Zeitspanne eingehen, welche für den Antransport, Auf- und Abbau einer Bohranlage benötigt wird.

Sie beträgt unter günstigen Verhältnissen etwa 12% der Gesamtzeit, erreicht aber in vielen Fällen heute noch mehr als 50% (siehe Bild 1).

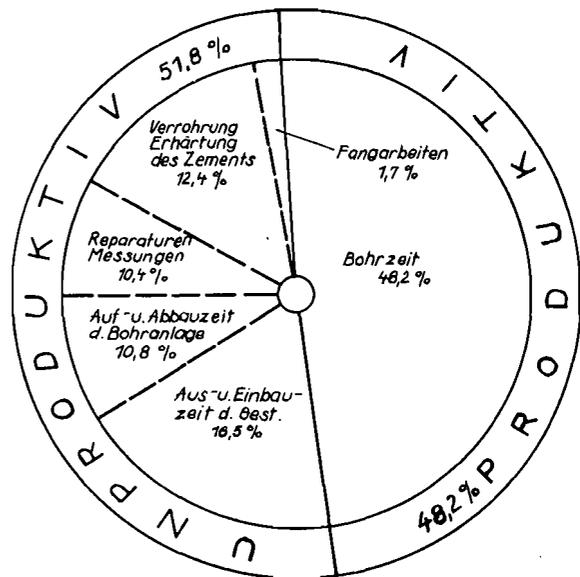


Bild 1: Durchschnittliche Verteilung der Gesamtzeit einer Rotary-Tiefbohrung

Fig. 1: Average distribution of the total time required for a rotary deep drilling

Muß eine Bohranlage in allzu zahlreichen Einzelteilen abgebaut und aufgebaut werden, wird die hierzu erforderliche Zeit auch entsprechend länger sein.

Dies war noch vor etwa 30 Jahren vielfach der Fall.

Daher war es verständlich, daß man daran ging, die einzelnen großen Einheiten der Anlage so zu gestalten und auszulegen, daß sie als solche unzerlegt transportiert und nach dem Prinzip eines Baukastens am nächsten Bohrpunkt zur einsatzfähigen Anlage leicht zusammengesetzt werden können.

Für diese Zwecke mußten allerdings auch besondere Fahrzeuge und entsprechende Ladekrane entwickelt werden, da es sich immerhin um Einzellasten mit einem Gewicht bis zu 20 Tonnen handelt.

Ein besonderer Bestandteil der Bohranlage ist der Bohrturm mit seinem Grundgerüst oder Unterbau.

Er ist im Grunde eine stabile Krankonstruktion, die auf der Turmkrone die fixen Rollen eines Flaschenzugsystems eingebaut hat. Das eine Ende des eingesicherten Drahtseiles ist auf der Hebewerkstrommel der

Bohranlage aufgespult, das andere, tote Ende, in der Turmbasis verankert.

Diese Einrichtung dient zum Ein- und Ausbau des Bohrstranges sowie zum Einbau der Futterrohre, die zur Stützung des Bohrloches eingebaut werden müssen.

Die Tragfähigkeit des Turmes muß mit genügender Sicherheit der maximal zu erwartenden Last entsprechen.

Eine Faustregel besagt, daß die Turmkonstruktion eine höhere Belastung aufnehmen muß, als die jeweils im Flaschenzug eingesicherten Seile.

Der klassische Bohrturm hat die Form eines schlanken Pyramidenstützens und besteht aus vier Eckstielen, die untereinander mit Horizontalgurten und Diagonalen verbunden sind.

Die im Turm angreifenden vertikalen Kräfte, inklusive seines Eigengewichtes, werden von den vier erwähnten Eckstielen aufgenommen. Außer den vertikalen Kräften müssen noch horizontale Kräfte berücksichtigt werden, die sich, wie folgt, zusammensetzen:

1. Aus dem Winddruck,
2. der Horizontalkomponente des im Turm abgestellten Bohrstranges und
3. den beiden Horizontalkomponenten, die aus dem Seilzug des schnellen und toten Seiles resultieren.

Diese horizontalen Kräfte müssen von den Fachwerkgliedern, das sind die Horizontalgurten und Diagonalen, aufgenommen werden.

Die Standfestigkeit des Turmes ist gleichzusetzen der Summe der Standmomente (Momente der horizontalen Kräfte), bezogen auf die jeweilige Kippkante.

Der an und für sich standfeste Turm wird aus Sicherheitsgründen (starker Winddruck) vierseitig mit Stahlseilen verspannt.

Die Höhe der klassischen Türme, die laut API-Norm in der neutralen Achse der Turmwand gemessen wird, hängt davon ab, wie lang die Einzelteile des anzuhebenden Bohrstranges sind.

Jeder Bohrstrang setzt sich aus dem Bohrmeißel, den Schwerstangen und den anschließenden Bohrgestängen zusammen.

Ist der Meißel stumpf geworden, muß er mit dem gesamten Bohrstrang ausgebaut und durch einen neuen ersetzt werden.

Der ausgebaute Bohrstrang wird im Bohrturm abgestellt.

Die damit verbundene Arbeitszeit ist unproduktiv und muß daher auf ein Minimum gekürzt werden, was zum Teil durch verschiedene Geschwindigkeitsstufen der Anlage erreicht wird. Sie werden so gewählt, daß der Ausbaubyklus dem anzustrebenden Optimum, Last mal Geschwindigkeit ist konstant, so nahe als möglich kommt.

Das Bohrgestänge besteht aus einzelnen Gestängestücken, die im Durchschnitt etwa 9 m lang und untereinander mit speziellen Verbindungsmuffen – Tool joints – verschraubt sind.

Um nun beim Aus- und Einbau einer Bohrstranglänge von zum Beispiel 3000 m die unproduktive Zeit abzukürzen, werden womöglich drei Gestängestücke

auf einmal hochgezogen bzw. eingebaut und nur jede dritte Verbindung gelöst bzw. verschraubt. Man nennt diese Teile Gestängezüge. Ähnliches gilt für den Schwerstangenstrang, der aus speziellen, sehr starkwandigen Rohrstücken besteht und bei der angenommenen Bohrstranglänge allerdings nur mit etwa 100 bis 200 m bemessen ist. Er hat den Zweck, dem Bohrmeißel den erforderlichen Bohrdruck und eine gerade Führung zu geben.

Je tiefer eine Bohrung wird, je öfter ein Meißelwechsel vorgenommen werden muß, um so größer wird die für den Aus- und Einbau erforderliche unproduktive Zeitspanne werden.

Um diesem Umstand auch von diesem Gesichtspunkt aus Rechnung zu tragen, hat das amerikanische Petroleum Institut, kurz API genannt, verschiedene Bohrturmhöhen und auch alle sonstigen Maße für die unterschiedlichen lokalen Verhältnisse genormt.

Diese Normen haben heute in fast allen Erdölkündern der Welt ihre Gültigkeit.

Anfangs wurden die Bohrtürme aus starken Holzbohlen gezimmert. Die Tragfähigkeit hing unter anderem von der Qualität der Zimmermannsarbeit ab. Diese Holztürme hatten auch den Nachteil, daß ihr Abbau und Wiederaufbau am nächsten Bohrpunkt, wegen großer Materialverluste zufolge der genagelten Konstruktion, unwirtschaftlich und weiter die Angriffsflächen gegen den Winddruck recht groß waren.

Die Holztürme wurden daher bald durch Stahltürme verdrängt.

Die Basisfläche innerhalb der Eckstiele mißt rund 6×6 m bis 9×9 m und der lichte Raum der Turmkrone rund 2×2 m. Die Turmhöhen liegen zwischen rund 24,4 und 44,8 m.

Eine Ausnahme bildet die Turmhöhe von 57,6 m, die allerdings nur selten Verwendung findet.

Die Tragfähigkeit bzw. die zulässige Kronlast variiert, entsprechend der jeweils verwendeten Turmkonstruktion, zwischen rund 40 und 350 Tonnen.

Der dabei verwendete Profilstahl hat nach DIN 17 100, den Gütegrad St 37, St 37-3 und St 52 bzw. in den USA den Gütegrad ASTM A 7 mit einer Bruchfestigkeit von 49 kg/mm², Streckgrenze 23 kg/mm² und ASTM A 94 mit einer Bruchfestigkeit von 56 kg/mm², Streckgrenze 31,5 kg/mm².

Der Bohrturm steht auf einem Grundgerüst, das auf niedrigen Betonsockeln, vielfach sogar nur auf einem entsprechenden Bohlenrost, aufgebaut und verankert ist. Seine Höhe variiert zwischen 3 und 6 m.

Diese Höhe hängt von den Maßen der am Bohrlochmund vorzusehenden Sicherheitseinrichtungen ab, die unterhalb der Arbeitsbühne und des Rotarytisches eingebaut werden.

Das Grundgerüst, auch Kellergerüst genannt, ist auch gleichzeitig die Tragkonstruktion für den Rotarytisch, in dem beim Ein- und Ausbau der Bohrstrang in Keilen abgefangen werden muß, ferner für den Keiltopf zum Abfangen der Futterrohre, und schließlich für die Bühne, auf welcher der ausgebaute Bohrstrang im Turm abgestellt wird.

Auf dieser Tragkonstruktion ist ein rutschfester Stahl- oder Bohlenbelag für die Arbeitsbühne aufgelegt; hier spielt sich die Arbeit der Belegschaft beim

Ein- und Ausbau des Bohrstranges und beim Einbau der Futterrohre ab.

Die Turmsteigerbühne mit den Gestängefingern, an die die oberen Enden jedes Gestängezuges beim Ausbau gestellt werden, ist in ihrem Höhenabstand von der Arbeitsbühne nach API genormt. Bei Turmhöhen oberhalb 37 m, wie sie normalerweise verwendet werden, beträgt dieser Abstand 25 m.

Auf der Turmkrone sind die fixen Rollen des Flaschenzuges auf Stahlprofilträgern verlagert.

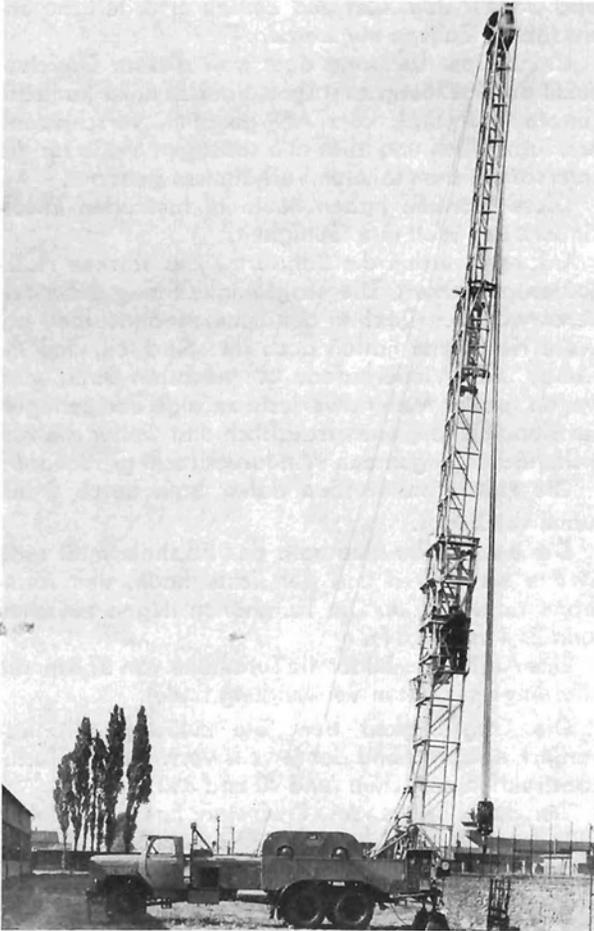


Bild 2: Fördermast der Eisenwerke Wülfel, Hannover, völlig ausgefahren

Fig. 2: Servicing mast, Ironworks Wülfel, Hannover, fully drawn out

Von der unteren Arbeitsbühne führt eine Außenleiter zur Turmsteigerbühne und Turmkrone, die ebenfalls mit einem rutschfesten Belag und entsprechenden Geländern ausgestattet sind.

Von der Turmsteigerbühne führt ferner ein starkes Hanfseil schwach geneigt zum Erdboden, wo es verankert ist; es ist das Trageil für eine Sesselrutsche, mit deren Hilfe der Turmsteiger bei Gefahr zu Boden gleiten kann.

Das Gewicht des Stahlturmes mit seinem Grundgerüst beträgt, je nach seiner Höhe und zulässigen Kronenlast, rund 35 bis 80 Tonnen.

Wie schon früher gesagt wurde, spielt der Zeitaufwand für den Abbau, Transport und Aufbau des

Bohrturmes mit Grundgerüst eine wesentliche Rolle, denn erst nach Beendigung des Aufbaues des klassisch bezeichneten Bohrturmes kann aus Sicherheitsgründen mit der Montage der Maschinenanlage begonnen werden.

Anfangs erfolgte der Auf- und Abbau durch den stückweisen Aneinanderbau bzw. das Zerlegen der sehr zahlreichen Einzelteile, später mittels eines Richtmastes in größeren Einheiten und schließlich mittels eigener Autokrane, ebenfalls in größeren Einheiten, jedoch in noch kürzerer Zeit.

Wo das Gelände es zuläßt, wurden und werden auch noch heute diese Türme samt dem Grundgerüst zum nächsten Bohrpunkt verwalzt.

Der Korrosionsschutz war zunächst ein einfacher Ölstrich, später wurden die Teile galvanisiert. (Nach Sandstrahlbehandlung verzinkt).

In den letzten Jahren werden die klassischen Bohrtürme immer mehr durch leicht aufstellbare Bohrmaste verschiedenster Konstruktion verdrängt.

Bei marinen Bohrungen, wie zum Beispiel an der Golfküste von Nordamerika, sind sie allerdings noch immer vertreten. Hier ist die gesamte Bohranlage auf speziellen schwimmenden und auf dem Meeresboden versenkbaren Unterbauten aufgebaut und kann somit von einem Bohrpunkt zum nächsten schwimmend transportiert werden.

Die Vorläufer der leicht aufstellbaren Bohrmaste waren die Fördermaste.

In der Förderperiode sind bei den verschiedenen Interventionsarbeiten, wie Reinigen der Bohrlochsohle von Sand, Wechsel der Tiefpumpe, Perforierarbeiten usw., viel geringere Lasten zu operieren, als während der Bohrarbeit.

Wenn nun Letztere abgeschlossen ist, wäre es unwirtschaftlich, die schwere Anlage mit ihrem Bohrturm bei der Förderperiode zu belassen.

Das Rotaryhebewerk mit den dazugehörigen Pumpen und Motoren wurde wohl schon immer zum nächsten Bohrpunkt mit vorgebautem Turm transportiert, der Bohrturm selbst blieb aber bis vor etwa 30 Jahren an Ort und Stelle stehen.

Der nächste logische Schritt war daher, den schweren Bohrturm für die Förderperiode durch einen leichteren und niedrigeren zu ersetzen.

Da nun auch dieser Turm in der Förderperiode nur vorübergehend und lediglich für verhältnismäßig kurze Zeit tatsächlich benötigt wird, war die weitere Folgerung, für diese Zwecke leichte und transportable Maste zu konstruieren, die bei Bedarf zur Sonde gefahren und dort in wenigen Minuten aufgerichtet werden können.

Zunächst waren es Einfuß- und Zweifußmaste mit tragender Seilverspannung.

In Bild 2 ist ein solcher Mast der Firma Wülfel, Hannover, zu sehen.

Auch die Firma Mannesmann-Traulz entwickelte einen leicht transportablen Fördermast, der aus zwei teleskopartig verschiebbaren Masthälften mit geschweißter Gitterkonstruktion besteht, die für den Transport auf einem einachsigen Fahrgestell aufliegen. Die beiden Masthälften werden zunächst auf einem Grundrahmen mit zugehörigen Mastlagern mit

Hilfe eines Galgens und Handwinden bzw. anderen Zugorganen aufgerichtet und sodann der Oberteil teleskopartig hochgezogen.

Die zulässige Belastung beträgt rund 50 Tonnen, die freie Höhe 24 m.

Für die Montage und Aufrichtung des Mastes werden etwa 6 bis 8 Stunden benötigt.

Bei den Interventionsarbeiten ist außerdem ein Wind- oder Hebewerk erforderlich, das ebenfalls trasportabel sein muß.

Es folgte die Entwicklung von fahrbaren Aufwältigungsanlagen, die sowohl mit einem Hebewerk mit Antriebsmotor als auch mit einem Fördermast ausgestattet waren.

Diese Autowinden, mit teleskopartig ineinanderschließbarem und geschweißtem Gittermast werden in verschiedenster Konstruktion von deutschen und ausländischen Firmen gebaut und haben in den Erdöländern allgemein Anklang gefunden.

Im fahrbaren Zustand ist der Mast über die Hebewerksanlage geklappt. An der Sonde wird er hydraulisch aufgerichtet und sodann der Oberteil mittels kleiner Seilwinden ausgefahren.

Eine einzige Einheit genügt, um die anfallenden und kurzfristigen Interventionsarbeiten bei einer größeren Anzahl von Fördersonden durchzuführen.

In Bild 3 sind drei Anlagen der Firma IDECO ersichtlich (IDECO = International Derrick and Equipment CO).

Die Fahrgeschwindigkeit der dabei verwendeten LKW liegt bei rund 40 km/h, die Aufrichtezeit des Mastes beträgt etwa 15 Minuten.

Diese Konstruktionen werden im allgemeinen für Kronenlasten von 30 bis 100 Tonnen bzw. Hakenlasten von 25 bis 75 Tonnen gebaut.

Ihr Gesamtgewicht variiert, inklusive dem Fahrzeug, zwischen 20 und 30 Tonnen.

Die Höhe der Maste beträgt rund 23 m.

Der Mast selbst ist entweder vollends aus Profilstahl, St 37 3, oder zum Teil aus Stahlrohren, St 52, gefertigt.

Die amerikanischen Konstruktionen halten sich an den ASTM-Standard, mit einer Mindeststreckgrenze von rund 23 kg/mm².

Die API-Norm gibt für Maste nur ganz allgemeine Richtlinien an. Von Wichtigkeit ist allerdings, daß nach dieser Norm als Masthöhe, im Gegensatz zum Höhenmaß beim Bohrturm, die lotrechte Entfernung von der Unterkante der Kronenrollen bis zur Arbeitsbühne verstanden wird.

Es sind durchweg frei stehende Maste, bei denen die resultierende Kraft im Mastfuß zu liegen kommt; trotzdem werden auch diese Maste aus Sicherheitsgründen mit Drahtseilen verspannt.

Die Bohrmaste sind auf Grund langjähriger Erfahrungen, die man mit den klassischen Bohrtürmen machte, entwickelt worden, wobei auch die mit den Fördermasten inzwischen gemachten Erfahrungen herangezogen wurden.

Die Hauptanforderungen, welche an die Bohrmaste und ihr Grundgerüst gestellt werden, sind folgende:

1. Der Mast und sein Grundgerüst sollen bei der jeweils geforderten zulässigen Kronenlast ein möglichst geringes Gewicht haben. Der Sicherheitsfaktor soll mindestens 1,5 betragen.
2. Beide sollen so ausgelegt sein, daß ihr Transport mit einer beschränkten Zahl von Lastzügen erfolgen kann, wobei der Raddruck und der Lichtraum der Ladungen den lokalen Straßen- und Brückenverhältnissen entsprechen muß.
3. Ihr Aufbau soll mit den geringsten Hilfsmitteln, und zwar womöglich vom Bohrpersoneel selbst, ohne Spezialmannschaft, in kürzester Zeit durchgeführt werden können.

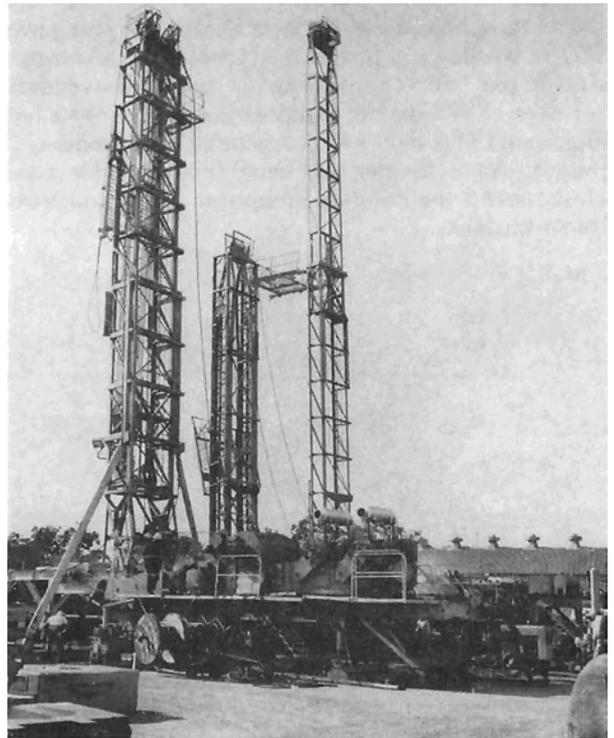


Bild 3: Fördermaste der Firma IDECO (International Derrick and Equipment Co.) Dallas, Texas

Fig. 3: Servicing masts of IDECO (International Derrick and Equipment Co.) Dallas, Texas

4. Die Lichtraumhöhe des Bohrmastes, das ist die lotrechte Distanz vom Rotarytisch bis zur Unterkante der Turmrollen, muß so bemessen sein, daß beim Hochfahren des längsten Gestängezuges eine genügend große Sicherheitsdistanz zwischen dem Flaschenzugblock und der Turmrollenunterkante verbleibt. Diese Distanz soll womöglich mit 4 m bemessen sein.
5. Das Grundgerüst muß um den Bohrlochmund genügend freien Lichtraum haben, um sämtliche, jeweils erforderlichen Sicherheitseinrichtungen leicht unterzubringen. Montage und Reparaturarbeiten dieser Einrichtungen sowie der Zugang zu densel-

- ben müssen ohne jedwede Behinderung möglich sein.
6. Die Arbeitsbühne beim Rotarytisch muß genügend freien Raum bieten, sie muß ferner einen rutschfesten Belag haben, damit alle Arbeiten vom Bohrpersoneil sicher und rasch durchgeführt werden können.
 7. Die Mastkonstruktion soll für sämtliche bei der Bohrung durchzuführenden Arbeiten eine freie Sicht vom Bohrmeisterstand aus gewährleisten.
 8. Die Gestänge- und Turmbühne, sowie sämtliche Stiegen und Leitern müssen trittsicher und mit entsprechendem Sicherheitsgeländer ausgestattet sein.
 9. Das Gitterwerk des Mastes darf für den Flaschenzug bei seiner Hochfahrt, auch bei starkem Winddruck, kein Hindernis bilden.

Für verhältnismäßig geringe Bohrteufen, bis etwa 1000 m, werden die gleichen Autowinden verwendet, wie für die Interventionsarbeiten bei Fördersonden. Auf dem LKW sind die Hebewerksanlagen mit einer Spülpumpe und dem entsprechenden Klappmast eingebaut, der entweder aus einer Einheit oder zwei teleskopartig ineinanderschiebbaren Gitterkonstruktionen besteht.

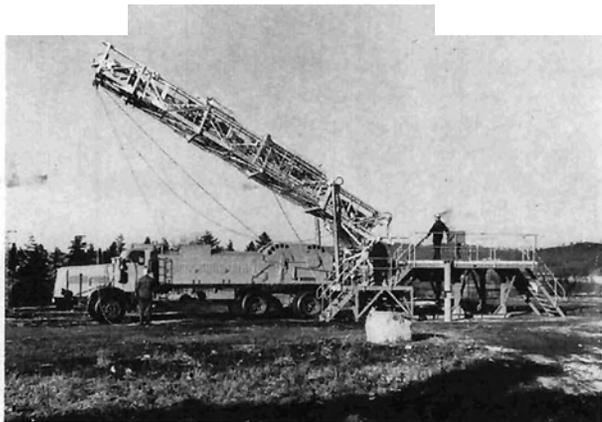


Bild 4: Bohrmast für uniefe Bohrungen der Arbeitsgemeinschaft Salzgitter Maschinen-AG. und Haniel-Lueg-GmbH., Düsseldorf, im Aufrichten

Fig. 4: Setting up drilling mast for shallow drilling, Joint Venture Salzgitter Maschinen-A.G. and Haniel-Lueg-GmbH, Düsseldorf

Während der Bohrarbeit ist die gummibereifte Autowinde mit entsprechenden Schraubenspindeln gegen den Erdboden abgestützt.

Für den Rotarytisch, die Abstellbühne für das Bohrgestänge und Arbeitsbühne wird ein eigenes Grundgerüst an die Autowinde angesetzt.

Bei Anlagen für geringe Teufen bis etwa 700 m ist der Rotarytisch auf einem Vorbau der Autowinde gelagert, der ebenfalls mit Schraubenspindeln gegen den Erdboden abgestützt wird.

Bei einer Bohranlage der Firma Failing, die vorwiegend für seismische Bohrungen bis zu Teufen von

etwa 700 m ausgelegt ist, beträgt die Masthöhe rund 13 m.

Das Gesamtgewicht der Anlage beträgt etwa 20 Tonnen. Die Umsiedlungszeit wird mit rund 8 Stunden angenommen.

Eine andere Bohranlage zeigt Bild 4. Es ist dies eine Konstruktion der Arbeitsgemeinschaft Salzgitter Maschinen A.G. und Haniel & Lueg, Düsseldorf, die für Bohrteufen von 1100 m mit 4 1/2-Zoll-Gestänge ausgelegt ist. Das Gewicht dieser Zweitrommel-Autowinde ist 27 Tonnen.

Für die Umstellzeit zum nächsten Bohrpunkt werden ebenfalls nur etwa 8 Stunden benötigt.

In den USA werden diese Anlagen als „Rambler Rigs“ bezeichnet, sie sollen ein möglichst geringes Gewicht haben und in kürzester Zeit am Bohrpunkt betriebsbereit sein.

Für die mittlere, schwere und sehr schwere Kronenlasten, das heißt, für Bohrteufen von 1500 bis über 5000 m, werden die Bohrmaste hauptsächlich als mehrteilige, geschweißte Dreiecks- oder Vierecks-Gitterkonstruktionen gebaut.

Eine besondere Ausnahme ist der sogenannte Gullivermast der Salzgitter Maschinen A.G., dessen Tragsäulen aus zwei Rohren mit sehr großem Durchmesser bestehen.

Die Bohrmaste werden vorwiegend als Freisichtmaste gebaut, womit ausgedrückt werden soll, daß zwischen den beiden Tragsäulen, in deren ganzer Höhe, für den Bohrmeister absolut freie Sicht besteht, die durch keinerlei verbindendes Fachwerk behindert ist.

Die Tragsäulen sind im Grundgerüst in entsprechenden Lagerschuhen verbolzt und lediglich an der, dem Hebewerk zugekehrten Seite mit zwei oder drei Querriegeln und an der Mastkrone miteinander verbunden.

In der aufgerichteten Stellung werden die Maste deutscher oder amerikanischer Provenienz entweder durch eigene Stützen, die bis 1/3 der Masthöhe reichen, oder durch einen, am Grundgerüst aufgebauten Galgen abgestützt.

Zu den erstgenannten gehört der IDECO-Mast und der noch zu besprechende Gulliver-Mast, zur zweiten Type der Klappmast der Firma Lee C. Moore.

In Bild 5 ist der Mast der Firma Lee C. Moore, in Bild 6 ein Detail des Bohrmastes der Firma IDECO ersichtlich.

Der Galgen, bzw. die beiden Stützen, sind gleichzeitig wichtige Einrichtungen zum Aufrichten und Absenken der Maste.

Das Grundgerüst ist eine zweiteilige, kastenförmige Fachwerkskonstruktion, die auf niedrigen Betonsockeln oder entsprechenden Bohlenrosten aufgebaut wird und eine Normalhöhe von 3 m hat.

Auf speziellen Wunsch kann das Grundgerüst in beliebiger Höhe geliefert werden.

Für den Transport werden die Maste, je nach ihrer Höhe und Straßenverhältnissen, in einzelne Fachwerkseinheiten zerlegt, transportiert.

Am Bohrpunkt werden die Teile auf Böcken zusammengesetzt, mit Laschen und Klappschrauben verbunden und sodann auf dem Grundgerüst mit

Hilfe des schon eingebauten Hebwerkes und Flaschenzuges aufgerichtet.

Das Gewicht dieser Maste variiert zwischen 20 bis rund 35 Tonnen, jenes des Grundgerüsts von 17 bis 38 Tonnen. Für den Zusammenbau dieser Mastkonstruktionen am Bohrpunkt und deren Aufrichtung in die Betriebsstellung sind rund 6 Arbeitsstunden erforderlich.

Eine spezielle Mastkonstruktion ist der schon genannte Gullivermast der Salzgitter Maschinen A.G.

Er besteht aus zwei torsionssteifen Rohrsäulen, die je nach der vorgesehenen maximalen Kronenlast von 150, 250, 300 und 350 Tonnen einen Durchmesser von 950, 1100 und 1300 mm haben und in eigenen Mastschuhen am Grundgerüst verlagert sind. Die beiden Rohrsäulen sind lediglich an der Mastkrone miteinander verbunden.

In diesen Rohrsäulen sind die Leitern zur Gestänge- und Turmkronenbühne, weiter die Spül- und Lichtleitungen und schließlich die Hängeseile für die Zangengegewichte untergebracht. Entsprechende Türen zum Einstieg sind an der Arbeits-, Gestänge- und Turmkronenbühne vorgesehen.

Die Masthöhe beträgt 40 oder 43 m, die Mastfußentfernung an der Arbeitsbühne rund 7 m. Jeder Fuß wird aus drei Rohrschüssen zusammengesetzt, die mit Flanschen und Klappschrauben miteinander verbunden werden. Das Mastgewicht beträgt entsprechend der zulässigen maximalen Kronenlast 23,7 bis 29 t.

In der aufgerichteten Stellung wird jeder Mastfuß in $\frac{1}{3}$ der Masthöhe durch je eine Stütze gehalten, die auch zur Aufrichtung des Mastes dient.

Die Gestängebühne ist in der Höhe von 25 m an beiden Mastssäulen angesetzt.

Der Transport erfolgt in Rohrschüssen von rund 13 m Länge.

Das Grundgerüst ist eine zweiteilige Fachwerkskonstruktion. Bei der Normalhöhe von 3 m liegt sein Gewicht, je nach Kronenlast, zwischen 25,5 und 35,4 Tonnen. Auf Wunsch werden auch Grundgerüste mit Höhen von 3,8 und 4,6 m geliefert, wobei sich das Gewicht auf 36,5 bzw. 37,6 Tonnen stellt.

Die gesamte Umsiedlungszeit, beginnend mit dem Abbau am alten bis zur Betriebsaufnahme am neuen, etwa 3 km entfernten Bohrpunkt, dauert rund 54 Stunden, und zwar für die schwere Anlage für 300 Tonnen maximale Kronenlast. Der Mast benötigt 2, der Unterbau 6 Ladungen.

In den Bildern 7, 8 und 9 ist diese Konstruktion in verschiedenen Phasen zu sehen.

Weitere Konstruktionen sind die Bohrmaste der Firma Mannesmann-Traulz, die für Kronenlasten von 100 bis 300 Tonnen ausgelegt sind.

Diese Maste bestehen aus zwei teleskopartig zusammenschiebbaren Masthälften, deren jede mit einem Teil der Kronenrollen ausgestattet ist.

Jeder Mastfuß ist eine dreieckige, verschweißte Gitterkonstruktion, die aus einem Unterteil und eingeschobenem Oberteil besteht. Das Gewicht der beiden Mastfüße beträgt rund 37 Tonnen.

Das Grundgerüst mit einem Gewicht von 24 Tonnen ist eine kastenförmige Fachwerkskonstruktion mit der Normalhöhe von 3,5 m. Es hat einen verwindungs-

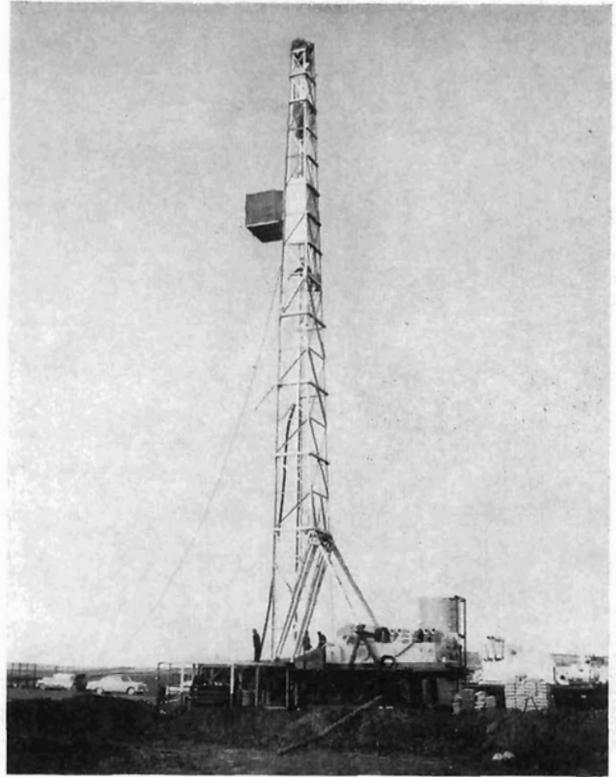


Bild 5: Bohrmast der Firma Lee C. Moore, Dallas, betriebsbereit

Fig. 5: Drilling mast of Messrs. Lee C. Moore, Dallas, ready for operation

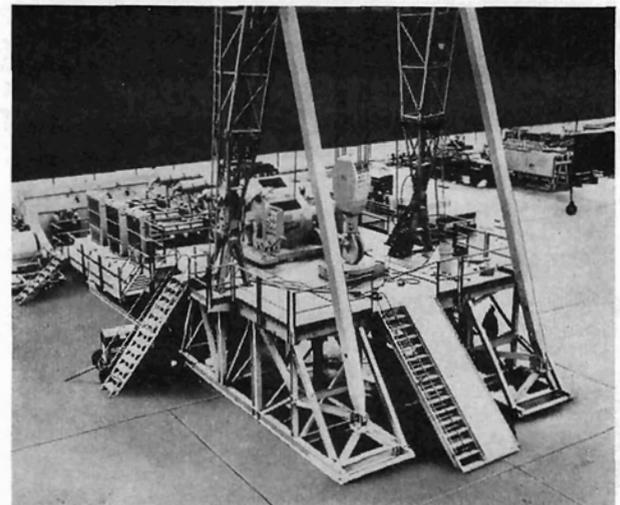
steifen Rahmen, auf dem beiderseits je zwei Mastlager eingebaut sind.

Im aufgerichteten Zustand sind die beiden Masthälften in etwa halber Höhe durch einen Querriegel verbunden.

Die beiden Masthälften werden auf je einem Fahrgestell transportiert, zu beiden Seiten des Grund-

Bild 6: Detail des Bohrmastes der Firma IDECO

Fig. 6: Detail of drilling mast of Messrs. IDECO



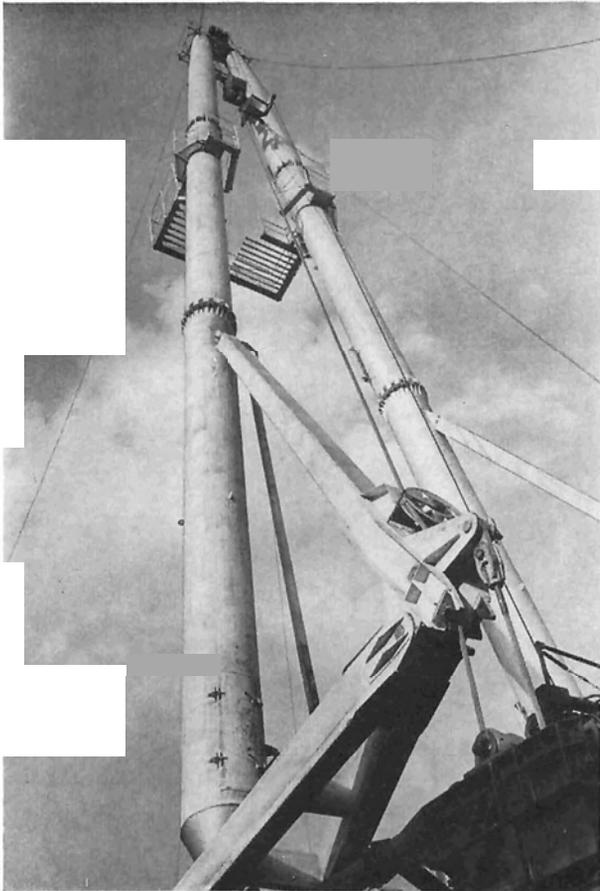


Bild 7: Aufrichten des Mastes (Gulliver-Mast)

Fig. 7: Setting up of mast (Gulliver mast)

gerüstes in die Mastschuhe eingehoben und mit Hilfe eines Galgens und schwerer Handwinden bzw. anderer Zugorgane aufgerichtet. Schließlich wird der Oberteil hochgeschoben . . .

Aus den Bildern 10 und 11 ist diese Konstruktion in verschiedenen Phasen ersichtlich.

Obwohl es sich durchwegs um freistehende Maste handelt, werden sie aus Sicherheitsgründen gegen Winddruck mit Drahtseilen in vier Richtungen verspannt.

Ein Bohrgerüst ganz besonderer Art, das in der Form dem klassischen Bohrturm gleicht, ist die Konstruktion der DEMAG, Duisburg (siehe Bild 12).

Bei dieser Konstruktion wurde der größte Wert auf die allgemeine Betriebssicherheit sowie Sicherheit des Aufbaupersonals und des Bedienungspersonals gelegt.

Als Material wurde Stahl St 37 gewählt. Auf besonderen Wunsch kann auch St 52 verwendet werden.

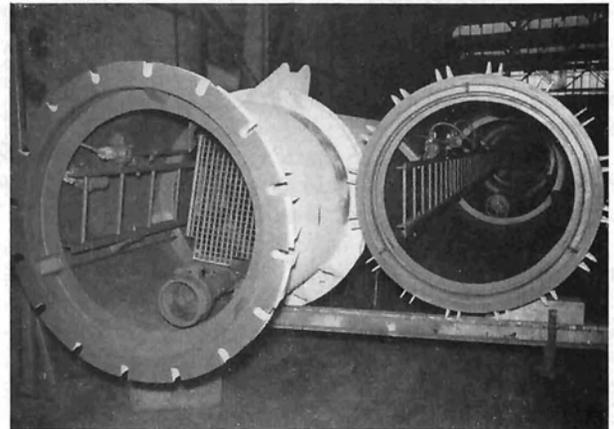
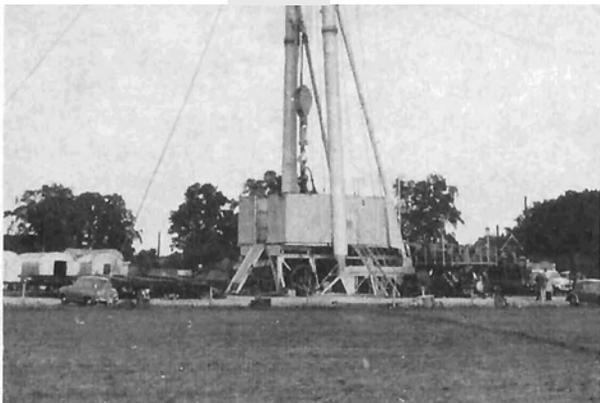
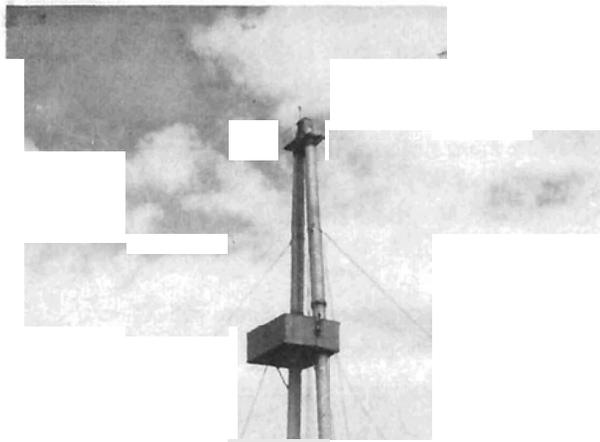


Bild 9: Inneres der Mastsäulen des Gulliver-Mastes

Fig. 9: Inside of Gulliver mast

Das Bohrgerüst ist für eine Kronenlast von 250 Tonnen und 350 Tonnen Ausnahmelast ausgelegt.

Das Grundgerüst in geschweißter Kastenbauform kann in Höhen von 4,5 und 6,5 m geliefert werden. Seine Tragkonstruktion ist für eine Rotarytischlast von 250 Tonnen und eine Gestängelast von 70 Tonnen vorgesehen.

Das Turmgerüst besteht aus 3 oder 4 Eckstielen in geschweißter quadratischer Fachwerks- oder Rohrkonstruktion. Die Eckstiele lagern in Bolzengelenken in den Eckpunkten des Grundgerüstes; sie sind pyramidenförmig angeordnet und untereinander in zwei Ebenen miteinander verbunden.

Zur Sicherung gegen starken Winddruck ist auch diese Konstruktion in der Höhe der Gestängebühne mit Sturmseilen verankert.

Bild 8: Gulliver-Mast in Betriebsstellung

Fig. 8: Gulliver mast ready for operation

Bild 11: Mast der Firma Mannesmann-Traulz, Wien, in ausgefahrener Stellung

Fig. 11: Mast of Mannesmann-Traulz, Wien, in erected position

Die einzelnen Eckstiele sind aus 6 m langen Schüssen zusammengesetzt und mit Klappschrauben miteinander verbunden.

Die Gestängebühne ist in der Höhe von 25 m eingebaut. Oberhalb der Kronenbühne ist ein Montagegalgen vorgesehen.

Die Normalhöhe bei 250 Tonnen Kronenlast beträgt von der Arbeitsbühne bis zur Oberkante des Galgens 46,5 m.

Für geringere Kronenlasten kann das Gerüst mit einer niedrigeren Höhe geliefert werden.

Die Montage erfolgt nach dem Baukastenprinzip, durch den Zusammenbau von zusammengeschweißten Baukörpern, und zwar entweder mit einem Richtmast oder einem Kran.

Die Aufbauzeit wird für das Grundgerüst mit rund 35 Stunden, für das Bohrgerüst mit Richtmast mit

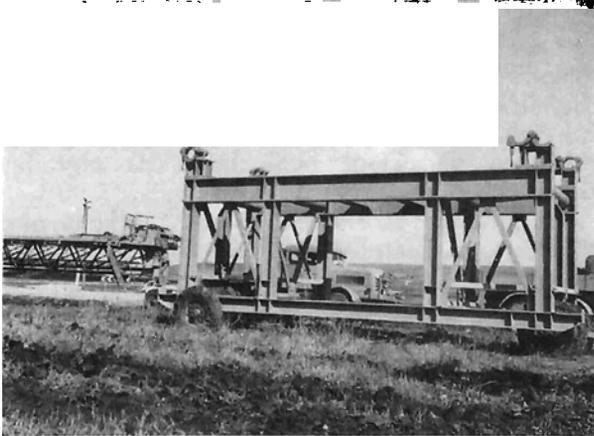
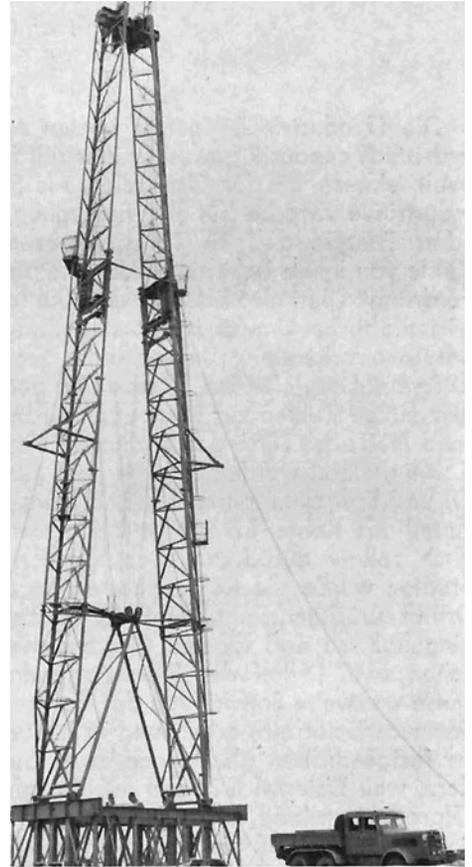


Bild 10: Grundgerüst für den Bohrmast der Firma Mannesmann-Traulz, Wien

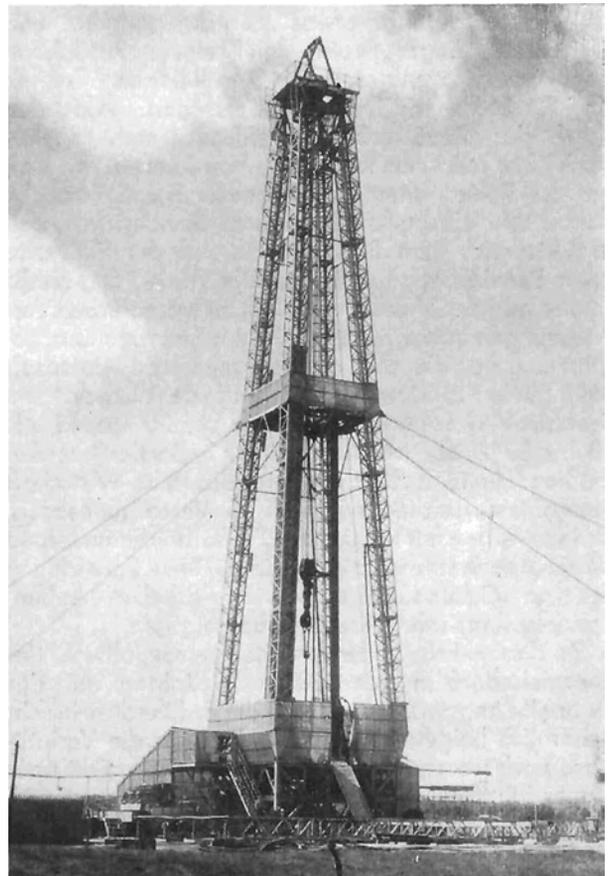
Fig. 10: Subframe for drilling mast of Mannesmann-Traulz Wien

60 Stunden und mittels Kran mit 25 Stunden angegeben.

Für das komplette Bohrgerüst für eine Kronenlast von 250 Tonnen ergeben sich die folgenden 21 Transporteinheiten:

- a) 6 LKW-Ladungen für ein Grundgerüst, 4,5 m hoch, bestehend aus 4 Kästen mit einem Gesamtgewicht von 36 Tonnen.
- b) 8 LKW-Ladungen für ein Grundgerüst mit 6,5 m Höhe, bestehend aus 6 Kästen, mit einem Gesamtgewicht von 54 Tonnen.
- c) 7 LKW-Ladungen für die Gerüstkonstruktion mit einem Gesamtgewicht von 54 Tonnen.

Bild 12: DEMAG-Bohrgerüst
Fig. 12: DEMAG Drilling frame



Die Mineralölverarbeitung in Österreich – jetzt und in der Zukunft

Von Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. A. F. Orlicek, Wien

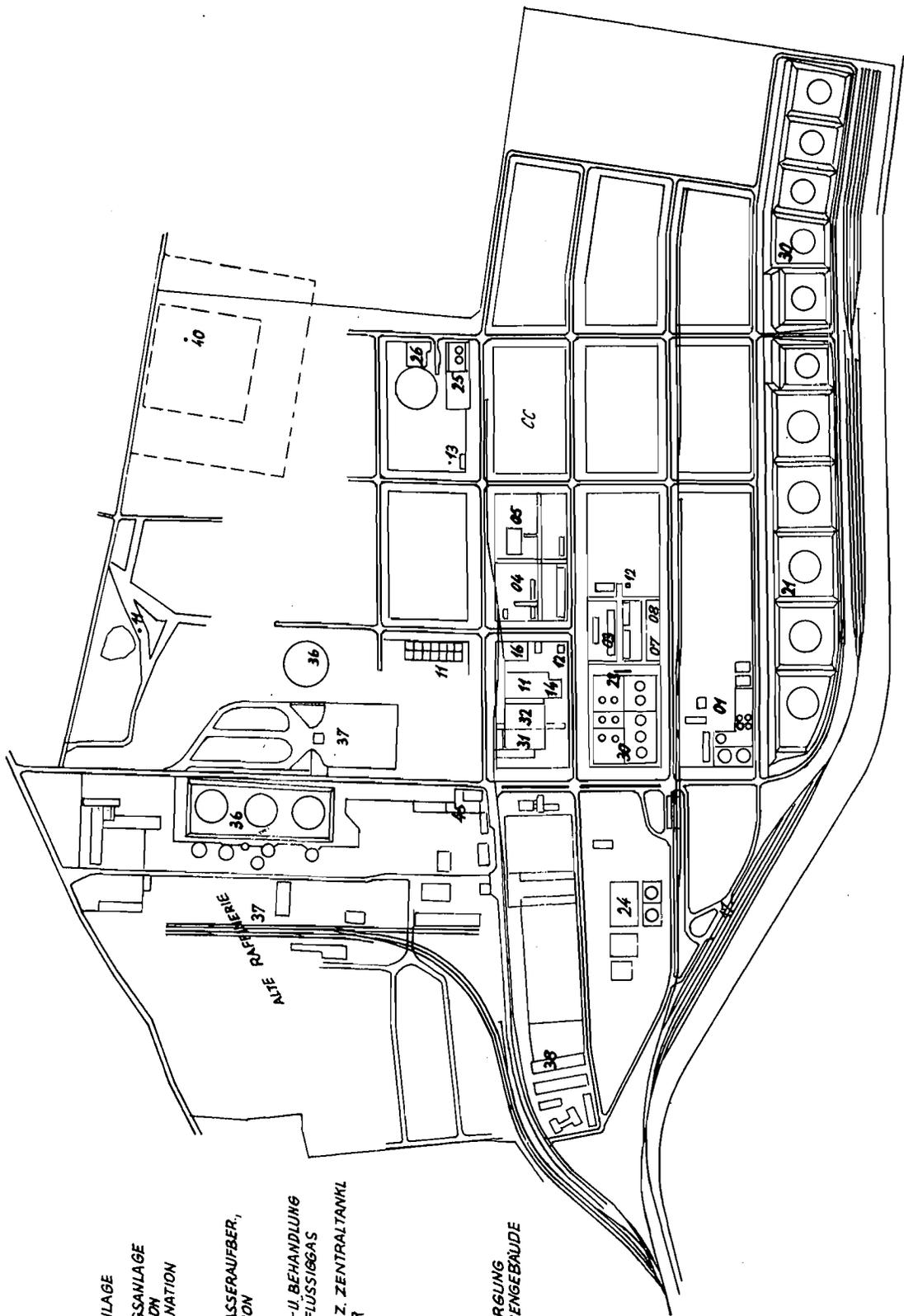
Die Ölindustrie ist in den letzten Jahren außerordentlich expansiv gewesen; dies gilt für die ganze Welt, ebenso wie für Österreich. Als Brennstoff für industrielle Zwecke, für die Erzeugung von elektrischer Energie und im Transportwesen wurde die Kohle von ihrem beherrschenden Platz durch das Öl verdrängt. Diese Entwicklung, die eine technische und wirtschaftliche Umwälzung ersten Ranges darstellt, hat überraschenderweise nur wenig Beachtung in der Öffentlichkeit gefunden. Es ist daher ganz angezeigt, hier einige Zahlen zur Illustration zu bringen. Während 1930 noch 78 % des Weltenergiebedarfes durch Kohle gedeckt wurden, sind es jetzt nur mehr 46 %; Öl und Erdgas zusammen haben etwa den gleichen Anteil wie Kohle. Europa ist bei dieser Entwicklung noch relativ zurückgeblieben, in den Vereinigten Staaten wurde die Kohle aber schon auf etwa ein Drittel zurückgedrängt, und Erdgas hat die Kohle fast eingeholt, so daß Öl und Gas zusammen die restlichen zwei Drittel des Brennstoffbedarfes decken. Diese weltweite Entwicklung des Vordringens von Öl hat auch Österreich erfaßt und ist bei uns sogar weiter fortgeschritten als in anderen europäischen Ländern, weil Österreich in den letzten Jahrzehnten ein Ölproduktionsland geworden ist. Unsere Förderung hat im Jahre 1955 ein Maximum von 3,7 Millionen Tonnen erreicht und war damals die höchste von den OEEC-Ländern. In den letzten Jahren ist die Förderung etwas zurückgegangen, und Österreich liegt heute mit einer Produktion von etwas weniger als 3 Millionen Tonnen an 2. Stelle nach Westdeutschland. Auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet, steht Österreich aber mit einer Kopfquote von über 400 kg weit an der Spitze aller OEEC-Länder. Diese Tatsache wurde sehr eindrucksvoll dadurch demonstriert, daß in Österreich zum Beispiel während der Suezkrise keine Benzinknappheit eintrat. Die Verwertung dieser relativ reichen Ölvorkommen hat zu wesentlichen Veränderungen in der österreichischen Energiebilanz geführt und bewirkt, daß die österreichische Wirtschaft nicht mehr so ausschließlich auf den Import von Brennstoffen angewiesen ist wie vor 20 Jahren, als 70 bis 80 % des Inlandsbedarfes importiert werden mußten. Heute verfügt die österreichische Wirtschaft über eine ausreichende inländische Versorgungsbasis, und es werden nur mehr rund die Hälfte der im Inland benötigten Brennstoffe eingeführt. Diese Entwicklung hat zur Gesundung der österreichischen Außenhandelsbilanz sehr wesentlich beigetragen.

Zu diesem Erfolg, der errungen wurde, obwohl der Energiebedarf in den letzten 20 Jahren auf das Doppelte angewachsen ist, hat die Erdölindustrie sehr wesentlich beigetragen, und es könnten die Verhältnisse noch wesentlich günstiger sein, wenn nicht noch immer jährlich 1 Million Tonnen Öl als Reparationslieferung nach Rußland geliefert werden müßte. Zur Verbesserung der österreichischen Energiebilanz ha-

ben allerdings – und das soll hier ausdrücklich erwähnt sein – auch andere Sparten erheblich beigetragen. Ich erinnere an den Ausbau der Wasserkräfte, die heute über $\frac{3}{4}$ des Stromkonsums decken, die Elektrifizierung der Bundesbahnen, durch die der Bedarf an zu importierender Steinkohle wesentlich gesenkt wurde, nicht zuletzt sei aber auf die großen Erfolge des Braunkohlenbergbaues verwiesen. Kohle und Öl stehen häufig in einem harten Konkurrenzkampf; das soll aber kein Grund sein, den hervorragenden Beitrag zum Wiederaufbau der österreichischen Wirtschaft zu übersehen, den der österreichische Braunkohlenbergbau geleistet hat, der seine Förderung seit 1937 fast verdoppeln konnte. Wenn gegenwärtig der Kohlenbergbau unter einer gewissen Absatzstockung leidet, so ist dies ebenso wie die Absatzschwierigkeiten auf dem Heizölmarkt, unter denen die Ölindustrie leidet, bei uns in Österreich nicht auf strukturelle Schwierigkeiten zurückzuführen, sondern einzig und allein eine Folge von Heizölimporten, die in vieler Beziehung den Charakter eines Dumping besitzen, gegen die daher mit marktwirtschaftlichen Mitteln nicht angekämpft werden kann, und gegen deren wirtschaftlich verderbliche Auswirkungen der Staat Maßnahmen zu ergreifen hätte.

Die österreichische Mineralölindustrie kann also mit einem gewissen Stolz auf die Entwicklung ihrer Förderung zurückblicken, und ich bin überzeugt, daß Sie dem Vortrag meines Kollegen Friedl, der Sie über die Ölfelder informiert hat, entnehmen konnten, daß auch die Zukunftsaussichten der österreichischen Rohölproduktion durchaus nicht trüb sind, wengleich die Förderung gegenwärtig etwas rückläufig ist.

Wenn wir also auf die Vergangenheit der österreichischen Ölproduktion mit Befriedigung blicken können, so trifft dies leider nicht auch für die Mineralölverarbeitung zu. Die Simmeringer Waggonfabrik hat wohl im vorigen Jahrhundert als eine der ersten auf dem Kontinent und vielleicht sogar in der Welt Mineralölraffinerien gebaut; nach dem 1. Weltkrieg aber hat die Mineralölindustrie in Österreich stagniert und konnte seither nicht mehr den Anschluß an den Standard anderer Länder erreichen. Die in Österreich vorhandenen kleinen und eher unzulänglichen Raffinerieanlagen wurden im 2. Weltkrieg schwer beschädigt und dann mit behelfsmäßigen Mitteln instandgesetzt und stellten bei der Übernahme durch die österreichische Mineralölverwaltung im Jahre 1955 eigentlich Improvisationen dar, die bestenfalls dem Stand der Technik von etwa 1930 entsprochen haben. Die in Österreich vorhandenen Verarbeitungsanlagen hatten insgesamt wohl einen Rohöldurchsatz von rund 2 Millionen Tonnen pro Jahr, waren aber auf 7 verschiedene Raffinerien verteilt, von denen 5 die ÖMV übernommen hat. Eine solche Zersplitterung der Kapazität ist natürlich in hohem Maße unwirtschaftlich. Sie alle wissen ja, daß man



- HAUPTANLAGEN**
- 01 BITUMENANLAGE
 - 03 ROHÖLDESTILLATIONSANLAGE
 - 04 REFORMINGANLAGE
 - 05 GASNACHVERARBEITUNGSANLAGE
 - 07 LEICHTBENZINRAFFINATION
 - 08 KERSEN- U. GASÖLRAFFINATION
 - CC CRACKANLAGE
- NEBENANLAGEN**
- 11 KÜHLTURM, BRUNNEN, WASSERAUFBER.,
 - 12 HEIZÖL- U. HEIZGASSTATION
 - 13 BLOWDOWN U. FACHEL
 - 14 DRUCKLUFTSTATION
 - 16 CHEMICALIENLAGERUNG- U. BEHANDLUNG
 - 17 VERLADENANLAGE FÜR FLÜSSIGGAS
 - 21 ROHÖLTANKLAGER
 - 23 PRODUKTVERPUMPUNG Z. ZENTRALTANKL
 - 24 FLÜSSIGGASTANKLAGER
 - 25 SLOP-SYSTEM
 - 26 ÜLBSCHNEIDER
 - 30 ZWISCHENTANKLAGER
 - 31 KRAFTZENTRALE
 - 32 KESSELHAUS
 - 36 HEIZÖLTANKLAGER
 - 37 HEIZÖLVERLADUNG
 - 38 MAGAZIN
 - 40 TRINKWASSERVERSORGUNG
 - 45 KÜCHEN- U. GARDEROBENGEBAUDE

Fig. 1: Situation plan of the new refinery Schwechat

Bild 1: Lageplan der neuen Raffinerie Schwechat



Bild 2: Photomontage der projektierten Rohrbrücke zur Überbrückung der Donau vom Tanklager Lobau zur neuen Raffinerie Schwechat der ÖMV-AG

Fig. 2: Photographic assembly of a proposed pipe-bridge with Bitumen plant, tankfarm and atmospheric distilling plant in front; in the rear the plants of the old refinery

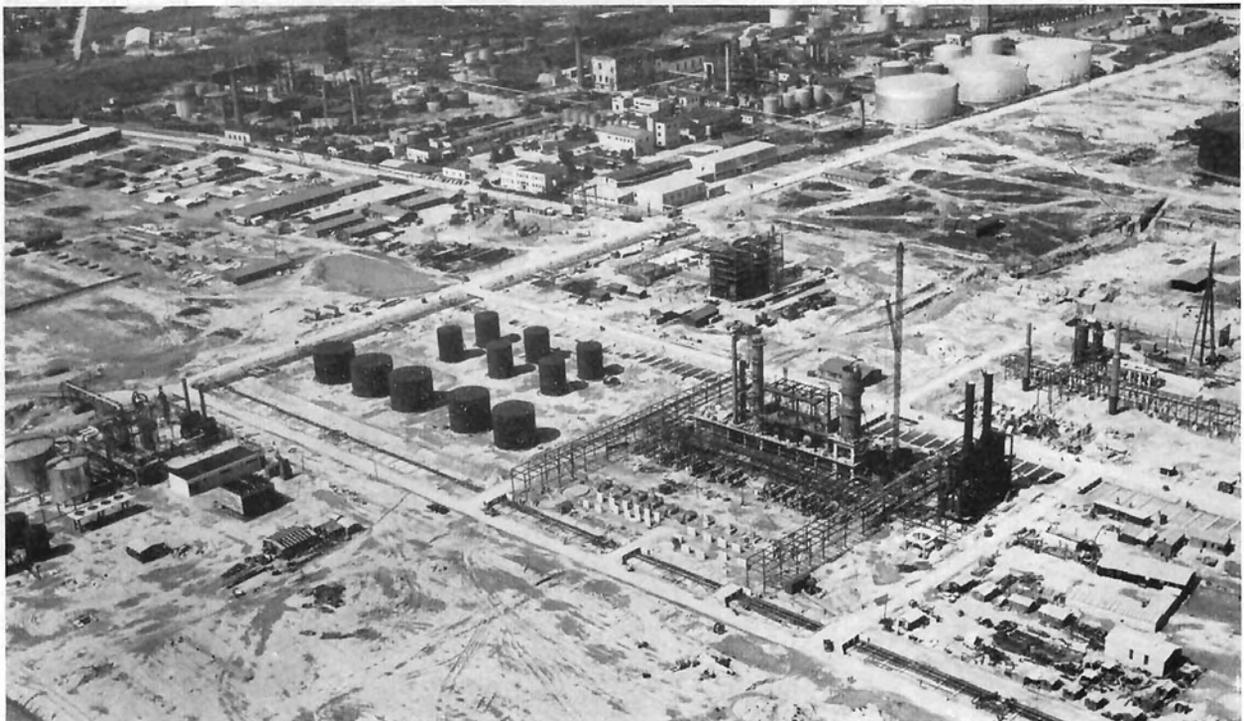
heute in Westeuropa der Ansicht ist, daß eine Raffinerie mit einer Kapazität unter rund 3 Millionen Tonnen kaum konkurrenzfähig ist. Bei dieser Sachlage war es eine Notwendigkeit – und es wurde auch bereits von der öffentlichen Verwaltung 1955 erkannt –, eine neue Raffinerie zu bauen. Die Transportkosten der alten Raffinerien betragen im Jahr 30 Millionen Schilling, dazu kommen überhöhte Verarbeitungskosten infolge schlechter Wärmeökonomie und überhandnehmende Reparaturen sowie große Erlösminderungen, bedingt durch schlechte Ausbeute.

Es war daher richtig, den Raffinerieneubau auch möglichst zu forcieren, und er wurde daher bald nach der Gründung der Österreichischen Mineralölverwaltung AG in Angriff genommen. Es besteht heute in der Welt ja ganz allgemein die Tendenz, die Raffinerien

in den Zentren des Verbrauches zu errichten. Das war nicht immer so; durch lange Zeit hat man die Raffinerien vielfach unmittelbar in der Nähe der Ölquellen errichtet und die Produkte transportiert. Diese Entwicklung ist durchaus nicht, wie man zuerst geneigt wäre zu glauben, auf die schlechten Erfahrungen zurückzuführen, die viele Ölgesellschaften mit ihren Investitionen im Nahen Osten gemacht haben, sondern einzig und allein ein Problem des Transports. Es ist günstiger und vor allem billiger, das Rohöl und nicht die Produkte zu transportieren. Supertanker, die man heute schon mit Tonnagen von 30 000 bis 50 000 t baut, besorgen den Transport über See zu außerordentlich niedrigen Preisen, und über Land wird das Öl in Rohrleitungen verpumpt. Auch in Europa hat man in letzter Zeit solche sogenannten Pipelines er-

Bild 3: Luftbild des Geländes der neuen Raffinerie Schwechat mit Bitumenanlage, Tanklager und atmosphärischer Destillation im Vordergrund; im Hintergrund die alte Raffinerie

Fig. 3: Air view of the area of the new refinery Schwechat with Bitumen plant, tankfarm and atmospheric distilling plant in front; in the rear the plants of the old refinery



richtet. Ich erwähne nur die beiden Linien, die das Rheinland versorgen, und die Projekte, von Südfrankreich aus eine Ölleitung nach Süddeutschland und von Italien nach Bayern zu bauen. Den billigen Transport in Pipelines kann man wohl für das Rohöl anwenden, es ist aber nicht möglich, auch die Produkte in dieser Weise zu transportieren. Vergessen Sie nicht, daß man mindestens 3 verschiedene Autobenzinsorten, 2 Sorten Flugzeugbenzin, Düsentreibstoff, 2 Qualitäten Dieselöl und 3 Qualitäten Heizöl für die Befriedigung des Marktes, also ein rundes Dutzend Produkte, braucht, vom Schmieröl und der Vielzahl der Spezialprodukte noch ganz abgesehen. Wegen dieses Transportproblems ist es also günstiger, die Raffinerien in den Schwerpunkten des Verbrauches anzulegen. Leitungen für Produkte wurden wegen dieser Spezialisierung bisher kaum errichtet; eine Ausnahme sind nur die Benzinleitungen, die die Raffinerien an der französischen Küste mit Paris verbinden. Dabei handelt es sich aber zum Teil um Leitungen, die während des Krieges zur Versorgung der Armee hergestellt wurden und jetzt für zivile Zwecke weiter benützt werden. Der leichtere und billigere Transport des Rohöls macht es also günstiger, die Raffinerien an den Verbrauchsorten zu errichten, wiewohl man ja den Brennstoffbedarf der Raffinerien mittransportieren muß. Ein weiterer Grund, die Raffinerien in den meist hochindustrialisierten Verbrauchszentren zu errichten, ist der, daß man hier die Möglichkeit hat, die Raffineriegase als Rohstoff der chemischen und der Kunststoffindustrie zu verwenden.

Das wären also die Gründe für den Raffineriebau in Europa, die den meisten von Ihnen ja mittelbar oder unmittelbar durch die Bestellungen, die dafür getätigt wurden, bekannt sind. Alle diese Gründe, die maßgeblich sind, mit der Raffinerie an den Verbraucher heranzugehen, gelten natürlich noch viel mehr für ein Land, bei dem die Ölquellen in der Nähe des Verbrauchsschwerpunktes gelegen sind, und ich glaube, Ihnen damit hinreichend die Notwendigkeit der Errichtung einer Raffinerie im Wiener Raum, der den österreichischen Verbrauchsschwerpunkt bildet, begründet zu haben. Es war natürlich auch notwendig, die Kapazität der Verarbeitungsanlagen in einem Betrieb zu konzentrieren, weil der Rahmen des Marktes und auch der Förderung viel zu klein für die Verteilung auf mehrere Raffinerien ist. Man muß also trotz der damit verbundenen sozialen Härten daran denken, eine einzige Raffinerie zu errichten und die anderen Raffinerien stillzulegen.

Wenn ich vorhin vom österreichischen Markt gesprochen habe, so war es klar, daß gewisse Randgebiete, die frachtgünstiger zu ausländischen Raffinerien liegen, dabei von vornherein auszuschneiden gewesen sind. Die Kapazität der Raffinerien hat sich am Markt des voraussichtlich zu beliefernden Gebietes zu orientieren, man muß dabei aber auch einer künftigen Entwicklung Rechnung tragen. Damit begibt man sich allerdings auf das unsichere Gebiet der Prognosen, von denen wir ja alle wissen, daß sie trotz größter Sorgfalt häufig von der Entwicklung nicht bestätigt werden. Ich erwähne nur die uns allen bekannten Prognosen der OEEC über die Entwicklung

des europäischen Brennstoffbedarfes. Trotz dieser Einschränkungen mußte bei der Raffinerieplanung die Zukunft bedacht werden, und es wurde als sicher betrachtet, daß der Bedarf an Mineralölprodukten steigen wird. Wenn man die Entwicklung unseres Nationaleinkommens und unserer Industrie nicht sehr pessimistisch beurteilt, so muß man ja annehmen, daß es uns gelingen wird, einen Stand, den andere Länder schon heute erreicht haben, wenigstens in einer fernerer Zukunft zu erreichen. Da der Energieverbrauch mit der Industrieproduktion parallel geht, und da weiterhin auch die Motorisierung an sich und im Zusammenhang mit einem steigenden Nationalprodukt als expansiv zu betrachten ist, war es also sicher gerechtfertigt, eine Zunahme des Mineralölabsatzes in Österreich anzunehmen. Natürlich wäre es sehr gefährlich, bei Prognosen über eine solche allgemeine Tendenz hinauszugehen, und es mußte daher Vorsorge dafür getroffen werden, daß die Verarbeitung auch unvorhergesehenen Änderungen der Marktsituation angepaßt werden kann. Moderne Verarbeitungsanlagen ermöglichen das ja sehr weitgehend. Man ist heute vom Rohstoff mehr oder weniger unabhängig. Man kann die meisten Produkte

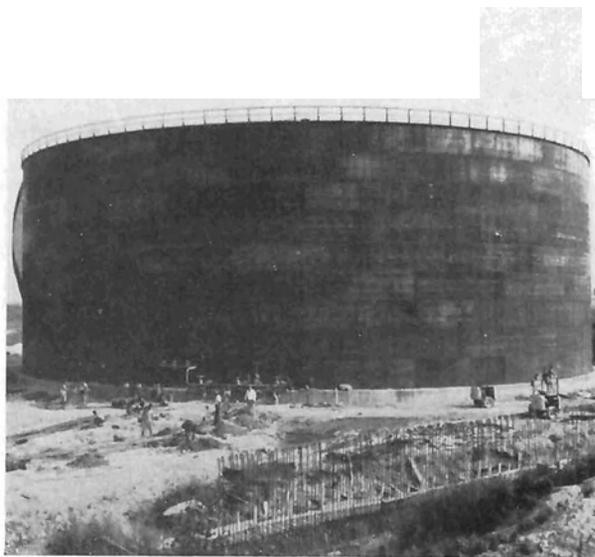


Bild 4: 40 000-m³-Behälter (der größte Lagerbehälter der neuen Raffinerie Schwechat)

Fig. 4: 40 000 cbm fuel tank (the largest storage tank of the new refinery Schwechat)

aus jedem beliebigen Rohöl herstellen. Aus der anderen Seite war natürlich dem Wunsch nach Flexibilität der Verarbeitungsanlagen durch den Investitionsaufwand eine Grenze gesetzt, denn es wäre natürlich die Freude an universellen Verarbeitungsanlagen durch einen Kapitaldienst, der im Erlös keinen Raum mehr findet, sehr geschmälert.

Aus den obigen Überlegungen ist also die Notwendigkeit, aber auch die Art und der Umfang der zu errichtenden Verarbeitungsanlagen weitgehend gegeben.

In bezug auf den Standort waren eine Reihe prinzipieller Überlegungen anzustellen. Für die Raffinerie konnte nur ein Ort in Frage kommen, der transportgünstig, das heißt, an den bestehenden Pipelines, liegt. Es war aber natürlich auch notwendig, über einen Donauhafen und einen leistungsfähigen Bahnanschluß zu verfügen, und schließlich mußte darauf Bedacht genommen werden, daß auch eine entsprechende Straßenzufahrt besteht; einmal wegen des Transportes während der Bauzeit, aber auch im Hinblick auf die immer stärker werdende Tendenz, Produkte mit Straßentankfahrzeugen von der Raffinerie direkt zum Verbraucher zu befördern. Weitere allgemeine Gesichtspunkte waren die Versorgung mit Wasser und die Beseitigung des Abwassers, und schließlich war auf nahegelegene Wohnmöglichkeiten für die Belegschaft Wert zu legen, um die Errichtung eigener Werksiedlungen zu vermeiden oder doch in erträglichen Grenzen zu halten.

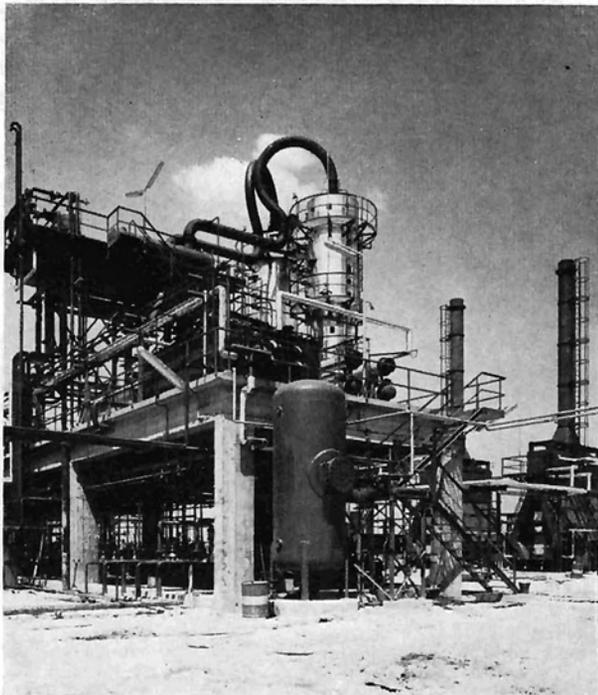


Bild 5: Die Bitumenanlage der neuen Raffinerie Schwechat

Fig. 5: Bitumen plant of the new refinery Schwechat

Abgesehen von diesen allgemeinen Erwägungen für die Standortwahl kam noch hinzu, daß die Mineralölverwaltung in der Lobau ein sehr großes Tanklager besitzt, dessen Kapazität über 160 000 m³ beträgt, das über einen eigenen Bahnhof, Abfüllanlagen und einen Olhafen verfügt und am Endpunkt der bestehenden Pipelines liegt, die es mit den Ölfeldern verbinden. Dieses Lager ist natürlich nur wertvoll, wenn man die Raffinerie in der Nähe errichtet. Da das Gelände auf der linken Seite der Donau aber verkehrs- und energieverorgungsmäßig nicht erschlossen war und ein von verschiedenen toten Donauarmen durchzogenes Auegebiet darstellt, hat man sich in Würdigung aller erwähnten Gründe

entschlossen, die Anlagen auf einem Gelände südöstlich der bestehenden Raffinerie in Schwechat zu errichten. Damit war auch die Möglichkeit gegeben, die vorhandenen Raffinerieanlagen in Schwechat und gegebenenfalls auch die in der Lobau während der Bauzeit der Raffinerie weiter zu betreiben.

Das neue Raffineriegelände liegt südöstlich der bestehenden Raffinerie Schwechat. Der Bahnanschluß wird über die gleichen Gleise führen, die die alte Raffinerie versorgen. Die Straßenzufahrt wird über die sogenannte Mannswörther Straße geleitet, von Nordosten also, weil dies aus verkehrstechnischen Gründen notwendig ist, denn eine weitere Belastung des durch Schwechat führenden Straßenzuges durch den großen zu erwartenden Tankwagenverkehr ist nicht zulässig. (Bild 1)

Die Donauüberquerung wird mit einer Rohrbrücke erfolgen. Man hat bisher Leitungen benützt, die in das Flußbett verlegt wurden. Die Verlegung ist seinerzeit ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen in recht primitiver Weise erfolgt, und man hat trotzdem keine schlechten Erfahrungen mit diesen Leitungen gemacht. Da sich aber andererseits sehr schwer voraussagen läßt, wie die Geschiebeführung eine solche Leitung über längere Zeiträume beanspruchen wird, so hat man sich entschlossen, die Donauüberquerung mit einer Rohrbrücke vorzunehmen. Die Brücke wird in ähnlicher Weise wie die bereits bestehende Barbarabrücke ausgeführt werden, über die die Erdgasleitung geführt wurde. In Bild 2 ist eine Photomontage der zu errichtenden Rohrbrücke dargestellt.

In Schwechat wird gegenwärtig eine atmosphärische Destillation für 1,6 Millionen Tonnen pro Jahr gebaut, ferner eine katalytische Reforminganlage, die dazu dient, die Qualität, das heißt, die Oktanzahl des Benzins, zu verbessern, und eine Gasverarbeitungsanlage zur Gewinnung von Propan und Butan aus dem Raffineriegas. Diese Anlagen werden es, zusammen mit den in Schwechat bereits bestehenden Anlagen (Bitumenanlage, Destillationsanlagen, thermische Crackanlagen und verschiedene Einrichtungen zur Schmierölraffination) der Österreichischen Mineralölverwaltungs AG ermöglichen, die Verarbeitung an einem Platz zu konzentrieren und damit die Verarbeitungskosten wesentlich zu senken. Die in Schwechat vorhandenen Anlagen sind, wie schon erwähnt, sehr überaltert und müssen natürlich alle ersetzt werden. Um den Benzinbedarf zu decken, der gegenwärtig sowohl mengen- als auch qualitätsmäßig (die ÖMV kann derzeit kein Superbenzin erzeugen) von der ÖMV nur zum Teil versorgt werden kann, besteht der Plan, eine katalytische Crackanlage zu errichten. In diesem Zusammenhang wird es auch notwendig sein, eine Vakuumdestillation zu bauen, und man denkt auch daran, Anlagen für die Herstellung hochwertiger Schmieröle zu errichten und die Herstellung von Äthylen aufzunehmen, um die chemische Industrie damit zu beliefern. Die Notwendigkeit der katalytischen Reforminganlage und auch des geplanten Crackers ergibt sich daraus, daß in den letzten Jahren die Qualitätsansprüche an Autobenzin hinsichtlich der Oktanzahl wesentlich gestiegen sind und auch noch weiter steigen werden.

Außer den reinen Verarbeitungsanlagen werden natürlich auch noch eine Reihe von Nebenanlagen errichtet, wie Einrichtungen für die Energieversorgung, das heißt, die Versorgung mit Dampf- und elektrische Energie, die Bereitstellung von Wasser, weitere Anlagen zur Aufbereitung des Abwassers, Tanklager, Abfülleinrichtungen, Verkehrsanlagen und anderes mehr, die im Rahmen des Gesamtprojektes einen beträchtlichen Teil einnehmen.

Der Grundriß der Raffinerie ist im Bild 1 dargestellt, das zeigt, an welchen Stellen des neuen Geländes die einzelnen Anlagen errichtet werden. Östlich des neuen Geländes, das ist rechts im Bild, wird sich die chemische Industrie ansiedeln, die von der Raffinerie mit Olefinen versorgt werden wird. Einen Überblick über das Raffineriegelände und zugleich auch einiges über den gegenwärtigen Bauzustand zeigt eine Luftaufnahme in Bild 3.

Die weiteren Aufnahmen zeigen die verschiedenen Verarbeitungsanlagen, zum Teil im Modell und zum Teil im gegenwärtigen Bauzustand. Die Modelle der Raffinerieanlagen dienen nicht nur etwa als Schauobjekte, sondern werden, wie das jetzt allgemein üblich geworden ist, von den Ingenieurfirmen zu dem Zweck angefertigt, um die Rohrleitungsverlegung zu planen. Die große Zahl der Rohrleitungsanlagen bringt es mit sich, daß Rohrleitungspläne außerordentlich schwierig sind, und daß deren Anfertigung den Einsatz einer großen Anzahl sehr geschulter Konstrukteure durch relativ lange Zeit erfordert. Es hat sich nun gezeigt, daß die Anfertigung der Modelle weniger Arbeitszeit braucht, und daß man auf diese Weise billiger und schneller zu Rohrleitungsplänen kommt, die dann auf photographischem Weg in Form achsonometrischer Darstellungen aus den Modellen gewonnen werden.

Die weiteren Bilder zeigen Einzelheiten von der Montage und Ausschnitte aus dem Bau der verschiedenen Anlagen. Es liegt aber in der Natur der Sache, daß diese Darstellungen durch den Montagefort-

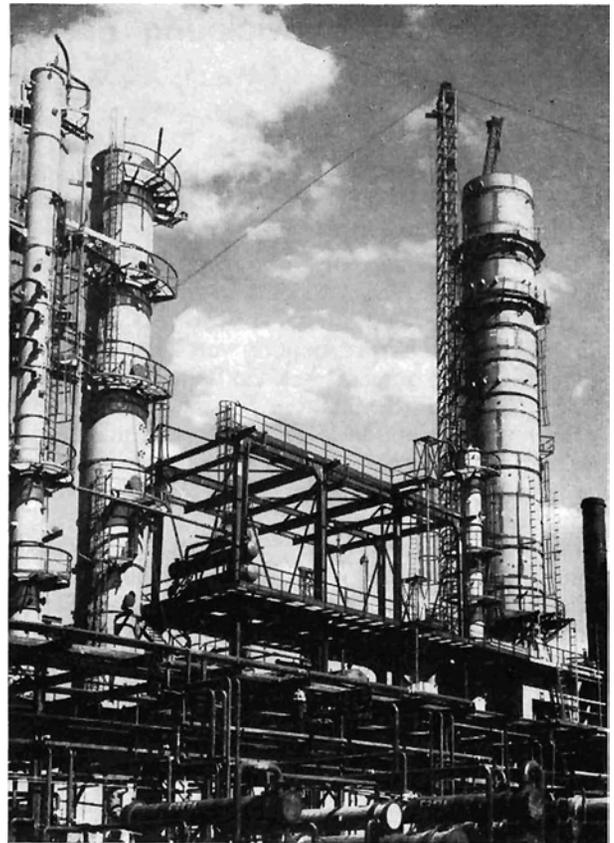


Bild 6: Destillationsanlage der neuen Raffinerie Schwechat während der Montage

Fig. 6: Distilling plant of the new refinery Schwechat under construction

schritt bereits überholt werden, der – man befindet sich gegenwärtig mehr oder weniger am Höhepunkt – in jeder Woche eine beträchtliche Veränderung erfährt (Bilder 4, 5 und 6).

Über die Entwicklung des Stahlverbrauches in Ölraffinerien

Von Dipl.-Ing. A. V. I. Mollison, Den Haag

Es soll zunächst eine kurze Übersicht über die Entwicklung der Ölraffinerien in Westeuropa seit dem Kriege gegeben werden.

Dieser Entwicklung lag ein riesiges Bauprogramm zugrunde, das in kaum 15 Jahren in einer einzigen Industriesparte Investitionen von etwa 3 Milliarden US-Dollar und die Verarbeitung von 24 Mill. Tonnen Stahl notwendig gemacht hat. Ein Drittel dieser Stahlmenge, das heißt 8 Millionen Tonnen, wurde in den Verfahrenseinheiten und der Rest in Tankanlagen usw. verwandt. Dieser Mengenaufwand bezieht sich – wie ich nochmals betonen möchte – auf eine einzige Industriesparte.

Es soll nunmehr aufgezeigt werden, wie sich diese Stahlmenge auf die verschiedenen Hauptgruppen verteilt. Diese Gruppeneinteilung wurde vom Standpunkt des Ingenieurs vorgenommen; sie entspricht aber auch im allgemeinen der Einteilung der Werke, die die Konstruktionen liefern.

Es gehört nun nicht in den Rahmen des Vortrages, über die Verwendung von Stahl für die Fundamente zu sprechen. Fundamente müssen lokalen Bedingungen und Verhältnissen angepaßt werden, und zwar in einer Weise, die für den Hochbau der Raffinerie nicht gilt. Die eigentliche Raffinerieanlage als solche wird im wesentlichen in der ganzen Welt nach der gleichen Konzeption errichtet.

Maschinen, wie zum Beispiel Kompressoren, Pumpen und Turbinen, gehören nicht zum Thema dieses Vortrages, obwohl diese Maschinen für jede Raffinerie unentbehrlich sind; aber der Kostenanteil für das Material ist unerheblich.

Es ist also das Ziel des Vortrages, eine Übersicht über den Massenverbrauch von Stahl für die Verfahrensanlagen zu geben.

Die Entwicklung dieses Industriezweiges in Westeuropa wird in den Bildern 1 und 2 veranschaulicht, welche die zur Verfügung stehende Kapazität kurz nach dem Krieg und nach dem heutigen Stande darstellen. Sie zeigen, wo die Menge von 8 Millionen Tonnen Stahl geblieben ist, und sie geben gleichzeitig einen lebendigen Eindruck vom Verbrauchstempo. Es darf wohl ohne Übertreibung gesagt werden, daß auf dieses beschleunigte Bautempo spezialisierte amerikanische Firmen und Ingenieurbüros bzw. deren europäische Tochtergesellschaften mit der Planung und Konstruktion derartiger Projekte beauftragt wurden; denn es waren große technische Erfahrung, Spezialisierung und Organisation – alles das, was man heute mit „know-how“ bezeichnet – erforderlich, um in kürzester Zeit Großanlagen aufzubauen und wirtschaftlich zu gestalten.

Bild 3 zeigt eine Aufteilung des Stahlverbrauches in den verschiedenen Hauptanwendungsgruppen. Druckbehälter, Fraktionierkolonnen, Reaktoren, Wärmeaustauscher und ähnliche Apparate benötigen etwa 33 % des Stahlbedarfes.

Die nächste Hauptgruppe der Stahlverbraucher ist

diejenige, welche die üblichen gewalzten Stahlprofile verwendet. Es sind dies Stahlskelette für Gebäude, Gerüste und Stützen für Apparate sowie Rohrleitungsbrücken. Diese Gruppe umfaßt rund 30 % der Gesamtmenge. Auch Röhrenofen zählen dazu, obwohl ihr Entwurf eine höchst spezialisierte Angelegenheit ist.

Der Stahlanteil für Rohrleitungen beträgt etwa 25 %. Die restlichen 12 % werden für verschiedene Maschinenteile sowie spezielle Apparate, welche gewöhnlich als „packaged units“ gekauft werden, verwendet.

Die prozentuale Aufteilung des Stahlverbrauches, die ich Ihnen soeben genannt habe, ist allerdings nicht völlig genau, aber hinreichend, um meine Grundidee zu illustrieren. Die Schwankungen des Stahlverbrauches von einer Verfahrenseinheit zur anderen sind verhältnismäßig gering, etwa 5 bis 10 % des jeweiligen Anteiles. Diese sehr kleinen Schwankungen sind auf die Standardisierung zurückzuführen, die die Ölkonzerne auf der ganzen Welt eingeführt haben, und zum Teil auf die beschränkte Anzahl der Hauptunternehmer, die sich mit der Planung und dem Bau derartiger Anlagen befassen.

Heute besteht aber eine deutlich wahrnehmbare Tendenz, die gesamte Stahlmenge in den jetzt im Bau befindlichen modernen Anlagen zu erhöhen. Die Ursache hierfür ist in den vielen neuen Verfahren zu suchen, die mit höheren Temperaturen und höherem Druck arbeiten sowie in den vielen komplizierten katalytischen Prozessen, die jetzt Anwendung finden.

Wenn vorher gesagt worden ist, daß der prozentuale Anteil des Stahlmaterials nur geringen Schwankungen von einer Verfahrenseinheit zur anderen unterworfen ist, so sind hierbei die Vorrattanks, die bei jeder Anlage für die Lagerung des Rohmaterials, der Zwischen- und Endprodukte nötig sind, ausgeschlossen.

Der Lagerbedarf der Raffinerien ist nicht nur gebunden an ihr jeweiliges Größenverhältnis, sondern ist auch von verschiedenen lokalen Bedingungen, insbesondere vom Absatzmarkt, aber auch von der Verarbeitungsmethode der jeweiligen Raffinerie in starkem Maß abhängig. Zur Veranschaulichung diene folgendes Beispiel: Die Stahlmenge für den Bau der Tankanlagen in zwei modernen Raffinerien – beide mit der gleichen Produktionskapazität – betrug 7000 t in der einen und 20 000 t in der zweiten Raffinerie. Der Unterschied ist dadurch bedingt, daß die eine Raffinerie in der Umgebung des Standortes schon vorhandene Depots benützte und daher die Endprodukte ohne Zwischenlagerung den bereits bestehenden Depots durch Rohrleitungen zuführen kann, während die andere durch örtliche Bedingungen gezwungen war, einen erheblichen Vorrat zu lagern.

Die Konzentration der Stahlmenge in einer wirklich großen Raffinerieanlage wird in den Bildern 4 bis 11 sichtbar.

Es sollen nunmehr die verschiedenen Probleme, die jeder Kategorie eigen sind, aufgezeigt werden.

Die wichtigste Gruppe ist ohne Zweifel die der Druckgefäße, denn gerade in diesen Behältern und in den Öfen finden alle physikalischen und chemischen Vorgänge statt. Die übrige Apparatur der Anlage dient eigentlich nur der Beförderung, den Pumpen und der Lagerung der Flüssigkeiten und Gase.

Es soll aber auf keinen Fall im Rahmen dieser Ausführungen die besondere Wichtigkeit der Instrumente für die automatische Regelung verkleinert werden. Dieses Gebiet liegt jedoch jenseits der Grenzen dieses Vortrages.

Druckgefäße werden aus zwei Gründen benötigt: Erstens, um eine oder mehrere Komponenten ihres Inhaltes im flüssigen Zustand bei der gewünschten Temperatur zu halten, und zweitens soll die Reaktion bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur begünstigt werden.

Die typischste Druckapparatur einer Raffinerie ist die Fraktionierkolonne, deren aktiver Bestandteil der Glockenboden ist. In seiner klassischen Form besteht er aus einer Anzahl vertikaler Röhren auf einer horizontalen Platte, und jedes Röhren ist derart mit einer Glocke bedeckt, daß die aufsteigenden Gase oder Dämpfe durch die Flüssigkeit, die sich auf der Decke befindet, hindurchdringen müssen. Auf diese Weise kommt das Gas in mehr oder weniger enge Berührung mit der Flüssigkeit, wodurch der Wärme- und Stoffaustausch entsteht. Die Verfahrenstechniker geben sich sehr viel Mühe bei der Berechnung dieser Glockenböden. Ich kenne jedoch nicht nur einen Fall, wo als Folge fehlerhaften Betriebes alle Glockenböden – die hier aus Gußeisen waren – in den Turmböden hinunterkollerten. Trotzdem funktionierte die Kolonne einwandfrei bis zur nächsten Stilllegung der Anlage.

In letzter Zeit ist es üblich geworden, vom klassischen Glockentyp abzuweichen. Viele Gesellschaften verwenden heute eigene Konstruktionen, die nur geringfügige Vorzüge bezüglich Wirkungsgrad, Stabilität oder Herstellungskosten aufweisen. Alle diese Konstruktionen haben gemeinsam, daß sie aus tellerähnlichen horizontalen Elementen bestehen, die in der Kolonne in Abständen von ungefähr 60 cm übereinander angebracht werden. Sie werden jetzt meistens aus legiertem Stahl mit 13% Cr und maximal 0,08% C hergestellt. Die Böden werden in Einheiten gegliedert, die durch ein Mannloch eingeführt werden können. Dieses Mannloch dient auch zur Kontrolle und für etwa notwendig werdende Reinigungsarbeiten an den Böden.

Manchmal werden die Böden in den Werkstätten hergestellt, in denen die Anfertigung der Kolonnen erfolgt; zuweilen auch von Spezialfirmen, die auf Grund ihrer Betriebseinrichtungen und Leistungsfähigkeit besser in der Lage sind, dünne legierte Stahlbleche zu bearbeiten. Die Montage der Böden kann noch in der Werkstatt erfolgen, aber viele Ingenieure ziehen es vor, zuerst die Kolonne auf das Fundament zu setzen.

In der Regel ist mit jeder Kolonne ein Sammelgefäß oder ein Abscheider verbunden. Diese sind

im allgemeinen einfache horizontale Druckgefäße, die hin und wieder mit besonderen Verkleidungen ausgestattet sind, zum Beispiel mit einer Zementschicht, zwecks Verhütung von Korrosion durch bestimmte Dämpfe. Zur Ausstattung dieser Behälter dienen Leitbleche zwecks Vermeidung von Wirbeln beim Austritt, sowie geeignete Flüssigkeitsverteiler beim Einlauf.

Eine wichtige Untergruppe von Druckgefäßen bilden die Reaktoren, die für die in den letzten Jahren entwickelten katalytischen Verfahren Verwendung finden. Diese Verfahren verlaufen oft bei Temperaturen bis zu 550° C und 40 atü. Die Wände dieser Reaktoren sind 75–140 mm stark.

Das Problem, mit Spannungen bei hohen Temperaturen fertig zu werden, wird in der Weise gelöst, daß entweder eine isolierende Ausmauerung aus hitzebeständigem Zement (100 mm) innerhalb des Reaktors erfolgt, um den Stahl so kalt wie möglich zu halten, oder es wird eine hochwertige Legierung benutzt, und die Wärmeisolierung an der Außenseite angebracht.

Was den Inhalt der Reaktoren betrifft, so sind sie im allgemeinen zu 80–85% mit sehr kostspieliger Katalysatormasse gefüllt, abgestützt auf Rosten oder einfach auf einer Schicht keramischer Füllkörper in Kugelform, welche die Gasverteilung fördern. Katalysatorische Cracker, in welchen ein feiner Katalysator in Kreislauf gehalten wird, bestehen aus zwei Behältern, welche durch ein Rohrsystem verbunden sind. Die Betriebsdrücke sind viel niedriger. Andererseits enthalten sie vom Standpunkt des Stahlbauers aus komplexe Einheiten aus austenitischen, legierten Gußstücken, um die Strömung der Flüssigkeiten zu lenken.

Die Kugelgestalt von manchen Reaktoren ist einfach eine Sache der Wirtschaftlichkeit.

Der wohlbekannte Rohrschalen-Wärmeaustauscher ist eine Einrichtung in der Wärmewirtschaft der Raffinerie. Alle Erdölprodukte würden viel mehr kosten, wenn nicht die sorgfältige Rückgewinnung von Wärme und der Wärmeaustausch möglich wäre. Es gibt natürlich Probleme beim Entwurf von großen Einheiten von ungefähr 300 m² Nutzfläche, die aus Hunderten von kleinen Rohren bestehen. Ein solches Rohrbündel mag 10 t. und mehr wiegen und das Rohrblech kann 25 cm dick sein. Doch im wesentlichen sind es Druckgefäße und sie verlangen dieselben Erfahrungen, Ausrüstungen und Materialien für die Fabrikation wie diese.

Eine weitere Gruppe sind die Gebäude und Baugerüste, die etwa 30% des gesamten, auf der Baustelle verbrauchten Stahls umfassen, und zwar gilt dies innerhalb der Grenzen der Prozeßanlage und unter Ausschluß der sogenannten (off site) Lagerbehälter und Nebenrohrleitungen.

Es besteht hier die allgemeine Tendenz, Stahlhochbauten und komplizierte Tragwerke weniger zu verwenden, hingegen mehr Rohrbrücken und Zugangsbühnen.

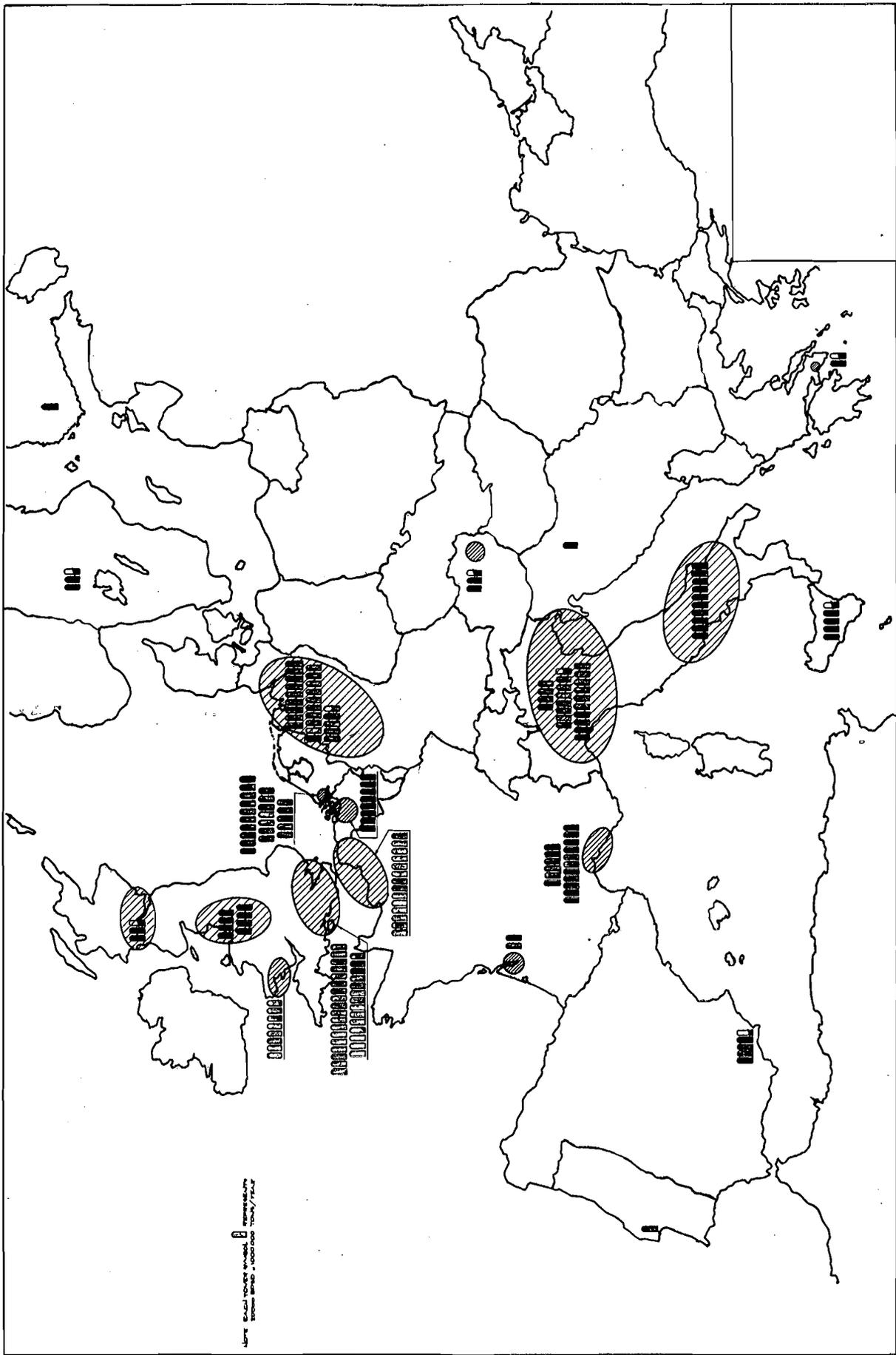


Fig. 2: Distribution of refinery plants in Europe 1959
Total yearly capacity 160 Mill. tons

Bild 2: Verteilung der Raffinerieanlagen in Europa im
Jahre 1959,
Gesamtkapazität 160 Mill. t/Jahr

Bild 3: Übersicht der Stahlverbraucher in verschiedenen Raffinerie-Verarbeitungseinheiten

Fig. 3: Steel distribution in refinery processing units

DISTRIBUTION OF STEEL IN REFINERY PROCESS UNITS ACCORDING TO MAJOR FABRICATION CATEGORIES		
PRESSURE VESSELS	FRACTIONATING COLUMNS REACTORS SEPARATORS ACCUMULATOR DRUMS DRIER TOWERS. HEAT - EXCHANGERS GENERALLY ALL "CODE" VESSELS.	33%
STRUCTURAL STEEL AND FURNACES, BUILDINGS	PROCESS VESSEL SUPPORTING STRUCTURES. PIPE-BRIDGES. PLATFORMS FURNACE FRAMING COMPRESSOR HOUSES AND OTHER BUILDINGS. AIR COOLED CONDENSERS	30%
PIPING	ALL CARBON STEEL AND ALLOY PIPING SYSTEMS AND VAPOUR LINES.	25%
MISCELLANEOUS	PUMP, TURBINE AND COMPRESSOR BASES GAS-DRIERS INERT GAS GENERATORS. FILTERS, ETC. ETC	12%

In dieser Gruppe hat neuerdings auch die Verwendung von luftgekühlten Kondensatoren und Kühlwerken zu einer bedeutenden Zunahme des Stahlverbrauches geführt.

Stahlhochbauten sind gegenwärtig praktisch auf Kompressorengelände, Filter- und chemische Zusatzgebäude sowie Steuerwarten beschränkt.

Hinsichtlich des letzterwähnten Gebäudes kann gesagt werden, daß mit dem Aufkommen der Elektroneninstrumente die Errichtung der Meßwarten in größerer Entfernung möglich geworden ist. Dadurch fällt der Stahl als größerer Posten für die „on site“-Prozessgruppe aus.

Die früher so gebräuchlichen Pumpen- und Dampfkesselhäuser sind zum großen Teil verschwunden. Wir stellen heute die Pumpen und Kessel aus verschiedenen Gründen im Freien auf. Die Kessel können im Freien aufgestellt werden, weil der moderne öl- oder gasgeheizte Kessel mit wassergekühlter Brennkammer kein Dach benötigt und praktisch ohne Wartung betrieben wird. Durch die Aufstellung von Betriebspumpen innerhalb eines Gebäudes wird die Bekämpfung eines Brandes und der dadurch verursachten Schäden beträchtlich erschwert. So erfolgt die Weglassung des Pumpenhauses aus Gründen der Sicherheit.

Viele Betriebspumpen arbeiten bei sehr hohen Temperaturen, so daß das Versagen einer Dichtung eine unmittelbare Feuergefahr bedeutet. Die Drücke sind hoch, so daß die Feuerbekämpfung am besten aus der Entfernung und nicht in einem Pumpenhaus erfolgen kann. Ein anderer Grund ist der, daß viele Kohlenwasserstoffgase schwerer als Luft sind. Deshalb sammeln sich die Leckverluste aus den Stopfbüchsen der Pumpen, welche zum Beispiel flüssiges Propan oder Butan fördern, am Fußboden eines Pumpenhauses und stellen so eine weitere Brand- und Explosionsgefahr dar.

Kompressorenhäusern und Wachsfiltergebäuden ist gemeinsam, daß beide einen beweglichen Laufkran für die Bedienung der Maschinen benötigen. Es

ist nämlich üblich und zweckmäßig, die Maschinen auf einer gehobenen Plattform aufzustellen, um darunter Hilfsgeräte und Rohrleitungen unterzubringen. Kompressorenhäuser müssen mit ausreichender Lüftung versehen werden. Sie werden oft mit offenen Seiten gebaut. Tatsächlich gibt es heute keinen vernünftigen Grund, warum Zentrifugal- und auch elektrisch betriebene Kolbenkompressoren nicht im Freien aufgestellt werden sollten; vorausgesetzt ist natürlich, daß entsprechende Instandhaltungsvorkehrungen getroffen werden. Aber mit Gas betriebene Maschinen möchte ich nicht im Freien aufstellen.

Was jene Konstruktionen betrifft, die wichtige Ausrüstungen, wie Abscheidertrommeln, Wärmeaustauscher, katalysatorische Cracker, Kessel usw. zu tragen haben, ist die Entwicklung in zwei Richtungen verlaufen: Erstens in einer späten aber einleuchtenden Anerkennung der vertikalen zylindrischen Form innewohnenden Struktureigenschaften, und zweitens in einer Tendenz, welche danach trachtet, mehr Stahlbeton zu verwenden.

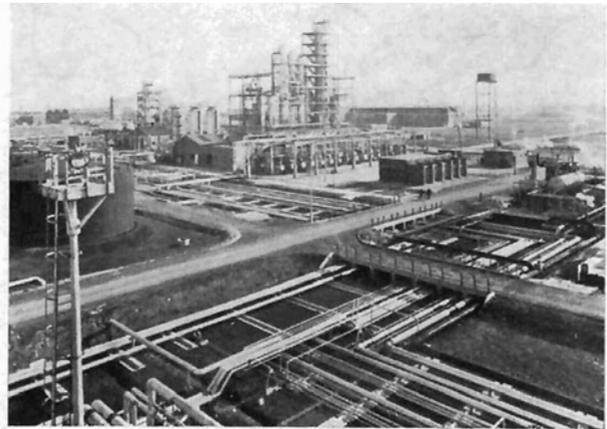


Bild 4: Gesamtansicht einer Raffinerieanlage

Fig. 4: General view of a large refinery

Zu Beginn der Nachkriegszeit – und noch bis in die fünfziger Jahre – wurden Stahlgerüste rund um die Fraktionierkolonnen und Reaktoren und Regeneratoren auf getrennten Stahlkonstruktionen aufgestellt. Jetzt wird versucht, einen vertikalen Apparat auf den Scheitel des anderen aufzulagern, und es werden Zugangsplattformen unmittelbar an die Kolonnenwand aufgehängt. Vertikale Aufwärmer werden oft auf die Kragträger einer Kolonne gestützt und Kondensatoren für die leichten Produkte einer Destillationskolonne können auch auf Tragarme, welche an den Kolonnen befestigt sind, aufgesetzt werden – vorausgesetzt natürlich, daß für die Wartung entsprechende Vorsorge getroffen wird, so daß die Rohrbündel abgenommen werden können.

Die Verwendung von Stahlbeton beruht auf dem Wunsch, den Baustahl – wenigstens die Hauptbauteile – feuerfest zu machen, indem man sie mit Beton verkleidet. Daher ist der Wechsel eine offensichtliche Ersparung.

Bild 5: Destilliereinheit mit einer Jahreskapazität von rund 3 Mill. t

Fig. 5: Distillation unit with a capacity of ca. 3 Mill. tons per year

Rohrbrücken sind innerhalb der Grenzen der Verfahrensanlage notwendig, damit das Wartungspersonal sich frei bewegen kann. Während einer planmäßigen Stilllegung einer Einheit müssen 50 bis 80 Mann zu gründlichen systematischen Instandhaltungsarbeiten eingesetzt werden können.

Ich habe die Raffinerie-Erhitzer und Öfen in die Kategorie der gewöhnlichen Stahlkonstruktionen eingegliedert, da sie in der Regel von Stahlbaufirmen nach einem Entwurf eines Spezialbüros geliefert werden.

Die Öfen können sehr verschieden gestaltet sein und erreichen große Abmessungen. Der größte Ofen in Europa hat gegenwärtig eine Wärmeabgabe von 115 000 000 Kilo-Kalorien je Stunde und ist 28 m lang. Aber alle diese Öfen haben gewisse Merkmale gemeinsam. Sie bestehen aus einem Baustahlskelett, welches mit feuerfesten Isolierziegeln innen ausgekleidet ist. Es ist so eingerichtet, daß es horizontale oder vertikale Rohre trägt, die nahe vor den feuerfesten Ziegeln angelegt sind. Die Rohre haben einen Durchmesser von ungefähr 6 Zoll. Sie werden von Gußstücken aus feuerfestem, legiertem Stahl getragen, die an das Stahlgerüst angeschraubt sind. Die Rohre stellen einen durchlaufenden Kreislauf dar, worin das Öl oder das Gas mit hoher Geschwindigkeit fließt.

Die Rohrleitungsanlage ist ein viel zu umfangreiches Thema, als daß sie in der zur Verfügung stehenden Zeit genauer behandelt werden könnte. Sie werden gesehen haben, daß der Stahlanteil in der Rohrleitungsanlage ungefähr 25 % ausmacht; seine Bedeutung hingegen steht in keinem Verhältnis zu dieser Zahl.

Der Entwurf des Rohrleitungsnetzes ist weitaus die umfangreichste Einzelposition im Raffineriebau. Hierfür werden rund 40 % der Gesamtzeit für Zeichnungen und auch der größte Teil der Konstruktionsarbeitsstunden aufgewendet.

Die Aufgaben, welchen man begegnet, sind mannigfaltig. Schon die Anzahl von Rohren, die eine solche Anlage aufweist, stellt ein Problem dar. Die Rohrleitungen einer Raffinerie besitzen einen Durchmesser von 24 Zoll und mehr, dagegen weisen Rohre für Dampfmitläufer für Heizzwecke, welche den Inhalt vor Erstarrung bewahren, einen Durchmesser von 1/2 Zoll auf. Die Wanddicke schwankt zwischen 1/4 Zoll und 1 Zoll.

Die Verfahrenseinheiten einer modernen Raffinerie zur Verarbeitung von 5 Millionen Tonnen pro

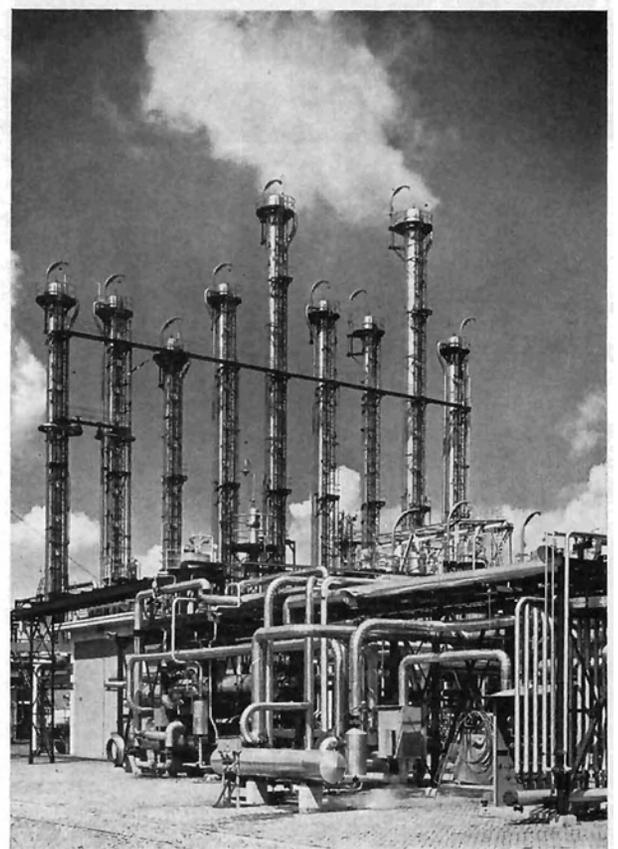
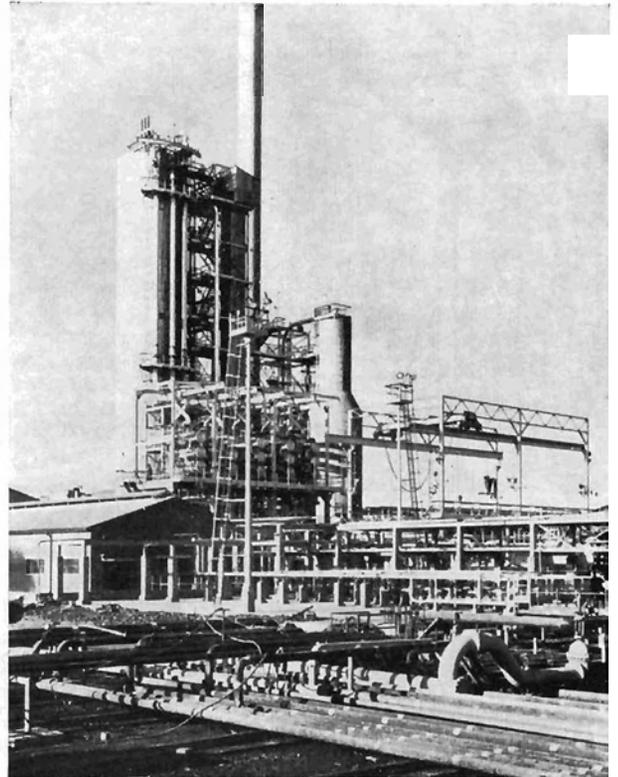


Bild 6: Typische senkrechte Druckbehälter einer petrochemischen Fabrik

Fig. 6: Typical vertical pressure vessels of a petrochemical plant

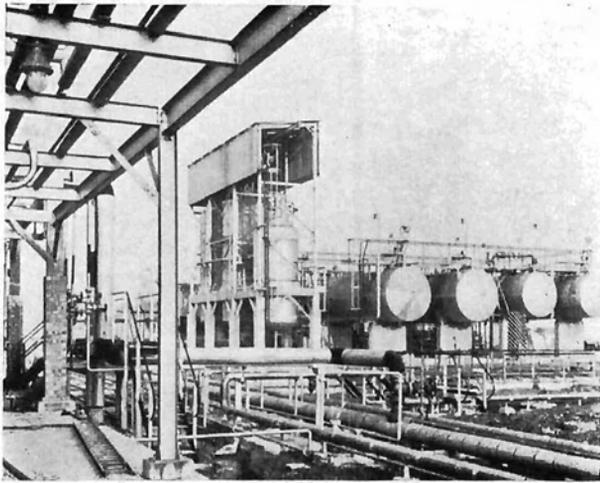


Bild 7: Benzinzubereitungsanlage mit Schwefelsäure. Das Bild zeigt das feuerfeste Ausmauern einer Stahlstütze mit Ziegeln (links) und eines Stahlgerüstes mit Beton (Mitte)

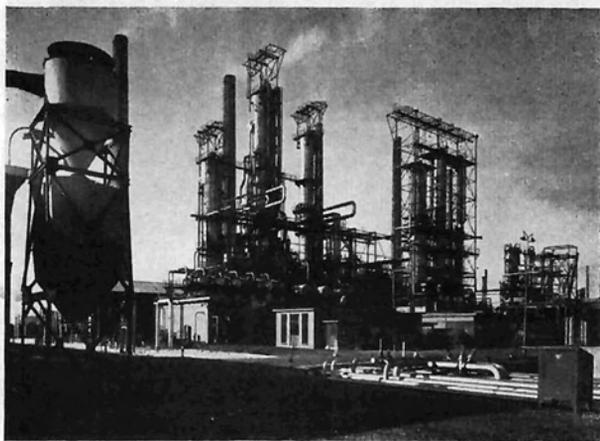
Fig. 7: Plant for processing gasoline by means of sulphuric acid. Picture shows fireproofing of a steel support with bricks (left) and of a steel frame with concrete (center)

Jahr würden ungefähr 2800 t Rohrleitung besitzen, wovon die Hälfte Rohre und der Rest Zubehör und Schieberventile sind.

Gleich wie bei den Behältern ist auch hier die Entwicklung seit dem Krieg unter Verwendung von molybdän- und chromhaltigen Stählen im Sinne höherer Drücke und Temperaturanforderungen fortgeschritten, um die Probleme des Kriechens des Stahles bei höheren Temperaturen bewältigen zu können.

Bild 8: Rohrleitungen in einer großen Destillieranlage

Fig. 8: Piping in a large distillation unit



Da Temperaturen von 350 bis 400° C nicht selten vorkommen, ist die genaue Analyse der Ausdehnungsspannungen sehr wichtig. Erst vor verhältnismäßig kurzer Zeit ist diese Arbeit so weit vorangetrieben worden, daß man vereinfachte Diagramme verwenden kann, welche die Ergebnisse der höheren Mathematik für das Konstruktionsbüro nutzbar machen.

Der Entwurf und die Ausführung von Stützen, Führungen und Verankerungen ist jedoch noch immer sehr individuellem Gutdünken überlassen. Reaktionskräfte von etwa 10 t können auftreten. Das würde kein Problem bedeuten, wenn diese Kräfte von Anfang an bekannt wären, aber wenn dies erst später der Fall ist, wird es ein Problem.

Auf einem Großbau ist es wirtschaftlicher, eine Schweißwerkstätte auf der Baustelle selbst einzurichten und alle Rohrleitungen aus unlegiertem Stahl dort herzustellen. Sehr große Stücke können auf diese Weise hergestellt werden, weil der Transport keine Schwierigkeit bereitet.

Rohre aus legiertem Stahl – es handelt sich um Chrom-, Molybdän- und austenitische Stähle – werden üblicherweise nicht auf der Baustelle angefertigt, weil gewöhnlich Spannungsfrei-Glügen sowie Vorwärmen für Schweißungen vorgeschrieben ist und diese Arbeiten leichter in einer Werkstätte ausgeführt werden können.

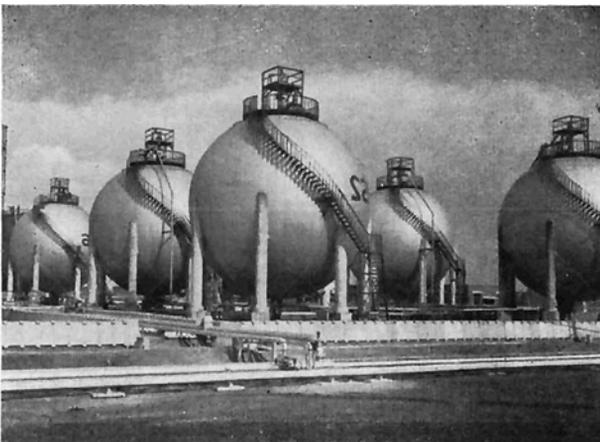
Ungefähr 4,5 % der gesamten Rohrleitung bestehen aus legierten Stählen.

Es kann hier nicht auf alle Einzelheiten der großen Vielfalt von Schieberventilen eingegangen werden, die in einer Raffinerie Verwendung findet. In Raffinerien sind die Schieberventile gewöhnlich aus Guß- oder Schmiedestahl, weil sie einem Brand besser widerstehen als Gußeisenventile.

Wir haben nun sehr allgemein einen Überblick über ungefähr 88 % der Stahltonnage, die in einer Raffinerie mit Ausnahme der Behälteranlagen verbaut wird, gewonnen.

Bild 9: Spärische Flüssiggasbehälter

Fig. 9: Spherical liquid gas tanks



Die übrigen 12 % bestehen aus verschiedenen Fabrikationspositionen, wie Grundplatten für die Pumpen und Turbinen, Gastrocknungseinheiten, Ofen- und Kesselgasabführungskanäle, ferner Inertgas-Erzeuger, Rohrstützenfelder und alle Kleinbauteile, welche die elektrische Schaltanlage besitzt.

Was können wir in der Zukunft erwarten?

Die OEEC Oil Outlook Survey prophezeit, daß der Ölverbrauch Europas von 133 Millionen Tonnen im Jahre 1958 auf 340 Millionen Tonnen im Jahre 1975 anwachsen wird. Diese Entwicklung wird unvermeidlich den Aufbau zusätzlicher Raffineriekapazität zur Folge haben. Da Raffinerien sehr rasch veralten, kommt auch der Modernisierung und dem Umbau bestehender Anlagen große Bedeutung zu.

Zur Zeit besteht eine Überproduktion an Benzin und anderen leichten Komponenten: in naher Zukunft aber wird es notwendig sein, neue Anlagen zu errichten, um Chemikalien und Überschußprodukte zu gewinnen, oder gar, um die leichten Komponenten in solche mit größeren Molekülen umzuwandeln.

Unter diesen Gesichtspunkten wird der Verbrauch an Stahl ständig zunehmen, und wir hoffen, die Stahlbauanstalten noch viele Jahre hindurch beschäftigen zu können.

Ich möchte der VOEST in Linz für ihre Einladung sowie für ihre Unterstützung danken; ferner danke ich der Firma BADGER N. V. in Den Haag für die Erteilung ihrer Zustimmung zu diesem Vortrag.

Die Lichtbilder wurden mir durch unsere guten Freunde und Kunden, die British Petroleum Co. Ltd., London, ferner die ESSO und die Royal Dutch Shell Co., gleichfalls in Den Haag, zur Verfügung gestellt, das statistische Material von „Petroleum Information Bureau“ in London und der OEEC, denen ich ebenfalls meinen Dank sage.

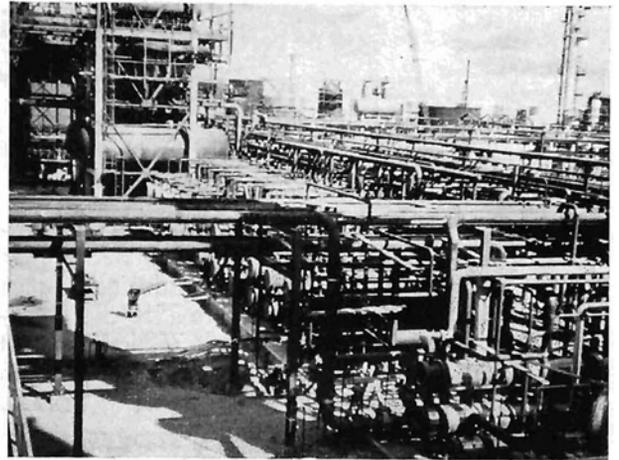


Bild 10: Rohöldestillationsanlage im Bau

Fig. 10: Refinery in construction

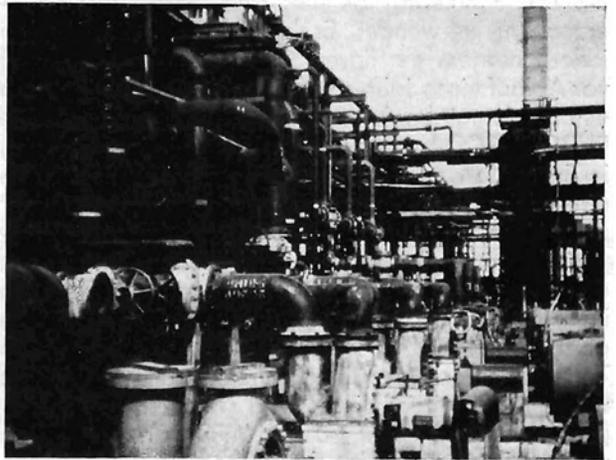


Bild 11: Pumpen in einer großen Raffinerie

Fig. 11: Pumps in a large refinery

Das Österreichische Erdgas

Von Dipl.-Ing. Mano Hirsch, Wien

I. Entwicklung

Erdgas wurde in Österreich um die Jahrhundertwende in Wels, Oberösterreich, bei der Suche nach Wasser erbohrt. Einige Sonden produzieren auch heute noch, und es betrug im Jahre 1958 die durchschnittliche Tagesförderung in Wels 75 Nm³. Dies ist natürlich für die Größenverhältnisse, die wir heute in den niederösterreichischen Erdgasfeldern kennen, eine verschwindend kleine Menge.

Im Jahre 1931 begann eine amerikanische Gesellschaft, die European Gas- and Electric-Company, genannt EUROGASCO, mit Bohrungen und wurde im Gebiet von Oberlaa – südlich von Wien – in einer Tiefe von 260 m fündig. Dieses Erdgas wurde an das E-Werk Simmering geleitet und dort zur Dampferzeugung verwendet. Es handelte sich in Oberlaa jedoch nur um ein linsenförmiges Vorkommen, und vor Ablauf eines Jahres versiegte die Produktion nach einer Gesamtabnahme von 13 Millionen Nm³. Die EUROGASCO hatte im Jahre 1935 bei einer Bohrung in Enzersdorf an der Fischa eine Gaseruption, allerdings war auch diese angefahrne Lagerstätte nur eine Linse, und weitere Bohrungen konnten keine wirtschaftliche Produktion aufschließen. Bohrungen der Sowjetischen Mineralölverwaltung (SMV) hatten im Jahre 1951 im Gebiet von Enzersdorf an der Fischa geringe Erfolge, da sowohl im Sarmat wie auch im Torton kleinere gasführende Horizonte angefahren wurden. Derzeit ist dieses Feld stillgelegt, seine Kapazität kann mit max. 50 000 Nm³/Tag angenommen werden. Bis jetzt wurden dort insgesamt 120 Millionen Nm³ produziert.

Als in den Jahren nach 1935 die Erdölgewinnung immer größere Produktionszahlen erreichte, stieg auch die mit dem Erdöl anfallende Erdgasmenge zwangsläufig. Im Zuge der Bohrungen konnten Horizonte festgestellt werden, welche nur Gas enthielten. Dieses Gas wird in Österreich „Trockengas“ genannt, während das mit dem Erdöl anfallende Gas als „Naßgas“ bezeichnet wird. Während des Krieges wurde das anfallende Erdöl durch Kompressoren nach Wien transportiert und versorgte, zusammen mit Trockengas aus Aderklaa, die Stadt Wien. Auch spielte damals Erdgas als Autotreibstoff infolge des Benzinmangels eine bedeutende Rolle.

Die Gesamterdgasproduktion stieg in Österreich von 70 Millionen Nm³ im Jahr 1945 auf 820 Millionen Nm³ im Jahr 1958. Sie verzwölffachte sich daher in einem Zeitraum von 12 Jahren. Insbesondere nahm die Gaswirtschaft nach Übernahme der Betriebe in österreichische Verwaltung einen großen Aufschwung. (Vor der Übernahme durch die ÖMV hat wenig Interesse an Investitionen auf dem Gassektor bestanden und man ließ daher große Mengen Gas einfach in die Luft ausströmen, denn man verwendete das hochgespannte Gas in erster Linie dazu, Erdöl

mittels Gasliftverfahren mit minimalstem Kostenaufwand zu produzieren). Im Jahre 1955 betrug die dadurch entstandenen Gasverluste über 240 Millionen Nm³.

II. Erdgaslagerstätten

Das größte bekannte Trockengasvorkommen Österreichs liegt in Zwerndorf an der tschechischen Grenze und wurde zur Zeit der russischen Verwaltung im Jahre 1952 entdeckt. Bei Produktionsversuchen entstand eine wilde Gaseruption, welche erst nach 2 Jahren durch gezielt gerichtete Bohrungen eingedämmt werden konnte. Zum Abteufen der gerichteten Bohrungen wurden von der SMV erstmalig in Österreich Bohrturbinen eingesetzt. Es gelang auch damit, mit einer in einem Abstand von zirka 100 m entfernt angesetzten Bohrung das eruptierende Bohrloch in einer Tiefe von 1200 m anzufahren und durch das Einpumpen von Zementspülung die Eruption rasch zum Erliegen zu bringen.

Das Feld Zwerndorf erstreckt sich auch in das tschechische Staatsgebiet. Um eine gemeinsame Förderpolitik festzulegen, haben Verhandlungen stattgefunden, die zu einer Vereinbarung führten. In diesem Rahmenabkommen anerkennen die Vertragspartner das Eigentumsrecht jedes der beiden Staaten auf das zu einem gegebenen Zeitpunkt innerhalb ihrer Grenzen befindliche, in seiner Lagerstätte bewegliche Erdgas oder Erdöl. Der Vertrag legt die Verpflichtung zur baldmöglichen Abgrenzung des Vorkommens von Zwerndorf auf beiden Seiten fest und sieht die sofortige Tagung einer gemischten Kommission vor, welche den gesamten Lagerstätteninhalt und die Anteile jedes Vertragspartners an dem Vorkommen berechnen soll; weiter soll ein langfristiges Förderprogramm erstellt werden. Schließlich regelt der Vertrag den laufenden Austausch der Produktionsdaten dieses Feldes und sichert die Anwendung aller Vertragsbestimmungen auf jedes andere, sich eventuell noch über die Staatsgrenze erstreckende Erdöl- oder Erdgasvorkommen. Die speziellen Verhandlungen über die gemeinsame Ausbeute des Feldes Zwerndorf wurden noch nicht abgeschlossen.

Der Gashorizont liegt in zirka 1500 m Tiefe im Torton und hatte einen Anfangslagerstättendruck von zirka 150 atü. Nach Schätzungen der Österreichischen Geologischen Bundesanstalt befindet sich dort ein Vorrat von 14 Milliarden Nm³. Derzeit sind weitere Aufschlußarbeiten im Gange, um sowohl in der Tiefe wie auch in der näheren Umgebung neue Formationen zu untersuchen.

Das zweitgrößte Erdgasvorkommen liegt im Gebiet von Matzen, welches zugleich auch das größte Erdölvorkommen Österreichs ist. Das Erdgas kommt

in diesem Gebiet überwiegend im Sarmat, also in den weniger tiefen Schichten (500–800 m) vor, während die Erdölvorkommen in den tieferen Lagen sowohl des Torton (1100–1700 m) als auch im Helvet (1700–2500 m) gefunden wurden. Der Lagerstätten- druck im Gebiet von Matzen entspricht, wie in allen anderen österreichischen Gasfeldern, annähernd dem hydrostatischen Druck.

Analog zu Matzen ist auch das Feld Mühlberg auf- gebaut, wo sich in den Schichten des Sarmat und des Unterpannon die wesentlichen Gas Horizonte befin- den, während im Torton mehrere übereinanderlie- gende Ölhorizonte produzieren. Die Tiefen der Gas- horizonten bewegen sich hier zwischen 500 und 1000 m, die der Erdölhorizonte zwischen 1200–2300 m.

Im Erschließungsstadium befinden sich noch ver- schiedene kleinere Felder, wie Kagran, Rabensburg, Bernhardsthal, Fischamend und Niedersulz.

Im Feld Aderklaa findet man in den verschiede- nen Horizonten Erdgas, und zwar sowohl in den Sarmat-Horizonten (wie in Matzen oder Mühlberg) als auch bedeutendere Vorkommen in den helveti- schen Schichten in einer Tiefe von 2200–2500 m. Im April 1959 wurde in einer Tiefe von 2850 m in einem mesozoischen Dolomit erstmalig Erdgas angebohrt und nachgewiesen. Die Lagerstätte hat einen Druck von 302 atü und einen H₂S-Gehalt von 0,24 %. Dieser H₂S-Gehalt ist hundertmal soviel, als in den anderen österreichischen Erdgasvorkommen. Durch weitere Bohrungen und Produktionsversuche wird dieser Hor- zont erforscht werden.

III. Produktion

Das österreichische Erdgas enthält zwischen 94 und 98,5 % CH₄. Der Anteil an höheren Kohlenwasser- stoffen ist gering, der mittlere Heizwert beträgt 8600 Kalorien.

Das Verhältnis zwischen gefördertem Naß- und Trockengas verschiebt sich immer mehr zugunsten des Trockengases. Während im Jahre 1955 die Produk- tion Naßgas zu Trockengas sich wie 3 : 4 verhielt, war das Verhältnis im 1. Halbjahr 1959 bereits 1 : 4, das heißt also, nur mehr 20 % des produzierten Gases stammen aus der Erdölproduktion.

Die Gesamtproduktion im ersten Halbjahr 1959 betrug zirka 535 Millionen Nm³. Davon waren 123 Millionen Nm³ Naßgas. Von den 412 Millionen Nm³ Trockengas lieferte Zwerndorf allein

335 Millionen Nm³, während
60 Millionen Nm³ aus Matzen, und der Rest von
17 Millionen Nm³ aus Mühlberg stammen.

Derzeit sind in Zwerndorf 16, in Matzen 40 und auf dem Mühlberg 22 Trockengassonden in Betrieb.

Im Jahre 1958 wurden über 820 Millionen Nm³ Erd- gas gewonnen, davon förderte die ÖMV 98,5 %. Die anderen Gesellschaften – Rohölgewinnungs-Akti- en-gesellschaft und Van Sickle – verwendeten ihre Gas- produktion ausschließlich für Eigenbedarf und bezie- hen sogar noch Gas von der ÖMV.

Im Jahre 1958 gliederte sich die Abnahme folgen- dermaßen:

Gemeinde Wien	65 %
Niederösterreich	20 %
Eigenverbrauch der Erdölgesellschaften	10 %
Gastankstellen (Treibstoff)	1 %
Die Verluste betragen 1958 noch	4 %

sind aber im 1. Halbjahr 1959 auf weniger als 2 % ge- fallen.

Unter Verlusten verstehen wir jenes Naßgas, wel- ches mit dem Erdöl anfällt, aber mangels vorhande- ner Installationen nicht verwertet werden kann.

Im Jahre 1958 fand das Erdgas bei den Ver- brauchern folgende Verwendung:

Gaswerke	31 %
Elektrizitätswerke für Stromerzeugung	45 %
Industrie	21 %
Gewerbe und Hausbrand	2 %
Erdgastankstellen	1 %

Welche Bedeutung das Erdgas zum Beispiel für Wien hat, kann daraus ersehen werden, daß 80 % des Stadtgasbedarfes durch Erdgas gedeckt werden und sogar fast 90 % der kalorischen Energie für die Stromerzeugung aus Erdgas kommt.

IV. Anlagen

1. Kompressorenstationen

Die hohen Gasverluste veranlaßten die ÖMV, so- fort bei Übernahme von der SMV mit dem Bau zweier Kompressorenstationen zu beginnen. Die bedeu- tendste Station ist Auersthal, welche einen Durchsatz von 850 000 Nm³/Tag aufweist. Die Kompressoren- station in Aderklaa hat nur den 10. Teil dieser Ka- pazität. Durch den Bau dieser Kompressorenstationen sowie anderer interner Maßnahmen konnten die Erd- gasverluste praktisch beseitigt werden.

In Auersthal (Bild 1) stehen 4 Kompresso- ren, Fabrikat Thomasson, mit je 1250 PS zur Verfügung. Bei diesen Aggregaten wird die Kraft- maschine (ein gasgetriebener Verbrennungsmotor) und die Arbeitsmaschine (Kolbenverdichter) zu einer Einheit mit gemeinsamer Kurbelwelle zusamen- gebaut. Das Gas wird in zwei Stufen von 0,2 atü auf 10 atü verdichtet, wobei es nach jeder Stufe gekühlt und von anfallenden Kondensaten befreit wird. Der Eigenverbrauch der Gasmaschinen beträgt zirka 3 % des verdichteten Gases.

Außer den Thomassen-Kompressoren stehen noch Clark-Kompressoren zur Verfügung, welche aller- dings erst in späterer Zeit zum Einsatz kommen wer- den. Diese Kompressoren sind sogenannte „packaged units“. Ihre Installation ist noch nicht beendet. Bei Einsatz dieser Kompressoren kann die Kapazität der Station Auersthal verdoppelt werden.

Die Aufstellung der Clark-Kompressoren erfolgt in zwei nebeneinanderstehenden Hallen, welche als Stahlskelettbau ausgebildet sind. Der Grundriß die- ser Hallen ist 18×34 m; sie können jedoch im Be- darfsfall in den Kompressoren angepaßten kleineren Elementen zur Aufstellung gelangen.

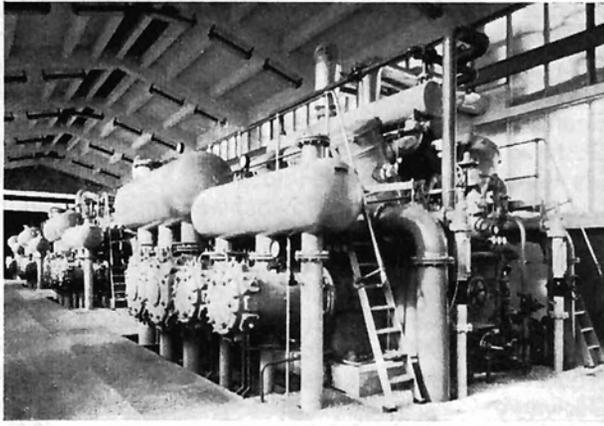


Bild 1: 4 Kompressoren, Fabrikat Thomassen, mit je 1250 PS

Fig. 1: 4 compressors, Thomassen, each 1250 HP

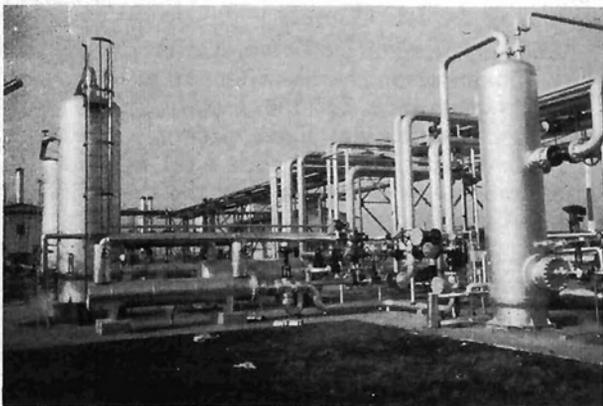
Bevor das Gas von den Kompressoren aufgenommen wird, wird es in einer Aktivkohlanlage entbenziniert. Diese Anlage wurde von der Firma LURGI errichtet und arbeitet vollautomatisch. Die Schaltvorgänge werden von einem Uhrwerk ausgelöst und laufen selbsttätig durch hydraulische Kraftübertragung ab.

Nach der Komprimierung wird das Gas in Glycolanlagen getrocknet. Durch diese Anlagen wird der Taupunkt auf -5°C bei 10 ata gebracht (Bild 2).

Die Wasserversorgung der Station Auersthal erfolgt durch eine betriebseigene Wasserleitung von dem Fluß March. Das Wasser wird in zwei Rohwasserbehältern aufgespeichert und über die Wasserreinigung (Enthärtung) dem Kühlwasserkreislauf der Station zugeführt. Da die Zuleitung und Aufbereitung des Wassers in Auersthal sehr kostspielig ist, wird es in den beiden Kühltürmen rückgekühlt und wieder verwendet. Es treten dadurch nur die Verdampfungsverluste, welche zirka 4% betragen, auf. Diese Verluste werden durch Frischwasser ergänzt. Im Stö-

Bild 2: Glycolanlagen zur Absenkung des Taupunktes auf -5°C bei 10 ata

Fig. 2: Glycol-Plants for lowering the thaw-point to -5°C at 10 kg/cm² abs.



rungsfälle der March-Wasserleitung stehen im Gelände der Station zwei Tiefbrunnen zur Verfügung, welche auf kürzere Zeit die Wasserversorgung übernehmen können. Der Wassenumlauf pro Stunde beträgt zirka 800 m³. Zur Beschickung der Dampfkessel und Abdampfkessel ist ein gesonderter Wasserkreislauf vorgesehen. In diesem Wasserkreislauf wird ein Wasser von 6,4 deutschen Härtegraden verwendet.

Der Dampfverbrauch der Station beträgt zirka 4 t/h. Dampf wird hauptsächlich für die Gasolinanlage, Trocknungsanlage und die Beheizung von exponierten Installationen im Winter benötigt. Die Erzeugung des Dampfes erfolgt mittels zwei Flammrohrkesseln. Die hohe Temperatur der Auspuffgase bei den vier Thomassen-Kompressoren wird in den Abhitzekesseln zur Dampferzeugung verwendet. Diese vier Abhitzekessel haben eine Kapazität von 2,3 t/h.

Die Versorgung der Anlage mit elektrischer Energie erfolgt durch Fremdstrom; zur Notstromversorgung dient ein automatisch startendes 500-kVA-Dieselaggregat.

Die Verteilung des Gases erfolgt in der Gasverteilerstation Auersthal. Zu dieser Station werden auch die gesamten Telemeteringwerte übertragen. Es wird das aus Zwerndorf kommende Trockengas, das getrocknete und komprimierte Matzener Naßgas sowie das Matzener Trockengas in dieser Gasverteilerstation den einzelnen ausgehenden Rohrleitungen eingespeist. Die wichtigste ausgehende Leitung ist die 20"-Leitung nach Wien, in welcher bis zu 1,8 Millionen Nm³/Tag transportiert werden. Als zweite Leitung ist die 20"-NIOGAS-Westleitung zu erwähnen. Außerdem führt eine Leitung von 12" in das Gebiet Laa/Thaya zur Versorgung der dortigen lokalen Abnehmer. Von dieser Leitung geht eine Abzweigung in das Gebiet Mühlberg, so daß dadurch ein Zusammenschluß der Erdgasfelder ermöglicht ist. Schließlich wäre die Gasleitleitung nach Aderklaa zu erwähnen, die zur lokalen Versorgung des dortigen Erdölfeldes dient. Die seinerzeit bestehende Erdgasleitung Neusiedl - Zistersdorf - Auersthal wurde als Erdgasleitung aufgelassen und wird heute zum Transport von Erdöl verwendet.

Die Kompressorenstation Aderklaa dient zum Transport des in Aderklaa anfallenden Gases. Da in Aderklaa die Erdölproduktion mittels Gaslift stattfindet, ist die anfallende Erdgasmenge relativ groß und beträgt insgesamt zirka 85 000 Nm³. Dieses Gas wird nach Entbenziniierung durch eine 8"-Leitung in die 20"-Leitung bei Leopoldau eingeführt.

2. Gasstation Baumgarten im Erdgasfeld Zwerndorf

Bei Übernahme der Betriebe waren im Erdgasfeld Zwerndorf erst vier Sonden abgeteuft und in Produktion. Es wurde von einer Vergrößerung der bestehenden Station Abstand genommen, da die Lage dieser Station nicht günstig war, und eine neue Station in Baumgarten errichtet. Eingehende Berechnungen zeigten folgendes:

Die Gesamtlänge von 8 Sondenleitungen nach Zwerndorf beträgt ungefähr 22 km, nach Baumgarten rund 14 km.

Nach Erweiterung auf 16 Sonden sind diese Längen dann 40 bzw. 28 km. Die größte Länge einer Sonde nach Zwerndorf würde $4\frac{1}{2}$ km betragen, nach Baumgarten beträgt sie $2\frac{1}{2}$ km.

Die großen Leitungslängen hätten weitgehende Konsequenzen mit Hinsicht auf die mögliche Produktion ergeben. Der größere Druckverlust in den langen Leitungen beschränkt die Zeit, während welcher die Maximalproduktion von $250\,000\text{ Nm}^3$ pro Tag möglich ist. Die großen Leitungslängen hätten große Hydratbildungsschwierigkeiten verursacht, bzw. die größten Schwierigkeiten wären bei niedriger Gasabnahme zu erwarten gewesen.

Aus diesen Gründen hat sich die ÖMV entschlossen, die Station an einer anderen Stelle, und zwar in Baumgarten, zu bauen.

Der Zweck der Station ist, Hochdruckerdgas aus dem Zwerndorfer Feld zu sammeln und den Leitungen nach Auersthal und Donawitz zuzuführen. Zur Vermeidung von Betriebsstörungen muß das Erdgas getrocknet werden. Da die Leitung nach Donawitz über die Donau und den Semmering geführt wird, wurde eine weitgehende Trocknung, Taupunkt -12°C bei 60 atü, vorgesehen.

Die Station wurde für 20 Sonden ausgebaut und erreicht somit eine Kapazität von 4 Millionen Nm^3 pro Tag.

Jede Sonde hat eine eigene Zuleitung und führt über ein Totpump-Manifold in einen Hochdruck-Vertikalseparator (Bild 3), dann über einen Vorwärmer zur Regelstrecke und einen gemeinsamen Kollektor für alle 20 Sonden (Bild 4).

Die Regelung der Entnahme aus dem Feld erfolgt automatisch und wird proportional auf alle 20 Sonden gleich aufgeteilt. Um dies zu ermöglichen, ist bei den einzelnen Christmas-trees keine Düse vorgesehen, sondern es erfolgt die Regelung durch ein Fisher-Ventil in der Station. Als Sicherheitsmaßnahme ist bei jeder Sonde ein Otis-Ventil vorgesehen, welches sich automatisch schließt, wenn der Druck hinter diesem Ventil unter einen bestimmten Wert fällt. Eine Wiederinbetriebsetzung kann nur mit der Hand erfolgen.

Zur Trocknung des Gases stehen vier Festbettanlagen zur Verfügung. Zwei Anlagen wurden von der Firma SNAM PROGETTI (Bild 5) entworfen, während die beiden anderen amerikanischen Ursprungs sind. Jede dieser Anlagen hat eine Kapazität von 1 Million Nm^3 pro Tag. Die Trocknungsanlagen sind ausgelegt auf einen normalen Arbeitsdruck von 70 ata und einen Taupunkt des getrockneten Gases von -12°C bei 48 ata. Wegen des tiefen Taupunktes wurde ein Verfahren mit einem festen Trocknungsmittel, wie Silicagel, bevorzugt. Da die Art des Verfahrens es mit sich bringt, daß man einen gewissen Mindestdurchsatz nicht unterschreiten kann, wurden mehrere Anlagen installiert.

Das den Anlagen zugeführte Erdgas enthält Wasser und flüssige Kohlenwasserstoffe, die in den Separatoren abgeschieden werden. Auch in den Trocknungsanlagen werden Wasser und Kohlenwasserstoffe abgeschieden. Die Flüssigkeiten werden in Behältern gesammelt und periodisch mit Tankwagen abtransportiert.

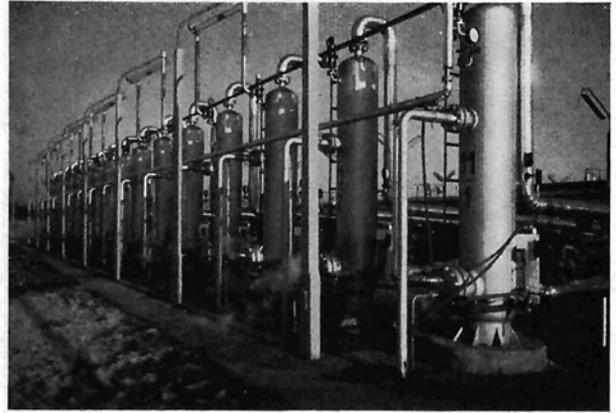


Bild 3: Hochdruckvertikal-Separator

Fig. 3: High pressure vertical separator

Vom Bau einer Entbenzinierungsanlage wurde Abstand genommen, da eine solche nicht rentabel wäre. Es wurden in der Leitung, sowohl in Oberweiden – das ist 6 km nach der Station Baumgarten – wie auch in der Reduzierstation Schwechat zusätzliche Separatoren aufgestellt, um das anfallende Ligroin abzuscheiden.

3. Trockengasfeld Matzen

Durch die vorhandenen Leitungen und die große Ausdehnung des Feldes Matzen war es nicht möglich, eine zentrale Regelung der Produktion aller Sonden zu erreichen. Es wurden deshalb Sondenschlitten entwickelt, welche mit Hilfe einer Kombination von Düse und Regelventil eine den jeweiligen Bedarfsverhältnissen angepaßte Produktionssteuerung aller Sonden ermöglichen. Die Sondenschlitten sind außerdem mit einem „free-water-knock-out“, einer Dosiereinrichtung für Methanol und einer Mengenmessung ausgestattet.

Bild 4: Vorwärmer, Regelstrecke und gemeinsamer Kollektor

Fig. 4: Preheater, control equipment and common collector





Bild 5: Festbett-Trocknungsanlagen zur Absenkung des Taupunktes auf -12°C bei 60 ata

Fig. 5: Drying plant for lowering the thaw-point to -12°C at 60 kg/cm² abs.

4. Transportable Sonden-Produktionseinrichtungen

Für die Testproduktion einzelner Sonden verwendet die ÖMV sogenannte „Frigigas-Anlagen“. Für eine störungsfreie Produktion ist bei hohen Drücken immer eine zusätzliche Wärmequelle notwendig. Die Abkühlung des Gases bei der Entspannung wird gleich für eine Taupunktabsetzung und gegebenenfalls Benzingewinnung ausgenutzt. Die Anlagen sind auf einem Schlitten montiert und mit verschiedenen Meßgeräten ausgestattet und liefern daher für spätere Projektierungen die erforderlichen Daten.

V. Das österreichische Leitungssystem

Wie bereits erwähnt, hat die SMV für die Verwertung des Erdgases wenig Interesse gezeigt, daher wurden auch keinerlei bedeutende Rohrleitungen verlegt. Bei Übernahme der Betriebe in die österreichische Verwaltung standen folgende Leitungen zur Verfügung:

1. Eine 6"-Gasliftleitung zur Versorgung des Ölfeldes Matzen von Zwerndorf nach Bockfließ.
2. Eine Gasleitung zum Transport des Trockengases von Mühlberg nach Bockfließ.
3. Eine 20"-Leitung von Bockfließ nach Wien.
4. Eine Leitung vom Feld Fischamend nach Brunn am Gebirge.

Das im Erdölfeld Matzen anfallende Gas wurde mit dem Separatordruck von maximal 9 atü nach Bockfließ transportiert. Da keine Kompressoren vorhanden waren, mußte alles Gas, welches einen geringeren Druck als diese 9 atü hatte, in die Luft abgefackelt werden.

Von der provisorischen Sammelstelle in Bockfließ, zu welcher das Matzener Naß- und Trockengas, das Mühlberger Gas sowie das Zwerndorfer Gas geleitet wurden, wurde das gesamte Gas über die 20"-Leitung nach Wien transportiert. Die Gasverluste betragen im Jahre 1955, wie eingangs erwähnt, 240 Millionen Nm³.

Durch dieses Minimum an Installationen waren nur Wien sowie einige Ortschaften im engeren Erdölgebiet an die Erdgasversorgung angeschlossen.

In den Jahren nach 1955 wurde das Erdgasleitungsnetz wesentlich erweitert. Für die Versorgung Niederösterreichs wurde die Niederösterreichische Gasvertriebsgesellschaft (NIOGAS) gegründet, während sich die steirischen Industrieabnehmer zur Steirischen Ferngasgesellschaft zusammenschlossen.

Die ÖMV beschränkte sich nur auf die Produktion bzw. Belieferung der drei Großabnehmer, und zwar
Wien,
NIOGAS und
Steirische Ferngasgesellschaft.

Die Abgabe wurde mit einer Stundenmenge von maximal

65 000 Nm³ für Wien,
65 000 Nm³ für NIOGAS und
30 000 Nm³ für die Steirische Ferngasgesellschaft

vorläufig festgesetzt.

Um die Großabnehmer versorgen zu können, wurde von der ÖMV eine 12"-Leitung von Zwerndorf bis Schwechat verlegt. Diese Leitung überquert die Donau bei Mannswörth auf der Barbara-Rohrbrücke. In der weiteren Folge wurde diese Leitung durch die NIOGAS bis an die niederösterreichisch-steirische Grenze am Semmering verlängert, von wo sie dann durch die Steirische Ferngasgesellschaft bis Donawitz weitergeführt wird. Von Schwechat zweigt auch ein 8"-Strang nach Westen ab, um Wien vom Süden zu versorgen sowie zur Versorgung der NIOGAS im Gebiete von Brunn am Gebirge und Baden bei Wien.

Bild 6: Kugelgasbehälter mit 18 000 m³ Nutzinhalt

Fig. 6: Gas sphere with 18 000 cbm capacity





Bild 5: Festbett-Trocknungsanlagen zur Absenkung des Taupunktes auf -12°C bei 60 ata

Fig. 5: Drying plant for lowering the thaw-point to -12°C at 60 kg/cm² abs.

4. Transportable Sonden-Produktionseinrichtungen

Für die Testproduktion einzelner Sonden verwendet die ÖMV sogenannte „Frigigas-Anlagen“. Für eine störungsfreie Produktion ist bei hohen Drücken immer eine zusätzliche Wärmequelle notwendig. Die Abkühlung des Gases bei der Entspannung wird gleich für eine Taupunktabsetzung und gegebenenfalls Benzingewinnung ausgenutzt. Die Anlagen sind auf einem Schlitten montiert und mit verschiedenen Meßgeräten ausgestattet und liefern daher für spätere Projektierungen die erforderlichen Daten.

V. Das österreichische Leitungssystem

Wie bereits erwähnt, hat die SMV für die Verwertung des Erdgases wenig Interesse gezeigt, daher wurden auch keinerlei bedeutende Rohrleitungen verlegt. Bei Übernahme der Betriebe in die österreichische Verwaltung standen folgende Leitungen zur Verfügung:

1. Eine 6"-Gasliftleitung zur Versorgung des Ölfeldes Matzen von Zwerndorf nach Bockfließ.
2. Eine Gasleitung zum Transport des Trockengases von Mühlberg nach Bockfließ.
3. Eine 20"-Leitung von Bockfließ nach Wien.
4. Eine Leitung vom Feld Fischamend nach Brunn am Gebirge.

Das im Erdölfeld Matzen anfallende Gas wurde mit dem Separatordruck von maximal 9 atü nach Bockfließ transportiert. Da keine Kompressoren vorhanden waren, mußte alles Gas, welches einen geringeren Druck als diese 9 atü hatte, in die Luft abgefackelt werden.

Von der provisorischen Sammelstelle in Bockfließ, zu welcher das Matzener Naß- und Trockengas, das Mühlberger Gas sowie das Zwerndorfer Gas geleitet wurden, wurde das gesamte Gas über die 20"-Leitung nach Wien transportiert. Die Gasverluste betragen im Jahre 1955, wie eingangs erwähnt, 240 Millionen Nm³.

Durch dieses Minimum an Installationen waren nur Wien sowie einige Ortschaften im engeren Erdölgebiet an die Erdgasversorgung angeschlossen.

In den Jahren nach 1955 wurde das Erdgasleitungsnetz wesentlich erweitert. Für die Versorgung Niederösterreichs wurde die Niederösterreichische Gasvertriebsgesellschaft (NIOGAS) gegründet, während sich die steirischen Industrieabnehmer zur Steirischen Ferngasgesellschaft zusammenschlossen.

Die ÖMV beschränkte sich nur auf die Produktion bzw. Belieferung der drei Großabnehmer, und zwar
Wien,
NIOGAS und
Steirische Ferngasgesellschaft.

Die Abgabe wurde mit einer Stundenmenge von maximal

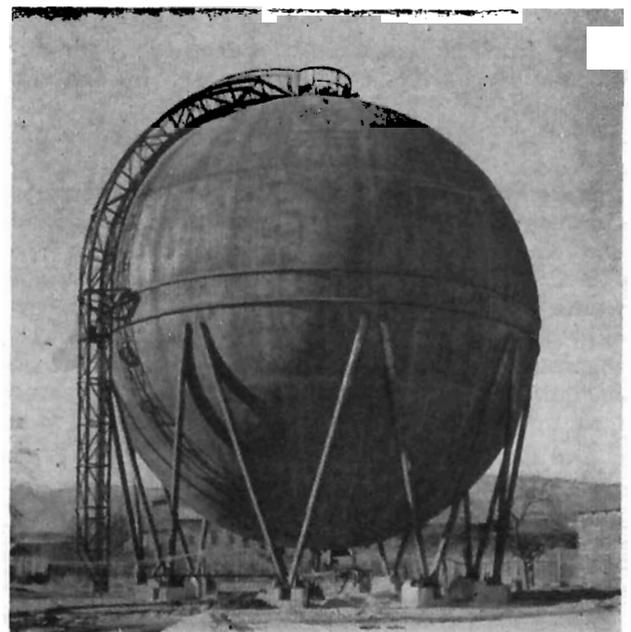
65 000 Nm³ für Wien,
65 000 Nm³ für NIOGAS und
30 000 Nm³ für die Steirische Ferngasgesellschaft

vorläufig festgesetzt.

Um die Großabnehmer versorgen zu können, wurde von der ÖMV eine 12"-Leitung von Zwerndorf bis Schwechat verlegt. Diese Leitung überquert die Donau bei Mannswörth auf der Barbara-Rohrbrücke. In der weiteren Folge wurde diese Leitung durch die NIOGAS bis an die niederösterreichisch-steirische Grenze am Semmering verlängert, von wo sie dann durch die Steirische Ferngasgesellschaft bis Donawitz weitergeführt wird. Von Schwechat zweigt auch ein 8"-Strang nach Westen ab, um Wien vom Süden zu versorgen sowie zur Versorgung der NIOGAS im Gebiete von Brunn am Gebirge und Baden bei Wien.

Bild 6: Kugelgasbehälter mit 18 000 m³ Nutzinhalt

Fig. 6: Gas sphere with 18 000 cbm capacity



Über die Mur bei Leoben wurde eine Brücke gleichen Types wie die Barbara-Rohrbrücke gebaut.

Durch die NIOGAS wurde eine Hauptleitung von Auersthal westwärts nach Sankt Pölten-Traisen verlegt. Diese Leitung hat Abzweigungen nach Sankt Andrä-Wördern und nach Krems. Zur Versorgung der Stadt Krems mit Erdgas wurde von der NIOGAS ein Kugelbehälter mit einem Nutzinhalt von 18 000 m³ und 6 atü Betriebsdruck errichtet. Der Durchmesser beträgt 18 m und das Gewicht samt Füßen 160 t (Bild 6).

Verschiedene steirische Industrierwerke wurden an die Hauptleitung Semmering-Donawitz angeschlossen. Die Erdgasabnahme durch die steirische Industrie steigt laufend und wird voraussichtlich bis Ende 1960 die Höchstkapazität erreicht haben.

Um die Fernleitungen gegen Korrosion zu schützen, hat die ÖMV den Fremdstrom-Korrosionsschutz eingeführt. Vorläufig wurden die Leitung Zwerndorf-Baumgarten-Schwechat-Kledering sowie die Sondenleitungen des Erdgasfeldes Baumgarten-Zwerndorf geschützt. Zu diesem Zweck wurden vier Schutz-

Bild 7: Funkmast in Gaszentralstation Auersthal

Fig. 7: Antenna mast in main gas distributing plant Auersthal

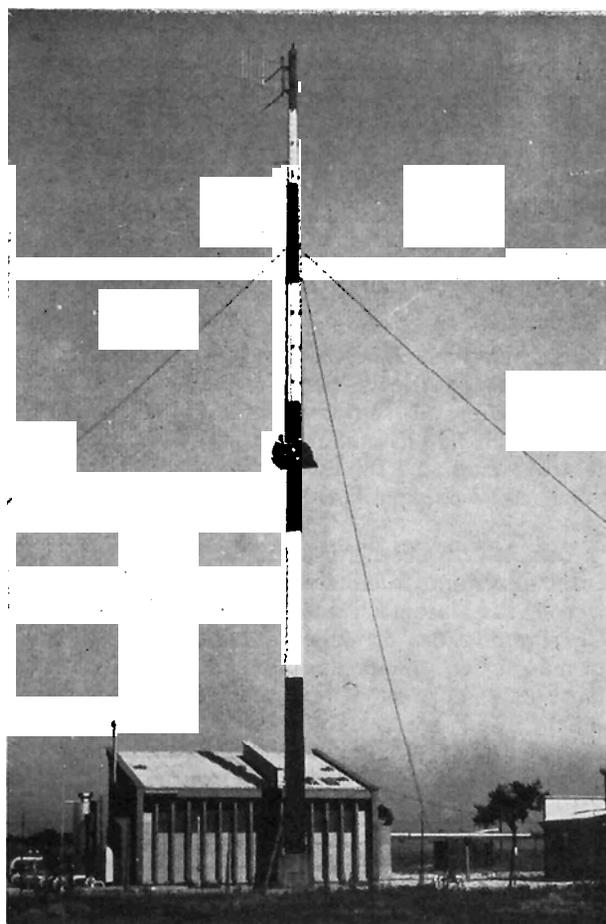
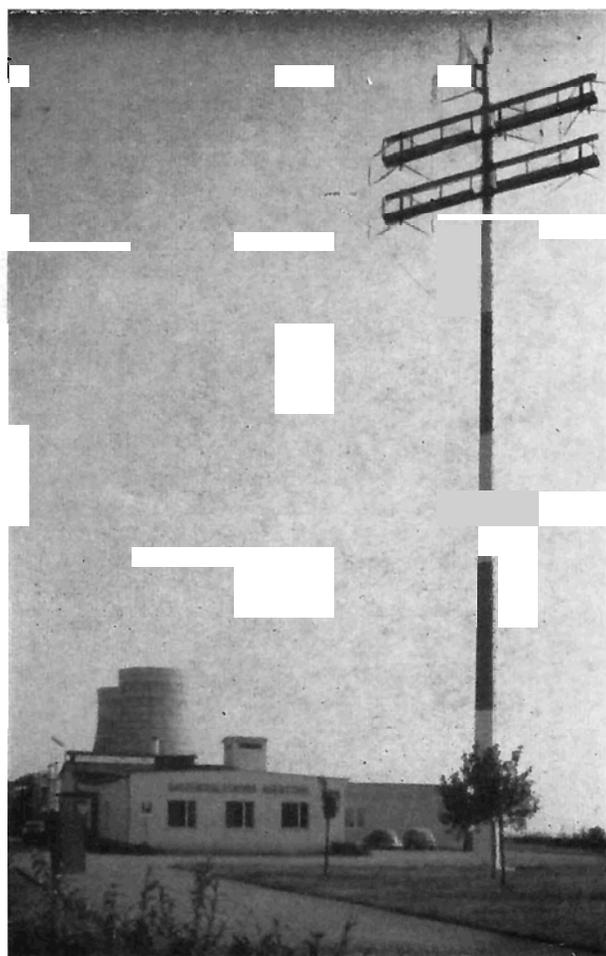


Bild 8: Funkmast mit Windleitflächen in Reduzierstation Schwechat

Fig. 8: Antenna mast with wind deflector in the pressure reducing station Schwechat

strom-Einspeisestellen installiert. Für die weiteren Leitungen sind die Projekte in Ausarbeitung.

Die Funktion des Trafos in der Elektroversorgung wird in der Gaswirtschaft durch die Reduzierstation übernommen. In der Reduzierstation wird von dem hohen Druck der Ferngasleitungen auf Niederdruck des Ortsversorgungsnetzes entspannt. Da durch die Entspannung oft eine Unterkühlung des Gases eintritt, müssen automatisch funktionierende Wasserkessel mit Gasvorwärmern installiert werden. Insgesamt verfügt die ÖMV über fünf Reduzierstationen, und zwar in Leopoldau, Schwechat, Kledering, Rannersdorf und Ladendorf.

Die Reduzierstation Leopoldau ist für die Wiener Abnahme besonders wichtig, da in dieser Station auch die Gesamtmessung der Nord-Einspeisung nach Wien installiert ist. Es werden zirka 1,8 Millionen Nm³/Tag durch diese Station geleitet.

Die Reduzierstation Schwechat ist die Übergabestelle der 12"-Südleitung, die sowohl für das niederösterreichische als auch für das steirische Industriegebiet als Versorgungsleitung dient.

Die Reduzierstation Rannersdorf hat mehr lokale Bedeutung für die daran angeschlossene Industrie. Bemerkenswert bei dieser Reduzierstation ist, daß sie sich im Hochwassergebiet des Flusses Schwechat befindet und daher auf Pfählen errichtet werden mußte.

Die Reduzierstation Kledering dient als Übergabestelle

1. für den Zweig des NIOGAS-Ringes Baden-Wiener Neustadt und
2. für die Belieferung der Gemeinde Wien aus dem Süden.

Um eine klaglose Versorgung der niederösterreichischen und steirischen Industriegebiete zu gewährleisten, wurde an der Übergabeleitung der Gemeinde Wien ein ferngesteuertes Regelventil installiert. Dieses Regelventil kann per Funk von der Gaszentralstation Auerthal bedient werden. Es wird dadurch die Abnahme der Gemeinde Wien aus dem Süden geregelt.

Das österreichische Erdgasnetz wurde mit einem Fernmeßsystem (Telemeteringsystem) ausgestattet. Es werden bei diesem Fernmeßsystem von den einzelnen Übergabestellen an die verschiedenen Verkaufsgesellschaften einerseits und andererseits von den Großabnehmern der Landesgesellschaften die Werte – Druck, Temperatur und Menge – per Funk zur Gaszentralstation Auerthal übermittelt (Bild 7). Dadurch ist eine reibungslose Versorgung der einzelnen Abnehmer gewährleistet.

Es wurden von der OMV beim Telemeteringsystem stählerne Antennenmaste mit einer freien Höhe von max. 35 m eingesetzt. Diese Maste sind als quadratische Kastenprofile in geschweißter, vollkommen geschlossener Ausführung ausgebildet. Die notwendigen Querversteifungen sind innen eingeschweißt, so daß die Maste bis auf die außen angebrachten Steig-

sprossen und die Kabelbefestigung außen glatt sind. Es hat sich nun gezeigt, daß bei entsprechenden topographischen Voraussetzungen, die die Ausbildung einer laminaren Luftströmung bei einer Windgeschwindigkeit von etwa 20–40 km/h begünstigen, wie dies bei der Reduzierstation Schwechat der Fall ist, Schwingungserscheinungen auftreten, die über die zu erwartenden Schwingungen durch die Karman'schen Wirbel hinausgehen. Eingehende Berechnungen und vor allem Untersuchungen im Windkanal der TH Graz haben gezeigt, daß es sich dabei um sogenannte selbsterregte Schwingungen handelt, die ihre Ursache in der dynamischen Instabilität des geschlossenen Quadratprofils haben. Die Ergebnisse waren insofern neu, als sich kein Hinweis darauf in der Literatur finden ließ. Es war nun möglich, durch Anbringung von Windleitflächen das Profil für alle Anströmrichtungen stabil zu gestalten (Bild 8).

Im Zusammenhang mit diesem Telemeteringsystem wurde sowohl ein Sprechfunkverkehr zu den einzelnen Reduzierstationen als auch zu den mobilen Arbeitspartien installiert. Es ist dem Gasdisponenten in Auerthal dadurch möglich, bei Störungsfällen die unterwegs befindlichen Arbeitspartien einzusetzen.

Dies ist ein Überblick über die Situation in der österreichischen Erdgasindustrie. Es ist damit zu rechnen, daß vor dem Auffinden neuer zusätzlicher Erdgasfelder eine weitere Vergrößerung angestrebt wird. Wenn alle Abnehmer angeschlossen sind, kann mit einer jährlichen Produktion von maximal 1,3 Milliarden Nm³ gerechnet werden.

Es besteht aber die berechtigte Hoffnung, daß noch weitere bedeutende Erdgaslagerstätten gefunden werden, wodurch dann selbstverständlich auch zusätzliche Projekte zur Verwirklichung gelangen.

Neuere Rohrleitungsbrücken in Stahlkonstruktion

Von Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hermann Beer, Graz

A. Einleitung

Rohrleitungsbrücken dienen überwiegend zur Überführung von Leitungssträngen für Flüssigkeiten und Gase über Flüsse, Täler und Verkehrsadern oder zu deren Führung in einiger Höhe über dem Erdboden. Wir wollen hier Straßen- und Eisenbahnbrücken ausschließen, welche auch Rohrleitungen für Wasser und Gase aufzunehmen haben, weil hier dieser zusätzlichen Aufgabe vom Standpunkt der Brückenkonstruktion nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt. Die folgenden Betrachtungen sollen sich daher nur auf Bauwerke erstrecken, welche allein zum Tragen von Rohrleitungen bestimmt sind, wobei höchstens ein Bedienungsteg dem Verkehr des Aufsichtspersonals dient.

Die Gesichtspunkte für den Entwurf einer Rohrleitungsbrücke sind in vieler Hinsicht von jenen für den Entwurf von Eisenbahn- oder Straßenbrücken verschieden, so daß eine umfassendere Betrachtung dieses Themas, die meines Wissens noch nicht durchgeführt wurde, von Interesse sein mag. Da das Thema der diesjährigen Österreichischen Stahlbautagung überdies auch dem Erdöl gewidmet ist und im Zuge der großen Anlagen für die Führung des Erdöls und insbesondere des Erdgases in die Bundesländer eine Reihe von Rohrleitungsbrücken erforderlich waren, bei denen wesentliche neue Entwurfsgedanken zur Anwendung kamen, fühle ich mich berechtigt, von dieser Warte aus zu Ihnen zu sprechen.

Im folgenden sollen die statischen und konstruktiven Gesichtspunkte für den Entwurf von Rohrleitungsbrücken verschiedener Stützweite und Bauart entwickelt und das Problem der aerodynamischen Stabilität behandelt werden. Schließlich soll eine bedeutende Ausführung einer Rohrleitungsbrücke, nämlich die Überführung einer Erdgasleitung über die Donau bei Schwechat, besprochen werden, die in ihrer Gesamtkonzipierung und in vielen Details Ihr Interesse erwecken dürfte.

B. Brückensysteme

1. Freigespannte Rohrleitungen

Die einfachste Rohrleitungsbrücke ist dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr selbst als Brückenkonstruktion verwendet wird und auf die gesamte Spannweite die Lasten seines Eigengewichtes und seiner Füllung abträgt, sowie natürlich außerdem noch auf Schnee- und Eislasten und auf Winddruck bemessen sein muß. Ein charakteristischer Fall dieser Rohrleitungsbrücke ist die Druckrohrleitung, die sich zwischen den Stützpunkten frei spannt. Für die Wahl der Entfernung der Stützpunkte sind allerdings

neben spannungstechnischen Erwägungen auch noch die Geländeform, die Trassenneigung und die Bodenverhältnisse maßgebend.

Die Tendenz zu gerader, in weiten Strecken geländeunabhängiger Trassenführung kommt im folgenden Bild 1 zum Ausdruck. Es handelt sich um eine von der VOEST erbaute Druckrohrleitung für die Illwerke, die eine Talsenke überquert und bei der die Wahl der Stützweite nunmehr ausschließlich von statischen Gesichtspunkten abhängt.

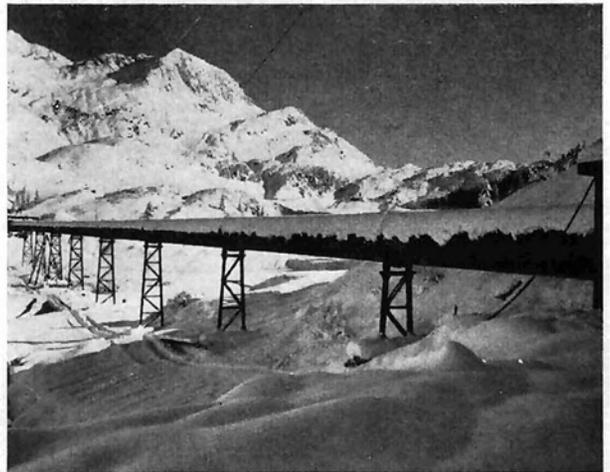


Bild 1: Freitragende Druckrohrleitung

Fig. 1: Freely supported tube line

Die Lagerung des durchlaufenden Rohres auf Pendelstützen gestattet die Ausbildung eines Membranspannungszustandes (Bild 2), der durch die Schnittkräfte N_x , N_φ und $N_{x\varphi}$ gekennzeichnet ist. Sie sehen die Verteilung der Spannungskomponente N_x , bezogen auf die Längsrichtung des Rohres. Aus der Nichterfüllung der Formänderungsbedingung des Membranspannungszustandes entstehen an den Stützen Biegemomente M_x , so daß sich die entsprechenden Normalspannungen mit den Längsspannungen aus N_x überlagern. Die anderen Spannungskomponenten des Biegespannungszustandes haben für die Dimensionierung wenig Bedeutung. Aus dem Diagramm der Biegespannungen sehen Sie das außerordentlich starke Abklingen von der Störungsstelle weg.

Diese Spannungen werden durch Plastifizierung abgebaut, weil es durch die damit verbundenen großen Formänderungen möglich ist, die Kompatibilitätsbe-

dingung zu erfüllen. Sie sind daher für die Tragsicherheit des Rohres dann ohne Bedeutung, wenn dieser plastische Verformungsausgleich möglich ist.

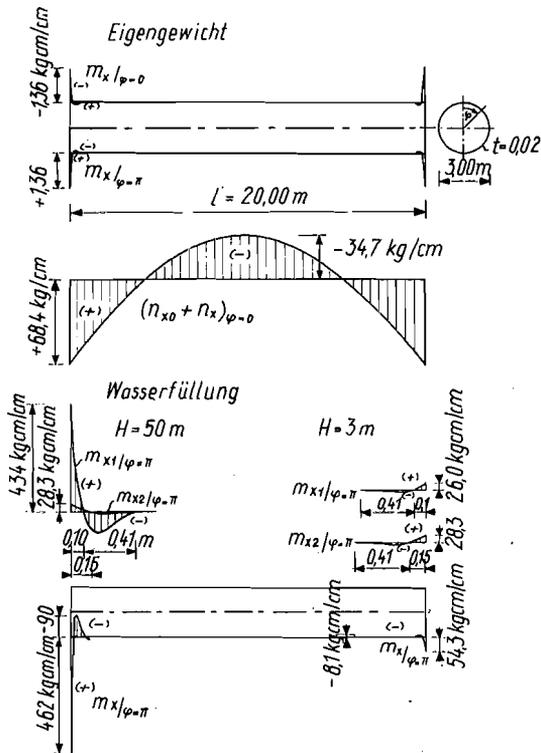


Bild 2: Spannungszustand in freitragenden Rohren unter Eigengewicht und Innendruck

Fig. 2: Stresses in freely supported tubes under dead load and water pressure

Rohres unter konstantem Innendruck kann man im Diagramm in Bild 3 die Zuordnung von

$$m_x = \frac{M_x}{M_{xpl}}; \quad n_{\varphi} = \frac{N_{\varphi}}{N_{\varphi pl}} \quad \text{mit}$$

der dimensionslosen Abszisse ξ als Parameter erkennen. Einem bestimmten ξ entspricht demnach ein gegebener funktioneller Zusammenhang zwischen m und n . Die obere Grenzkurve bedeutet Vollplastifizierung im Querschnitt, während die untere Grenzkurve den elastischen vom elasto-plastischen Bereich scheidet. Die drei eingetragenen Kurven entsprechen der Lösung der Differentialgleichung für die Randstörung für verschiedene Laststufen (konstanter Innendruck p), die Klement aus der Differentialgleichung $\ddot{m} = -2n + 2p$ mit Hilfe eines numerischen Integrationsverfahrens gefunden hat. Während die der Druckstufe p_I entsprechende Kurve noch im elastischen Bereich bleibt, ist der Druckstufe p_{II} eine Lösungskurve zugeordnet, die vom elastischen Bereich ausgehend, innerhalb einer großen Zone elastisch-plastisches Verhalten zeigt, jedoch sodann wieder in den elastischen Bereich einmündet. Das mit der oberen Grenzkurve zusammenfallende Stück entspricht der starr-plastischen Traglast (2), wenn man damit nach E. T. Onat und W. Prager die Rechnungsannahme von $E = \infty$ bis zur Erreichung der Fließgrenze versteht.

Die bisherigen Forschungsergebnisse in der Traglasttheorie von Schalen sind nur ein erster Schritt auf einem für das Gebiet der Rohrleitungsbrücken bedeutenden Sektor, und es ist von größter Wichtigkeit, diese Theorie weiter auszubauen. Daneben treten aber auch Fragen der Materialanstrengung und der Fließbehinderung durch Zusammenwirken von ungünstigen Spannungskomponenten in den Vordergrund, über die schon auf der Österreichischen Stahlbautagung in Salzburg Slattenschek (3) ausführlich berichtet hat. Ich habe hierzu auch in meinem Referat anlässlich der Internationalen Schweißtechnischen Tagung Stellung genommen (4). Die gerade für den Randstörungsbereich besonders bedeutsame Sprödbruchgefahr kann heute bei den ausgezeichneten österreichischen Baustählen, die zur Verfügung stehen, als überwunden gelten. Die geeignete Materialauswahl ist hier von ausschlaggebender Bedeutung.

2. Rohrleitungsbrücken in Fachwerkkonstruktion

Für Rohrleitungsbrücken in Fachwerkkonstruktion eignet sich am besten die Dreigurtlösung, wobei (Bild 4) durch die moderne Schweiß- und Abkanttechnik die Schwierigkeiten der Gurtausbildung überwunden sind. Das Bild zeigt das generelle Projekt für die Überbrückung eines Nebenflusses der Donau mit einer Dreigurtfachwerkbrücke für zwei Rohrleitungen bei einer Stützweite von 50 m. Bild 5 zeigt den charakteristischen Querschnitt, woraus die Profilausbildung der Gurte deutlich hervorgeht. Die Brücke wurde in etwas veränderter Form von der Firma Wagner-Biró A.G. ausgeführt.

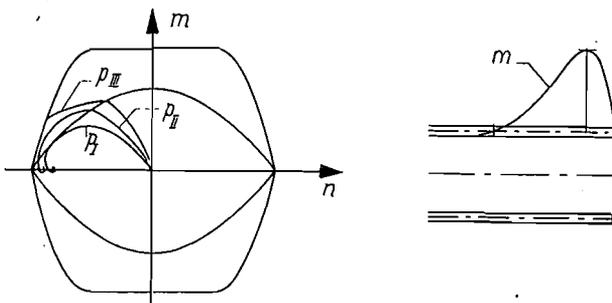


Bild 3: Zuordnung von Längsbiegemoment und Ringnormalkraft im elastisch-plastischem Bereich für das Rohr unter Innendruck

Fig. 3: Corresponding longitudinal bending moments and ring-normal stresses in the elastic-plastic range of the tube under internal pressure

Das Verhalten von kreiszylindrischen Rohren unter zentralsymmetrischer Belastung bei Überschreiten der Fließgrenze hat einer meiner Dissertanten, nämlich Dr. Klement, für den Sonderfall $N_x = N_{x\varphi} = 0$, also für das Vorhandensein einer Ringkraft und eines Längsbiegemomentes untersucht (1). Für den Fall des

3. Rohrleitungsbrücken mit Schrägeilabspannung

Wir haben gesehen, daß es in gewissen Grenzen zweckmäßig und wirtschaftlich ist, die Rohrleitung selbst freitragend zwischen den Stützpunkten zu spannen. Jedoch ist bald die Grenzstützweite erreicht, über die hinaus ein freigespanntes Rohr zu einem unwirtschaftlichen Materialaufwand führt. Man kann nun bei großen Spannweiten das Rohr, welches weiterhin zum Mittragen herangezogen wird, durch ein sogenanntes Schrägeilsystem in einzelnen Punkten elastisch unterstützen und erhält die auch im Straßenbrückenbau bekannte und wiederholt ausgeführte Schrägeilbrücke. Bild 6 zeigt eine Schrägeilrohrleitungsbrücke für eine Mittelstützweite von 100 m mit je 40 m Außenöffnung. Der Spannungszustand im Rohr ist ähnlich jenem des bereits unter 1. beschriebenen freitragenden Rohres, nur überlagert sich noch eine über den Rohrquerschnitt konstante oder linear veränderliche Normalkraft, welche den Zugkräften der Schrägeile das Gleichgewicht hält. Neben der Belastung durch das Eigengewicht und der Rohrfüllung durch Flüssigkeiten kommen noch die Schnee- und Eislasten hinzu, die beträchtliche Werte erreichen können. Im Hinblick auf die große Spannweite wird aber auch hier die Windlast große Bedeutung besitzen, so daß die Forderung nach einer möglichst großen horizontalen Steifigkeit zwingend erhoben werden muß. Die Schrägeilabspannung muß daher räumlich geführt werden, was eine Spreizung der Sattelpunkte auf den Pylonen bedingt. Die organische Folge ist daher die „V“-Form der Pylone und die Neigung der Tragwände. Das statische Verhalten der Schrägeilbrücke kann man am besten an Hand der charakteristischen Einflußlinien erkennen. In Bild 7 und 8 sind diese Einflußlinien für zwei verschiedene Steifigkeitsverhältnisse der Abspannseile zum Versteifungsträger aufgetragen. Man erkennt aus dieser Betrachtung der Einflußlinie für das Biegemoment, daß die elastische Nachgiebigkeit des Seiles eine starke Verschiebung der Nullpunkte gegenüber der bekannten Durchlaufwirkung bedingt, so daß die Einflußlinie grundlegend von jener des Durchlaufträgers abweicht. Aber auch die Seilkrafteinflußlinie zeigt deutlich die Wirkung der elastisch nachgiebigen Aufhängung, wobei sogar in der Mittelöffnung negative Einflußstrecken vorhanden sind. Die geschilderte Tendenz tritt noch stärker in Erscheinung, wenn der Versteifungsträger – wie dies bei freitragenden Rohren meist der Fall ist – besonders weich wird (Bild 8). Wenn auch im allgemeinen die ständige Last so groß sein wird, daß es infolge einseitiger Nutzlast (Rohrfüllung, Verkehrslast eines Bedienungssteiges, Auftrieb aus einseitigen Windböen) zu keiner Entlastung

Bild 4: Dreigurtfachwerkträger als Rohrleitungsbrücke

Fig. 4: Tube line bridge with triple-chord lattice girder

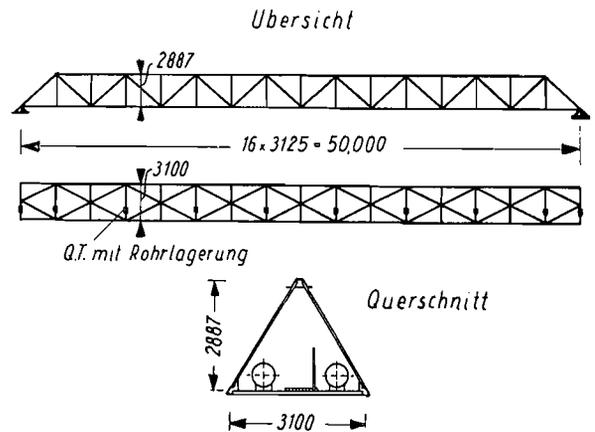


Bild 5: Querschnitt einer Rohrleitungsbrücke mit Dreigurtfachwerk

Fig. 5: Section of the tube line bridge with triple-chord lattice girder

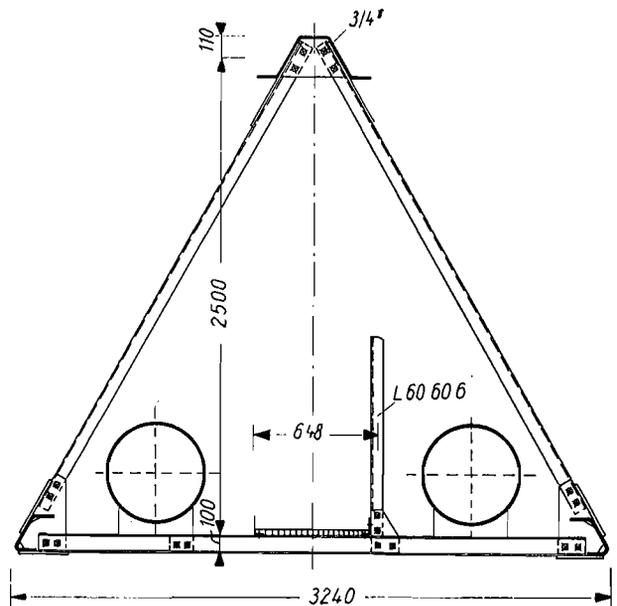


Bild 6: Schrägeilrohrleitungsbrücke

Fig. 6: Tube line bridge with sloped wire ropes

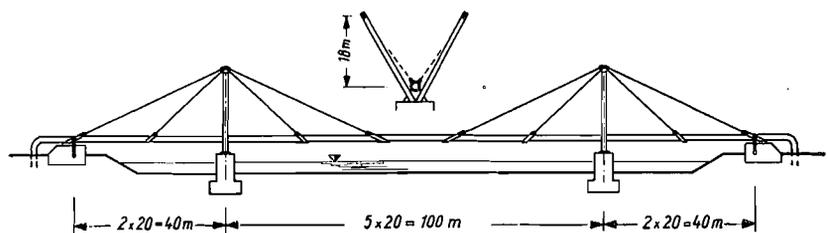


Bild 7: Einflußlinien für Biegemomente und Seilkräfte für relativ steifen Versteifungsträger

Fig. 7: Influence lines of bending moments and rope stresses supposing a relatively rigid stiffening girder

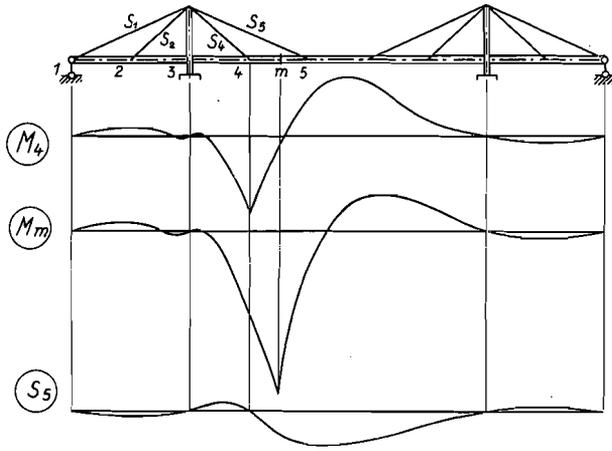
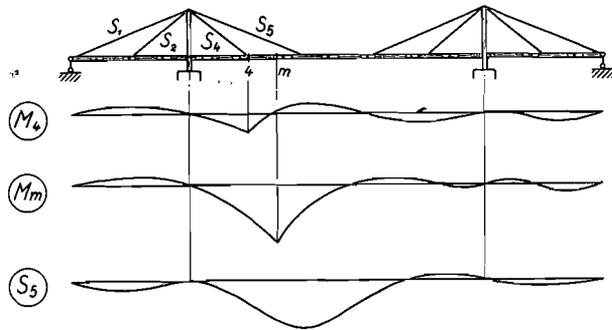


Bild 8: Einflußlinien für Biegemomente und Seilkräfte für relativ weiche Versteifungsträger

Fig. 8: Influence lines of bending moments and rope stresses supposing a relatively flexible stiffening girder



der Seilabspannung kommen wird, so ist doch bei sehr leichten Rohrleitungsbrücken eine solche Untersuchung geboten. Wird ein Seil entlastet, so ändert sich das System (Wechselsystem), und es tritt eine Kräfteumlagerung bei größeren Verformungen ein.

Die Abspannseile werden zweckmäßig mit einer Vorspannung versehen, so daß die daraus resultierende Schlußlinie einen möglichst guten Ausgleich der positiven und negativen Momente ergibt. Die Vorspannkraft ist jedoch infolge der Größe der ständigen Last und der Biegesteifigkeit des Versteifungsträgers nur in gewissen Grenzen variierbar. In manchen Fällen ist es vorteilhaft, das Rohr frei von Normalkräften aus der Kabelaufhängung zu halten. Dann führt man (Bild 9) die Abspannseile über die Mittelöffnung hinweg und klemmt sie mit einer besonderen Schelle an den Umlenkpunkten am Rohr fest.

4. Schrägseilbrücken mit eigenem Versteifungsträger

Die Verwendung selbsttragender Rohre als Versteifungsträger ist je nach Durchmesser und Wandstärke gewissen Grenzen unterworfen. Sind diese erreicht, so muß ein besonderer Versteifungsträger angeordnet werden. Aber auch die Überführung mehrerer verschiedener Rohrleitungen bedingt die Anordnung eines Versteifungsträgers zu ihrer Lagerung. Sein weiterer Vorteil ist die jederzeitige Möglichkeit, einzelne Rohrstränge auszuwechseln oder durch andere zu ersetzen. Bild 10 zeigt das generelle Projekt und mehrere konstruktive Details für ein Schrägseilbrückensystem, bei dem als Versteifungsträger ein dreigurtiges Fachwerk, dessen Stäbe aus Rohren gebildet sind, wirkt. Die Brücke dient zur Überführung mehrerer Rohrstränge und ist auch in ihrer Abspannung durch Schrägseile weitgehend dem Flußgelände angepaßt. Die Brücke ist für eine Nutzlast von 2 t/m berechnet, die in gewissen Grenzen variabel über die Längsrichtung wirken kann. Die umhüllenden Maximalmomentenlinien sind in Bild 11 dargestellt. Man erkennt, daß die Aufhängung des letzten Punktes vor dem rechten Widerlager (Punkt 6) elastisch sehr nachgiebig ist, so daß hier nur eine geringe Durchlaufwirkung erzielt wird. Das System wurde an meiner Lehrkanzel durchgearbeitet.

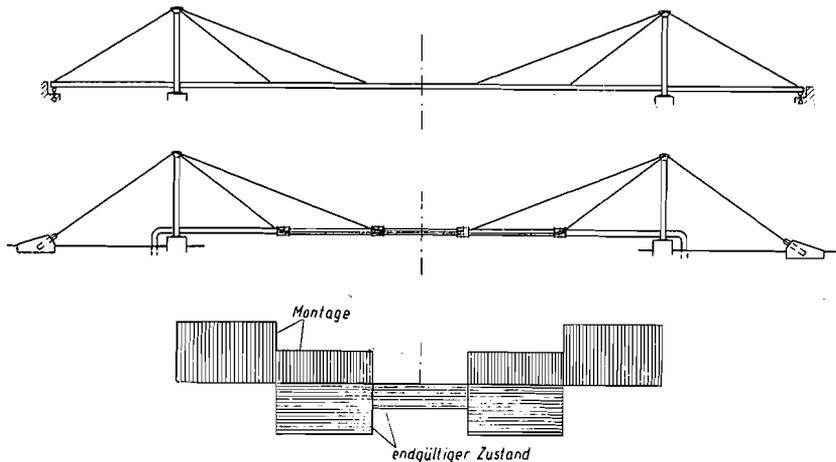
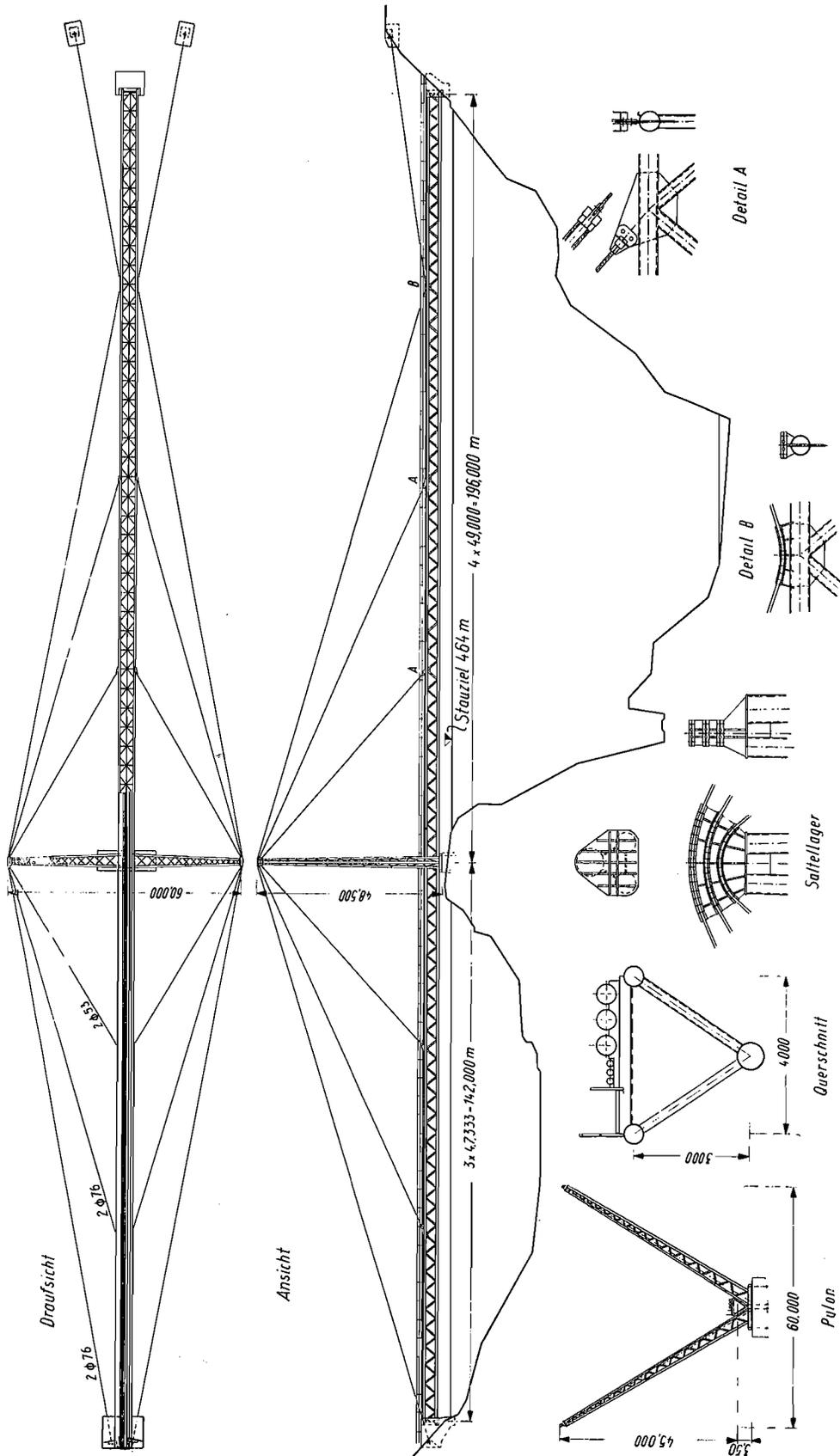


Bild 9: Schrägseilbrücke mit aufgehobenem Horizontalzug (oben), Schrägseilbrücke mit Verankerung in den Widerlagern (unten)

Fig. 9: Bridge with sloped wire ropes and balanced rope stresses (above), Bridge with sloped wire ropes, anchored in the abutments (below)

Bild 10: Schrägseilbrücke für mehrere Rohrleitungen und Fußgängersteg

Fig. 10: Bridge with sloped wire ropes supporting several tube lines and a footpath



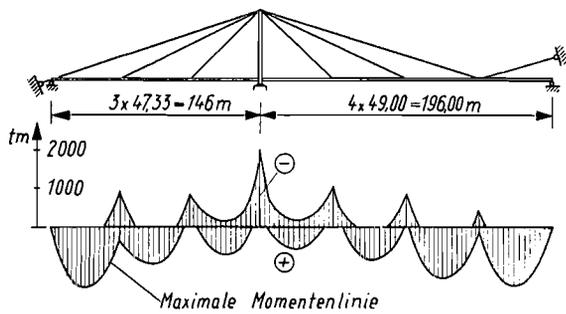


Bild 11: Maximalmomentenlinien für das im Bild 10 gezeigte System

Fig. 11: Diagram of maximum bending moments belonging to the system of Fig. 10

Das nächste Bild 12 zeigt das generelle Projekt des gemeinsam mit der Firma Waagner-Biro A.G. entwickelten Entwurfes einer Schrägseilbrücke für die Überführung mehrerer Rohrleitungen über die Donau. Auch hier sind die Rohre nur Belastung, und als Versteifungsträger dient eine geschlossene Fachwerkröhre, die den großen Vorteil der Torsionssteifigkeit besitzt (Bild 13).

Die Berechnung dieser Brückensysteme mit vielen Schrägseilen wurde 1952 von Walkling in einer leider infolge seines Ablebens unveröffentlicht gebliebenen Arbeit als statisches Kontinuum (Hängewand-schleier) unter Berücksichtigung der veränderlichen Seilkräfte und Seildehnungen durchgeführt. Diesem Hauptspannungszustand überlagern sich dann die Spannungen infolge der örtlichen Lastabtragung zwischen den Schrägseilen. Die Untersuchung muß, wie bereits erwähnt, auch bei den Rohrleitungsbrücken jedenfalls außer für symmetrische Belastung mindestens auch für halbseitige Nutz- und Windlast durchgeführt werden. Es ergibt sich jedoch im Vergleich zur Hängebrücke, daß die Schrägseilbrücke infolge ihrer Fachwerkwirkung für halbseitige Nutzlast relativ steif ist. Wie eine Vergleichsrechnung unter denselben Voraussetzungen ergeben hat, beträgt die lotrechte Durchbiegung im Viertelpunkt für den antimetrischen Vertikallastfall bei der Schrägseilbrücke nur ein Drittel des Wertes der bei der entsprechenden Hängebrücke ermittelt wurde. Die waagrechten Durchbiegungen für den antimetrischen Horizontallastfall betragen sogar nur ein Fünftel des entsprechenden Hängebrückenwertes. Die Lagerung des Versteifungsträgers der Schrägseilbrücke kann grundsätzlich dann beweglich sein, wenn die Verankerung der Schrägseile außen erfolgt. Sind jedoch die Hängeseile an den Versteifungsträgern der Außenöffnung geführt, (vergleiche Bild 9), so muß zur Aufnahme der horizontalen Längskräfte ein festes Lager vorhanden sein, das dann entweder an einem Pylon oder an einem Widerlager angeordnet wird. Für die Montage müssen jedoch auch für den Fall der Schrägseilbrücke ohne Außenfelder Vorkehrungen dafür getroffen werden, daß der aus der Seitenkraftkomponente entstehende Horizontalzug aufgenommen wird. Nach Beendigung der Montage der Tragkonstruktion wird sodann die Längsfestsetzung auf

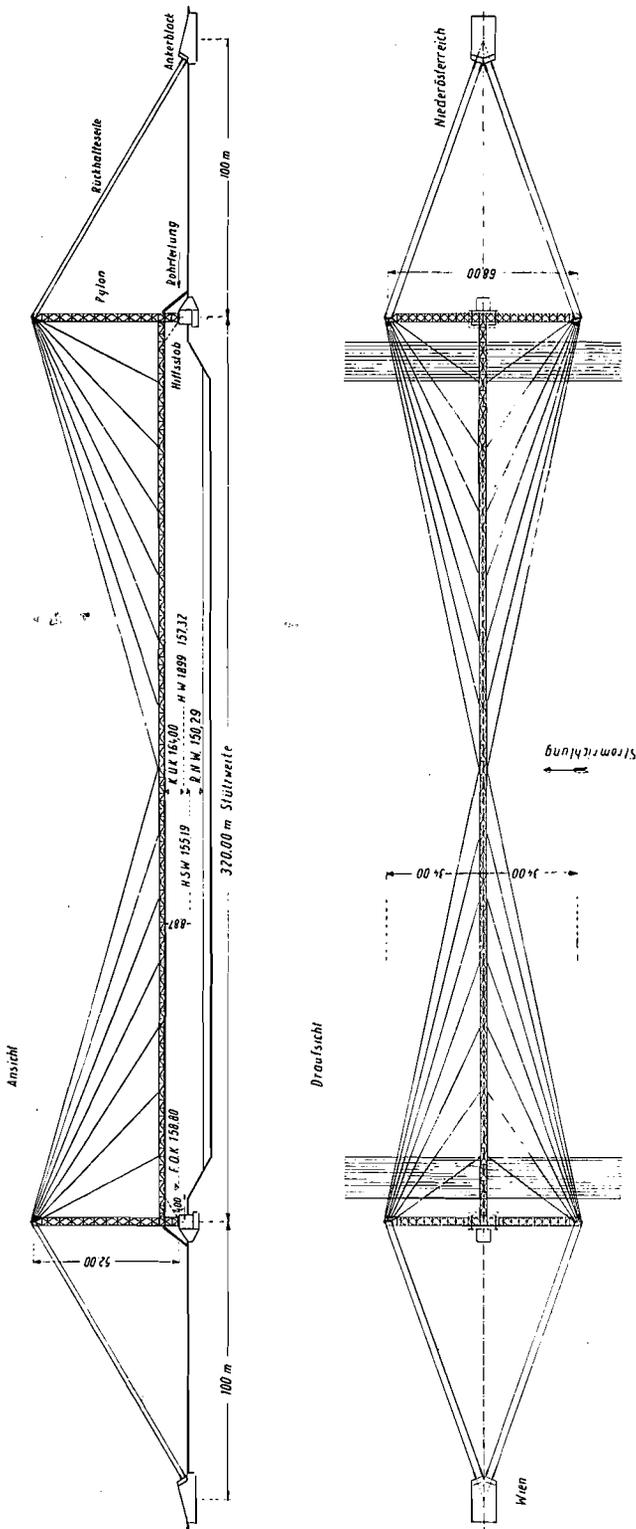


Bild 12: Entwurf einer Schrägseilbrücke über die Donau

Fig. 12: Design of a bridge with sloped wire ropes over the Danube

Bild 13: Querschnitt des Systems nach Bild 12

Fig. 13: Section of the system according to Fig. 12

beiden Seiten gelöst, und der Versteifungsträger erhält die Zugkraftkomponente als Gleichgewichtssystem.

Schrägseilbrücken mit relativ geringer Biegesteifigkeit des Versteifungsträgers erfahren jedoch eine relativ große Längsbewegung bei einseitiger Nutzlast und einseitigem Winddruck, und es hat sich als zweckmäßig erwiesen, diese Längsbewegung elastisch zu begrenzen, was durch die Einschaltung eines Puffers oder eines Biegefederträgers erfolgen kann.

5. Hängebrücken

Die Hängebrücke als Rohrleitungsbrücke hat sich infolge ihrer mannigfachen Vorteile einen festen Platz erobert und gestattet es, auch große Stützweiten zu überspannen (Bild 14). Zunächst liegt es auch hier nahe, das Rohr selbst als Versteifungsträger heranzuziehen, vor allem dann, wenn die Abmessungen des Rohres eine erhebliche zusätzliche Belastung durch Biegemomente gestatten. Hier wird man es, wenn irgend möglich, vermeiden, den Horizontalzug als Druckkraft in den Versteifungsträger einzuleiten und wird daher die Trageisele außen verankern.

Hängebrücken eignen sich im ausgezeichneten Maße zur Abtragung von annähernd gleichmäßig über die ganze Stützweite verteilten Lasten (Eigengewicht und Füllgewicht der Rohre). Bei diesen Belastungsfällen ist die Biegesteifigkeit des Versteifungsträgers unwesentlich, da die Lasten ohne übergroße Formänderungen vom Kabel (Seillinie) aufgenommen werden. Einseitige Belastungen hingegen haben bei biegeweichem Versteifungsträger eine Änderung der Gleichgewichtslage des Kabels zur Folge, die mit erheblichen Formänderungen verbunden ist. Diese treten sowohl in lotrechter als auch in waagrechter Richtung auf und sind stets von Bewegungen in Brückenlängsrichtung begleitet. Das Bild 15 zeigt die verschiedenen Möglichkeiten, diese Längsbewegungen und damit auch die lotrechten und waagrechten Durchbiegungen zu vermindern. Bei der Skizze a ist der Versteifungsträger nicht festgehalten und auch nicht mit dem Trageisele in Brückenmitte verbunden; die Längsbewegung infolge antisymmetrischer Belastung kann sich voll auswirken. Es treten hier die größten lotrechten und waagrechten Formänderungen auf.

Bild 15: Verschiedene Möglichkeiten der Begrenzung der Längsbewegung von Hängebrücken

Fig. 15: Different possibilities of limiting the longitudinal displacement of suspension bridges

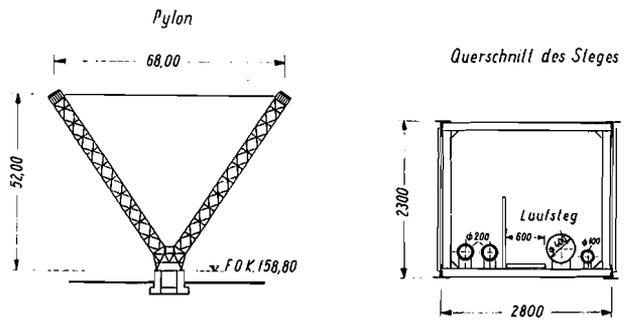


Bild 14: Hängebrücke mit dem Rohr als Versteifungsträger

Fig. 14: Suspension bridge with the tube as stiffening girder

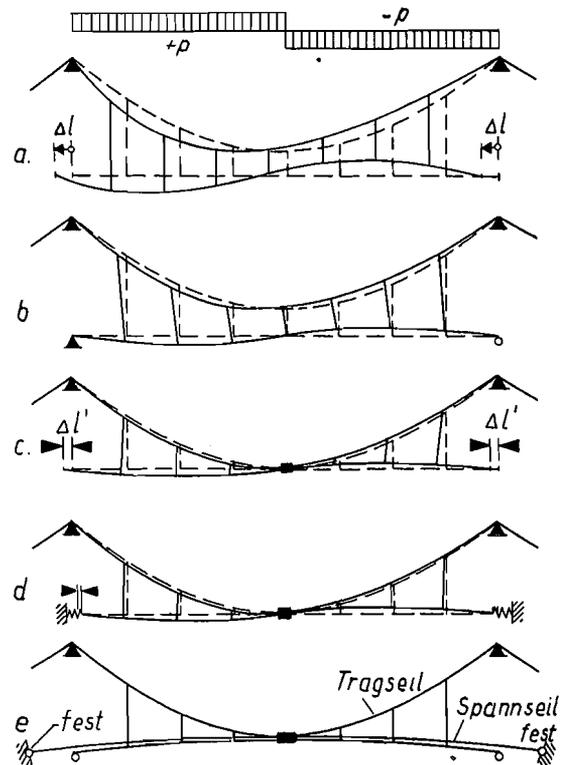
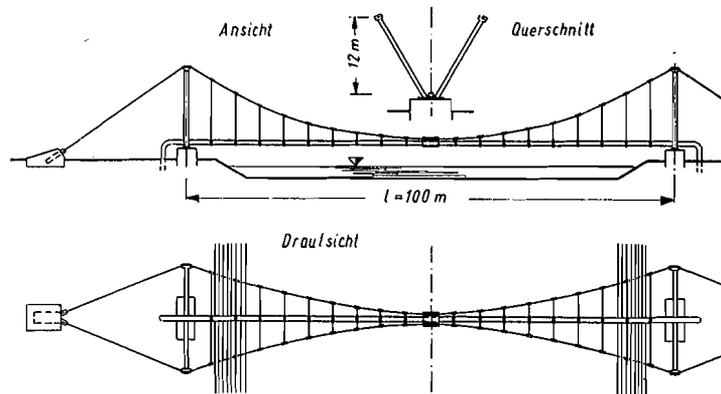


Bild 16: Seilführung bei Anordnung von Tragseilen, Windseilen und Spannseilen

Fig. 16: Conduction of ropes arranging supporting ropes, wind resisting ropes and prestressed ropes

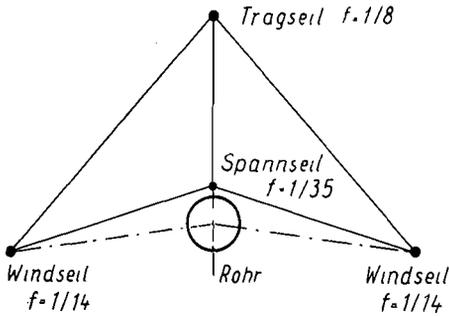


Bild 17: Seilanordnung der Rohrleitungsbrücke über den Mississippi

Fig. 17: Arrangement of ropes of the tube line bridge over the Mississippi

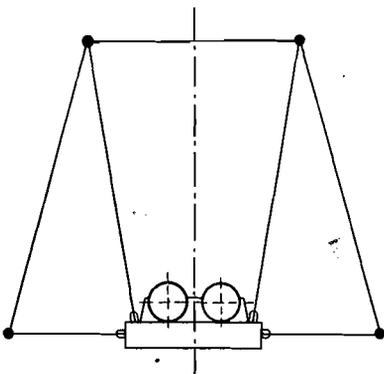
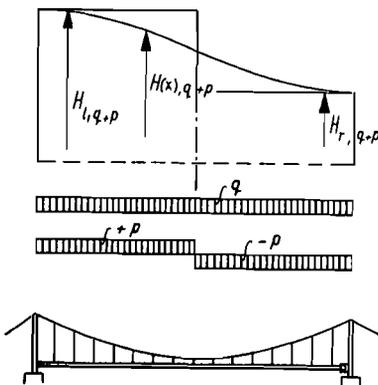


Bild 18: Veränderlichkeit des Horizontalzuges einer Hängebrücke mit festgehaltenem Versteifungsträger

Fig. 18: Variation of horizontal rope stresses of a suspension bridge with fixed stiffening girder



Die Skizze b zeigt das Formänderungsbild bei längsfestgehaltenem Versteifungsträger, während das Tragseil nicht mit dem Versteifungsträger verbunden ist. Die lotrechten und waagrechten Formänderungen sind hier wesentlich kleiner. Die Schrägstellung der Hänger ergibt jedoch einen über die Stützweite veränderlichen Horizontalzug, auf dessen Auswirkungen wir noch zurückkommen. In Skizze c ist das Tragseil mit dem Versteifungsträger in Brückenmitte fest verbunden und letzterer nicht längsfestgehalten. Auch hier werden die Formänderungen gegen Fall a wesentlich reduziert. Die Skizze d zeigt eine Längsfesthaltung des Versteifungsträgers in Verbindung mit der Klemmung des Tragseiles am Versteifungsträger in Brückenmitte. Die Formänderungen werden hier noch weiter vermindert. An Stelle der in d vorgesehenen Federpuffer für die Begrenzung der Längsbewegung des Versteifungsträgers kann auch ein Spannseil in Fahrbahnvellette die Längsbewegung des festgeklemmten Mittelknotens elastisch begrenzen. Der Versteifungsträger kann sodann beweglich gelagert werden (e). Diese Längsfesthaltung in Brückenmitte mit Hilfe eines sogenannten Spannseiles ist natürlich auch auf die Seilführung mit geneigten Tragwänden anwendbar.

Bild 16 zeigt die charakteristische Seilführung im Querschnitt bei Anordnung eines Tragseiles und zweier Windseile, wie sie bei der Überführung einer Gasleitung von 300 mm Durchmesser über die Maas mit einer freien Spannweite von 70 m angewendet wurde. Die vier Seile sind in Brückenmitte fest miteinander verklemt (Vierseilknoten).

Die größte zur Zeit wahrscheinlich überhaupt ausgeführte Rohrleitungsbrücke über den Mississippi überführt zwei Gasrohre von je 760 mm Durchmesser, die auf kurzen Querträgern nebeneinander liegen.

Bild 17 zeigt die grundsätzliche Seilanordnung mit zwei Tragseilen und zwei Windseilen. Die Brücke hat Spannweiten von 214+656+357 m, wobei die Rohre nur in der weitgespannten Mittelöffnung aufgehängt sind und in den Seitenöffnungen in die Erde geführt werden. Die vier Kabel sind an den Brückenenden in gemeinsame Ankerblöcke geführt. Man erkennt auch die charakteristische Pylonenform mit waagrechtm Ausleger zur Aufnahme der Reaktionen der Windseile. Die Aufhängung der Rohrstränge erfolgt mit leicht geneigten Hängerwänden an den Tragseilen und mit horizontalen Hängerwänden an den Windseilen, wobei auch die waagrechten Windseile mit den Tragkabeln verbunden sind.

Die Berechnung von Hängebrücken nach der Theorie zweiter Ordnung mit über die ganze Spannweite konstantem Horizontalzug führt zu einem nicht mehr vernachlässigbaren Fehler, wenn infolge Fixierung des Kabelscheitels am Versteifungsträger oder Behinderung der Längsbewegung des letzteren die Hängeseile eine Schrägstellung erfahren. Wie Selberg (5) nachgewiesen hat, ist es praktisch ausreichend, diesen auch für antisymmetrische Belastung veränderlichen Horizontalzug für die jeweilige halbe Öffnung konstant anzunehmen (Bild 18), wobei in der Mitte ein Sprung auftritt. Hierdurch wird der Fehler in den maximalen Biegemomenten des Versteifungs-

trägers von zirka 10% bei konstant angenommenem Horizontalzug auf 3% bei vorstehender Annahme reduziert.

6. Hängebrücken mit besonderem Versteifungsträger

Die Anordnung eines besonderen Versteifungsträgers empfiehlt sich immer dann, wenn mehrere Rohre kleineren Durchmessers zu überführen sind und ferner auf jederzeitige Auswechselbarkeit und Zugänglichkeit besonderer Wert gelegt wird. In diesem Fall empfiehlt es sich, den Versteifungsträger fachwerkartig auszubilden, jedoch mit drei oder vier Tragwänden, so daß eine torsionssteife Röhre entsteht (Bild 19). Das Bild zeigt einen Vorentwurf einer Hängebrücke für die Überführung mehrerer Erdgas- und Ölleitungen über die Donau in Gemeinschaftsarbeit mit der Firma Waagner-Biro A.G., der in Anlehnung an die traditionelle Lösung mit leicht geneigten Tragseilebenen und waagrechten Windseilebenen arbeitet (Bild 20).

Das nächste Bild (Bild 21) zeigt eine weitere Studie für dieses Brückentragwerk, wobei jedoch als fortschrittliche Lösung nicht mehr vier Tragwandebenen, sondern bereits zwei stark geneigte Tragwandebenen angeordnet sind. Die Fachwerkrohre des Versteifungsträgers ist in Brückenmitte mit dem Tragseil fest verbunden, wobei dieser Punkt durch Spannseile elastisch im Raum gegen Längsbewegungen festgehalten ist. Die geneigten Tragwände bedingen auch hier organisch die V-Form der Pylone. In diesem Bild ist auch noch die Anordnung der Leitungen mit Bedienungsteg und der Querschnitt durch den Versteifungsträger dargestellt.

Das Brückensystem mit geneigten Tragwänden hat gegenüber der bekannten Anordnung von lotrechten Tragseil- und waagrechten Windseilebenen erhebliche Vorteile aufzuweisen. Vor allem können als Nachteil des letztgenannten Systems die vielen Schellen, Seilklemmen, Seilköpfe und Nachstellvorrichtungen bezeichnet werden, welche eine Verteuerung der Konstruktion mit sich bringen. Außerdem ist die Montage insbesondere der horizontalen Kabel mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden und schließlich kann man diese Brückenform mit den sehr weit ausladenden horizontalen Pylonenquerriegeln nicht als ästhetisch befriedigend ansprechen.

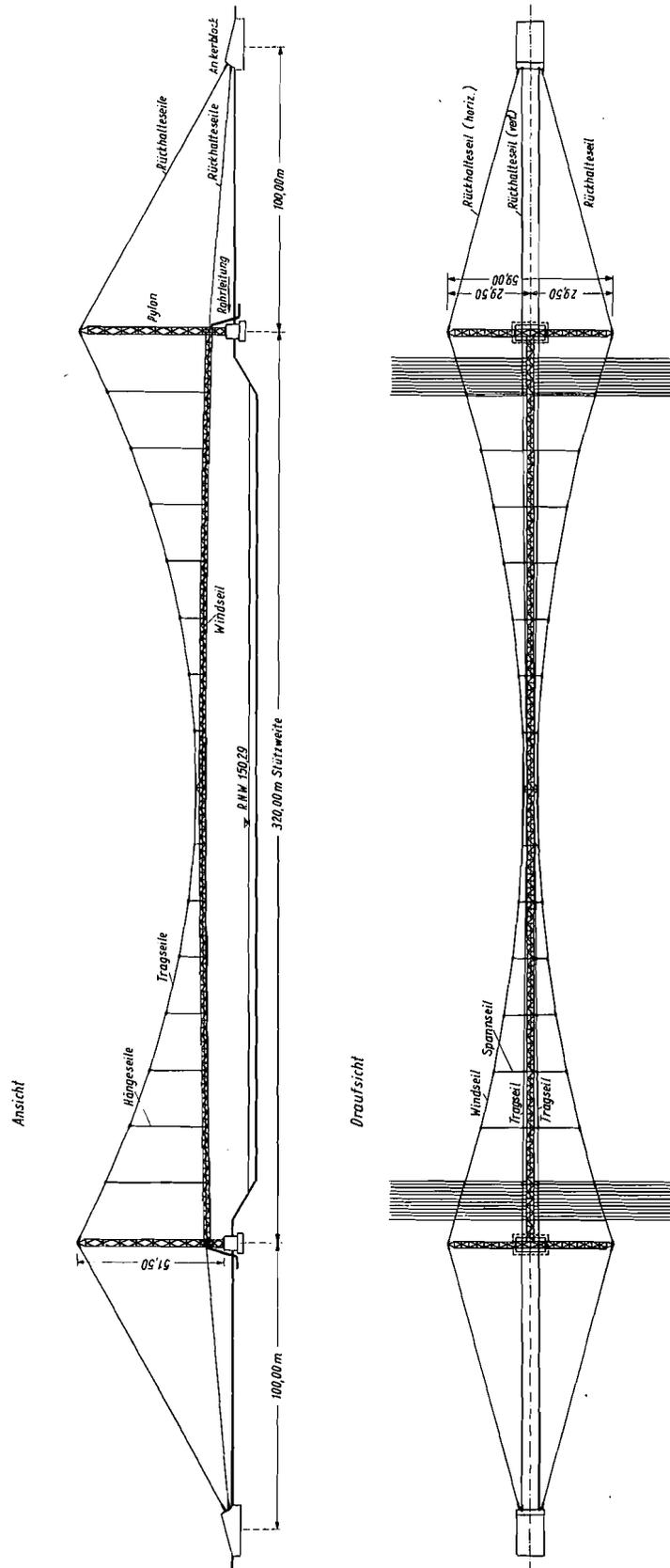
Die zuletzt gezeigte Schrägföhrung der Hängerwände vermeidet diese Nachteile weitgehend, da die Zahl der Tragseile von vier auf zwei reduziert wird.

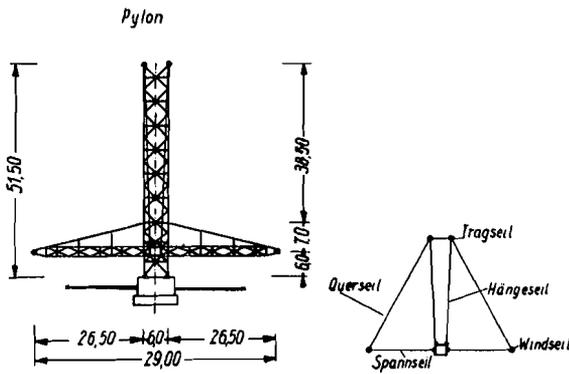
7. Hängebrücken mit Diagonalseilen

Formänderungen der Hängebrücken für einseitige Belastung (Halbbelastung) sind trotz der Festhaltung des Mittelknotens noch relativ groß. Das Streben nach größerer Steifigkeit für diesen Lastfall und ferner die Tendenz, den Versteifungsträger möglichst überhaupt fortzulassen, führt zur Anordnung einer Hängebrücke mit Diagonalseilen in den Tragwänden, so daß nunmehr wieder eine Fachwerkwirkung entsteht (Bild 22).

Bild 19: Hängebrücke mit horizontalen Windseilen

Fig. 19: Suspension bridge with horizontal wind resisting ropes





Querschnitt des Steges

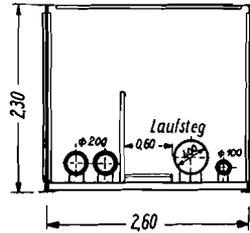


Bild 20: Querschnitt zum Hängebrückensystem von Bild 19

Fig. 20: Section of the suspension bridge system according to Fig. 19

Diese Wirkung ist allerdings nur solange vorhanden, als kein Diagonalseil schlaff wird. Es muß daher die Montage so erfolgen, daß diese Diagonalseile einen möglichst großen Anteil an der ständigen Last aufnehmen. Werden sie nachträglich eingezogen, so sind sie mit ausreichender Vorspannung zu versehen, die natürlich, da der Versteifungsträger entweder ganz entfällt oder nur eine geringe Biegesteifigkeit aufweist, die Spannungen aus der gesamten ständigen Last nicht oder nicht wesentlich überschreiten können. Die Formänderungen für antimetrische lotrechte Belastung betragen hier für den dargestellten Entwurf nur $1/6,5$ von denen der Hängebrücke ohne Diagonalseile. Die Brücke kann somit als außerordentlich steif bezeichnet werden.

Durch eine Neigung der beiden Diagonalseilwände, wie dies im Entwurf geschehen ist, ist es auch möglich, das System gegen waagrechte Windlasten sehr steif zu machen, und zwar auch für einseitig wirkende Windböen. Die horizontalen Windseile können daher vollständig entfallen. Auch hier zeigt der Formänderungsvergleich die außerordentlich versteifende Wirkung der Diagonalseile, wobei die waagrechten Formänderungen im Vergleich zur Hängebrücke für den antimetrischen Lastfall auf etwa ein Sechstel zurückgehen. Die Anordnung von Spannseilen in der Brückennivellette wird sich besonders dann empfeh-

len, wenn kein Versteifungsträger angeordnet ist. Damit entsteht durch Klemmung in jedem Diagonalseilknoten mit diesen Spannseilen ein vollständiges Fachwerk.

C. Aerodynamische Stabilität von Rohrleitungsbrücken

Dem Problem der aerodynamischen Stabilität kommt bei Rohrleitungsbrücken fundamentale Bedeutung zu, wobei eine Reihe von Einflußfaktoren hier ungünstig zusammenwirken. Grundsätzlich sind zwei Möglichkeiten von Schwingungen im Luftstrom denkbar:

1. Fremd erregte Schwingungen, 2. selbsterregte Schwingungen. Die erste Schwingungsform ist von Kármán untersucht worden und tritt auf, wenn ein kreiszylindrisches Rohr gleichmäßig angeströmt wird und die Erregerfrequenz (Ablösefrequenz) mit der Eigenfrequenz des Rohres übereinstimmt. Die zweite Schwingungsform tritt bei unter positivem Winkel angeströmten Profilen in Erscheinung, wenn hierbei eine negative Luftkraftkomponente (Abtriebskraft) erzeugt wird und die Strömungsgeschwindigkeit im kritischen Bereich liegt. Sie ist die eigentliche Ursache der aerodynamischen Instabilität. Beide Schwingungen treten normal zur Anströmrichtung auf.

Im folgenden sind die Problemstellung und die Maßnahmen zur Vermeidung beider Schwingungsarten kurz dargelegt:

Pylon

Querschnitt des Steges

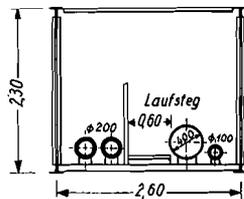
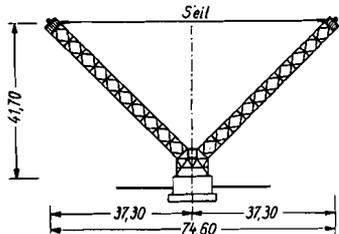


Bild 21: Querschnitt einer Hängebrücke mit geneigten Tragwänden

Fig. 21: Section of a suspension bridge with inclined hangers and cables

1. Fremd erregte Schwingungen

Die unter dem Namen Kármán-Effekt in die Literatur eingegangene Erscheinung der Aufschaukelung von Schwingungen quer zur Anströmrichtung beim kreiszylindrischen Rohr im Resonanzbereich ist für die Rohrleitungsbrücke von ganz besonderer Bedeutung und wurde nicht nur wiederholt beobachtet, sondern hat auch zu kostspieligen Sanierungsmaßnahmen geführt. Hinter einem Rohr vom Durchmesser d , das sich in einem Luftstrom mit der Geschwindigkeit V befindet, entstehen in periodischer Folge Wirbel, welche die sogenannte Kármán-Wirbelstraße (Kármán vortex trail) bilden (Bild 23). Ihre Breite h er-

gibt sich aus den äußersten Lagen des senkrecht zur Anströmrichtung schwingenden Zylinders. Die Wirbel selbst sind nicht die direkte Ursache dieser lotrechten Schwingungen, sondern schaffen nur die Strömungsverhältnisse in der Rücktrift, welche schwingungsanregend wirken (6). Voraussetzung für die Entstehung einer Schwingung ist, daß die Eigenfrequenz des Zylinders nahe an die Ablösefrequenz herankommt. Diese ist gegeben durch den Quotienten aus der Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten vor und hinter dem Zylinder und der Wirbeldistanz. Mit der Eigenfrequenz f_0 des Zylinders erhält man sodann die kritische Geschwindigkeit V_{kr} sowie die Auf- und Abtriebskraft A .

Die Maßnahmen zur Stabilisierung einer Rohrleitung, welche solche Schwingungserscheinungen aufweist, richten sich nach den Abmessungen und der Gesamtkonstruktion der Brücke. Man kann a) die Eigenfrequenz des aufgehängten Rohres verändern, so daß man außerhalb des Resonanzbereiches kommt und b) das aerodynamische Profil verändern, so daß die Ausbildung einer Kármánschen Wirbelstraße verhindert wird.

Zu a): Eine von der VOEST errichtete Gichtgasleitung von 2300 mm Durchmesser und 10 mm Wandstärke überbrückt als Durchlaufträger über drei Öffnungen von 81+140+70 m den Donauhafen in Linz. Sie besitzt eine Schrägseilspannung über den Pfeilern der Hauptöffnung und der anschließenden Seitenöffnungen. Das Rohr zeigte nach Inbetriebnahme starke lotrechte Schwingungen, die auf einen Kármán-Effekt zurückzuführen waren. Diese Schwingungen verstärkten sich bei Kondenswasserbildung im mittleren Feld. Bei Anbringung einer entsprechenden Entwässerung und eines die Schwingung begrenzenden Anschlages, etwa in der Mitte eines Seitenfeldes, verschwanden die Schwingungen praktisch vollständig, und das Bauwerk war weitere sechs Jahre anstandslos im Betrieb, bis das Rohr wiederum auf die neu errichtete Kokstransportbrücke umgelegt wurde.

Ein weiteres Beispiel für die Veränderung der Eigenfrequenz ist die Sanierung der Coosa-River-Brücke durch D. B. Steinman (7). Die Brücke, welche ein Rohr von 750 mm Durchmesser bei einer freien Spannweite von 213 m über den Coosa River leitet, war als echte Hängebrücke konstruiert, wobei das Rohr selbst als Versteifungsträger diente. Sie zeigte auch bei niedrigen Windgeschwindigkeiten die typischen Erscheinungen einer fremd erregten Schwingung infolge des Ausbildens einer Kármánschen Wirbelstraße. Ein zweites Rohr, das unter dem ersten aufgehängt wurde, konnte diese Schwingungen kaum beeinflussen.

Steinman hat die Stabilisierung durch Einziehung eines Diagonalseilsystems erreicht und dadurch die Steifigkeit namentlich für antimetrische Schwingungsformen, welche hier maßgebend sind, entscheidend verändert. Die Brücke wurde vollständig stabilisiert und die lotrechten Schwingungsausschläge gingen von einem Meter auf wenige Zentimeter zurück. Der Entwurf einer Rohrleitungsbrücke über die Donau, den ich Ihnen in Bild 22 gezeigt habe, hat sich ebenfalls diese Gedankengänge zunutze gemacht und ein

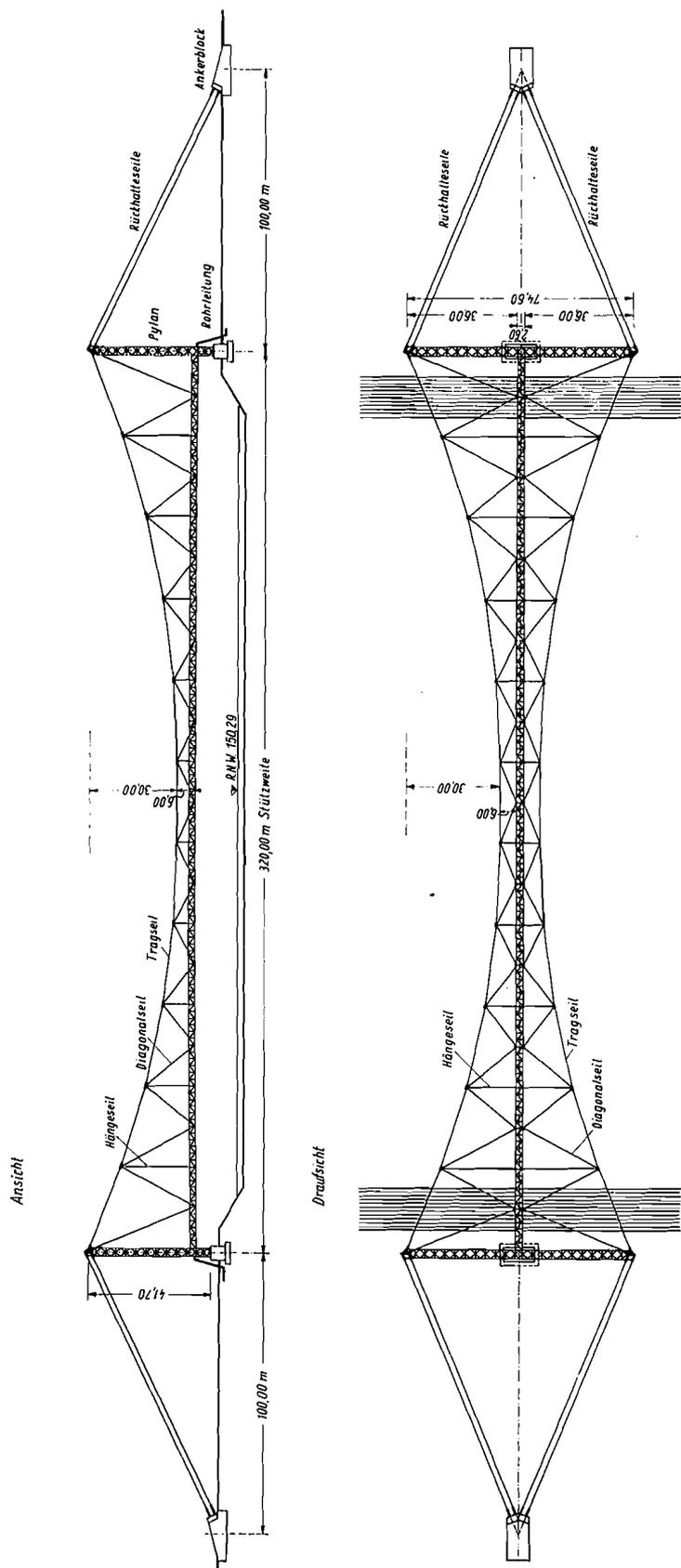


Bild 22: Hängebrücke mit Diagonalseilen

Fig. 22: Suspension bridge with diagonal ropes

Bild 23: Kármánsche Wirbelstraße

Fig. 23: Kármán vortex trail

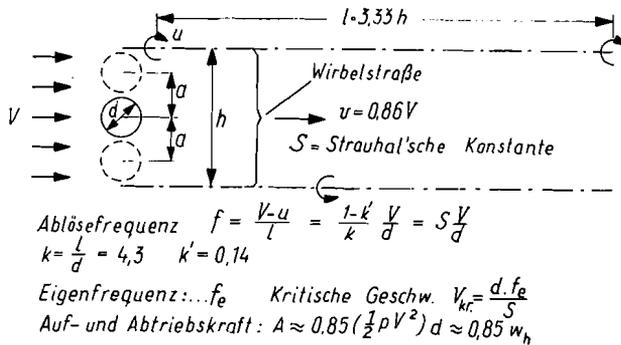


Bild 24: Störquellen zur Verbesserung des aerodynamischen Profils

Fig. 24: Perturbations for improvement of the aerodynamic profile

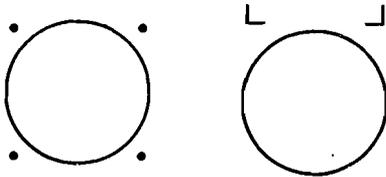
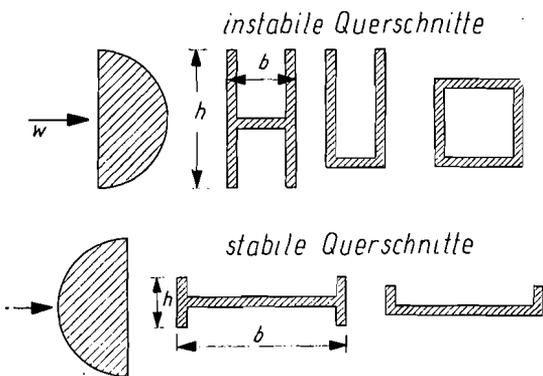


Bild 25: Typische Anströmquerschnitte

Fig. 25: Typical flow sections



Diagonalseilsystem in die Hängebrücke eingebaut. Allerdings waren hier auch andere Entwurfsgesichtspunkte für die Wahl dieses Tragsystems maßgebend.

Zur Berechnung der Eigenfrequenz von Hängebrücken sei besonders auf einige französische Arbeiten verwiesen (8).

Zu b): Die Verbesserung des aerodynamischen Profils zur Vermeidung der Ausbildung einer Kármánschen Wirbelstraße geschieht durch Anbringung von Störquellen. Die an der Technischen Hochschule Graz von Prof. Dr. Winter durchgeführten Versuche haben ergeben, daß die Anordnung von vier in geringem Abstand vom Rohr parallellaufenden Runddrähten oder Rohren eine wirksame Störquelle darstellt (Bild 24). Aber auch zwei längslaufende Winkelstähle haben sich als brauchbare Störquellen erwiesen. Die Versuche von Winter haben übrigens eine gute experimentelle Bestätigung der Theorie von Kármán ergeben.

2. Selbsterregte Schwingungen

Diese Schwingungen bilden sich bei vom Kreisquerschnitt abweichendem Anströmprofil aus, wenn aerodynamische Instabilität besteht. Sie können als Biege- und Torsionsschwingungen auftreten, und insbesondere letztere waren die Ursache des Einsturzes der drittgrößten Hängebrücke der Welt, der Tacoma-Narrow-Brücke. Seither haben sich zahlreiche Forscher mit diesem Problem befaßt, von denen ich hier nur einige Namen nennen möchte. In USA: Faquarson, F. u. H. Bleich, Vincent und Steinman; in England: Fraser; in Frankreich: Rocard und Chadenson und in Deutschland: Waltking.

Als Ergebnis dieser Forschungsarbeiten kann gesagt werden, daß es für Hängebrücken mit dem charakteristischen H- oder \perp -Querschnitt möglich ist, sich auf theoretischem Weg ein Urteil über die aerodynamische Stabilität zu bilden. Fallweise dient ein auf experimentellem Weg ermitteltes Diagramm der Winddruckverteilung über den angeströmten Querschnitt als wirksame Unterstützung der theoretischen Untersuchungen. Unter diesem Gesichtspunkt können wir typisch stabile und instabile Querschnitte unterscheiden (Bild 25). Während der Halbkreisquerschnitt, dessen lotrechte Fläche angeströmt wird, zu den instabilen Querschnitten gehört, zeigt derselbe Querschnitt an seiner Wölbfläche angeströmt, ausgesprochen stabile Tendenzen. Dasselbe gilt für stehende H- und \perp -Querschnitte, die instabil sind, während die liegenden Querschnitte derselben Typen stabil bleiben. Auch das Quadrat ist instabil. Dies

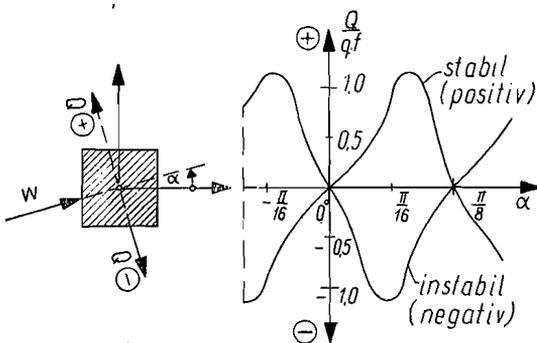


Bild 26: Auftriebsdiagramm

Fig. 26: Liftgraphs

haben insbesondere die beobachteten starken Schwingungen von Teleringmasten größerer Höhe mit quadratischem Querschnitt gezeigt, für die wir in Graz die Untersuchungen durchgeführt haben.

Das Kennzeichen der aerodynamischen Instabilität kann man folgend ausdrücken: Periodische Veränderungen des Anstellwinkels infolge von Drehbewegungen des angeströmten Querschnittes im Luftstrom bewirken periodisch veränderliche Kräfte senkrecht zur Windrichtung (Auf- und Abtriebskräfte) (Bild 26). Oberhalb einer gewissen Windgeschwindigkeit wirken diese Kräfte und Momente schwingungsanfachend. Dem Luftstrom wird mehr Energie entzogen, als durch Baustoffdämpfung vernichtet wird. Der Querschnitt ist instabil, wenn einem positiven Anströmwinkel α ein negatives Q (Abtriebskraft) entspricht.

Man kann diese Auf- und Abtriebskräfte in dimensionslos gemachter Größe vorzeichengerecht als Funktion des Anströmwinkels auftragen und erhält die im Bild dargestellten Kurven für ein stabiles und ein instabiles Anströmprofil.

Die beachtenswerte Tatsache, daß bei positivem Anströmwinkel negative Abtriebskräfte Q entstehen, kann man sich durch Zeichnen der Stromlinien (Bild 27) bei der Anströmung eines Halbkreisquerschnittes mit luvseitig ebener Fläche anschaulich vor Augen führen. Infolge des exzentrischen Angriffspunktes der resultierenden Anströmkraft werden die Stromlinien bei positivem Winkel α stärker nach abwärts umgelenkt und erzeugen in der Gesamtwirkung nach abwärts gerichtete Kräfte, die hiermit entgegengesetzt der erwarteten aufwärts gerichteten Komponente wirken.

Für Brückenquerschnitte der H-Form läßt sich nach Steinman in gleicher Art aus Richtung und Lage der Winddruckresultierenden senkrecht zur Anströmrichtung die Biege- und Torsionsstabilität beurteilen, wobei letztere vom Exzentrizitätsmaß dieser Auf- bzw. Abtriebsresultierenden abhängt. In Bild 28 sind die drei Lagen dieser Resultierenden eingetragen. Während der Querschnitt (a) biege- und torsionsinstabil ist, zeigt der Querschnitt (b) nur Torsionsinstabilität, und schließlich ist der Querschnitt (c) biege- und torsionsstabil.

In der bereits zitierten Arbeit (7) hat Steinman Stabilitätskriterien für Hängebrücken aufgestellt, über die Ihnen Bild 29 Aufschluß gibt. Zur zahlenmäßigen Auswertung wurde ein Beispiel gerechnet, dessen Abmessungen einem Vorentwurf einer Rohrleitungsbrücke über die Donau entnommen sind.

Kriterium (1) setzt die Höhe des Versteifungsträgers mit der Stützweite in Beziehung. Es ist bei den vorliegenden Abmessungen nicht ganz erfüllt. Kriterium (2) setzt die Bedingung für die Steifigkeit des Fachwerkträgers fest, wobei auch hier die aus der Dimensionierung erhaltene Biegesteifigkeit zu klein ist. Die Bedingung für die statische Dämpfung ist

Bild 30: Aerodynamische Stabilitätskriterien nach D. B. Steinman, 2. Teil

Fig. 30: Criteria of aerodynamic stability according to D. B. Steinman, part 2

Bild 27: Umströmung von Halbkreisprofilen
Fig. 27: Streamlines considering semi-circle shaped sections

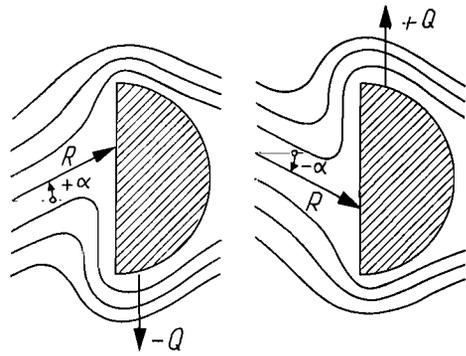


Bild 28: Luftkraftresultierende bei gleichmäßig angeströmten Profilen

Fig. 28: Resultant aerodynamic forces considering an uniformly airstream

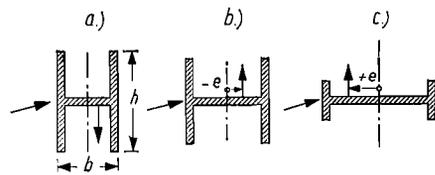
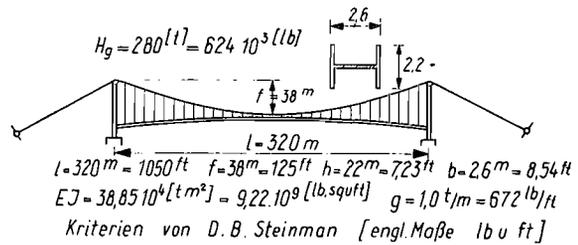


Bild 29: Aerodynamische Stabilitätskriterien nach D. B. Steinman, 1. Teil

Fig. 29: Criteria of aerodynamic stability according to D. B. Steinman, part 1



$$1) h^{[ft]} \geq \left[\frac{l}{120} + \left(\frac{l}{1000} \right)^2 \right] = 9,85 [ft] \quad \boxed{7,23 \not\geq 9,85}$$

$$2) EJ [lb \cdot sqft] \geq \frac{bl^4}{60\sqrt{f}} = 15,5 \cdot 10^9 [lb \cdot sqft] \quad \boxed{9,22 \not\geq 15,5}$$

$$3) \text{ Statische Dämpfung} \quad R = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \geq 0,25 \quad \begin{aligned} C_1 &= \frac{\pi^2 n^2}{l^2} H_g \\ C_2 &= \frac{\pi^4 n^4}{l^4} EJ \end{aligned}$$

$$K = C_1 + C_2, \quad n = 2$$

$$C_1 = 22,3, \quad C_2 = 13,0 \quad K = 35,3 [lb/sqft] \quad \boxed{R = 0,63 > 0,25}$$

$$4) \quad \frac{K}{B} > 1200 \quad B = \frac{b^2}{g} = 0,108 [cubft/lb]$$

$$\boxed{\frac{K}{B} = 234 \not> 1200}$$

$$5) \text{ Aerodynamische Stabilitätskonstante:}$$

$$A = R \sqrt{\frac{K}{B}} > 10 \quad \boxed{A = 11,4 > 10}$$

durch Kriterium (3) gegeben (Bild 30) und ist mit den gegebenen Abmessungen ausreichend erfüllt, während das Verhältnis von Steifigkeitskoeffizienten zum Breitenfaktor (Kriterium 4) bei weitem nicht erfüllt ist. Hier wirkt sich besonders ungünstig das geringe Eigengewicht der Rohrleitungsbrücken aus. Schließlich kann die Bedingung für die aerodynamische Stabilitätskonstante (Kriterium 5) gerade noch erfüllt werden.

Aus dieser und einer Reihe anderer von mir durchgeführten Vergleichsuntersuchungen kann man den Schluß ziehen, daß es bei Rohrleitungsbrücken, die als Hängebrücken großer Stützweite mit H- oder I-Querschnitten ausgebildet sind, im allgemeinen nicht möglich ist, die aerodynamische Stabilität ohne besondere Maßnahmen zu sichern. Als solche werden angesehen:

- a) Veränderung des statischen Systems durch Anordnung von: Diagonalseilen, zusätzlichen Schrägseilen, Festhalten des Kabelscheitelpunktes am Versteifungsträger, Behinderung der Längsbewegung des letzteren und Anordnung eines torsionssteifen Versteifungsträgers (geschlossene Fachwerkröhre).
- b) Verbesserung des aerodynamischen Profils durch Luftschlitze, Gitterroste oder Leitflächen.

Am Beispiel der Rohrstegbrücke über die Donau bei Schwechat sollen beide Maßnahmen noch erläutert werden. Die vorstehenden Betrachtungen zeigen aber auch, daß Modellversuche zur Erlangung eines sicheren Urteiles über die aerodynamische Stabilität unerläßlich sind.

D. Die Barbarabrücke über die Donau bei Schwechat

Über diese Brücke, deren Entwurf eine Gemeinschaftsarbeit mit der Firma Waagner-Biro A.G. darstellt, habe ich bereits zusammen mit Herrn Oberingenieur Masanz in der Österreichischen Ingenieurzeitschrift (9) ausführlich berichtet, und Herr Masanz hat im „Stahlbau“ (10) nochmals die wesentlichen Entwurfsgedanken publiziert. Ich möchte Ihnen dennoch dieses Bauwerk hier als Abschluß meines Vortrages nahebringen, um Ihnen an Hand eines ausgeführten Beispiels die Anwendung der dargelegten Grundsätze zu zeigen. Hinzu kommt, daß wir bei diesem Entwurf bemüht waren, in jeder Hinsicht das Optimum herauszuholen, wobei dieses Ziel nur durch zahlreiche Vergleichsentwürfe, von denen ich Ihnen einige zeigen konnte, erreicht wurde.

1. Allgemeine Gesichtspunkte für den Entwurf

Als die Österreichische Mineralölverwaltung sich entschloß, an Stelle der ursprünglich geplanten vier Rohrleitungen nur ein Gasrohr von 400 mm Durchmesser über die Donau zu führen, war es uns von vornherein klar, daß bei der großen Stützweite von 320 m (Bild 31) und dem sehr geringen Eigengewicht der Leitung nur ein Tragsystem aus hochfesten Stahl-

seilen in Frage kam. Aber auch die Wahl eines Versteifungsträgers versprach keinen wirtschaftlichen Gewinn, da zu einem erheblichen Kostenaufwand für diesen selbst auch noch die Erhöhung der ständigen Last sich sehr unwirtschaftlich auswirken mußte.

Die Forderung nach möglichst großer Steifheit in horizontaler und vertikaler Richtung, auch bei Belastung nur der halben Öffnung, wurde daher auf wirtschaftlichste Weise durch folgende Maßnahmen erfüllt:

- a) Die Tragwandebenen, welche durch die Tragseile und Hänger gebildet sind, erhalten eine Neigung gegen die Lotrechte von $37^{\circ}30'$. Diese Ebenen schneiden sich etwa in der Linie der Lastabtragung.
- b) An Stelle der Versteifungsträger treten zwei Spannseile, welche der Nivellette des Rohres – die auf einer Parabel mit etwa 5 m Pfeilhöhe liegt – folgen.
- c) Die Tragseile werden mit den Spannseilen in Brückenmitte durch eine besondere Klemmschelle verbunden, so daß erstere in diesem Punkt gegen Längsverschiebung wirksam elastisch gehalten werden.
- d) Durch Vorspannung der gekrümmten Spannseile wird eine Abtriebskomponente erzeugt, welche auf die Brücke eine versteifende Wirkung hat. Diese Versteifung nimmt mit den Formänderungen noch zu.

Die Y-Form der Pylone folgte nunmehr zwangsläufig aus der Neigung der Tragwände und damit auch die Führung der Tragseile zur Verankerung in jeweils einem Widerlagerkörper, wobei die Ankerkonstruktion für je ein Spann- und Tragseil gemeinsam angeordnet wurde.

2. Statik

Die statische Berechnung nach der Theorie zweiter Ordnung hat ergeben, daß insbesondere durch die Spannseile und ihre feste Verbindung mit den Tragseilen die Brücke nicht nur für symmetrische Vollbelastung, sondern auch für einseitige Nutzlast und Windlast (Böen) sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung ausreichend steif wird. Das durch die Tragwände (Längsscheiben) und die Pylonen (Querriegel) gebildete Falwerk ist in ausgezeichneter Weise in der Lage, Lasten nach beliebigen Richtungen aufzunehmen. Dies ist von größter Bedeutung, wenn man bedenkt, daß die horizontalen Windkräfte insbesondere beim hier als Ausnahmefall zugrundegelegten Katastrophenwind von 180 km/h die Größenordnung der vertikalen Lasten erreichen. Infolge der günstigen Lage des Kantenschnittpunktes der Tragwandebenen sind auch die Verdrehungen des Brückenquerschnittes relativ gering.

Eine Gefahr bei leichten Hängebrücken ist das Schlaffwerden einzelner Hängergruppen und damit eine Veränderung des statischen Systems, die in der Regel mit großen Formänderungen verbunden ist. Diese Erscheinung wird hier nicht nur durch eine geeignete Vorspannung der Spannseile, sondern auch durch den Zentralknoten wirksam verhindert.

Im Gegensatz zu einer Reihe ausgeführter Rohrleitungsbrücken wurde hier das Rohr selbst nicht mit zum Tragen oder zur Versteifung herangezogen. Infolge seines geringen Trägheitsmomentes hätte es im Hinblick auf die große Stützweite auch kaum wesentlich zur Versteifung beigetragen. Ein wichtiges Moment war aber auch die Forderung, daß die Austauschbarkeit einzelner Rohrschüsse oder des ganzen Rohrstranges gewährleistet sein muß.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß die Anordnung von Spannseilen in der Rohrnivellette an Stelle eines Versteifungsträgers eine Schwierigkeit umgeht, die im Hängebrückenbau viel Kopfzerbrechen machte. Es ist dies die horizontale und vertikale Lagerung des Versteifungsträgers an den Pylonen und gegebenenfalls an den Ankerwiderlagern im Hinblick auf die Bewältigung der Längenveränderungen infolge Temperatureinwirkung. Durch die Spannkabel ist man in der Lage, vollständige Symmetrie im Aufbau des Systems zu bewahren, so daß alle Längenänderungen symmetrisch zur Brückenachse vor sich gehen. Durch die Möglichkeit der Einleitung einer geeigneten Vorspannung hat man es in der Hand, die Temperaturentlastung in die erforderliche Spannseilkraft einzurechnen.

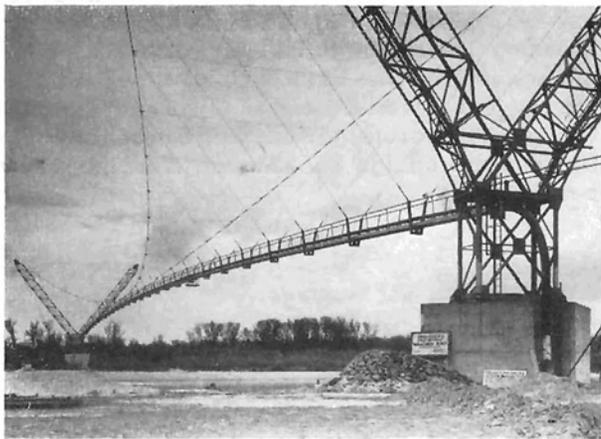


Bild 31: Rohrleitungsbrücke über die Donau bei Schwechat

Fig. 31 Tube line bridge over the Danube near Schwechat

3. Aerodynamisches Verhalten der Brücke

Ich habe bereits ausführlich darauf hingewiesen, daß eine genügende Sicherheit des Brückenbauwerkes gegen statischen Winddruck noch keineswegs ausreicht, um die Standfestigkeit bei gleichmäßiger Windanströmung zu gewährleisten. Es waren daher eingehende Untersuchungen notwendig, um auch die aerodynamische Stabilität im Bereich der praktisch möglichen Windgeschwindigkeiten zu sichern. Wegen der erstmaligen Anwendung dieses neuartigen Brückensystems war es von vornherein klar, daß Modellversuche im Windkanal die unerläßliche Vor-

aussetzung zur Gewinnung eines Urteiles über die aerodynamische Stabilität bildeten. Diese wurden an der Technischen Hochschule in Graz durch Professor Dr. Winter durchgeführt, wobei der Vortragende in statischen Fragen beratend mitwirkte.

Da ein Versuch mit einem Gesamtbrückenmodell bei tragbarer Verkleinerung noch immer einen Windkanal von relativ großem Durchmesser erfordert hätte, wie er in Österreich nirgends zur Verfügung stand, mußten wir uns zur Untersuchung eines Teilmodells entschließen. Das aus der Brücke herausgegriffene Teilstück war zunächst in seinen statischen Lagerungsbedingungen zu untersuchen, wobei es sich darum handelte, die Rückstellkräfte in den zwei Achsenrichtungen X und Y sowie das Rückstellmoment M_x als Funktion des Anstellwinkels ψ sowie der Formänderungen x und y zu ermitteln. Es ergaben sich bei Berechnung nach der Theorie zweiter Ordnung im betrachteten Bereich nur geringe Abweichungen von den linearen Zusammenhängen der Theorie erster Ordnung. Das Bild stellt den funktionellen Zusammenhang von vertikaler Rückstellkraft und entsprechender Durchbiegung für drei verschiedene Anströmwinkel dar, während das nächste Bild dieselben Zusammenhänge für die horizontale Rückstellkraft und die entsprechende Ausbiegung wiedergibt. Die doppelte Abhängigkeit des Rückstellmomentes M_x von den Ausbiegungen x und y ist für drei verschiedene Anströmwinkel in axonometrischer Darstellung aufgetragen. In allen Fällen wurde die weichste Aufhängung innerhalb der Brückenstützweite betrachtet, da es wahrscheinlich war, daß diese die ungünstigsten Verhältnisse für die Schwingungsuntersuchung gibt.

Die Testung eines elastisch gelagerten Rohres zeigte zunächst deutlich den Kármán-Effekt innerhalb eines großen Geschwindigkeitsbereiches. Die Anfachungen verschwanden jedoch sofort, wenn geringe Störquellen (längslaufende Drähte oder Winkelprofile über dem Rohr) eingeschaltet wurden. Es war daher sicher anzunehmen, daß an der Brücke keine fremd erregten Schwingungen auftreten.

Hingegen besaß der Brückenquerschnitt mit vollem Steg zunächst ausgesprochene Neigung zu selbsterregten Schwingungen und damit zu aerodynamischer Instabilität.

Zunächst mußte die Maßstabfrage des Modells geklärt werden, wobei natürlich in erster Linie die im Labor zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zu berücksichtigen waren. Um einen Vergleich der Ergebnisse der Modellversuche mit der Wirklichkeit zu ermöglichen, mußte bei der Versuchsdurchführung sowohl auf die statische als auch auf die dynamische Ähnlichkeit Bedacht genommen werden (Bild 32). Bei Wahl eines Modellmaßstabes λ war, wie Prof. Winter im einzelnen nachgewiesen hat, das Geschwindigkeitsverhältnis bei gleicher Luftdichte bei Versuch und Wirklichkeit durch Formel (1) gegeben (mit dem Index m werden die Modellwerte bezeichnet). Das in der Formel auftauchende Massenverhältnis (2) ist nicht frei wählbar, sondern durch die Gesetze der dynamischen Ähnlichkeit festgelegt. Diese ist durch die Erfüllung von zwei weiteren Bedingungen erreicht, und zwar durch das Verhältnis der Massenträgheits-

$$\frac{V_m}{V} = \lambda \sqrt{\frac{m}{M}} \quad \text{Geschwindigkeitsverhältnis} \quad \dots \quad 1)$$

$$\frac{m}{M} = \frac{1}{\lambda^3} \quad \text{Massenverhältnis} \quad \dots \quad 2)$$

$$\bar{J} = \frac{1}{\lambda^5} \quad \text{Verhältnis der Massenträgheitsmomente} \quad \dots \quad 3)$$

$$\frac{I_m}{I} = \frac{i}{l} \quad \text{Gleichheit der bezogenen Trägheitsradien} \quad \dots \quad 4)$$

Bild 32 Maßstabsfaktoren für den Windkanalversuch mit einem Brückenmodell

Fig. 32: Factors of scale for the tests in the wind tunnel with a model of the bridge

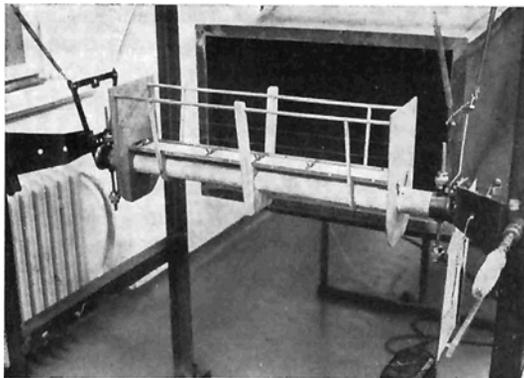


Bild 33: Versuchsanordnung für den Windkanalversuch

Fig. 33: Arrangement of the wind tunnel test

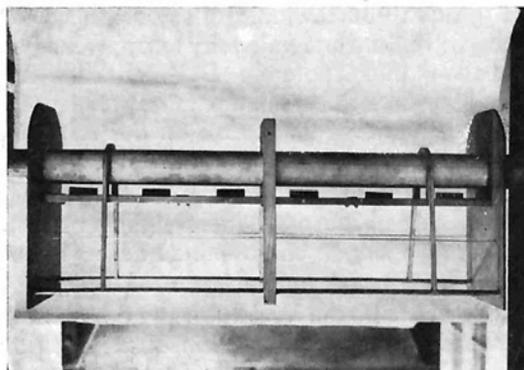


Bild 34: Teilmodell der Brücke mit Windleitflächen

Fig. 34: Model of a part of the bridge with wind leading profiles

momente (3) und die Gleichheit der auf die Länge bezogenen Trägheitsradien (4). Die Wahl des Längenmaßstabes fiel auf $\lambda = 8,4$, wobei einer Modelllänge von 0,65 m in der Natur ein Brückenteil von 5,46 m Länge entsprach. Im Laufe der Versuchsdurchführung erwies es sich als zweckmäßig, auch andere Federkonstanten für die Aufhängung als die ursprünglich errechneten zu untersuchen, wobei es gelungen ist, einen in weiten Grenzen dieser Federkonstanten stabilen Anströmquerschnitt zu finden.

Folgende Bilder (Bild 33) zeigen die Versuchsanordnung, während das nächste Bild die photographische Einrichtung zur Aufnahme der charakteristischen Schwingungsbilder zeigt.

Während bei Anordnung eines Vollsteges über dem Rohr und starr gelagertem Drehpunkt zunächst etwas unterkritische Schwingungsbilder auftraten, zeigt das Teilmodell bei exzentrisch gelagertem Drehpunkt schon eine deutliche Anfachung, die in einem großen Geschwindigkeitsbereich bestehen bleibt.

Ersetzt man den vollen Steg durch einen unterbrochenen, so tritt hingegen ein deutlich sichtbarer Abklingvorgang auf. Eine ähnlich starke Abklingtendenz zeigt sich auch bei Anordnung eines Gitterrostes an Stelle des vollen Gehsteigbelages. Für die praktische Durchführung erwies sich jedoch dieser Gitterrost allein als nicht ausreichend, da mit seiner Vereisung gerechnet werden mußte. Nach weiteren Versuchen hat sich eine teilweise Versperrung des Zwischenraumes zwischen Rohr und Steg durch Profile (Bild 34) als zweckmäßigste Lösung ergeben und wurde der Ausführung zugrundegelegt.

Ein interessantes Ergebnis zeitigte die Bestimmung der Formbeiwerte c_w für das gewählte aerodynamische Profil. Es ergab sich, daß nahezu unabhängig vom Anströmwinkel α dieser Formbeiwert um zirka 35 % niedriger lag als er nach den Normen anzunehmen war. Besonders bemerkenswert ist jedoch, daß der vertikale Auftrieb auch bei horizontaler Anströmung nahezu die Größe des horizontalen Winddruckes erreicht. Dies ist im Hinblick auf die Möglichkeit des Schlaffwerdens einzelner Hängeseilgruppen von großer Bedeutung. Auch tritt ein beträchtliches Drehmoment infolge horizontaler Windanströmung auf.

4. Konstruktion und Montage

Gerade bei Hängesystemen muß bei der konstruktiven Gestaltung weitgehend auf die einfache und zweckmäßige Montage Rücksicht genommen werden. So war die Ausbildung des Pylonenkopfes von der zwingenden Forderung bedingt, die Tragseile an dieser Stelle zu stoßen und der konstruktiv einfachere Kabelaattel aus geschweißter Blechkonstruktion mußte der Anordnung eines Kreuzgelenkes weichen. Eine Vorrichtung zum provisorischen Einhängen der Seile während der Montage war ebenfalls vorzusehen.

Die Konstruktion am Ankerwiderlager mit der Spannvorrichtung für die Rückhalteseile zeigt dieses Bild. Es hat sich hier als zweckmäßig erwiesen, die Nachstellung nicht durch Ausgleichfutter zu regulieren, sondern eine Augenlasche nach erfolgter Montage einzupassen. Die nächsten Bilder zeigen Photos der Adaptierungsarbeiten.

Die Befestigung der Hänger und horizontalen Querseile an den Tragseilen durch einfache Klemmschellen mit HV-Schrauben zeigt dieses Bild, während der Zentralknoten in Brückenmitte, der die Tragseile mit den Spannseilen verbindet, im nächsten Bild dar-

gestellt ist. Die Aufhängung der Rohre erfolgt durch Querrahmen, auf denen erstere beweglich gelagert sind, um eine statische Mitwirkung auszuschalten. Die Hänger besitzen vor dem Anschluß eine Nachstellvorrichtung durch Spannschlösser zur Herstellung der genauen Brückennivellette.

Die Montage der Brücke stellte hohe Anforderungen, zumal nur zwei Schiffahrtssperren von je zehn Stunden möglich waren, in denen das Überziehen der Spann- und Trageile über den Strom und das Herausheben aus dem Schiffahrtsprofil bewerkstelligt werden mußte. Nach Errichtung der Pylonen mit Hilfe eines Standmastes und eines Kletterkranes und provisorischer Abspannung der Pylonenspitzen wurden die Seile über den Fluß gezogen, wofür Schleppkräne, sogenannte Trauer, im Strom verankert wurden. Ein Bremsblock an Land sorgte für das gleichmäßige Abspulen des Seiles. Nach dem Überziehen über den Strom wurden die Seilköpfe auf die Kabelsattel gehoben und provisorisch befestigt.

Die übrige Montage ging ohne Schwierigkeiten vor sich, wobei insbesondere an den Nachstellvorrichtungen die genaue Pylonenlage und die Brückennivellette eingestellt werden mußte. Da die Spannungs-Dehnungs-Linie des Seiles genau aufgenommen wurde, war eine nennenswerte Abweichung von den berechneten Nachstellmaßen nicht vorhanden. Die statische Berechnung wurde mit $E = 1,400.000 \text{ kg/cm}^2$ durchgeführt.

Bild 35 zeigt die Montage der Tragrahmen für das Rohr, während in Bild 36 die Brücke zum Überziehen des Rohrstranges bereit ist.

Schließlich sehen Sie nochmals ein Farbdia der fertigen Brücke.

E. Schlußbetrachtungen

Ich habe mich bemüht, Ihnen die charakteristischen Gesichtspunkte beim Entwurf, der konstruktiven Gestaltung und der Montage von Rohrleitungsbrücken, insbesondere von solchen großer Spannweite, vor Augen zu führen. Mögen Sie aus den Ausführungen entnehmen, daß hier auch für den gewiegten Brückenbauer eine Reihe von neuartigen Problemen auftauchen, deren Lösung für die Standsicherheit und die Wirtschaftlichkeit dieser Bauwerke von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Literaturangaben:

- (1) P. KLEMENT: Die Tragfähigkeit zentralsymmetrisch beanspruchter Zylinderschalen aus elastisch-plastischem Material. Dissertation 1959, Technische Hochschule Graz.
- (2) E. T. ONAT und W. PRAGER: Limit design of shells of revolution. Proceedings of the section of sciences. North Holland Publ. Comp. 1954.
- (3) A. SLATTENSCHKE: Eigenschaften der Stähle in Druckrohrleitungs- und Stahlwasserbau. Stahlbauundschau, Sonderheft 1955.
- (4) H. BEER: Jahresversammlung des internationalen Institutes für Schweißtechnik. Welding in the Chemical Industry. Discussion. Wien 1958.
- (5) A. SELBERG: Hängebrücken kleinerer und mittlerer Spannweite. Der Stahlbau 1954, S. 97.
- (6) D. B. STEINMAN: Suspension Bridges. The Aerodynamic Problem and Its Solution. Abhandlungen der IVBH 1954, S. 209.
- (7) D. B. STEINMAN: Zivil Engineering 22 (1959), S. 177.
- (8) L. CHADENSON: Théories aérodynamiques relatifs aux ponts suspendus.. Annales des Ponts et Chaussées 1957, Nr. 1 u. 2.
- Y. ROCARD: L'instabilité en mécanique. Masson et Cie, Editeurs, Paris 1954.

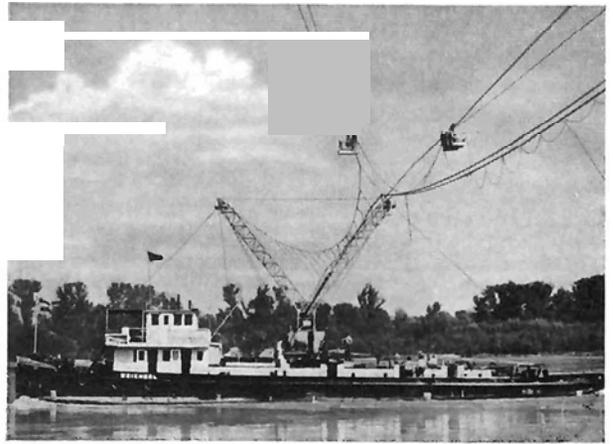


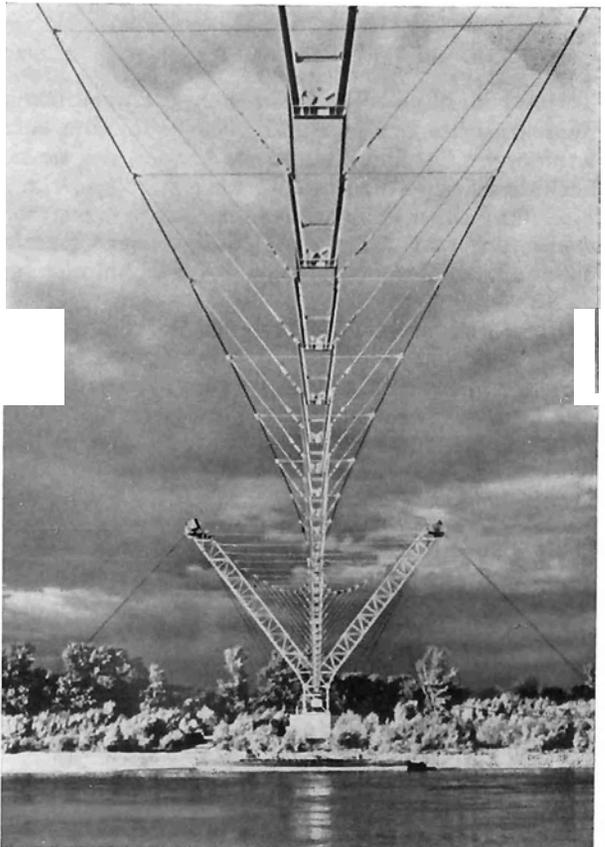
Bild 35: Montage der Tragrahmen für das Rohr

Fig. 35: Erection of the supporting frames for the tube

- (9) H. BEER u. F. MASANZ: Die Barbarabrücke über die Donau. Österreichische Ingenieur-Zeitschrift 1959, S. 99.
- (10) F. MASANZ: Die Barbarabrücke über die Donau, ein neuartiges Hängebrückensystem zur Überführung einer Erdgasleitung in der Nähe von Schwechat bei Wien. Der Stahlbau 1959, S. 212.

Bild 36: Brücke vor Überrollen der Rohrleitung

Fig. 36: State of bridge erection before overrolling the tube



Einfluß des modernen Stahlbaues auf die Konstruktion von Großkesselanlagen

Von Dipl.-Ing. H. Rasworschegg, Wien

I. Einleitung

Dem österreichischen Kesselbau standen vor dem letzten Weltkrieg die Produktion aus vier großen Kesselfabriken zur Verfügung, und dieser muß sich nunmehr auf die Erzeugnisse aus zwei Kesselfabriken nach dem Kriege beschränken. Die von diesen Werken vor dem Weltkrieg gepflegten intensiven Verbindungen mit westdeutschen Kesselfabriken wurden nach dem Krieg vollkommen unterbunden und haben erst in den letzten Jahren wieder zu einer teilweisen Verständigung geführt. Es mußte also die durch lebhaften Anstieg des Energiekonsums in Österreich notwendige Entwicklung der Erzeugnisse und der Konstruktion von großen und größten Kesseleinheiten von den österreichischen Fabriken allein, ohne Anlehnung an westdeutsche Erfahrungen, durchgeführt werden. Die nachfolgenden Ausführungen sollen zeigen, in welchem Maße die österreichische Kesselindustrie in der Lage war, diesen Anforderungen gerecht zu werden, und wie sie insbesondere fast vorbildlos die Entwicklung des Stahlbaues auf den Kesselbau übertragen hat. In diesem Aufsatz sollen nur jene Entwicklungen der Kesselindustrie betrachtet werden, die mit dem Stahlbau in irgendeiner Form zusammenhängen.

II. Energielage Österreichs

Um die Notwendigkeiten der österreichischen Kesselindustrie beurteilen zu können, sei eine kurze Schilderung der Energielage des Landes, wie sie sich nach dem Kriege bis heute darstellt, vorangestellt.

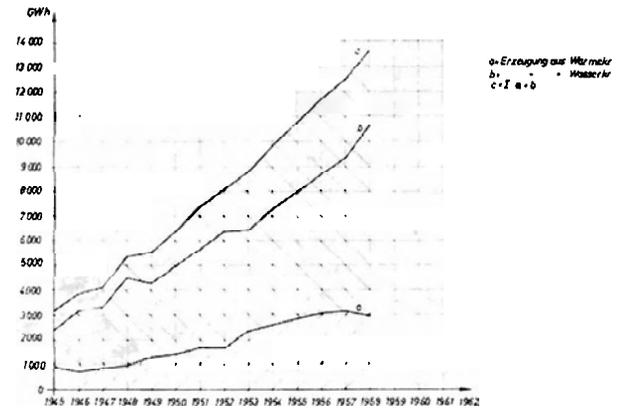
Österreich ist das typische Land der Wasserkraftwerke, und es werden zirka 25–28 % der gesamten elektrischen Energie durch kalorische Anlagen gedeckt.

In Bild 1 ist die Entwicklung des Stromverbrauches ab 1945 dargestellt. Die Kurve a) zeigt die Entwicklung der Wärmekraftwerke, wobei zum Beispiel 1957 aus diesen Werken die gesamte österreichische Erzeugung, also aus öffentlichen und Industriekraftwerken, 3020 GWh betrug. Die Kurve b) zeigt die Entwicklung der Stromerzeugung in den Wasserkraftwerken, während die Kurve c) die Summe der beiden Erzeugungen, also die Gesamtstromerzeugung, in Österreich, darstellt.

Die Steigerung der Bedarfszunahme an elektrischer Energie betrug unmittelbar nach dem Krieg 29 %, während sie derzeit 5–6 % beträgt, und nach den vorliegenden Statistiken der Österreichischen Verbundgesellschaft ist auch mit der Einhaltung dieser Stromzunahme in den nächsten Jahren zu rechnen. Die Österreichische Verbundgesellschaft, der diese Angaben zu verdanken sind, hat vorsorglich durch Planung weiterer großer kalorischer Kraftwerke

Bild 1: Entwicklung der Stromerzeugung

Fig. 1: Development in generating power



die Energieerzeugung ungefähr bis zum Jahre 1965 für die Winterenergie sichern können, so daß bis zu diesem Zeitraum die österreichische Kesselindustrie mit keinem größeren Bauvorhaben für öffentliche Kraftwerke wird rechnen können.

III. Entwicklung des Kesselbaues

Noch vor 30 bis 35 Jahren wurden im Kesselbau durchschnittlich Betriebsdrücke bis zu 15 und 20 atü verwendet und nach den damaligen wärmetechnischen Erkenntnissen bei verhältnismäßig niedrigem Feuerraum auch niedrige Kesseleinheiten gebaut. Aus diesem Grund war auch der Anteil der Tragwerke und der Stahlkonstruktion in einem Kessel im Hinblick auf den Gesamtpreis der Anlage gering, um so mehr, als auch nur kleine Kesseleinheiten, allerdings in großer Anzahl, als parallelgeschaltete Anlagen verwendet wurden. Scheinbar aus diesem Grunde hat der Kesselkonstrukteur bei den damaligen Kesseleinheiten sich weniger oder gar nicht mit dem Stahlbau der Kesseltragwerke befaßt.

Die Entwicklung der Erkenntnisse über die Kohlenstoffstähle und legierten Stähle, sowie der Erkenntnisse über die Warmfestigkeit und Zeitstandfestigkeit der Stähle hat es erst ermöglicht, höhere Drücke und Temperaturen im Kesselbau anzuwenden. In welchem außerordentlichem Maße diese Entwicklung die Wirtschaftlichkeit des kalorischen Kraftwerksbetriebes beeinflußt hat, soll in einigen Abbildungen geschildert werden.

In Bild 2 ist der spezifische Wärmeverbrauch über die Betriebsdrücke aufgetragen. Dem Diagramm kann entnommen werden, welcher außerordentlichen Einfluß die Steigerung der Betriebsdrücke auf den Kalorienverbrauch hatte. Dabei wurde zur Ver-

Bild 2: Spezifischer Wärmeverbrauch netto (bei Frischwasserkühlung 0,04 ata)

Fig. 2: Net specific heat consumption (cooling with fresh water, 0,04 ata)

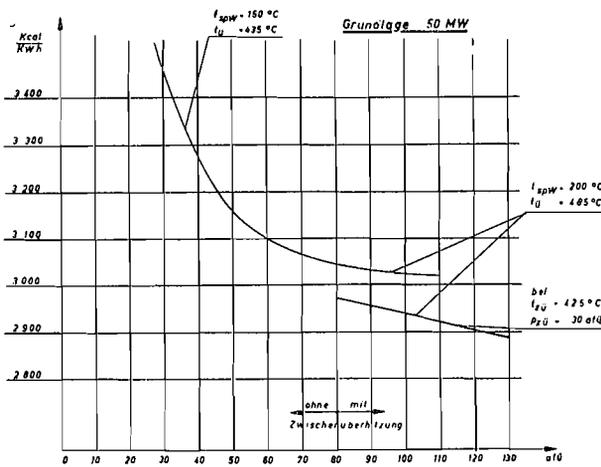
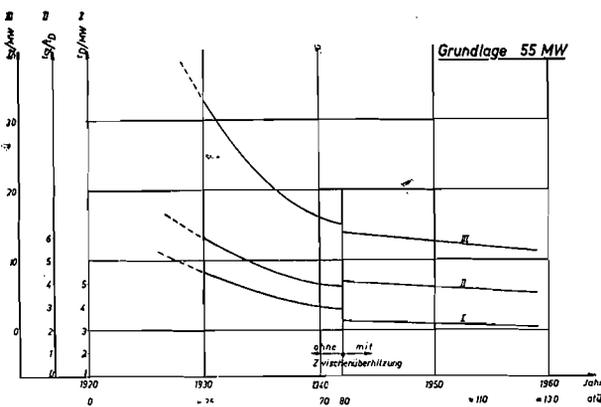


Bild 3: Entwicklung des spezifischen Stahlverbrauches

Fig. 3: Development in the specific consumption of steel



einfachung vorausgesetzt, daß über den ganzen Druckverlauf annähernd gleiche Temperaturen herrschen, und es wurde ferner den Kurven eine Leistung von 50 MW elektrisch zugrundegelegt. Man sieht also, daß bei einem Betriebsdruck von 40 atü, der ungefähr dem Entwicklungsstand des Jahres 1928 bis 1934 entspricht, ein Wärmeverbrauch von nahezu 3300 WE/kWh erforderlich war, während bei Zwischenüberhitzung und 130 atü dieser Wärmeverbrauch auf 2800 WE zurückgeht. Es sei hier nur angeführt, daß eine Reihe von Anlagen mit weitaus geringerem Wärmebedarf, und zwar mit zirka 2300 bis 2400 WE/kWh, allerdings mit Drücken in der Maschine von zirka 200 atü und 530° C in Betrieb sind.

In Bild 3 wird nun versucht, den spezifischen Stahlverbrauch mit der Kilowattleistung zu vergleichen, und es ergibt sich dabei die interessante Feststellung, daß im Jahre 1930 zirka 34 Tonnen Stahl/MW und im Jahre 1959 mit Zwischenüberhitzung nur mehr zirka

12 Tonnen/MW erforderlich waren. Da die Stahlkonstruktion für die Kesselanlage einen wesentlichen Einfluß auf das Gesamtgewicht hat, darf gesagt werden, daß die Maßnahmen auf der Stahlbauseite sich außerordentlich erfolgreich und wirtschaftlich beachtlich ausgewirkt haben. In der Abbildung Kurve II ist auch noch die Stahlmenge dargestellt, die pro Tonne erzeugter Dampfmenge erforderlich ist, und außerdem in der Kurve I die pro MW erforderliche Dampfmenge je Stunde.

Bei der Betrachtung der Stahlgewichte wurden die Turbine und alle Zusatzanlagen der Turbine, also Kondensator, Kühler, Stufenvorwärmung usw. nicht berücksichtigt, sondern lediglich die komplette Kesselanlage einschließlich Kohlenstaubmühlen, Kohlenbunker, Speiseanlage und Speisewasserreinigung.

Die außerordentlich rasche Entwicklung des Turbinenbaues hat eine ganz bedeutende Verminderung der Einsatzgewichte auch auf dieser Seite ermöglicht, doch ist diese Erkenntnis nicht Gegenstand dieser Ausführungen.

Es sei hier erwähnt, daß der erste Kessel in Österreich mit höherem Druck bei der Firma KRUPP AG., in Berndorf, im Jahre 1926, und zwar mit einem Betriebsdruck von 40 atü und einer Temperatur von 450° C in zwei Einheiten mit je 15 t/h Dampf errichtet wurde. Die Grundfläche, die diese Kessel beanspruchten, genügt bei der heutigen Kesselkonstruktion für die Erstellung eines Kessels mit 200 t Dampf/h, wobei allerdings eine wesentlich größere Höhe, nämlich zirka 45 m statt wie ursprünglich 11 m erforderlich werden.

IV. Stahlkonstruktion

Die erwähnte Höhe heutiger Großkessel von 30 bis 50 m ergab sich durch die Erkenntnis, daß die Strahlungswärme in der Brennkammer entsprechend ausgenützt werden muß, und daß ein gewisses Maximum der Brennkammerbelastung erforderlich ist. Außerdem hat der moderne Kraftwerksbau davon abgesehen, eine große Anzahl von Kesseleinheiten parallel zu schalten, sondern ist auf die sogenannte Blockschaltung übergegangen, das heißt, es wird ein dampferzeugendes Aggregat, also ein Hochdruckkessel, einem Turboaggregat zugeordnet, und es ist ein Wechsel zu einem zweiten Aggregat nicht mehr möglich, da die Regelung eines solchen kompletten Aggregates von der Lastseite des Generators aus erfolgt. Diese Forderung des modernen Kraftwerksbaues an den Kesselbau hat die Entwicklung hoher Leistungseinheiten nach sich gezogen, und es werden heute Kesselaggregate mit einer Dampfleistung von 600 t/h und mehr gebaut.

In Österreich sind derzeit Anlagen bis zu 350 t/h mit einem Druck von über 200 atü an der Kesselseite in Betrieb. Die größte Einheit, die die Österreichische Draukraftwerke A.G. in Auftrag gegeben haben, und die 1962 in Betrieb gehen wird, ist für eine Leistung von 130 MW elektrisch vorgesehen, wobei die Kesselanlage eine Dampfleistung von 410 t/h bei einem Druck von 207 atü und 535° C erbringen wird. Diese großen Kesseleinheiten bedingen außerordentlich

große Höhen, und es ist begreiflich, daß der Kesselkonstrukteur mit großer Aufmerksamkeit die Stahlkonstruktion des Kessels beachtet, da sie die außerordentlich hohen Gewichte, welche einschließlich der Wasserfüllung bis zu 2000 t und mehr pro Kessel-einheit betragen, aufnehmen muß.

Bei diesen hohen Aggregaten war es naheliegend, den Versuch zu unternehmen, die Gebäudekonstruktion, die bisher gewöhnlich in Stahlbeton ausgeführt wurde, in Stahl zu erstellen, und sie in irgendeiner Form mit der Stahlkonstruktion des Kesselgerüsts zu verbinden, um auf diese Art Baukosten und Bauzeit in entscheidender Weise zu sparen. Diesen Bemühungen standen anfangs die behördlichen Bestimmungen und Verordnungen in den einzelnen Ländern hemmend entgegen, da eine Verbindung zwischen dampferzeugendem Aggregat, also Kessel und dem Kesselhaus in keiner Weise gestattet wurde. Der einsichtsvollen Beurteilung der Behörden aber ist es zu verdanken, daß diese, die Entwicklung behindernden Bestimmungen beseitigt wurden und es nunmehr dem Konstrukteur möglich ist, seine Arbeiten unter gewissen Voraussetzungen in Richtung der gemeinsamen Stahlkonstruktion von Kesselhaus und Kessel zu führen. Diese Erkenntnis hat ferner ihre Begründung darin, daß der Kesselbau eine außerordentlich lebendige Wissenschaft darstellt, die keinesfalls am Ende der Entwicklung steht, es also möglich sein muß, Kessel-einheiten, die doch eine wesentlich beschränkere Lebensdauer aufweisen als die Gebäude, zu ändern, zu erhöhen, zu erweitern und dergleichen. Solche Maßnahmen sind jedoch nur bei Stahlkonstruktionen der Kesselgebäude möglich, und es hätten sich viele Kesselbesitzer wesentliche Bausummen erspart, wären die Gebäude aus Stahl und nicht aus fixem Beton errichtet worden.

V. Entwicklungsformen der Stahltragwerke der Kessel

Im wesentlichen haben sich heute zwei Grundformen des Aufbaues von Kesselanlagen durchgesetzt.

1. Betonschwerbau, in welchem Kohlenbunker, Speisewasserbehälter, oft sogar die Speisewasserreinigungsanlage, Saugzug-, eventuell Unterwindventilator, der Ausblasekamin untergebracht sind und das anschließende Kesselhaus in Stahlkonstruktion bis auf Kesselflur führend.

2. Komplette Stahlkonstruktion für Schwerbau und Kesselhaus.

Bei jeder dieser Ausführungsformen sind für das eigentliche Kesselhaus verschiedene Varianten möglich, je nachdem, wie weit das eigentliche Kesseltragwerk zur Übernahme von Belastungen, die aus dem Kesselgebäude kommen, herangezogen wird. Diese Bauformen sind folgende:

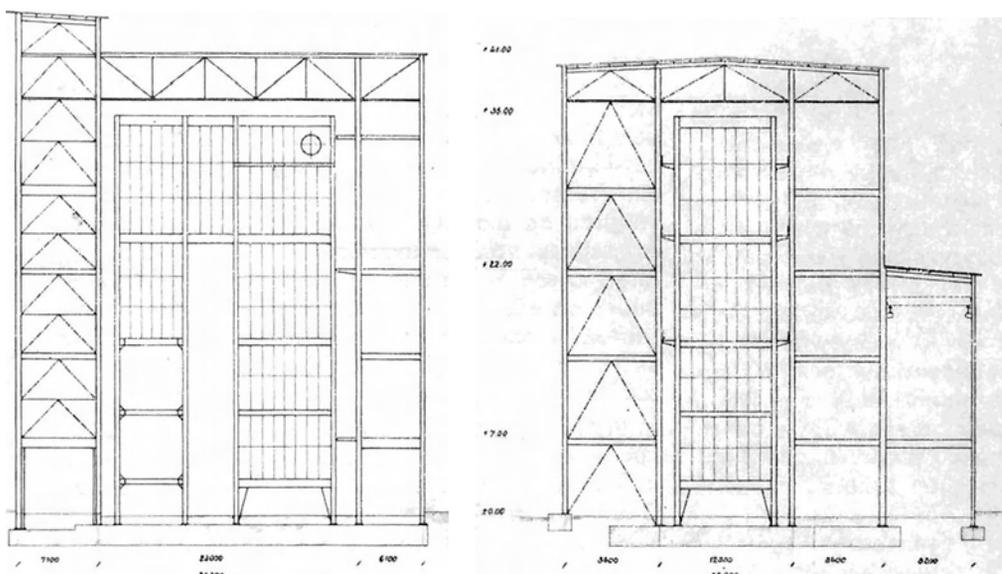
a) Der freistehende Kessel,

dessen Kesseltragwerk ohne Verbindung zum Gebäude, also entsprechend den seinerzeitigen behördlichen Verordnungen und der seinerzeitigen Konstruktionspraxis aufgestellt wurde.

In Bild 4 ist das Schema eines solchen freistehenden Kessels mit getrennt aufgebauter Stahlkonstruktion für das Gebäude dargestellt, wobei der Schwerbau hier ebenfalls aus Stahl angenommen ist. Alle Vergleiche werden für eine Dampfleistung von 240 t/h geführt. In diesem Konstruktionsfall ist das Gewicht des Kesselhauses 760 t, des Kesseltragwerkes 530 t, das Gesamtgewicht 1290 t. Der Raum unter der Brennkammer ist durch die Kesselstützen verstellt, so

LÄNGSSCHNITT

QUERSCHNITT



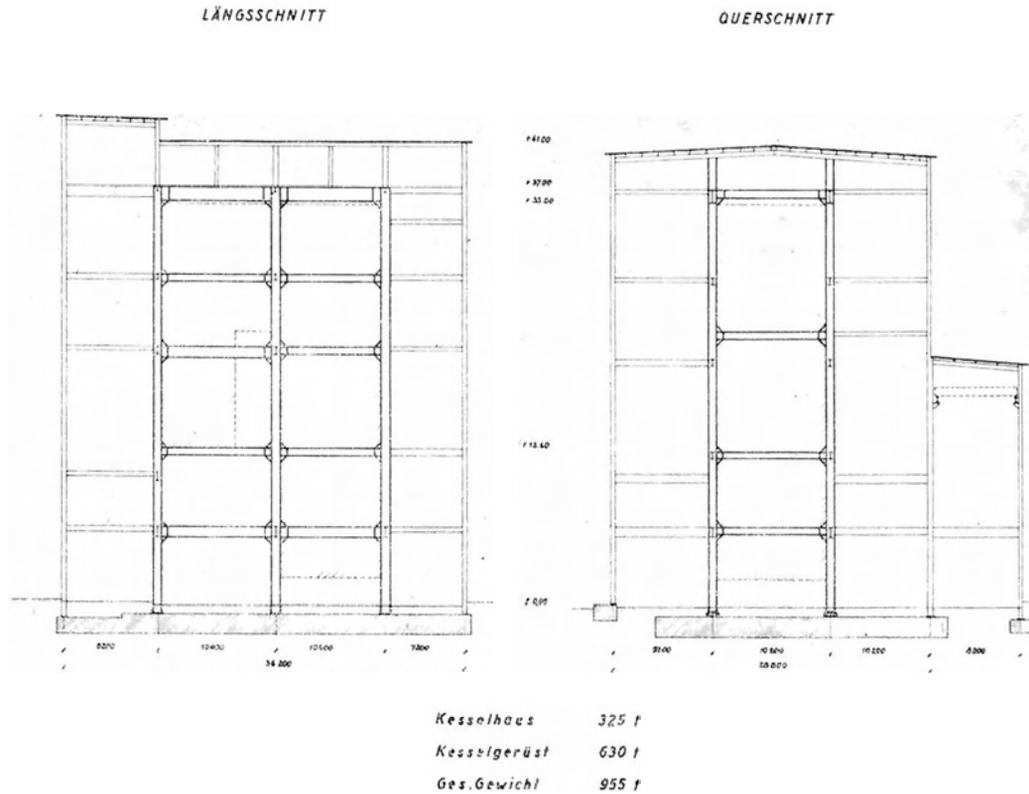
Kesselhaus 760 t
 Kesselgerüst 530 t
 Ges. Gewicht 1290 t

Bild 4: Stehender Kessel 240 t/h

Fig. 4: Boiler in upright position 240 t/h

Bild 5: Stehender Kessel mit Seitenkraftaufnahme

Fig. 5: Boiler in upright position with taking up lateral acting forces



daß die freie Zugänglichkeit zu den Mühlen nicht gegeben erscheint.

die Stahlausführung des Kesselhauses in jedem Fall gegen den Beton konkurrenzfähig sein muß.

b) Kessel mit Seitenkraftaufnahme.

Es war naheliegend, das aus vielen, hier nicht zu erörternden Gründen überdimensionierte Strahltragwerk des Kessels und das außerordentlich große massive Gewicht der Kesselvermauerung, dessen Block ein großes Kippmoment aufweist, zur Aufnahme von Belastungen aus dem Kesselhaus heranzuziehen. In den letzten Jahren werden daher allgemein die seitlichen auf das Gebäude wirkenden Windkräfte durch Verlängerung der Galerien und Bühnen bis an das Fachwerk des Gebäudes heran, auf die schweren Tragsäulen und damit auf den Block des Kessels übertragen. Die Dachkonstruktion wird dabei wie in Bild 5 dargestellt, auf die oberen Durchzugsträger des Kesselgerüsts aufgelegt. Durch diese Ableitung der Seitenkräfte in den Kesselblock und damit das Fehlen der Windverbände ergibt sich eine wesentliche Gewichtsersparnis für das Kesselhaus, und es stellen sich die Gewichte wieder für eine 200-t-Einheit, wie folgt, dar:

Kesselhaus	325 t
Kesselgerüst	630 t
Gesamtgewicht	955 t

Die Ersparnis gegenüber der Ausführung a) beträgt aus den Gewichten allein ungefähr 30 %. Aus diesem Vergleich geht allein schon hervor, daß bei richtiger Auslegung und bei richtiger Konstruktion

c) Hängender Kessel.

Eine weitere Verbesserung der Gewichtsverteilung bringt der im Schema Bild 6 dargestellte hängende Kessel. In diesem Fall werden wie unter b) die seitlichen Windkräfte aus dem Gebäude auf den Kesselblock bzw. auf das Hängegerüst des Kessels abgeleitet, und der gesamte Kesselblock wird bei dieser Ausführung in die oberen, außerordentlich stark dimensionierten Längsträger eingehängt, so daß sich der Block frei nach unten dehnen kann. Die in der Skizze dargestellten 4 Stützen für das Hängegerüst selbst werden in neuerer Zeit gewöhnlich noch viel einfacher ausgeführt, und zwar, wie dies Bild 7 zeigt, auf das noch zurückgekommen werden soll. Die Gewichte betragen in diesem Fall

für das Kesselhaus	325 t,
für das äußere Kesselgerüst	545 t,
das Gesamtgewicht daher	870 t.

Es sei vermerkt, daß zu diesem Summengewicht von 870 t noch das innere Kesselgerüst, das ist also die Verankerung der blechverschalteten Hängekonstruktion des Kessels, kommt, die jedoch außer Ansatz bleiben kann, weil sie als Teil des Kessels selbst betrachtet wird.

Man sieht also, daß die moderne Entwicklung im Stahlbau, wenn sie richtig auf den Kesselbau über-

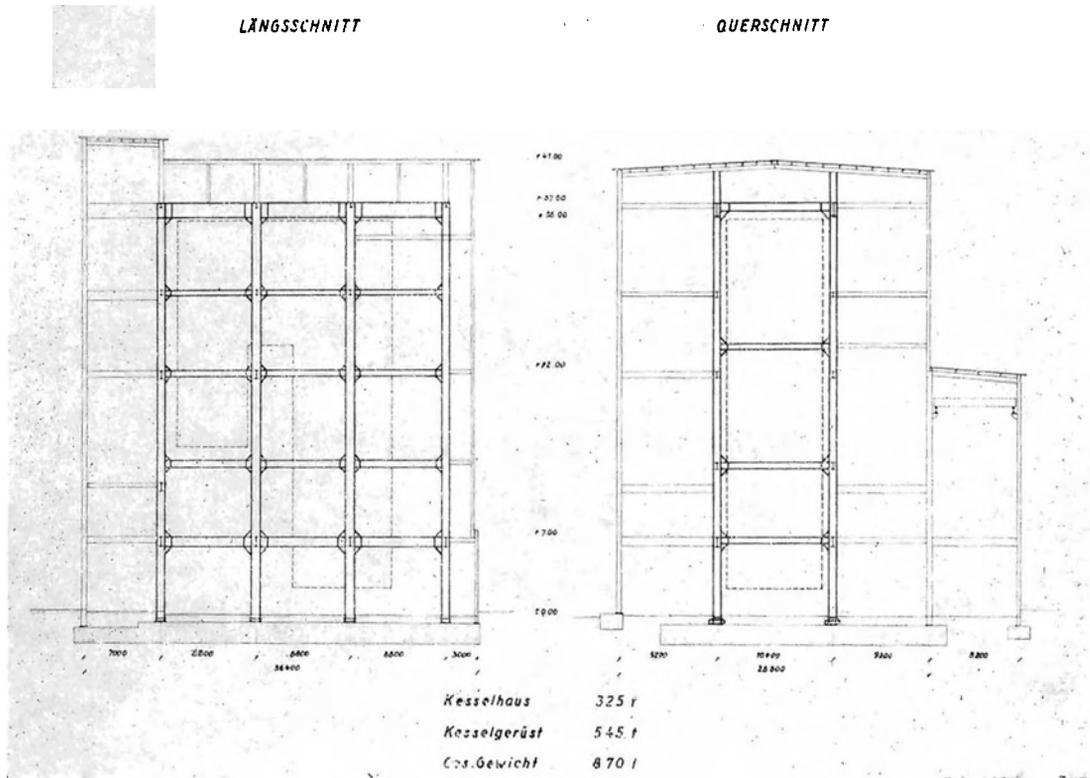


Bild 6: Hängender Kessel 240 t/h

Fig. 6: Suspending boiler 240 t/h

tragen wird, außerordentliche Gewichtersparnisse, aber auch ganz wesentliche Vereinfachungen der Konstruktion mit sich bringt.

Durch die Ausführung des hängenden Kessels war es möglich, die Unterseite der Brennkammer vollkommen frei zu halten, so daß eine beliebige, durch keine Stützen gehinderte Aufstellung der Kohlenstaubmühlen und der Rücksaugeschächte für diese Mühlen möglich war. Dies bedeutet nicht nur allein eine Ver-

einfachung und Verbilligung der Kesselkonstruktion, sondern auch durch freiere Anordnung und wesentlich übersichtlichere Gestaltung eine erhöhte Betriebssicherheit.

In Bild 7 ist das Stahltragwerk eines Kessels einschließlich dem Kesselhaus dargestellt, wie es bei dem hängenden Kessel des großen Fernheizkraftwerkes in Jugoslawien ausgeführt wird. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß sowohl der im Bereich des

Bild 7: Hängender Kessel neuerer Ausführung

Fig. 7: Suspending boiler, new design

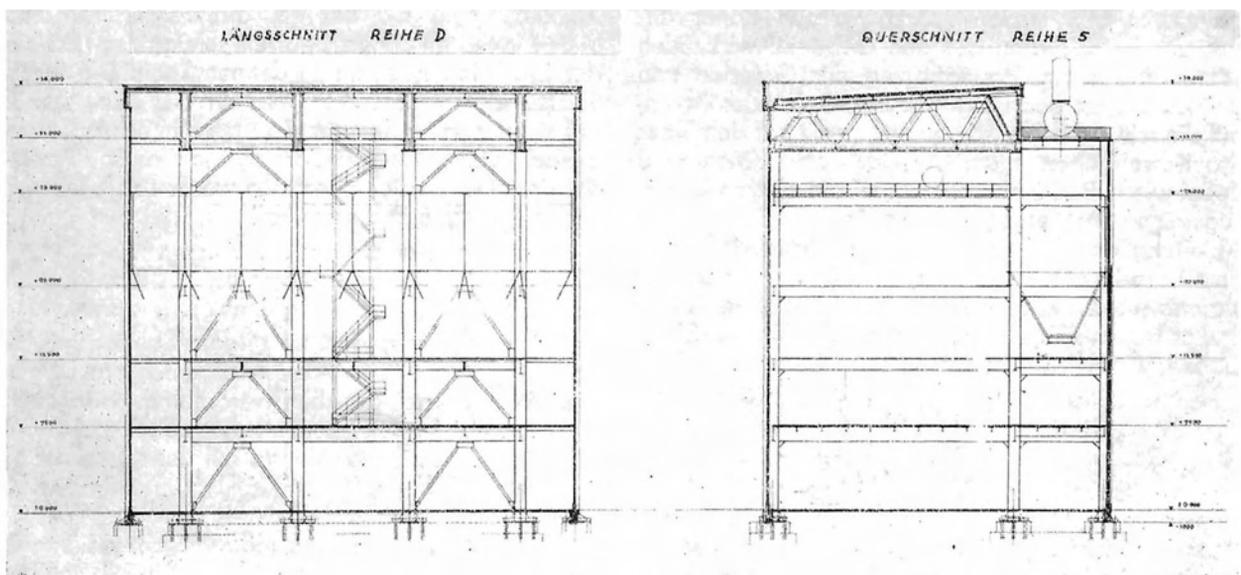
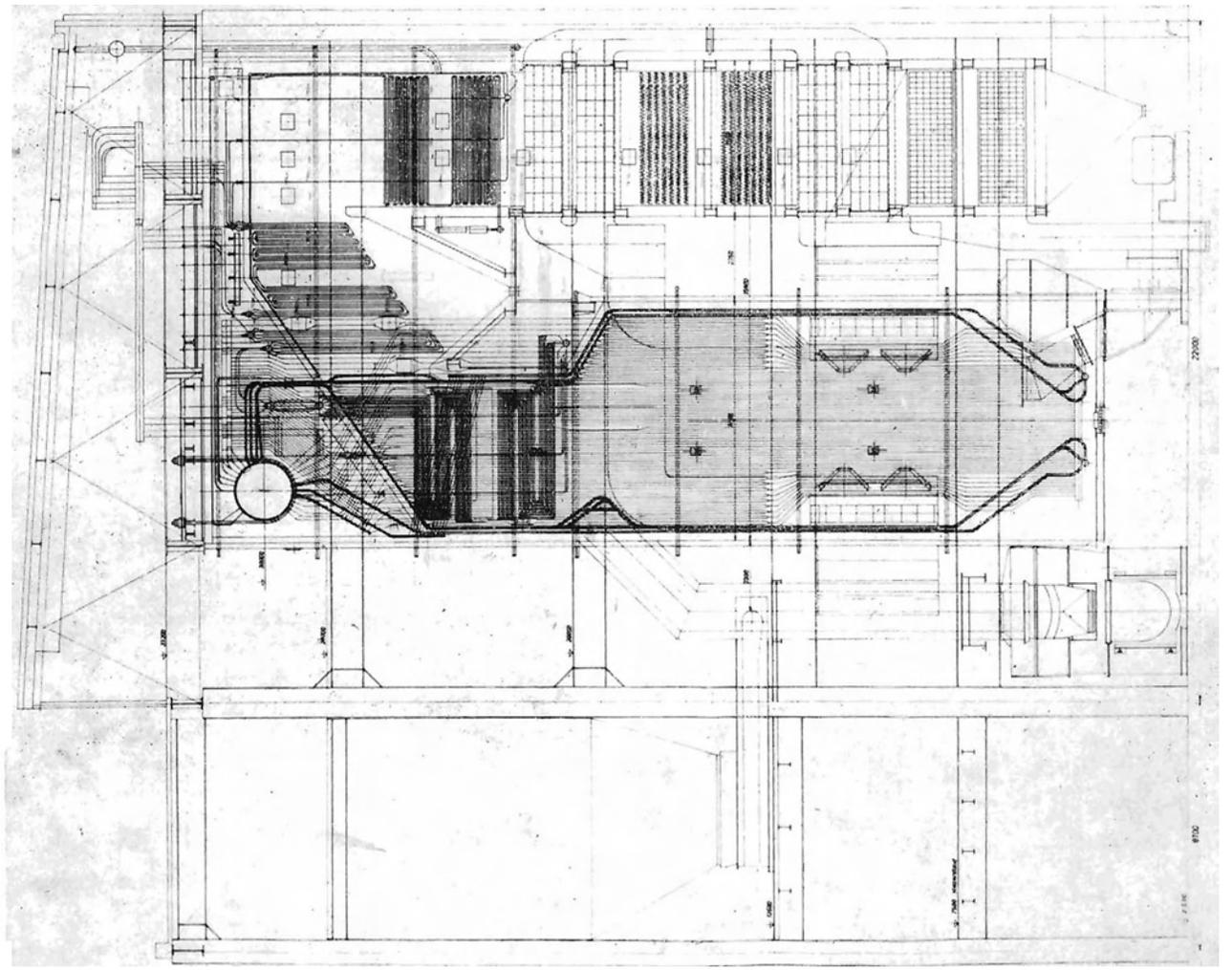
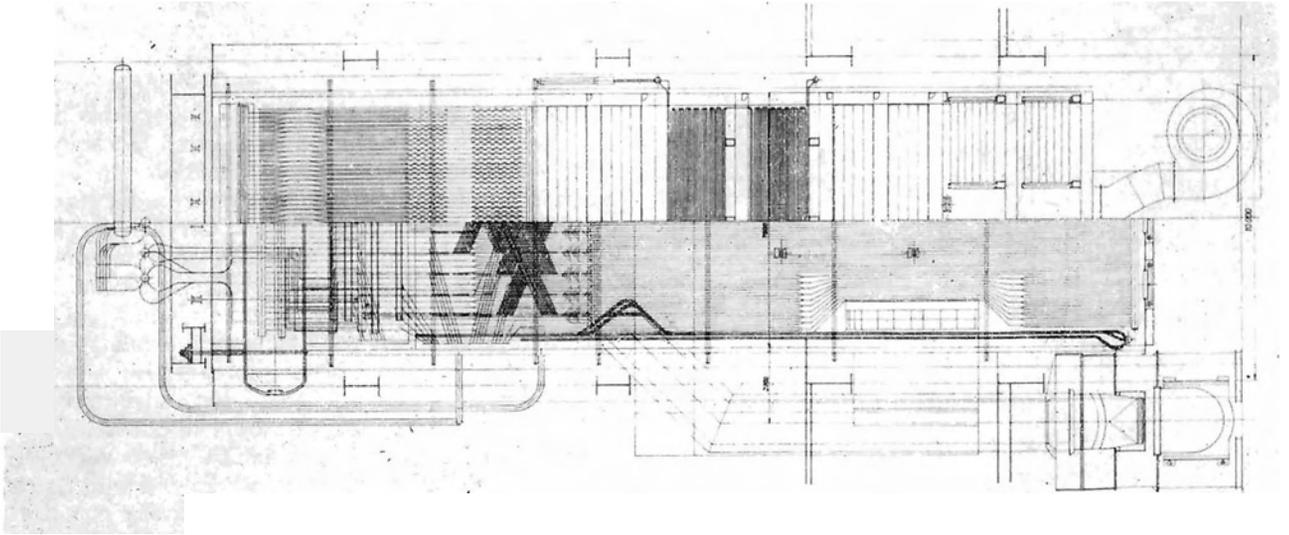


Bild 8: Hochleistungs-Strahlungskessel 170 t/h, 112 atü, 530° C

Fig. 8: High efficiency radiant type boiler 170 t/h, 112 atü, 530° C



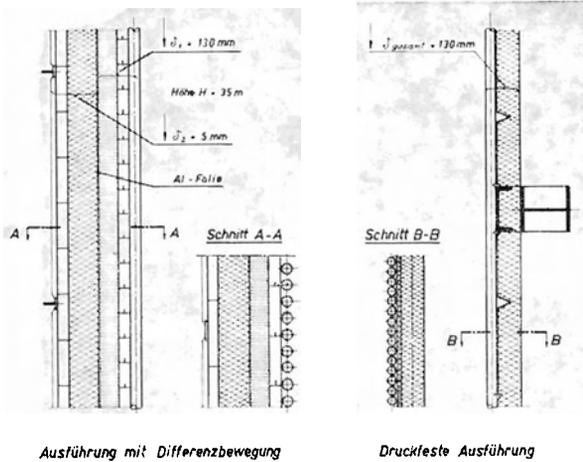


Bild 9: Ausmauerungsbeispiele

Fig. 9: Examples of boiler linings

Kessels liegende Teil des Kesselhauses, als auch der Schwerbau aus Stahl ausgeführt wird. Es sind zwei Einheiten mit je 170 t/h Dampf nebeneinander gestellt, und man erkennt aus dem Seitenriß der Abbildung den außerordentlich stark ausgeführten Dachbinder, der gleichzeitig der Längshängeträger für den Kesselblock ist. Im Aufriß sind diese Binder in der Verlängerung der Kesselstützen erkennbar. Bei der Konstruktion wurde darauf Bedacht genommen, das komplette Kesselfeld mit einer Tiefe von zirka 16 m vollkommen frei von Kesselstützen zu halten, um eine leichte Zugänglichkeit zur Kesselanlage zu erreichen.

In Bild 8 ist der Einbau dieses Kessels in das Kesselhaus dargestellt, während für den Binder nur die Systemlinien eingetragen sind. Hieraus ist zu entnehmen, daß der außerordentlich stark verbaute Mühlenraum des Kessels in seiner Entwicklung durch keine Stützen behindert war. Die rückwärtigen Kesselstützen sind gleichzeitig die äußeren Gebäudestützen, während die vorderen Kesselstützen gleichzeitig die inneren Stützen des Schwerbaues darstellen. Mit Rücksicht auf die große Tiefe des Kesselhauses von 22 m mußten die Binder, die also das ganze Kesselgewicht von zirka 2500 t/Kessel tragen müssen, außerordentlich stark ausgeführt werden, da eine vollkommene Biegesteifigkeit der Träger erforderlich ist. Die Hängung der Kessel hat eine Reihe von konstruktiven Änderungen in der Kesselkonstruktion selbst notwendig gemacht, da nunmehr die gesamte Dehnung von oben nach unten erfolgt und die Dehnungswege mit Rücksicht auf die verschiedenen Temperaturlagen der Einbauteile sehr verschieden sind.

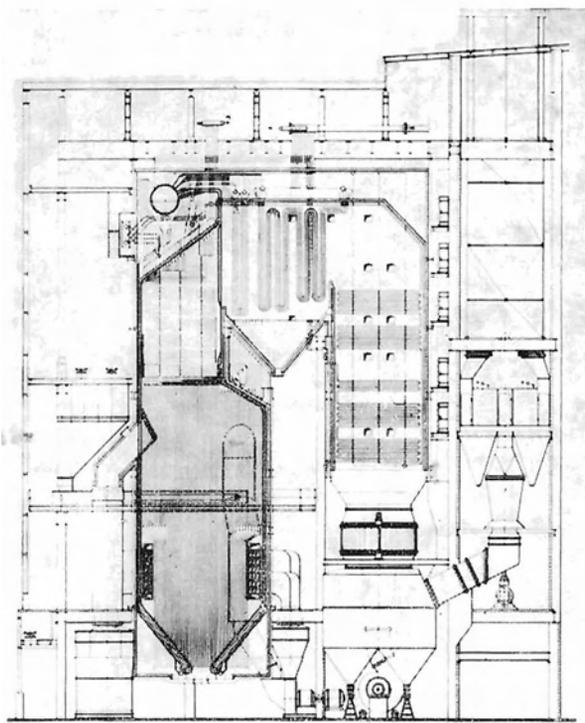


Bild 10: Hochleistungs-Strahlungskessel 240 t/h, 136 atü, 530° C

Fig. 10: High efficiency radiant boiler 240 t/h, 136 atü, 530° C

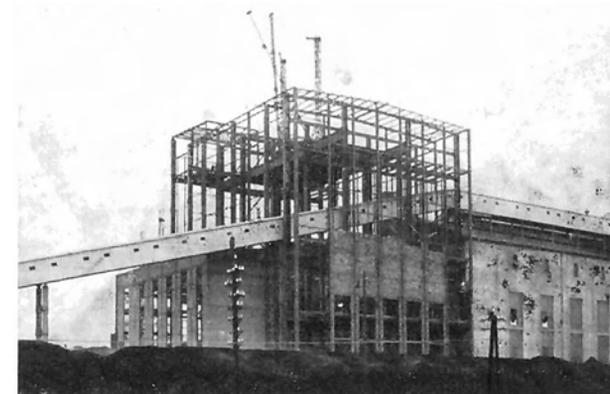


Bild 9 zeigt, wie der Konstrukteur dieses Problem gelöst hat. Im linken Teil der Abbildung ist ein Schnitt durch die Ausmauerung wiedergegeben, wobei an der Innenseite die Steigrohre mit dahinter liegender dünner Schamotteschicht und einer Isoliersteinschicht erkennbar sind, während außen eine Blechverschalung mit schwacher Armierung vor der Schlackenwollisolation dargestellt ist. Zwischen Schlackenwolle und Isolierstein liegt eine ALU-Folie. Während also das Rohr mit Rücksicht auf die hohe Temperatur von zirka 300° C mit dem am Rohr befestigten Schamotte- und Isolierstein eine Bewegung von zirka 130 mm bei einer Kesselhöhe von 35 m nach unten mitmacht, bewegt sich die äußere Blechverschalung

Bild 10 a: Außenansicht des Dampfkraftwerkes Voitsberg

Fig. 10 a: Exterior view of thermal power station "Voitsberg"

lung und die an diese gebundene Isolierung nur um zirka 5 mm nach unten. Diese Differenzbewegung erfolgt im Bereich der ALU-Folie.

In letzter Zeit ist man auf neue Ausführungen übergegangen, die jedoch in Österreich erst bei einem Kessel Eingang gefunden haben. Man legt die Rohre, wie dies im rechten Teil der Abbildung ersichtlich ist, dicht nebeneinander, und hinter die Rohre eine dünne Blechwand, die vollkommen dicht geschweißt ist und zum Zwecke der Dehnungsaufnahme verschiedene Dehnfalten trägt. Da wegen der dichten Rohrlage nach außen eine Temperatur von höchstens 300° C kommen kann, kann jede Ausmauerung entfallen, und es genügt allein eine Isolierung mit einer Stärke von 130 mm, die außen blechverkleidet wird.

VI. Ausführungen von Kesselgerüsten

In Österreich sind eine Reihe von Kesselanlagen in hängender Konstruktion ausgeführt.

Die Bilder 10 und 10a zeigen den ersten in Österreich im Jahre 1956 gebauten hängenden Kessel im Dampfkraftwerk Voitsberg der Österreichischen Draukraftwerke AG. mit einer Leistung von 240 t/h und einem Druck von 136 atü bei 535° C ¹⁾

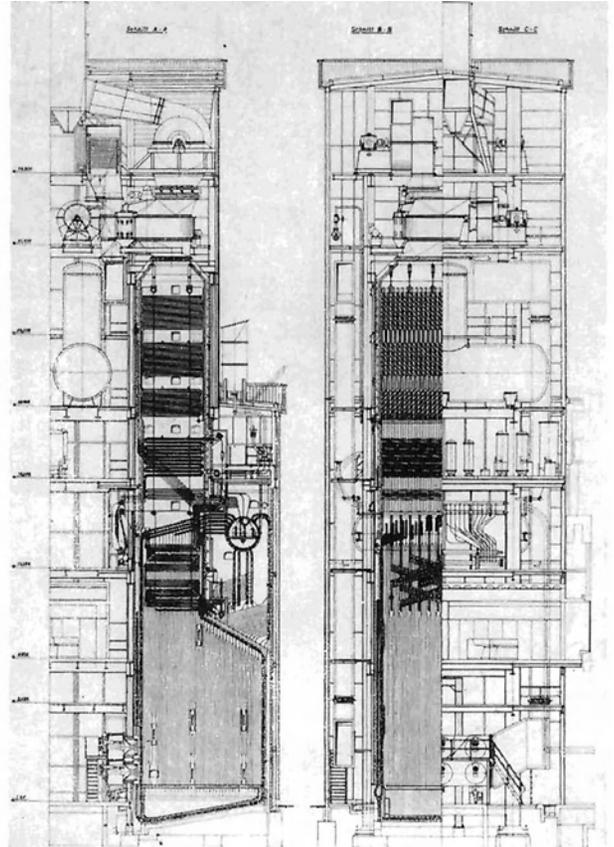
Auf der Abbildung ist sehr deutlich die schwere Stahlkonstruktion des Kesseltragwerkes zu ersehen, mit den schweren, zirka 2 m hohen Längsträgern, die das gesamte Gewicht des Kesselblockes tragen und die 4 schweren Stützen, die an der Vorderseite gleichzeitig die Gebäudeaußenwand und an der Rückseite als Mittelträger des Zwischenbaues ausgeführt wurden. Es ist dabei auch die außerordentlich zarte Konstruktion des Kesselhausüberbaues zu erkennen. Dieses Bild zeigt auch den wesentlichen Vorteil dieser Art der Konstruktion. Es kann nämlich das Kesseltragwerk und das Kesselhaus gleichzeitig montiert werden, so daß keinerlei Wartezeit für Fertigstellung der Betonbauten usw. entsteht. Mit den schweren, zur Montage der Kesselgerüste und Gebäudekonstruktion vorhandenen Montagemasten können dann noch die schweren Kesselteile, wie Trommeln, Sammler, Speichertrommeln usw. hochgehoben werden, so daß bei Fertigstellung der Montage des Kesseltragwerkes auch die Montage des Gebäudes und die Montage der schweren Teile der Kesselanlage selbst beendet ist. Die im kürzesten Zeitraum mögliche Deckung des Daches läßt, fast an die Stahlmontage anschließend, die Rohrmontage beginnen.

Die Steirische Wasserkraft- und Elektrizitätsgesellschaft ist beim Bau des Dampfkraftwerkes Pernegg vollkommen neue Wege gegangen. Wie Bild 11 zeigt, ist dort ein Turmkessel ²⁾ für eine Leistung von 170 t/h, 87 atü und 520° C aufgestellt. Der Aufriß stellt den rechten Teil des Kesselhauses dar, im linken Teil wird der gleiche Kessel zur Aufstellung gelangen. Das Kesselhaus ist für beide Kessel bereits montiert, und der erste Kessel ist seit 2 Jahren in Betrieb. Wie aus der Abbildung erkennbar, liegen die Feuerungen an der Brennkammerinnenwand, das heißt, sie sind gegen die Mitte des Kesselhauses zu gerichtet. Die Rückwand der Brennkammer ist gleichzeitig Ge-

bäudeaußenwand, nur ist das Gebäude etwas über die Höhe der Kesseltrummel hinausgezogen, um dort die Verteiler für Heißdampf usw. unterbringen zu

Bild 11: Hochleistungs-Strahlungskessel 170 t/h, 87 atü, 520° C

Fig. 11: High efficiency radiant boiler 170 t/h, 87 atü, 520° C

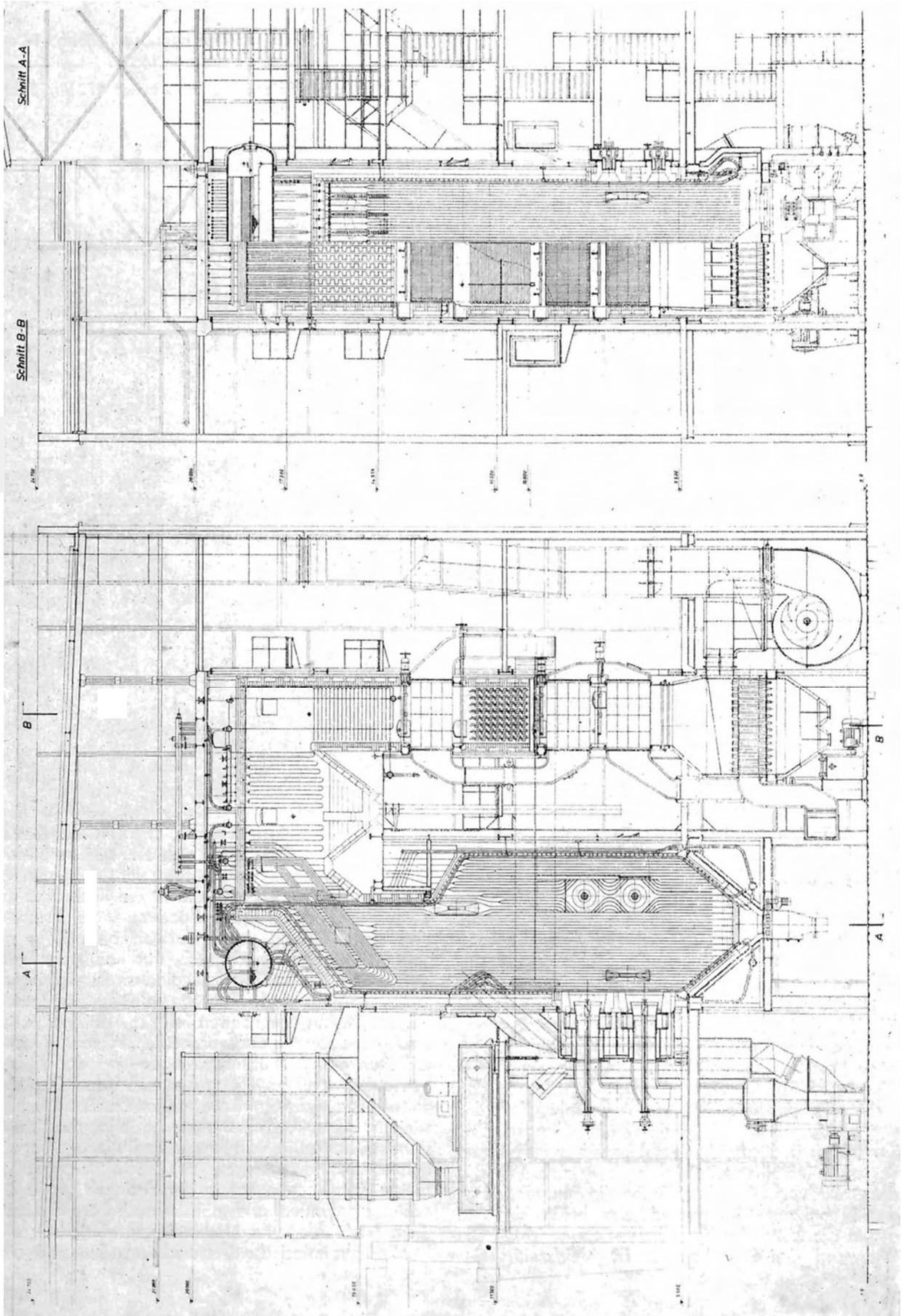


können. Für die Nachschaltfläche springt das Kesselhaus etwas zurück, wodurch sich eine schöne Gliederung für den turmartigen Aufbau der Anlage ergibt. Auch an der Nachschaltfläche ist die Rückwand des Kessels gleichzeitig Gebäudeaußenwand. Demnach sind weitestgehend Kesselhausstahlkonstruktion mit dem Kesseltragwerk identisch, das heißt, die Fachwerkträger des Kesselhauses sind an der linken und rechten Kesselwandaußenseite gleichzeitig Kesseltraggerüst. Aus dem rechten Teil der Abbildung ist zu ersehen, daß ein außerordentlich schmaler Gang zwischen den Kesselseitenwänden und der Kesselhausaußenwand besteht, und es wird förmlich an den Seitenwänden die Stahlkonstruktion des Kesselhauses wie ein Schirm über die Stahlkonstruktion des Kessels selbst gestellt. Die Windkräfte sind wieder über die Bühnen zum Kessel abgeleitet. Diese außerordentlich billige Konstruktion hat in der Fachwelt große Beachtung gefunden, und man ist auch bereits daran, diese Ausführung verschiedentlich zu wiederholen.

Nicht nur kalorische Kraftwerke, sondern auch eine

Bild 12: Fernheizkraftwerk Wels, Einmauerungsplan

Fig. 12: Lining plan of thermal power station in Wels for remote heating



große Anzahl von Industriekesselanlagen werden in hängender Konstruktion und in Kombination mit dem Kesselhaus ausgeführt. So sind die modernen Kessel der Nettingdorfer Papierfabrik, der Lenzinger Zellulosefabrik, der Frantschacher Zellulosefabrik und des Fernheizkraftwerkes in Klagenfurt in hängender Konstruktion, in gemeinsamer Verbindung mit der Stahlkonstruktion des Kesselhauses errichtet.

Kleine Einheiten werden nicht in hängender Konstruktion, sondern als stehende Kesseltragwerke ausgeführt, bei welchen aber streng darauf geachtet wird, daß die Ableitung aller seitlich aus dem Kesselgebäude kommenden Kräfte auf das Kesselgerüst erfolgt.

Bild 12 und 12a zeigen das fertige Kesselhaus für das Fernheizkraftwerk der Stadtwerke Wels, mit einer Dampfleistung von 2×30 t/h, welches in solcher Bauweise ausgeführt wurde.

In Bild 13 wird der Entwurf einer Stahlkonstruktion für Schwerbau und Kessel des neuen Dampfkraftwerkes in Zeltweg der Österreichischen Draufkraftwerke AG., welches derzeit in Ausführung ist, gezeigt, wobei die Kesselanlage eine Dampfleistung von 410 t/h mit einem Druck von 207 atü und 535° C besitzt. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß in einer Höhe von zirka 45 m, das ist Kesseloberkante, die schweren Längsträger liegen, die innerhalb des Kessels durch 3 Stützen getragen werden. Außen ist noch eine vierte Tragsäule vorgesehen, die gleichzeitig Haupttragsäule für den Schwerbau, für Bunker usw., ist. Das Kesselhausdach mit einer Höhe von 57 m über Flur hat nur Schneelast aufzunehmen und könnte deshalb eine außerordentlich einfache Ausführung finden. Im endgültigen Bau wird jedoch dieses Krafthaus mit Betonschwerbau und angeschlossenem Stahlskelett ausgeführt werden.

Die österreichische Kesselindustrie hat sich bemüht, durch verschiedene Sonderkonstruktionen bei Kesselanlagen neue Exportmöglichkeiten zu suchen, und es wurden eine Reihe von Abhitzeanlagen für Thomas- und Sauerstoffkonverter im In- und Ausland errichtet, die in ihrer Konstruktion ebenfalls eine außerordentlich interessante Aufgabe für den Stahlbauer beinhalten. Die hohen Blechschächte, welche die kompletten schweren Heizflächen tragen und in der Stahlkonstruktion des Ofenhauses eingebunden werden, stellen schon allein wegen des Problems der wechselseitigen Belastung und Dehnung außerordentlich bedeutsame Bauwerke dar.³⁾

Bild 14 zeigt das Schema zweier solcher Kessel, wie diese einschließlich Reinigungsanlage bei der Yawata Iron Steel Comp. in Japan ausgeführt wurden.

VIII. Zusammenfassung

Die hohe Dampfleistung der Kesselaggregate erfordert außerordentlich große Kesseleinheiten, wodurch die Tragwerke sehr große Gewichte annehmen. Die Kesselblocks, die sehr wesentliche Kippmomente besitzen, können in verschiedener Form zur Über-

nahme der aus dem Gebäude kommenden Belastungen herangezogen, und die Kesseltragwerke selbst können wieder in verschiedener Konstruktion freistehend, stehend oder hängend ausgeführt werden, wobei in Verbindung mit der Kesselhauskonstruktion außerordentliche Gewichtsersparnisse erzielt werden. Es wurde gezeigt, daß die Möglichkeit besteht, die Gebäudebinder so auszuführen, daß sie die Längs-

Bild 12 a: Fernheizkraftwerk Wels, Außenansicht

Fig. 12a: Exterior view of the thermal power station "Wels"



träger der hängenden Kessel ersetzen können, wodurch eine weitergehende Ersparnis an Gewicht und eine vollkommene Freiheit des Raumes innerhalb des Kessels von allen Stützen gegeben wird. Die Konstruktion des Kesselgerüsts selbst, und besonders bei stehender Ausführung, bietet dem Stahlbauer noch eine Reihe von Aufgaben, die es wesentlich erscheinen lassen, dieser Konstruktion größeres Augenmerk zuzuwenden, um weitere wirtschaftliche Lösungen zu finden.

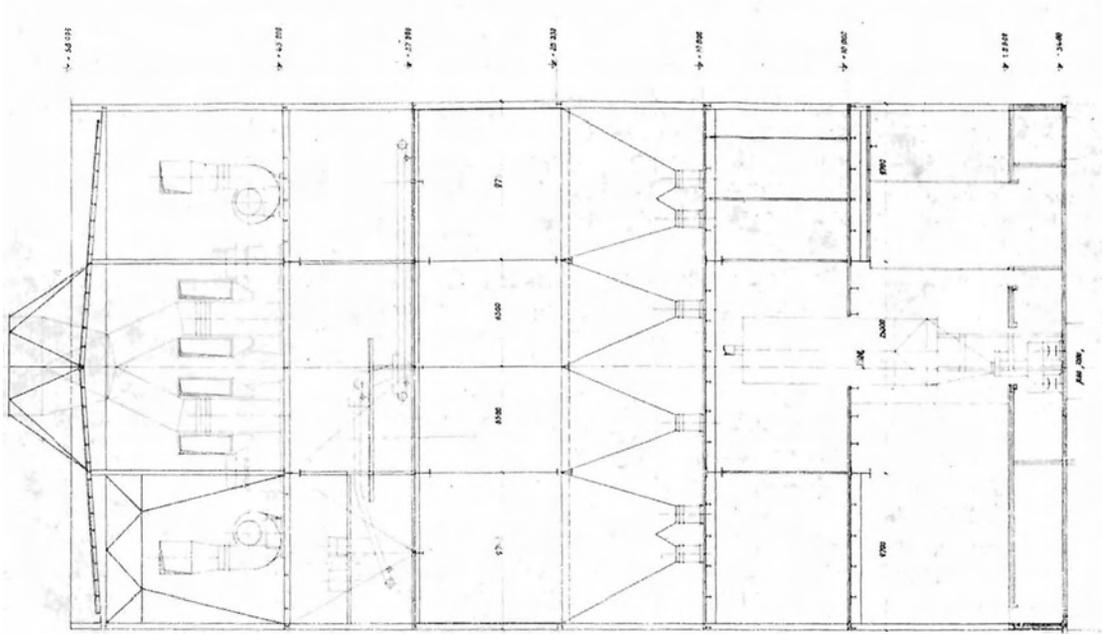
Literaturhinweise:

- ¹⁾ Siehe *Neue Technik und Wirtschaft*, Heft 3/4, März/April 1957, Dipl.-Ing. Rasworschegg: Neue Gesichtspunkte beim Bau von Dampfkesseln bei Blockkraftwerken.
- ²⁾ Siehe *Österreichische Zeitung für Elektrizitätswirtschaft*, Heft 5, Mai 1959, Dipl.-Ing. Rasworschegg: Der Turmkessel.
- ³⁾ Siehe *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte der Montanistischen Hochschule in Leoben*, Heft 2, Februar 1959, Dipl.-Ing. Rasworschegg: Abhitzeverwerter und Gasreinigungsanlagen hinter LD-Tiegeln und Konvertern.

Bild 13: Ausführungsbeispiel Zeltweg, 410 t/h, 207 atü, 535° C

Fig. 13: Example of Boiler construction Zeltweg, 410 t/h, 207 atü, 535° C

QUERSCHNITT A-A



ANSCHNITT

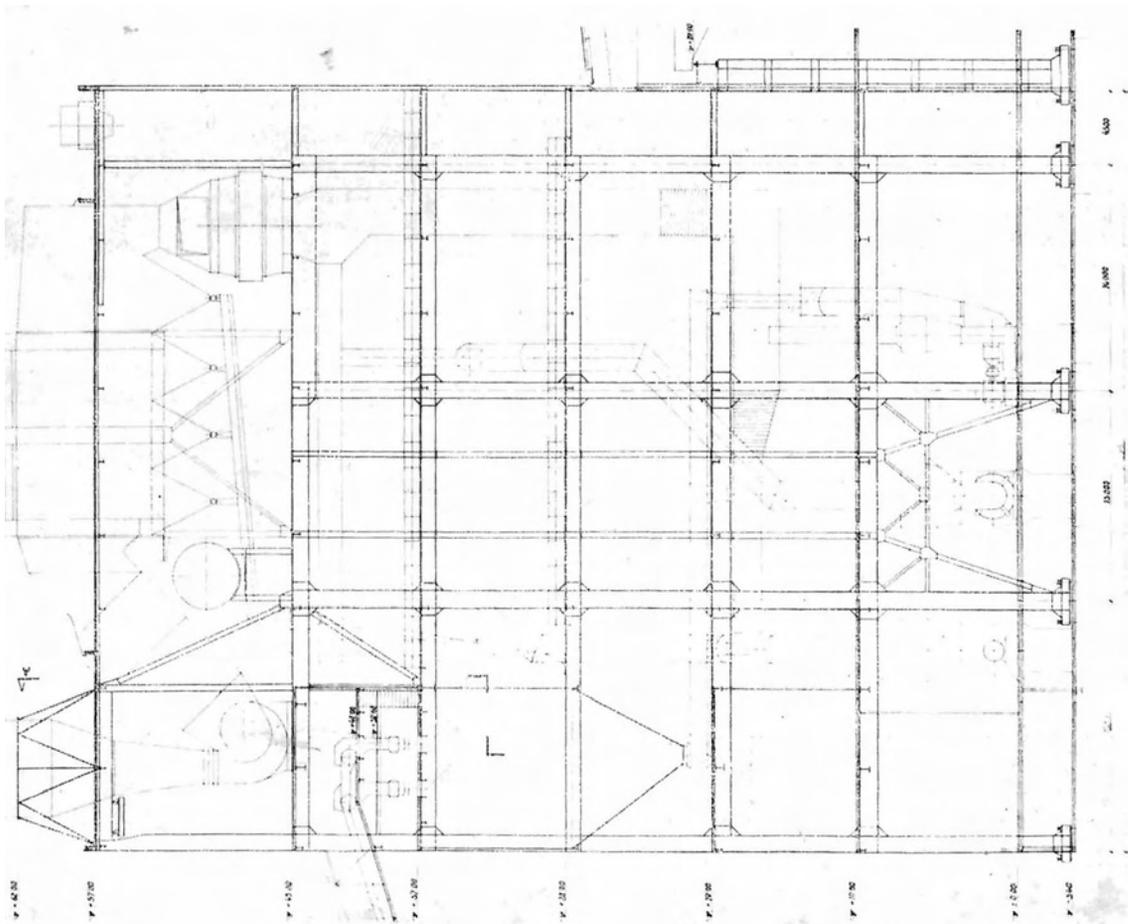
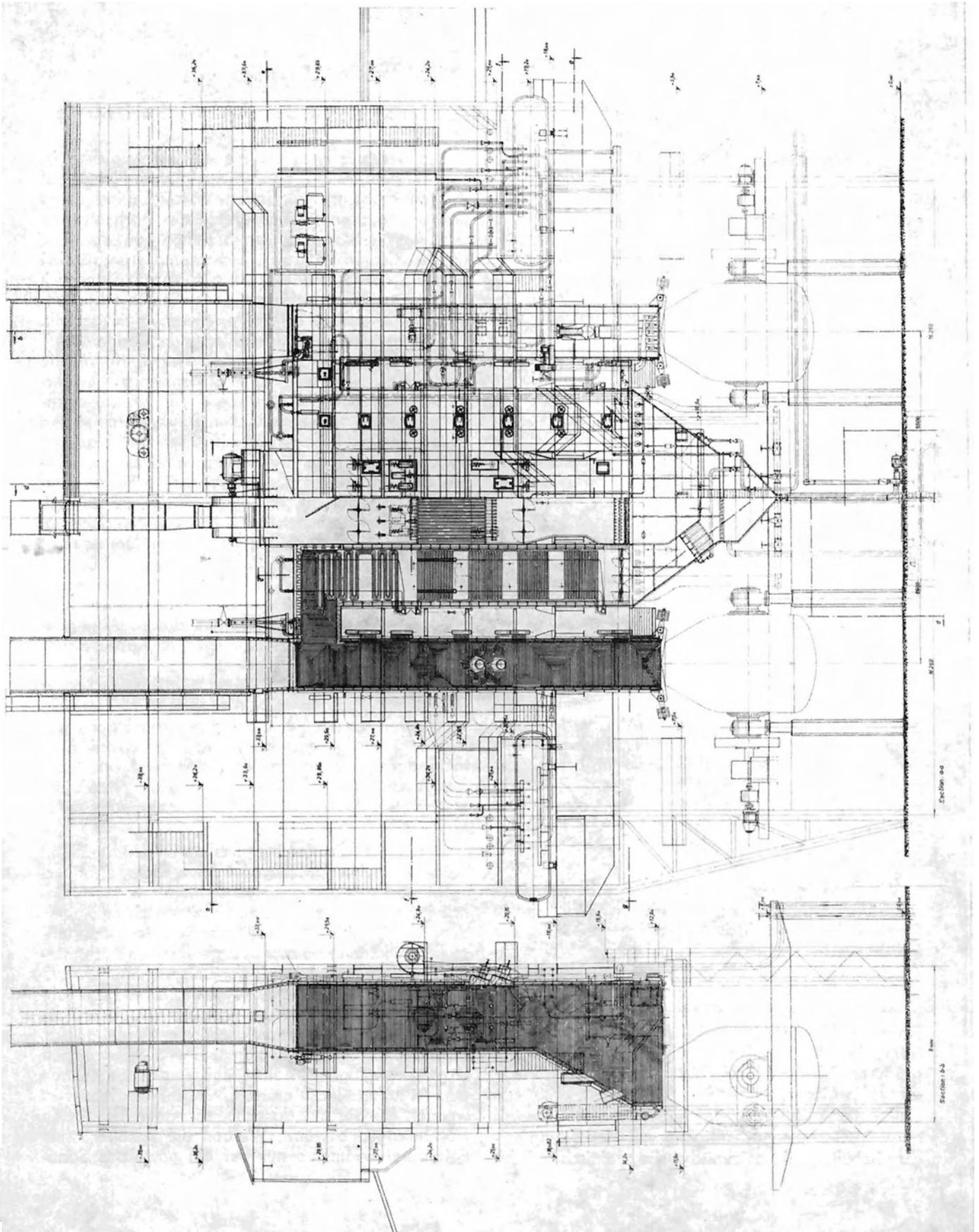


Bild 14: Schema von zwei Kesselanlagen für ein japanisches Stahlwerk

Fig. 14: Schematic diagram of two boiler plants for a steelmill in Japan



Behälter aus Stahl

Von Dipl.-Ing. Udalrich H i e m e s c h, Linz

Das Thema „Behälter aus Stahl“ umfaßt selbst bei Beschränkung auf das Leitmotiv der diesjährigen Stahlbautagung „Erdöl – Kohle – Gas“ ein so großes Gebiet, daß eine weitere Einschränkung, zu dessen Behandlung notwendig ist. So gibt es zum Beispiel einerseits große Gasbehälter mit mehreren 100.000 m³ Inhalt und Benzinkanister für 5 l oder andererseits Hochdruckapparate mit Abmessungen, wo nur mehr ein Transport in Teilen möglich ist und wieder Druckbehälter für Meßzwecke mit wenigen Litern Inhalt. Im Rahmen dieses Beitrages werde ich mich daher auf geschweißte Stahlbehälter für die Lagerung von Roh-, Zwischen- und Endprodukten und für die Durchführung chemischer und physikalischer Prozesse beschränken und über die Entwicklung des Groß- und Druckbehälterbaues im letzten Jahrzehnt, insbesondere aber in den letzten Jahren in Österreich, berichten.

Um einigermaßen Ordnung in dieses vielfältige Gebiet zu bringen, ist zunächst eine Unterteilung nach der Dampfkesselverordnung vom Jahre 1948 in abnahmepflichtige Druckgefäße und nichtabnahmepflichtige Behälter zweckmäßig. Im Abschnitt IV dieser Verordnung werden alle Behälter erfaßt, die zur Aufnahme von Preßluft oder anderer verdichteter, unter Druck gelöster oder verflüssigter Gase mit einem Füllungsdruck von mehr als 1 Atm. Überdruck dienen und nicht als Versandbehälter in den Verkehr gebracht werden. In Österreich unterliegen diese Behälter der Verordnung des Bundesministeriums für Handel und Wiederaufbau vom 29. September 1949, betreffend Werkstoff- und Bauvorschriften für die Herstellung von Dampfkesseln, und sie müssen vor ihrer Inbetriebnahme vom Technischen Überwachungsverein Wien, der in Österreich eine amtliche Stellung hat, abgenommen werden. Behälter bis zu einem inneren Überdruck von 1 kg/cm² unterliegen nur den anwendbaren Verordnungen über Lagerung und Beförderung brennbarer oder gefährlicher Flüssigkeiten, müssen aber nicht vom Technischen Überwachungsverein abgenommen werden, doch kann sich der Bauherr zusätzlich für eine solche Abnahme entscheiden. In zahlreichen Fällen wird dies auch getan.

Wenden wir uns also zunächst den nicht abnahmepflichtigen Behältern zu, so haben wir die große Gruppe der oberirdischen Großlagerbehälter, die üblicherweise aus senkrecht stehenden, kreiszylindrischen Körper mit ebenen voll aufliegenden Böden und fester Decke oder Schwimmdach bestehen. In den letzten Jahren wurden in Österreich einige sehr große Einheiten bis zu 40.000 m³ Inhalt mit festem freitragendem Dach gebaut, während sich die ersten größeren Schwimmdachbehälter mit 10.000 m³ Inhalt derzeit in Montage befinden.

Für die Ausbildung, das heißt für die Materialauswahl, Berechnung, Fertigung und Herstellung solcher Behälter, gibt es zunächst die praktisch auf der

ganzen Welt anerkannte Vorschrift Nr. 12 C des amerikanischen Petroleum-Institutes, die in den letzten Jahren mehrfach umgearbeitet wurde, und deren letzte Ausgabe im März 1958 erschienen ist. Da diese Vorschriften große Freiheiten zulassen, wird von uns als Ergänzung die DIN 4119, Berechnungsgrundlagen für oberirdische Tankbauwerke aus Stahl, herangezogen.

Die Werkstoffauswahl für die Mantelbleche ist sorgfältig zu treffen, da der Mantel vom Füllgut auf Zug beansprucht wird. Boden- und Dachbleche sind von untergeordneter Bedeutung, die Dachkonstruktion stellt einen normalen Stahlhochbau dar. Die amerikanischen Vorschriften schreiben grundsätzlich Siemens-Martin- oder Elektrostähle vor; in Österreich sind die mit Sauerstoff erblasenen, heute schon allgemein bekannten LD-Stähle, diesen gleichgestellt. Wir verwenden die Baustahlbleche der Sondergüte T nach ÖNORM M 3115, das heißt Werkstoffe, für die Schmelzschweißbarkeit und Streckgrenze gewährleistet werden. Der Buchstabe T der Normbezeichnung bedeutet trennbruchsicher. Diese Stähle stehen in drei Festigkeitsbereichen mit 37,44 und 52 kg/mm² Mindestfestigkeit zur Verfügung, wobei die gewährleistete Mindeststreckgrenze bei den in Frage kommenden Wanddicken 22, 26 und 33 kg/mm² beträgt. Bei Großbehältern ist es wirtschaftlich zweckmäßig, Bleche mit höherer Festigkeit zu verwenden, da nicht nur Werkstoff erspart wird, sondern auch die Ersparnis an Arbeitszeit wegen des geringeren Schweißvolumens erheblich ist. Zweckmäßigerweise wird beim Entwurf von der Mindestwanddicke ausgegangen und die Werkstofffestigkeit entsprechend gewählt.

Alterungsbeständige Feinkornstähle haben wir im Großbehälterbau für die Wandbleche bisher nicht verwendet, da die Verformung zur Herstellung der Wandkrümmung so gering ist, daß sie unserer Meinung nach eine solche Mehrausgabe nicht rechtfertigt. Die größte bisher verwendete Wanddicke betrug etwa 30 mm bei einem Durchmesser von 53 m in St 52 T.

Der Boden der Behälter besteht aus rechteckigen Blechen gleicher Größe von 6,5 mm Dicke, die überlappt aufeinandergelegt und ohne weitere Bearbeitung der Kanten miteinander verschweißt werden. Die Randbleche, an die der Behältermantel anschließt, können dicker ausgeführt und stumpfgeschweißt werden, damit der unterste Mantelschub mit der vorgeschriebenen doppelseitigen Kehlnaht angeschlossen werden kann. Man kann aber auch die gewöhnlichen Bodenbleche unter dem Mantel an den Überlappungsstellen kröpfen und den Schweißspalt so mit Schweißgut ausfüllen, daß eine durchgehende ebene Auflagefläche entsteht. Welche Art man verwendet, ist Geschmackssache, es haben sich beide Ausführungen bewährt. Werden die Behälter ohne Betonringfundamente nur auf ein gewalztes Sand-

oder Schotterbett gestellt, ist es zweckmäßig, die Randbleche zwecks Lastverteilung entsprechend dicker auszubilden.

Die Mantelbleche sind sowohl in der Längs- als auch in der Umfangsrichtung stumpf zu stoßen. Die Längsnähte, die die volle Umfangskraft zu übertragen haben, müssen unbedingt eine vollständige Durchschweißung aufweisen, während die Rundnähte der dickeren Bleche nur teilweise durchgeschweißt werden müssen, wobei jedoch mindestens $\frac{2}{3}$ der Blechdicke zu erfassen ist. Montageerfahrungen haben gelehrt, mit der Blechbreite, das heißt also mit der Höhe der einzelnen Schüsse nicht über 2,5 m hinauszugehen und die Länge der Einzelbleche nicht über 7 m zu wählen, weil die Teile unhandlich werden.

Den Aufbau des Mantels nehmen wir von unten nach oben vor, das heißt, wir setzen den untersten Schuß auf den Boden auf und bauen von diesem aus mit einem Mast oder einem rundlaufenden Spezialkran in die Höhe, wobei fortlaufend geheftet und geschweißt wird. Die Schweißung der Bodenbleche darf erst nach Fertigstellung der untersten Mantelschüsse erfolgen und muß vom Schweißingenieur sorgfältig geplant sein, damit der Boden auch nach der Verschweißung trotz Schweißnahtschrumpfung und Wärmespannungen möglichst eben bleibt. Hier ist Erfahrung das wichtigste Rüstzeug der ausführenden Firma.

Der Aufbau der Mantelschüsse und ihre Verschweißung muß mit größter Sorgfalt erfolgen, damit der Behälter kreisrund und senkrecht bleibt und die Wände keine Beulen bekommen. Für die obersten Schüsse soll dabei eine gewisse Mindestwand nicht unterschritten werden, wie dies auch in den amerikanischen Normen festgelegt ist.

Nach Fertigstellung des Behältermantels beginnt der Aufbau der Dachkonstruktion und die Montage der Dachhaut. Bis etwa 12 m Durchmesser kann man selbsttragende Dächer verwenden, wobei man durch Anschweißung von Rippen an der Unterseite die Schale entsprechend versteift. Wir haben mehrere solcher Dächer in Kegelform mit radialen und ringförmigen Rippen ausgeführt. Für größere Behälter kommen aber nur getrennte Dachkonstruktionen in Frage, wobei grundsätzlich drei Wege beschritten werden können.

Die wichtigste Konstruktion stellt das aus Bindern, Pfetten und Sparren bestehende Dach dar, dessen Konstruktionsoberkante der Form einer Kugel oder eines Kegels folgen kann. Eingehende Untersuchungen haben gezeigt, daß diese Ausführung nicht nur die leichteste, sondern auch die billigste ist. Die Binder können einen großen Abstand aufweisen, und sie werden durch Pfetten verbunden, in welche die Sparren eingehängt werden. Der Herstellung der Dachform ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da von ihrer Genauigkeit wesentlich das schöne Aussehen der Dachhaut abhängt. Ein wesentlicher Vorteil des Binderdaches liegt darin, daß es nur senkrechte Kräfte auf die Behälterwand überträgt, so daß der obere Behälterrand nicht besonders verstärkt werden muß.

Eine weitere Lösung ist mit einer Kuppelkonstruktion, bestehend aus gebogenen Bindern und zwischenliegenden Pfetten möglich. Es sind sehr viele Binder notwendig, damit der zulässige Auflagerabstand der Dachblende nicht überschritten wird. Die Horizontalschübe der einzelnen Binder müssen durch einen in der Dachfläche oder waagrecht liegenden Zugring aufgenommen werden. Der Vorteil dieser Konstruktion liegt in ihren wenig verschiedenen Teilen, die alle zahlreich vorkommen und so eine günstige Herstellung ermöglichen.

Als dritte Möglichkeit kann man im Behälterinnern Stützen anordnen. Die Dachkonstruktion besteht dann in einfachster Art aus einer Mittelstütze und je nach Größe des Behälters aus einem oder mehreren Ringen von Stützen, wobei die äußeren Stützen durch konzentrisch zur Mitte liegende Pfetten verbunden werden. Die Sparren werden in genügender Anzahl zwischen Behälterwand, Pfetten und Mittelstützen aufgelegt. Die Dachkonstruktion ist schwer, die Anarbeitung, vor allem aber die Montage außerordentlich einfach, und deshalb wird diese Konstruktion zum Beispiel von den im Nahen Osten arbeitenden amerikanischen Ölfirmen besonders bevorzugt. Die Stützen bestehen entweder aus Rohren oder aus Walzprofilen, Pfetten und Sparren sind einfache Walzträger.

Auf die Dachkonstruktion, deren Oberkante, wie schon erwähnt, möglichst genau einem Kegel oder einer Kugel angepaßt werden soll, werden die Dachbleche ausgelegt. Die Dachhaut, mit einer Mindestdicke von etwa 5 mm besteht ebenfalls aus rechteckigen, nicht weiter bearbeiteten Blechen, die unverformt überlappt aufeinandergelegt und dann verschweißt werden. Ab etwa 12 m Durchmesser passen sich diese Bleche mühelos der Dachform an.

Bei der Berechnung der Dachkonstruktion, beziehungsweise des Daches, sind außer dem Eigengewicht, einem möglichen Über- oder Unterdruck, noch eine Schneelast zu berücksichtigen, während auf Windkräfte oder einseitige Schneeverteilung wegen der geringen Neigung der Dachkonstruktion im allgemeinen keine Rücksicht genommen zu werden braucht.

Eine eigenartige und sehr interessante Konstruktion des Mantels solcher Behälter bis zu den größten Abmessungen hat die tschechische Industrie entwickelt. Der Mantel besteht hier nicht aus übereinanderliegenden Ringen, wie dies bisher üblich war, sondern die Bleche werden in Form einer Spirale mit einer Steigung gleich der gewählten Blechbreite angeordnet. Die Montage erfolgt so, daß zunächst der Boden mit erstem Spiralschuß aufgebaut und auf zwischenliegenden Rollen dann der oberste Schuß mit dem vollständigen Dach errichtet wird. Nach diesen vorbereitenden Arbeiten wird der Oberteil auf dem Unterteil um jeweils eine Blechlänge verdreht und je ein neues Blech an dem Oberteil angesetzt, bis der Behälter die vorgeschriebene Höhe erreicht hat. Dann werden die Rollen ausgebaut und die letzte Spiralnaht und die letzte Längsnaht gelegt. Der besondere Vorteil dieser Bauart liegt nicht nur darin, daß das Dach praktisch auf Geländehöhe aufgebaut werden

kann, sondern daß der Einbau der Mantelbleche immer an der gleichen Stelle vorgenommen wird, wodurch sich besondere Möglichkeiten für den Einsatz von Maschinen und Vorrichtungen ergeben. Ferner stellt der Mantel eine durchlaufende Spirale dar, so daß es auf die genaue Summenlänge der Bleche für einen Umfangsschuß nicht ankommt, während im herkömmlichen Behälterbau besondere Schwierigkeiten

Bild 1: Heizöltanks in Montage

Fig. 1: Fuel tanks under erection



durch nicht genaue Blechlängen eintreten können. Die Erfinder behaupten, daß sich Kosten und Zeitersparnisse in ganz bedeutendem Umfang ergeben, was durchaus möglich ist.

Der Einsatz von Schweißmaschinen beim Bau der Großbehälter ist sehr lockend, und die Kehlnähte der Bodenbleche werden heute bereits allgemein mit Automaten geschweißt. Nicht so einfach ist die Herstellung der Rundnähte, das heißt waagrechter Nähte an lotrechter Wand, aber auch hier sind bereits Verfahren entwickelt worden, die den Einsatz von Schweißautomaten ermöglichen. Größte Sorgfalt und Sauberkeit ist wie bei allen Automatschweißungen notwendig.

Die Behälter sind weiter mit einer Anzahl Ausrüstungen zu versehen, wozu Einstieg und Reinigungsöffnungen sowie verschiedene Anschlußstutzen am untersten Mantelschuß gehören. Da dessen Bleche sehr hoch beansprucht sind, müssen die Ausschnittöffnungen sachgemäß verstärkt werden, wobei im allgemeinen der Ersatz der herausgeschnittenen Fläche durch ein Doppelungsblech genügt. Da an diesen Stellen eine Anhäufung von Schweißnähten eintritt, ist es zweckmäßig, diese Teile bei großen Behältern und Wanddicken nach ihrer Fertigstellung einer Spannungsfreiglühung zu unterziehen. Die übrigen Ausrüstungsteile, wie Dacheinstieg, Leitern, Treppen, Podeste, Flüssigkeitsstandanzeiger usw. bieten nichts besonderes und sollten hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

Schon seit langem wurde erkannt, daß der Festdachbehälter bei Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkt und daher hohem Dampfdruck gewisse Nachteile besitzt. Beim Füllen und Entleeren des

Festdachbehälters, wie das im Laufe des Betriebes immer wieder vorkommt, bildet sich beim Entleeren ein mit Flüssigkeitsdämpfen gesättigter Luftpolster über der Flüssigkeit, der beim Füllvorgang durch die Behälterentlüftung ausgestoßen wird. Je niedriger der Siedepunkt der Flüssigkeit ist, um so höher werden die Verluste, die im Laufe der Betriebszeit entstehen. Man war daher bemüht, diesen atmenden Luftraum über der Flüssigkeit so klein als möglich zu halten und kam damit auf die Idee, das Dach auf der Flüssigkeit schwimmen zu lassen. In den Vereinigten Staaten ist es heute ebenso wie im Nahen Osten oder in vielen anderen Gebieten der Erde üblich, daß sowohl die leichten Destillate als auch Rohöle durchwegs in Schwimmdachbehältern gelagert werden. Es gelang auch unter schwierigen Witterungsbedingungen betriebssichere Dächer und Dichtungen herzustellen und es hat sich gezeigt, daß schon nach kurzer Betriebszeit die Mehrkosten des Schwimmdaches durch die Verringerung der Produktionsverluste hereingebracht werden können. In den letzten Jahren hat sich das Schwimmdach auch in Mitteleuropa durchgesetzt, und derzeit sind die ersten Schwimmdachbehälter Österreichs in Bau.

Das Prinzip eines Schwimmdaches ist sehr einfach. Es wird ein oben offener senkrechter zylindrischer Behälter gebaut, dessen oberer Rand zur Aufnahme der Windkräfte entsprechend versteift werden muß, und in diesem Behälter bewegt sich, auf der Flüssigkeit schwimmend, mit einem gewissen Spiel gegenüber der Wand, eine Dachscheibe auf und ab. Das Spiel zwischen Wand und Dach ist notwendig, da es nicht möglich ist, mittels eines Schweißvorganges eine genaue Passung zwischen Behälterwand und Dach herzustellen. Dieser Zwischenraum muß durch eine besondere Dichtung geschlossen werden, und für die Entwicklung dieser Dichtungs konstruktion wurde sehr viel Ingenieurarbeit aufgewendet. Heute kann man sagen, daß es einige verschiedene Dichtungssysteme gibt, die sich bewährt haben, und jeder Erfinder oder Hersteller schwört natürlich auf seine Dichtung als die beste. So ist es auch in unserem Lande, und wir sind der Ansicht, daß das von uns gewählte System der neuen Sicherheitsdichtung nach Wiggins das beste ist.

Für das Schwimmdach gibt es grundsätzlich drei Ausbildungsmöglichkeiten; das Ringponton-, das Doppeldeck- und das Pfannendach. Jede Dachform hat ihre besonderen betrieblichen oder ökonomischen Vorteile.

Das Doppeldeckdach ist bei weitem das widerstandsfähigste, der Luftraum zwischen den beiden Decks bildet eine gute Wärmeisolierung, aber das Dach ist schwer und sehr teuer. Trotzdem gibt es viele Käufer, die dieses Dach allen anderen vorziehen.

Das Gegenstück dazu ist das Pfannendach, das einfach aus einer Blechhaut und einem Randträger besteht. Bei großen Behältern muß die Blechhaut durch Stützen und Spanndrähte versteift werden, damit das Dach seine Tragfähigkeit behält.

Das heute am meisten verwendete Ringpontondach enthält als Tragelement einen schwimmenden Doppeldeckring, der etwa 25 bis 40 % der Dachfläche

bedeckt, und in dessen Innenraum eine Membran befestigt ist. Dieses Dach verdankt seine Beliebtheit wohl besonders dem Umstand, daß es außerordentlich betriebssicher ist, daß die Niederschlagswasserabführung einfach ist und daß die Kosten ertüchtig liegen.

Alle Dächer sind nach amerikanischen Empfehlungen so zu konstruieren, daß eine Regenhöhe von 250 mm innerhalb von 24 Stunden, bzw. das Leckwerden von zwei benachbarten Pontonkammern das Dach weder zum Kippen noch zum Sinken bringt.

Die Dachbleche haben eine Mindestdicke von 5 mm. Der Schwimmponton ist entsprechend auszusteuern und durch Schotte zu unterteilen. Ferner sind eine größere Anzahl Stützen vorzusehen, mittels derer das Dach sich bei Entleerung des Behälters auf dem Boden absetzen kann. Diese Stützen erhalten eine Verstellmöglichkeit für zwei Stellungen des Daches, nämlich von etwa 400–500 mm über Boden bei Betrieb und von etwa 1800 mm über Boden für Reinigung, Besichtigung oder Reparatur des Behälters. Das Dach ist ferner mit einer Entwässerung zu versehen, die man aber geschlossen halten soll, damit eine isolierende Wasserschicht auf der Membrane bestehen bleibt. Es erhält ferner verschiedene Mannlocheinstiege sowohl in die Pontonabteilungen als auch in den Behälter, und es ist eine rollende Leiter vom Behälterrind zum Dach anzuordnen. Die Entwässerung kann mit Schläuchen oder Gelenkrohren ausgerüstet werden. Man war früher der Ansicht, daß zusätzlich zu den gewöhnlichen Entwässerungen noch eine Notentwässerung vorzusehen sei, die automatisch über einen Siphon das Wasser durch das Produkt abzuleiten habe, aber es hat sich gezeigt, daß die Notentwässerung das Produkt auf das Dach austreten läßt, wenn das Wasser im Siphon verdunstet.

Da das Dach für eine Wasserlast von 250 mm Wassersäule bemessen ist, halten wir heute eine Notentwässerung nicht nur für nicht notwendig, sondern sind der Ansicht, daß diese wegen erhöhter Brandgefahr schädlich ist.

Der wichtigste Teil des Schwimmdaches ist die Dichtung, weil von deren Güte die Verluste abhängen. Wir sind der Ansicht, daß die neue Sicherheitsdichtung nach Wiggins heute in bezug auf Einfachheit, Betriebssicherheit und Wirksamkeit die beste ist. Sie besteht aus einem Gleitblechring aus verzinkten oder nichtrostenden Stahlblechen, der an der Tankwand gleitet und in die Flüssigkeit taucht. Dieser aus vielen Teilen von etwa 3,6 m Länge bestehende und mit Dehnungsausgleichern aus Gummi versehene Ring wird von am Pontonrand befestigten Hebeln gehalten und durch Federbügel an den Tankmantel angedrückt. Diese Federn übernehmen automatisch die Zentrierung des Daches, während der Hebelmechanismus dafür sorgt, daß bei praktisch allen möglichen Abständen zwischen Pontonrand und Wand die Gleitbleche auf gleicher Höhe bleiben und stets in die Flüssigkeit eintauchen. Der Spalt zwischen Gleitblechen und Dach wird durch eine endlose Dichtungsschürze aus benzin- bzw. ölfestem Gummi abgedichtet, so daß die Dampfverluste möglichst gering

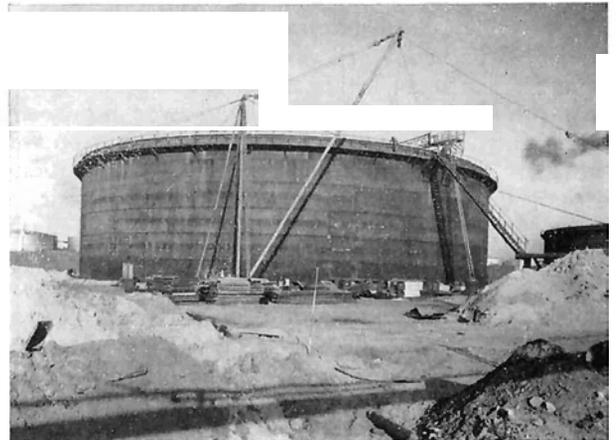
werden. Die ganze Dichtungs-konstruktion wird durch Wetterschutzbleche vor Witterungseinflüssen geschützt. Eine Drehung des Daches gegenüber dem Behälter wird durch ein besonderes Standrohr verhindert.

Die besonderen Vorzüge dieser neuen Dichtung sehen wir in folgendem:

1. Geringster Gasraum zwischen Dichtungsschürze und Flüssigkeitsspiegel, somit geringste Dampfverluste durch den unvermeidlichen Spalt zwischen

Bild 2: Schwimmdachtank

Fig. 2: Floating roof tank



Schuh und Tankwand und geringste Feuersgefahr bei Bränden. Die Feuersgefahr wurde in den Vereinigten Staaten experimentell untersucht und dabei nachgewiesen, daß nach einer Zündung eines Gas-Luft-Gemisches im Raum zwischen Dichtung und Flüssigkeitsoberfläche nur eine geringe Verpuffung eintritt, so daß die Dichtungsschürze kaum angehoben wird.

2. Sämtliche mechanischen Teile befinden sich außerhalb des Gasraumes, das heißt in der freien Luft, und sind keinerlei korrodierenden Einflüssen eines Dampf-Luft-Gemisches ausgesetzt.
3. Die Wetterbleche schützen den Gummi sowie die mechanischen Teile vor Witterungseinflüssen, wodurch eine besonders lange Lebensdauer der Dichtungsschürze erreicht wird.
4. Die Gleitbleche aus dünnem Stahlblech sind so weich, daß sie sich jeder Unregelmäßigkeit des Tankmantels anpassen können und somit eine besonders gute Dichtung ergeben. Zusätzlich kann an der Oberkante der Gleitbleche eine Sekundärdichtung aus Gummi angeordnet werden.

Soweit uns bekannt ist, wurden in den letzten Jahren in Deutschland allein etwa 15 km dieser Dichtung eingebaut, ohne daß irgendwelche Nachteile bekannt geworden sind, und so sind auch wir der Überzeugung, daß diese Dichtung sich in den ersten Schwimmdachbehältern in Österreich bewähren wird.

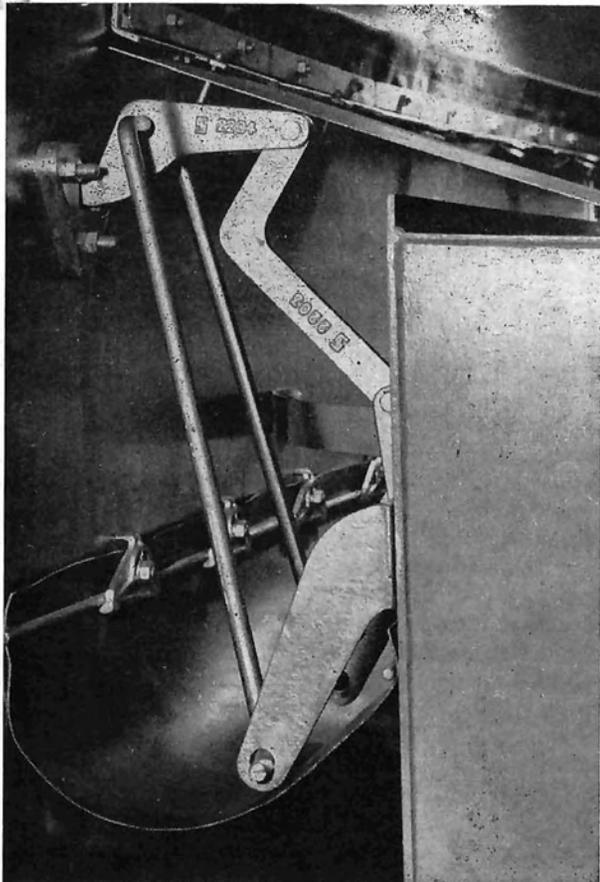
Damit habe ich zunächst über das Wichtigste aus dem Großbehälterbau gesprochen, und wenn auch Verschiedenes zu sagen übergangen werden mußte,

so war eine Beschränkung bei der Fülle des zur Verfügung stehenden Stoffes durchaus notwendig. Es gibt natürlich auch andere Lagerbehälter, zum Beispiel in zylindrischer Form mit beiderseits angeschweißten Böden, die liegend oberhalb oder unterhalb der Erdoberfläche eingebaut werden können, und die mit Inhalten von 2000–50 000 Litern vor allem bei Tankstellen, bei Benzin- und Öllagern usw. in großer Zahl verwendet werden. Sie bilden jedoch, vom Standpunkt des Technikers aus gesehen, nichts Besonderes und können hier übergangen werden.

Wir kommen nun zu den Druckbehältern, also den abnahmepflichtigen Geräten, für die die verschiedensten Vorschriften bestehen. Alle in Österreich betriebenen Druckbehälter unterliegen, wie schon eingangs erwähnt, der Dampfkesselverordnung und den Werkstoff- und Bauvorschriften und sind dementsprechend zu berechnen, zu konstruieren und herzustellen. Da wir in Österreich aber auch, und zwar in großem Maße, auf den Export angewiesen sind, müssen wir auch Druckgefäße nach den verschiedensten ausländischen Vorschriften herstellen. Diese Vorschriften sind nicht nur von Land zu Land, sondern leider oft auch von Käufer zu Käufer verschieden, und zwar so sehr, daß die berechneten Wanddicken manchmal bis zu 50 % voneinander abweichen können. Der

Bild 3: Schwimmdachdichtung, System Wiggins „New Safety Seal“

Fig. 3: Floating roof seal, system Wiggins „New Safety Seal“



Konstrukteur und auch der Hersteller von Druckgefäßen muß daher in diesen Vorschriften sehr gut bewandert sein, sonst kann es ihm passieren, daß er einen übernommenen Auftrag schließlich gar nicht ausführen kann.

Für Druckbehälter zur Verwendung in der Erdölindustrie, gleichgültig, ob auf Ölfeldern oder in Raffinerien oder in der Petrochemie, werden heute meistens die amerikanischen Vorschriften nach dem ASME Code zugrundegelegt. Diese Vorschriften sind sehr weitgehend, und wenn man dieses Werk gut kennt, kann man ziemlich alle auftauchenden Fragen, gleichgültig, welcher Art, beantworten. Man findet in diesem Buch nicht nur Vorschriften für die zur Verwendung zugelassenen Werkstoffe und Formeln für die Berechnung der Mäntel und Böden, sondern ebenso Vorschriften für die Verstärkung von Ausschnitten, für die Berechnung von Platten, Flanschen und Flanschverbindungen, Vorschriften für die Herstellung, das Spannungsfreiglühen, die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung usw. Es gibt meines Wissens kein zweites Normenwerk, das so erschöpfende Auskunft über jede Frage gibt.

Unsere österreichischen Vorschriften decken sich weitgehend mit den deutschen Vorschriften für Werkstoff und Bau von Dampfkesseln, doch sind bei uns diese Vorschriften für Dampfkessel auch bindend der Berechnung und der Konstruktion von Druckgefäßen zugrunde zu legen.

Zunächst dürfen daher abnahmepflichtige Druckgefäße nur aus Kesselblechen hergestellt werden, die normal zu glühen sind und für die Schweißbarkeit, Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung, Kerbschlagzähigkeit und Biegefähigkeit gewährleistet werden müssen. Zum Unterschied von anderen Ländern sind in der ÖNORM M 3121 „Stahl für Behälter und Kessel“ nur vier Festigkeitsstufen, nämlich die Stähle St 35 KT, St 41 KT, St 44 KT und St 47 KT erfaßt, die sich weitgehend mit den deutschen Stählen H I bis H IV nach der DIN 17155 decken. Die Bleche sollen in der Regel keine höhere Zugfestigkeit als 56 kg/mm² haben, doch können Ausnahmen zugelassen werden. Wir verwenden daher auch laufend die übrigen in DIN 17155 festgelegten Kesselstähle, auch wenn die Festigkeit des Stahles 19 Mn5 höher liegt. Für die Werkstoffe sind die vorgeschriebenen Güterwerte blechweise nachzuweisen; ab 44 kg/mm² ist eine Sachverständigenbescheinigung vorgeschrieben, für die weicheren Blechsarten genügt die Werksbescheinigung.

Die Werkstoffauswahl ist vom Konstrukteur überlegt durchzuführen, denn sie bestimmt in hohem Maße die Wirtschaftlichkeit. Da die Österreichischen Vorschriften der Berechnung der Werkstoffquerschnitte grundsätzlich die Warmstreckgrenze, bzw. bei höheren Temperaturen die DVM-Kriechgrenze zugrundelegen, sind diese Werte besonders zu beachten. Man versucht zunächst, mit den vier normalen Festigkeitsstufen auszukommen, nimmt dann bei Raumtemperaturen und hohen Drücken den Stahl 19 Mn5, während für Temperaturen über 400° C nur mehr warmfeste Stähle, wie 15 Mo3 mit etwa 0,3 % Mo, bzw. für höhere Beanspruchungen 13 Cr Mo 44 mit etwa 1 % Cr und 0,4 % Mo in Frage kommen. Be-

sondere Vorsicht verlangt das Vorhandensein von Druckwasserstoff, da gegen diesen die üblichen Stähle nicht mehr genügend beständig sind und es sind dann höher legierte Stähle mit mehr als 2 % Cr und etwa 1 % Mo, wie zum Beispiel 10 Cr Mo 910 zu verwenden. Die enge Zusammenarbeit in der österreichischen Industrie zwischen Stahlhersteller und Verbraucher gibt die Gewähr, daß die für den vorliegenden Betriebsfall bestgeeignete Stahlsorte gewählt wird.

Während nach den österreichischen Vorschriften eine Erhöhung der Warmstreckgrenze gegenüber den Normstählen bei der Berechnung zu einer Wanddickenverminderung führt, ist dies bei den amerikanischen Vorschriften nicht der Fall, da nach dem ASME-Code für Temperaturen bis 343° C allgemein mit einem Viertel der Zugfestigkeit als Berechnungsspannung gerechnet wird. Die VOEST hat auf Grund der in Europa vorliegenden Verhältnisse, das heißt wegen des Berechnungsaufbaues auf der gewährleisteten Mindestwarmstreckgrenze einen alterungsbeständigen, aluminiumhaltigen, gut schweißbaren und hochfesten Kesselsonderstahl Altherm entwickelt, der trotz Fehlens der Legierungselemente Cr und Mo beträchtlich höhere Streckgrenzenwerte als der Stahl 19 Mn5 aufweist. So beträgt zum Beispiel bei 300° C die gewährleistete Warmstreckgrenze 26 kg/mm² gegenüber nur 23 kg/mm² beim letzteren.

Für Behälter und Apparate, die bei sehr tiefen Temperaturen verwendet werden, kommen Sonderstähle in Frage, die besonders bei hohen Drücken trotz hoher Festigkeit noch eine genügende Zähigkeit bei der Betriebstemperatur aufweisen müssen. Vom Käufer wird dann meist eine Kerbschlagzähigkeit an der DVM-Probe von 6 mkg/cm² bei zum Beispiel -50° C vorgeschrieben. Die Herstellung solcher Stähle bietet heute kaum mehr Probleme, und es wurden auf diesem Gebiet bei uns im Laufe des Wasserkraftausbaues bereits beträchtliche Vorarbeiten geleistet.

In der Erdöl- wie auch in der chemischen Industrie gibt es verschiedene Stoffe, die Kohlenstoff- oder niedriglegierte Stähle angreifen, so daß zur Verwendung korrosionsfester und säurebeständiger Stähle geschritten werden muß. Diese Sonderstähle, hauptsächlich vom Legierungstyp 13 % Cr bzw. 18 % Cr und 8 % Ni sind außerordentlich teuer, so daß nur kleine Behälter oder Apparate, auf die wir hier nicht näher eingehen wollen, aus diesen Stählen hergestellt werden können. Für große Behälter ergibt sich zwangsläufig eine Trennung der Aufnahme des Druckes und der Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe. Die Druckaufnahme erfolgt in üblicher Weise durch einen für die gegebenen Betriebsverhältnisse bemessenen Behälter aus normalen Kesselstählen, der an seiner Innenseite eine Auskleidung von nur wenigen Millimetern Dicke mit dem erforderlichen Widerstand gegen chemische Angriffe erhält.

Grundsätzlich kann diese Auskleidung auf zwei verschiedene Arten aufgebracht werden, nämlich nach Fertigstellung des Gefäßes durch Aufschweißung dem Behälter angepaßter Blechstücke oder aber durch Aufwalzung einer korrosionsfesten Schichte auf das Blech im Walzwerk, das heißt, durch

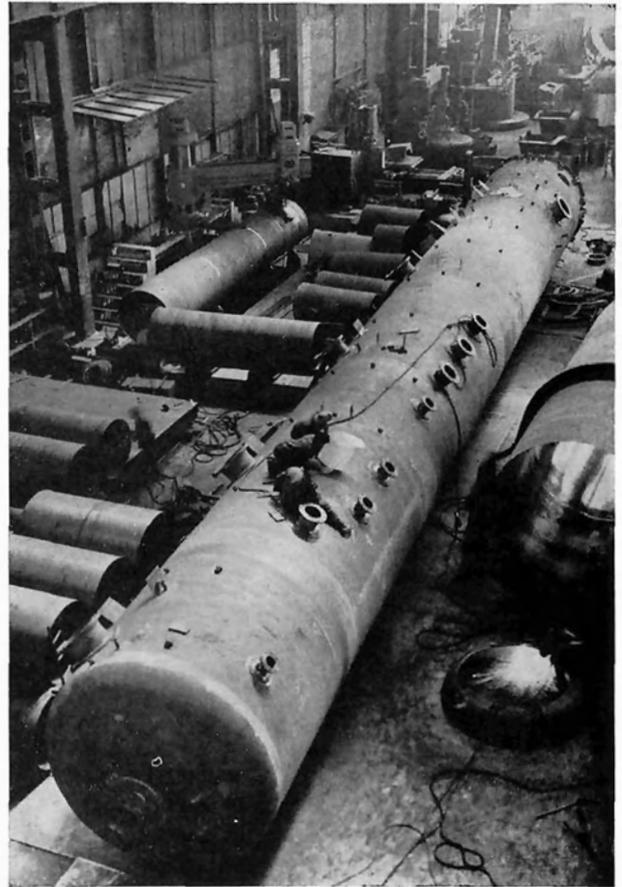


Bild 4: Trennkolonne in Fertigung

Fig. 4: Separating column in fabrication

Herstellung plattierter Bleche. Welches Verfahren man verwendet, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit und der technischen Möglichkeiten, da nämlich die aufgewalzte Plattierung eine gewisse Mindestdicke aufweisen muß, die etwa 10 % der Blechdicke betragen soll. Bei größeren Wanddicken kann mit der Plattierungsstärke unter diesen Wert heruntergegangen werden, und wir verarbeiten derzeit Bleche mit dem Grundwerkstoff 15 Mo3 in 69 mm Dicke, während die Plattierung aus 13%igem Chromstahl nur eine Dicke von 3 mm hat. Man kann daher allgemein nur sehr schwer sagen, welches Verfahren zweckmäßig ist, sondern man muß von Fall zu Fall entsprechende Untersuchungen anstellen. Selbstverständlich können plattierte Bleche nur für die Hauptblechteile verwendet werden, während Stützen, Flansche und andere unregelmäßige Stücke auf alle Fälle ausgekleidet oder mit Auftragschweißung korrosionsfest gemacht werden müssen.

Heute werden aber nicht nur korrosionsfeste Stähle aufplattiert, sondern auch das in der Erdölindustrie mehrfach verwendete Monel, eine Legierung von etwa 70 % Nickel und 30 % Kupfer kann heute einwandfrei plattiert werden. Die unregelmäßigen Stücke werden dann ebenfalls mit Blechen von meist 1-1,5 mm Dicke ausgekleidet.

Aus vorstehender kurzer Einführung ist bereits zu entnehmen, daß im Druckbehälterbau der Kenntnis der vielen verschiedenen zur Verwendung kommenden Werkstoffe große Bedeutung zukommt. Der Hersteller muß nicht nur ihre technologischen Werte kennen, sondern er muß auch über ihre Verarbeitungsmöglichkeiten und die zugehörigen Vorschriften auf das genaueste unterrichtet sein, will er im Laufe der Herstellung nicht böse Überraschungen erleben.

Nach der Besprechung der Werkstoffe wollen wir uns zunächst den Bauvorschriften zuwenden.

Zylindrische Druckbehälter, gleichgültig, ob sie liegend oder stehend eingebaut sind, werden im allgemeinen an beiden Enden durch gewölbte Böden abgeschlossen, für deren Ausbildung gewisse Vorschriften bestehen. Der Wölbungshalbmesser darf nicht größer als der Nenndurchmesser des Behälters und der Krempelhalbmesser muß wenigstens ein Zehntel des Wölbungshalbmessers betragen. Dies ist die sogenannte Klöpferform, es ist aber günstiger, Böden der Korbbogen- oder Ellipsenform zu verwenden, deren Höhe ein Viertel des Behälterdurchmessers beträgt. Damit wird der Wölbungshalbmesser gleich 90 % und der Krempelhalbmesser gleich 18 % des Behälternenndurchmessers. An Stelle solcher gewölbter Böden können auch Halbkugeln, Kegel oder kegelige Übergänge zwischen Schüssen verschiedenen Durchmessers verwendet werden, die ebenfalls mit genügend großen Übergangshalbmessern an die zylindrischen Teile anzuschließen sind.

Ab 850 mm Innendurchmesser sind die Behälter mit einer Einstiegmöglichkeit zu versehen, für kleinere Durchmesser genügt eine Besichtigungsöffnung. Bei Vorhandensein eines Mannloches beträgt der Probedruck das 1,3fache des Betriebsdruckes, während sonst der 1,5fache Betriebsdruck anzuwenden ist. Bei der Berechnung der Behälter ist daher auch stets zu untersuchen, ob die aus dem Betriebsdruck errechneten Abmessungen dem Probedruck genügen. Insbesondere bei Behältern, die für Betrieb bei Raumtemperaturen bemessen sind, kann sehr häufig der Probedruck für die Bemessung maßgebend werden.

Alle Öffnungen in den Böden und Mänteln sind durch aufgeschweißte Bleche zu verstärken, wobei es

genügt, in üblicher Weise den in der Wand fehlenden Werkstoff durch das Verstärkungsblech zu ersetzen.

Beim Entwurf eines Druckbehälters muß weiter über die Schweißnahtwertigkeit entschieden werden. Seit 1954 darf in Österreich für Längsschweißnähte, die von beiden Seiten geschweißt und besichtigt werden können, grundsätzlich der Schweißfaktor 0,8 eingesetzt werden, wenn diese Nähte von geprüften Schweißern hergestellt werden. Der zuständige Abnahmebeamte ist berechtigt, entsprechende zerstörungsfreie Prüfungen vorzunehmen, wenn er an der Güte der Schweißnähte Zweifel hegt. Darüber hinaus können an einzelne Hersteller für bestimmte Werkstoffe und Schweißverfahren unter bestimmten Bedingungen Ausnahmegenehmigungen für eine höhere Bewertung der Schweißnähte erteilt werden, die aber bis heute über 0,9 nicht hinausgegangen sind. Bei dieser Höherbewertung wird im allgemeinen ein blechebenes Abschleifen der Nähte und eine 100%ige, zerstörungsfreie Schweißnahtprüfung vorgeschrieben.

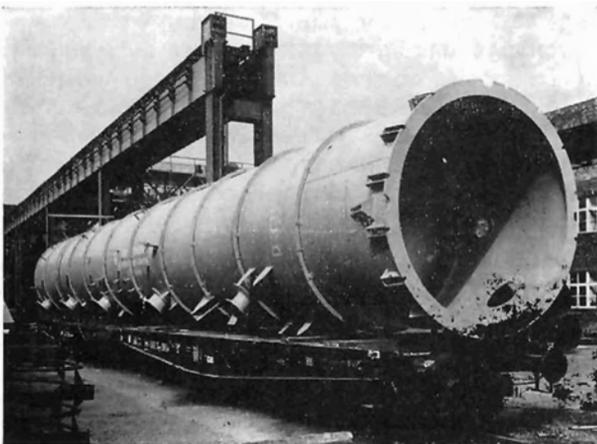
Bezüglich einer Glühbehandlung der fertigen Werkstücke legen unsere Vorschriften fest, daß von dieser nur dann abgesehen werden darf, wenn der Schweißfaktor nicht höher als 0,8 ist, wenn die Wanddicke höchstens 25 mm beträgt, wenn Stähle der Festigkeitsstufe I und II verwendet wurden und wenn die Nähte nach Fertigstellung über die ganze Länge besichtigt werden können. Andererseits genügt aber ein Spannungsfreiglühen, wenn nachgewiesen wurde, daß die spannungsfreieglühten Schweißverbindungen den Forderungen für höher bewertete normal glühte Schweißverbindungen entsprechen. Auf diesen Punkt komme ich bei der Besprechung der Werkstofffertigung noch zurück, aber wir können schon hier feststellen, daß es bei den heutigen Elektroden und Schweißverfahren durchaus möglich ist, eine Normalglühung des ganzen Behälters zu vermeiden. Das Normalglühen ist nicht nur teuer, sondern bringt auch bei sorgfältigster Ausführung immer die Gefahr mit sich, daß sich die Stücke unkontrollierbar verformen können und dann verworfen werden müssen. Der Konstrukteur hat aber auf alle Fälle die Entscheidung zu treffen, ob er nicht zweckmäßigerweise durch Verwendung einer anderen Stahlsorte eine Glühbehandlung vermeiden kann.

Bei der Ausbildung stehender und langer Behälter mit kleinen Durchmessern ist auf Windbelastung und Belastungen durch Treppen und angehängte Rohrleitungen Rücksicht zu nehmen, während bei liegenden Behältern großen Durchmessers mit dünner Wand der Auflagerung auf Sätteln besonderes Augenmerk zu schenken ist. Die an Kraffeinleitungs- oder Auflagerstellen entstehenden zusätzlichen Biegespannungen der Behälterwand sind abzuschätzen oder zu berechnen und durch entsprechende Vorkehrungen niedrig zu halten.

Aus den bisherigen Ausführungen ist zu entnehmen, daß schon bei der Konstruktion von Druckbehältern sehr viele Dinge zu beachten sind, und gleiches gilt für die Materialbeschaffung und die Herstellung. Bei der Materialbeschaffung dürfen vor allem keine Abnahmevorschriften übersehen werden, denn ein

Bild 5: Trennkolonne, 3,0 m Durchmesser, 29 m lang

Fig. 5: Separating column, 3,0 m diameter, 29 meters long



solches Versehen erfordert nicht nur meist sehr kostspielige Sonderleistungen, sondern es kann zur Nichtzulassung des angelieferten Werkstoffes durch den Abnahmebeamten führen. Es sind daher auch bei der Bestellung schon die entsprechenden Werkstoffnachweise vorzuschreiben.

Die Herstellung eines Druckbehälters ist mit dem zuständigen Abnahmebeamten zu besprechen, da fast jede Abnahmegesellschaft ihre Sonderwünsche hat. Besonders ist darauf zu achten, daß manche Abnahmegesellschaften auch für Kleinteile abgenommene Werkstoffe vorschreiben, und daß daher im Zuge der Herstellung keine Umstempelung der einzelnen Teile übersehen werden darf. Wir haben heute in unseren Werkstätten eine so strenge Überwachung organisiert, daß praktisch jeder Stücklistenteil vom Rohmaterial bis zu seinem Einbau laufend verfolgt und überwacht wird, und wir haben festgestellt, daß diese Überwachung sehr wirtschaftlich ist, weil sie uns an anderen Stellen erhebliche Mehrkosten durch Werkstoffausfälle oder Mehrarbeit erspart.

Die Herstellung beginnt mit der Kontrolle der angelieferten Teile, mit der Festlegung der endgültigen Mantelmaße, damit diese an die angelieferten Böden passen und nach dem Hobeln der Blechkanten erfolgt das Einrollen. Bei geringen Wanddicken bis etwa 40–50 mm treten keine besonderen Schwierigkeiten auf, da man diese Bleche kalt anbiegen, einrollen und nach dem Schweißen kalt nachrollen kann. Wesentlich schwieriger wird die Arbeit bei größeren Blechdicken, da dann keinerlei Verformung im kalten Zustand möglich ist. Es kommen dann Fälle vor, daß eine Blechtafel mehrere Male in den Ofen muß, denn sie muß angebogen, eingerollt, geschweißt und endlich nachgerollt werden. Das Anarbeiten der Schweißkanten kann man nicht mehr auf einer Blechkantenhobelmaschine vornehmen, sondern diese müssen nach dem Anbiegen mit besonders geformten Fräsern hergestellt werden. Die Herstellzeit wächst ins Ungeheure wegen der vielen notwendigen Arbeitsgänge und wegen des mehrmaligen Anwärmens und Wiederausköhlens. Dabei muß bei jeder Wärmebehandlung die Vorschrift des Stahlherstellers beachtet werden, damit das fertige Stück die gleichen Gütewerte wie das gelieferte Blech aufweist.

Das Schweißen der Längs- und Rundnähte erfolgt heute vorwiegend automatisch, meist mit dem Unterpulververfahren. Die Schweißungen sind einwandfrei, wenn auf genügende Sauberkeit der Schweißkanten geachtet wird und wenn der Schweißer den Schweißvorgang sorgfältig überwacht. Die Schweißverfahren müssen für verschiedene Werkstoffe und Blechdicken probeweise festgelegt werden, und man kann dann mit der automatischen Schweißung nicht nur absolut reine Schweißnähte mit ausgezeichnete Festigkeit erzielen, sondern man kann auch Kerbschlagwerte erreichen, die durchaus im Rahmen guter Handschweißungen liegen. Es ist hierzu nur notwendig, daß das Schweißgut in genügend kleinen Lagen eingebracht wird, das heißt, man darf die Abschmelzleistung und damit die Stromstärke nicht zu hoch wählen. Langjährige Erfahrungen haben uns gezeigt, daß es jederzeit möglich ist, auch für legierte



Bild 6: Kesseltrommel, 2,2 m Durchmesser, 50 kg/cm²

Fig. 6: Boiler drum, 2,2 m diameter, 50 kg/cm²

Stähle ein Schweißgefüge zu erreichen, welches ein nachträgliches Normalglühen nicht erforderlich macht.

Nach Herstellung der Trommel sind die Ausschnitte für die Stützen anzufertigen, die nur bei untergeordneten Stücken autogen geschnitten, bei dicker Wand und hochwertigen Stücken jedoch mechanisch herausgearbeitet werden. Durch die mechanische Bearbeitung kann man Stützen und Verstärkungsbleche so genau an die Trommel anpassen, daß beim anschließenden Schweißen keine besonderen Schwierigkeiten entstehen. Das Einschweißen aller dieser Teile muß sehr sorgfältig erfolgen und kann nur von geübten Schweißern ausgeführt werden, da sonst an diesen Stellen leicht Undichtheiten auftreten. Es erfolgt von Hand mit ummantelten Elektroden oder durch Schweißung mit Schutzglas. Das Anreißern, das Anarbeiten der Öffnungen und das Einsetzen und Einschweißen der Stützen muß mit solcher Genauigkeit durchgeführt werden, daß die vorgeschriebenen Maßtoleranzen auch nach dem Schweißen eingehalten werden können.

Während der Herstellung muß das Stück laufend von der Werkstattkontrolle überwacht und jede Abweichung von den Sollmaßen sofort beachtet werden, damit noch entsprechende Schritte unternommen werden können. Dann aber kommt der Augenblick, wo der Behälter soweit fertig ist, daß er zur endgültigen Abnahme vorgelegt werden kann. Nach Vorschrift sind die entsprechenden Wärmebehandlungen durchzuführen, wobei kleinere Behälter im Ganzen in einem Herdwanenofen oder in einer Glühgrube behandelt werden können. Große Behälter müssen in Teile zerlegt und die letzten Rundnähte mit besonderen Ringglühöfen spannungsfrei geglüht werden. Unter bestimmten Voraussetzungen kann auch eine Ausnahmegenehmigung dahingehend gegeben werden, daß nur Längsnähte, nicht aber die Rundnähte geglüht werden müssen, wie dies zum Beispiel bei derzeit von uns gelieferten großen Lagerbehältern mit 3,6 m Durchmesser der Fall ist.

Auf das Glühen folgt die Druckprobe und der Anstich, worauf der Behälter das Werk verlassen kann

und dem Käufer übergeben wird. Sorgfältige Werkstattarbeit und genaue Überwachung geben die Gewähr dafür, daß jedes Stück seinem Verwendungszweck entspricht und anstandslos seinen Dienst versehen wird.

Zu den Druckbehältern gehört noch eine Gruppe, die erst in den letzten Jahren Bedeutung gewonnen hat; es sind dies Lagerbehälter für Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten unter Druck in Kugelform. Die Kugel besitzt bekanntlich bei gegebenem Inhalt die kleinste Fläche und ergibt bei gleichen Betriebsbedingungen die kleinste Wanddicke, da sie einen in allen Richtungen gleichen Spannungszustand aufweist. Diese Kugeln, die zuerst in recht bescheidenen Abmessungen gebaut wurden, besitzen heute schon Inhalte von mehreren tausend m³ und stellen beachtliche Bauwerke dar. Auch in Österreich wurden schon einige dieser Kugeln gebaut, die als Hochdruckgasspeicher für Erdgas dienen, wie zum Beispiel ein solcher mit 3000 m³ Inhalt bei rund 18 m Durchmesser für einen Betriebsdruck von 3,6 atü.

Zum Abschluß ist noch eine Gruppe von Behältern erwähnenswert, deren Erzeugung in Österreich erst in den letzten Jahren aufgenommen wurde, nämlich die Dampf- und Wassertrommeln von Dampferzeugern. Diese Behälter erreichen bei hohen Drücken und großen Dampfleistungen ganz beträchtliche Abmessungen und werden öfter mit zwei verschiedenen Wanddicken ausgeführt. Im Bereich der eingewalzten Rohre ist die Schwächung der Trommelwand sehr groß und damit auch die Wanddicke, während man den übrigen Teil mit wesentlich geringerer Wanddicke ausführen kann.

Solange diese Trommeln für Landdampfkessel bestimmt und von den technischen Überwachungsvereinen abgenommen werden, gilt das bereits für Druckbehälter Ausgeführte. Viel komplizierter liegen aber die Dinge, wenn es sich um Trommeln für Schiffskessel handelt, da diese dann einer Abnahme durch eine oder auch mehrere Klassifizierungsgesellschaften unterliegen. Weil bei Schiffen sehr hohe Versicherungsbeträge in Frage kommen, sind die Abnahmebedingungen entsprechend hart, aber leider auch noch von Gesellschaft zu Gesellschaft verschieden, und keine Gesellschaft kann die Abnahme einer anderen anerkennen.

Zunächst muß man als Herstellerwerk zugelassen werden, und wir freuen uns, daß wir die Zulassung zur Herstellung von Druckbehältern der Klasse 1 durch Lloyds Register of Shipping besitzen, eine Zulassung, die nur nach strenger und gewissenhafter Prüfung der Werkstätteneinrichtungen und der Arbeitsbedingungen gegeben wird.

Die zur Verwendung kommenden Werkstoffe, Schweißelektroden und auch die Schweißverfahren

müssen zugelassen sein, und jeder Teil muß abgenommen werden, wie auch die ganze Herstellung durch die Abnahmebeamten auf das gewissenhafteste überwacht wird. Die besondere Schwierigkeit liegt leider darin, daß jede Gesellschaft ihre eigenen Vorschriften nicht nur bezüglich der Werkstoffgüten und Abnahme, sondern auch bezüglich der Berechnung und Ausführung hat, und so kann es vorkommen, daß an und für sich vollkommen gleiche Betriebsbedingungen zu verschiedenen Trommelausführungen führen. Besonders kraß sind zum Beispiel die Unterschiede in den Bodenwanddicken, und hier im einzelnen wieder die Unterschiede zwischen Böden mit und ohne Mannloch. Da die Gesellschaften ihre Abnahmen nicht gegenseitig anerkennen können, ist es notwendig, Kleinteile, wie Schmiedestücke, Rohre, Flansche usw. stets schon bei der Bestellung möglichst von allen Gesellschaften abnehmen zu lassen, um bei einer Auftragserteilung ein passendes Stück zur Hand zu haben, denn die Konkurrenz ist groß, und die Liefertermine sind oft entscheidend.

Bei der Herstellung der Kesseltrommeln ist natürlich ebenfalls größte Sorgfalt und Genauigkeit maßgebend, so besonders bei der Herstellung der Bohrungen oder der Schweißstutzen, deren Zahl oft in die Hunderte geht. Für das Aufschweißen der Stutzen kommt vor allem die Schutzgasschweißung in Frage. Die übrigen Herstellungsvorgänge sind die gleichen, wie bei Druckbehältern, die Druckproben werden durch das Verschweißen der vielen Stutzen und das nachträgliche Anarbeiten der Schweißkanten an dieselben langwierig.

Ich komme damit zum Schluß meiner Ausführungen, mit denen ich nichts anderes als einen Querschnitt durch unsere Arbeit auf dem Gebiet des Behälterbaues geben wollte. Die ausgezeichnete Zusammenarbeit zwischen Stahlhersteller und -verarbeiter einerseits und den Abnahmebeamten der technischen Überwachungsvereine und der Klassifizierungsgesellschaften andererseits haben uns die Möglichkeit gegeben, hier in ein Arbeitsgebiet einzudringen, dessen Erzeugnisse vor wenigen Jahren noch in unser Land eingeführt werden mußten, während wir heute in bezug auf Qualität und Preis im Rahmen unserer Herstellungsmöglichkeiten mit der ganzen Welt konkurrieren können, wie unsere Erfolge beweisen. So werden wir in unseren Werkstätten im Laufe dieses Jahres 160 Druckbehälter mit einem Gewicht von etwa 1900 t und 36 große Lagerbehälter mit einem Gewicht von fast 6000 t hergestellt haben. Etwa 30 % der Druckbehälter und 40 % der Lagerbehälter verlassen unser Land, tragen unseren Namen hinaus in die Welt, und wir können mit Zuversicht hoffen, daß diese günstige Entwicklung sich auch in Zukunft fortsetzen wird.

Werkstoff Stahl im Kohlenbergbau Österreichs

Von Dipl.-Ing. Franz Gumbach, Zeltweg

Die Anwendung von Stahl hat im europäischen Kohlenbergbau in den Jahren nach dem Krieg an Bedeutung ständig zugenommen. Auch Österreichs Kohlengruben haben sich dieser Entwicklung nicht verschlossen.

Es sei dabei vorausgestellt, daß die Kohlenvorräte unseres Landes im Vergleich zu jenen unserer rundumliegenden Nachbarn sehr gering sind. Bei Beibehaltung unserer gegenwärtigen Produktion von zirka 6,5 Millionen Jahrestonnen ist in 45 Jahren unsere Kohlensubstanz, die einschließlich wahrscheinlicher Vorräte auf 300 Millionen Tonnen geschätzt wird, nahezu abgebaut.

Der Schwerpunkt unserer Kohlenproduktion liegt mit 92% der Gesamtförderung Österreichs in den Bundesländern Steiermark, Oberösterreich und Kärnten. Der Rest stammt aus Niederösterreich und dem Burgenland.

Die in der Steiermark liegenden Gruben der Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft sind an der österreichischen Kohlenförderung mit etwa 50–60% beteiligt. Hier liegen die Glanzkohlenvorkommen von Fohnsdorf, Seegraben und Bergla und das Lignitkohlenrevier von Köflach. Im benachbarten Bundesland Kärnten beträgt der Förderanteil der Braunkohle des Lavanttales 10% und jener des Bundeslandes Oberösterreich mit dem Wolfsegg-Trauntaler Lignitvorkommen und der Braunkohle von Trimmelkam 22% der inländischen Kohlenproduktion.

Steinkohle fördert Grünbach in Niederösterreich. Der Steinkohlenanteil Österreichs liegt bei 2% des Kohlengesamtaufbringens.

Mehr als 50% der Inlandkohle werden an die Industrie abgegeben, wobei die Papier-, Eisen- und Metallindustrie als Hauptverbraucher aufscheinen. 17% der Förderung werden im Hausbrand und 8% für Verkehr und Gaswerke abgesetzt.

Die Dampfkraftwerke verbrauchen etwa 24% der in Österreich geförderten Kohlen. Sie sind Hauptabnehmer der Gruben Köflach, St. Stefan und Langau.

Im letzten Jahrzehnt hat der österreichische Kohlenbergbau die als Nachholbedarf notwendigen und hinsichtlich Kohlevermögen wirtschaftlich vertretbaren Investitionen großzügig geplant und durchgeführt. Hier sind zu nennen die Schacht- und Zechenueanlagen der Braunkohlenbergbaue Trimmelkam, Sankt Stefan-Wolkersdorf, Tauchen, das Revier von Köflach und Fohnsdorf.

Das Vorkommen Trimmelkam der Salzach-Kohlenbergbau Ges. m. b. H., liegt 40 km nördlich von Salzburg an der bayrischen Grenze. Der Aufschluß erfolgte ab 1946 durch eine modern eingerichtete Doppelschachtanlage. Wegen des damals herrschenden Stahlmangels wurden die Schachttürme in Beton erbaut. Die obertägigen, maschinellen Einrichtungen

wurden von österreichischen Maschinenfabriken gefertigt.

Untertage sind sämtliche Strecken des weitläufigen Grubengebäudes in Stahlringen ausgebaut. Die Kohlenförderung aus den Revieren ist durch Fließfördermittel bis zu den Schachtfüllörtern voll mechanisiert.

Die Großschachtanlage Wolkersdorf der Lavantaler Kohlenbergbau Ges. m. b. H. ist mit einer Skip- und einer Gestellförderung für eine Tagesleistung von 3000 t Rohkohle ausgelegt. Sie dient als Kohlenversorgungsbasis des naheliegenden Kraftwerkes St. Andrä der Österreichische Draukraftwerke A.G. auf etwa 30 Jahre.

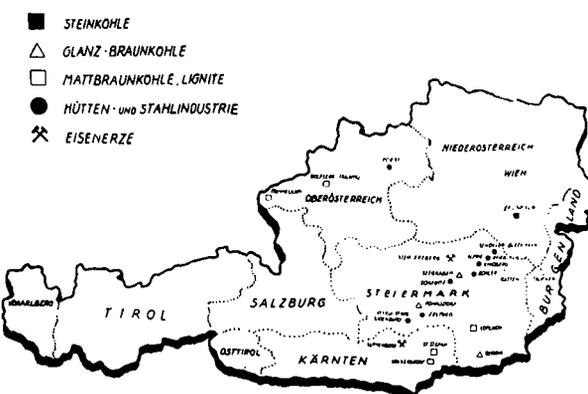


Bild 1: Die wichtigsten Kohlen- und Eisenerzbergbaue Österreichs

Fig. 1: Austria's most important coal-and iron ore mines

Die Neuschachtanlage von Mariasdorf der Tauchener Kohlenindustrie A.G. wurde mit einer Treibscheibenfördermaschine und 4 m³ fassendem Skip ausgerüstet. Der 26,8 m hohe Förderturm wurde in Stahlkonstruktion errichtet. Die Förderleistung der früheren Gesenkanlage wurde durch den Saigerschacht um 80% erhöht.

Im Kohlenrevier von Köflach wurde seitens der O.A.M.G. in dieser Zeit die Zentralsortierung und Kohlentrocknung neu erbaut, da die bestehenden Anlagen dem Fortschreiten des Tagebaues zum Opfer fielen.

Die für 10 000 Tagestonnen errichtete Sortierung besteht aus zwei Hauptgruppen:

Einer Vorklassierung mit Brechanlage und einer Nachklassierung mit Verladung.

Der zumeist in Stahlkonstruktion ausgeführte umbaute Anlagenraum beträgt 110 000 m³.

In der Kohlentrocknung wird der hohe Wassergehalt der Lignitischen Rohkohle von 30–40% auf



Bild 2: TAUCHENER-Kohlenindustrie A.G.: Neuschacht Mariasdorf

Fig. 2: Tauchener Coal Industry A.G., Collierie Mariasdorf

15–17 % in 16 Autoklaven von je $43,5 \text{ m}^3$ Inhalt vermindert. Der umbaute Raum der neuen Kohlentrocknung von $45\,000 \text{ m}^3$ besteht aus Stahlskeletten, ausgeriegelt mit Schlackensandziegeln.

Die Leistung von 2000 t pro Tag Trockenkohle wurde gegenüber der Altanlage Karlschacht verdoppelt.

Für die Abraumarbeiten im Tagbau Süd-Karlschacht 2 des weststeirischen Kohlenreviers sind unter anderem zwei Lübecker-Eimerkettenschwenkbagger von 360 t Einzelgewicht, bei einem Gesamtschnittbereich von 35 m je Einheit, Stundenleistung 288 m^3 , Eimerinhalt 150 l , eingesetzt. Der Abraumförderung dienen Transportbänder von 1000 mm Gurtbreite mit 50-PS -Zweitrommelbandantrieben. Die Stundenleistung auf der Sammelbandstraße beträgt 700 t bei einer Bandgeschwindigkeit von 2 m/sek . Die hereingeschossene Kohle wird von Greifer- und Löffelbaggern Mack-Diesellastwagen aufgegeben, welche die Verlieferung zu den naheliegenden Sturzschächten besorgen.

Von den Füllstellen der Sturzschächte weg ist die gesamte Kohlenförderung über Strecken- und Tonlage-Bandanlagen bis zu einem 1000 t fassenden, in Stahlbauweise errichteten Großbunker und weiterhin über eine $1,16 \text{ km}$ lange überdeckte Bandförderanlage bis zur Zentralsortierung vollmechanisiert.

Die während des Krieges für die Glanzkohle von Bergla in Holz errichtete Klassierung wurde im Vorjahr durch eine Neuanlage in Stahlkonstruktion ersetzt.

Im Glanzkohlenbergbau Fohnsdorf, der tiefsten und schwierigsten Grube dieser Art in Europa, wurde zur ausreichenden Preßluftversorgung eine Kompressor-Neuanlage mit $40\,000 \text{ m}^3$ Stundenleistung geschaffen.

Eine moderne Kohlenwäsche und ein kalorischer Kraftwerk sind zur Behebung der Absatzschwierigkeiten, eine Methan-Gasabsaugungsanlage zur Erhöhung der Grubensicherheit in Planung.

Bei der Durchführung all dieser Großbauvorhaben wurde der Verwendung von Stahl, modernen technischen Auffassungen folgend, der Vorzug gegeben.

Die Aufbereitungsanlagen waren der Beschaffenheit der geförderten Rohbraunkohlen und den erhöhten Anforderungen des Absatzes anzupassen, durch Mechanisierung wurde die Wirtschaftlichkeit der Anlagen verbessert.

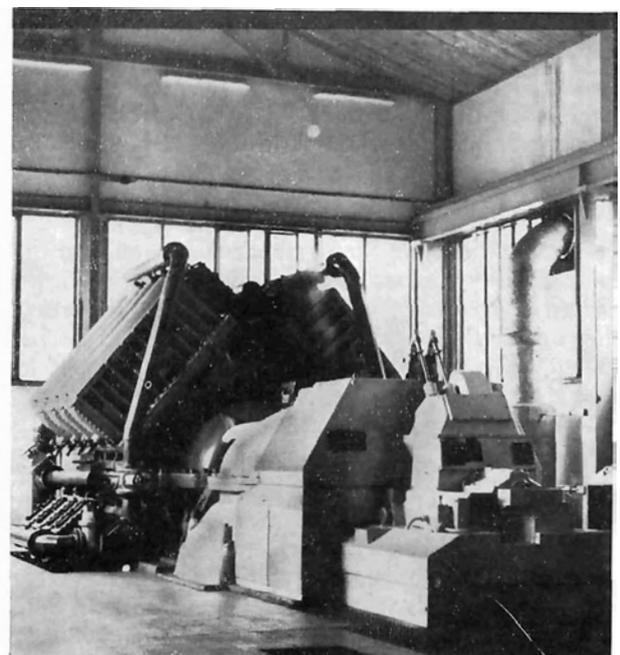
Es wurden mit diesem Kurzbericht die obertägigen Zechenanlagen mit ihren Neubauwerken nur kurz gestreift, weil diese durch Veröffentlichungen bereits bekannt sind und Parallelen hierzu im österreichischen, stahlverwendenden Industriebau allgemein gefunden werden können.

In ihrer Problemstellung schwierig sind die Aufgaben, welche bei der Rationalisierung und Mechanisierung des Untertagebetriebes in Österreichs Kohle vom Techniker zu lösen sind. Hier ist es der Stahl, der umwälzend die althergebrachten Methoden des Ausbaues von Grubenräumen, der Gewinnung und Förderung der Kohle beeinflusst.

Für die Sicherung der zur Aus- und Vorrichtung der Kohlenflöze aufgefahrenen Richtstollen und Querschläge und der zur Gewinnung der Kohle kurzzeitig offenzuhaltenden Strecken und Abbauräume sind im österreichischen Kohlenbergbau nach letztveröffentlichter Statistik rund $29\,000 \text{ t}$ Stahlausbauelemente

Bild 3: Ö.A.M.G., Fohnsdorf: Oerlikon-Kompressorenanlage $40\,000 \text{ m}^3 \text{ a. L/h}$.

Fig. 3: Ö.A.M.G. Fohnsdorf: Oerlikon Compressor Plant $40\,000 \text{ cbm a./h}$



eingesetzt. Im Grubenausbau liegt damit mengenmäßig der Hauptanteil der untertägigen Stahlverwendung, weshalb im folgenden auf diese Sparte etwas näher eingegangen werden soll.

Die Länge der untertägigen Strecken beträgt in unseren Kohlengruben etwa 340 km. Davon stehen zirka 40 km oder 12 % ohne Ausbau, 50 % werden noch in Holz verzimmert, 10 % stehen in Beton oder Mauerung, der ansehnliche Restanteil von 28 % oder rund 90 000 Streckenmeter werden bereits durch Stahlbögen offengehalten.

Der Anteil der in Stahl gestellten Strecken ist im stetigen Ansteigen begriffen. Gruben, die unter ungünstigen Gebirgsdruckverhältnissen leiden, haben sich nahezu ausschließlich auf Stahl als Ausbauwerkstoff umgestellt.

Der Grund hierfür liegt in seinen vielfachen Vorteilen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Wetterführung, Förderung und Sicherheit.

Das Nebengestein der österreichischen Braunkohlenlagerstätten ist zumeist durch seine geringe Druckaufnahmefähigkeit gekennzeichnet. Es ist plastisch und neigt deshalb dazu, in den freien Raum einzuquellen. Der hölzerne Türstock – vielfach durch Polygonzimmerung verstärkt – ist den auftretenden Beanspruchungen mit zunehmender Tiefe immer weniger gewachsen.

Der Bergmann sichert deshalb seine Grubenräume, in Anpassung an die jeweiligen Gesteins- und Gebirgsdruckverhältnisse, durch Stahlbögen in geschlossener, 4teilig, kreisrunder Ausführung bei plastischem Gestein oder in 3teilig, in der Sohle offener Form bei fehlender Plastizität.

Bild 4: Ö.A.M.G., Bergla: Dreiteiliger Stahlbogenausbau mit Stahlverzug

Fig. 4: Ö.A.M.G., Bergla: 3-section steel arch construction

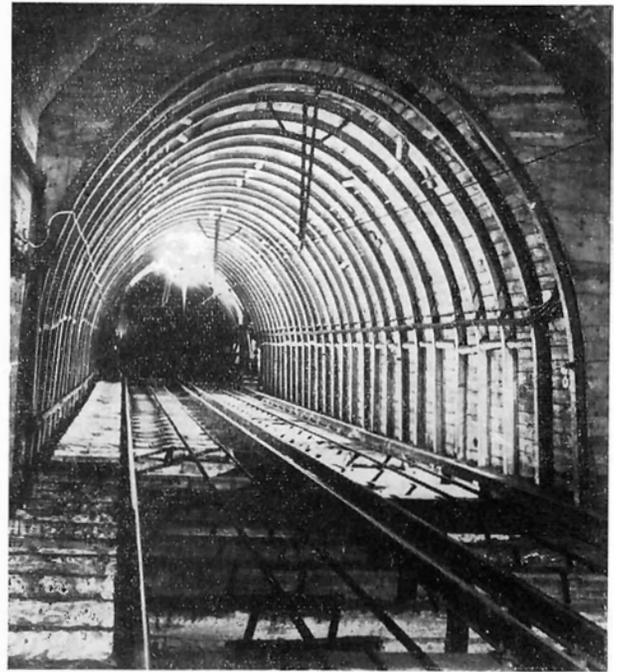


Bild 5: Ö.A.M.G., Fohnsdorf: Förderschrägschacht

Fig. 5: Ö.A.M.G., Fohnsdorf: Inclined hoisting shaft

Der Ausbau wird unnachgiebig – starr – gewählt, wenn der Querschnitt des Grubenraumes voll erhalten bleiben muß, eine Forderung, die in Hauptverkehrsstrecken aus fördertechnischen Gründen gegeben ist.

In allen anderen Bedarfsfällen wird der nachgiebige Stahlbogenausbau, bei dem die Segmente von rinnenartig glockenförmiger Profilform ineinander gleiten können, vorgezogen. Die Nachgiebigkeit ermöglicht eine Streckenquerschnittsverminderung, welche den Stahlbogen vor seiner Zerstörung schützt.

Im jungen, tertiären Ton unserer Braunkohlenlagerstätten ist auch bei Stahlringausbau vielfach bis zum Eintreten einer Gleichgewichtsbildung ein mehrmaliges Überbauen der Strecken, welches rechtzeitig – vor zu weit fortgeschrittener Deformation der Ausbauteile – vorgenommen werden muß, unvermeidlich. Es kann jedoch mit Fug und Recht gesagt werden, daß durch den Stahl vielfach erst jener Ausbauzustand erreicht wird, der eine noch wirtschaftliche Gewinnung unserer Kohle ermöglicht.

Der freie Raum zwischen den Stahlbögen wird mit profilgepreßten Stahlblechen zum Schutz gegen Hereinbrechen loser Gesteinsschalen verzogen. Zur Sicherung gegen schiebenden Gebirgsdruck werden die Ausbauringe gegeneinander durch Stahl verbolzt. Durch in die Verzugsbleche im gewünschten Bauabstand eingepreßte Sicken kann eine gesonderte Verbolzung erübrigt werden.

Es haben beispielsweise bei einer in Holztürstöcken gezimmerten Förderstrecke dynamische Gebirgsdruck-



Bild 6: O.A.M.G., Werk Zeltweg: Einständer-Streckenbogen-Richtpresse

Fig. 6: O.A.M.G., Plant Zeltweg: Single column adjusting press

beanspruchungen den Ausbau zerstört. Der verringerte Streckenquerschnitt behindert Förderung, Wetterführung und Fahrweg. Großer Aufwand an Instandhaltungsschichten, Förderstörungen und Unfälle sind die Folge.

Bild 7: O.A.M.G., Bergla: Streb mit Stahlausbau

Fig. 7: O.A.M.G., Bergla: Supporting construction



Eine in Stahl ausgebaute Strecke hat demgegenüber lange Standdauer, geringe Querschnittsverluste und hohe Betriebssicherheit.

Für die Bedeutung des Ausbaues von Strecken in Stahl seien aus unserer Kohle noch zwei Beispiele kurz angeführt.

Im Glanzkohlenbergbau Fohnsdorf ist der Abbau unter dem 10. Bauhorizont, der bis dahin durch den Wodzicki-Förderschacht auf eine Tiefe von 834 m oder 117 m unter dem Meeresspiegel erschlossen ist, fortgeschritten.

Für den weiteren Teufenaufschluß werden je ein Förder- und Wetterschrägschacht niedergebracht, deren Einzellänge bis zum 13. Bauhorizont – 560 m u. M. gelegen – 1070 m betragen wird.

Die Tiefenerschließung des Flözes durch Schrägschächte war notwendig, weil beim versuchten Weiter-teufen des Hauptschachtes im Liegendglimmerschiefer unter einem Druck von 80 atü stehendes Thermalwasser mit einem Zulauf von 700 l je Minute erschroten wurde.

Die Schächte werden 80 bzw. 120 m vom Kohlenflöz entfernt im Liegendsandstein aufgeföhren. Bei solcher Distanz sind schädliche Abbaudruckauswirkungen auf den Schachtausbau nicht mehr zu befürchten. Als Ausbau wurde eine kombinierte Methode gewählt.

3teilige, starr verbundene Profile G 120, bei Lärchenbohlenverzug mit Magerbeton hinterfüllt, sichern Firste und Ulme der Schachtröhre. Der Sohlgurt wird als Stampfbeton eingebracht.

Bei einem Lichtprofil von 15,4 m² und einem Abstand der Baue von 0,8 m werden beide Schächte bis zur 13. Bausohle zirka 900 t an Stahlausbaumaterial erfordern.

In der Lavanttaler Braunkohle, wo die Gewinnung derzeit in Teufen von 250–350 m umgeht, zwingen die Gesteins- und Gebirgsdruckverhältnisse dazu, die Holzzimmerung gänzlich aufzugeben. Hauptförder-, Wetter- und Abbaustrecken werden dort ausschließlich in nachgiebig-kreisrund-geschlossenen Stahlringen verbaut, weil auch 3teiliger, in der Sohle offener Stahlbogenausbau wegen Blähens der Sohl-schichten und dadurch bedingter, ständiger Nachrißarbeiten nicht entsprochen hat.

In Störungszonen und Abbaustrecken, die den Druckwellen der in langer Front geföhrenen Streben ausgesetzt sind, muß der sonst 0,8 m betragende Bauabstand durch Einstreichringe auf 0,4 m verringert werden.

Die Vorrichtung der durch den neuen Hauptschacht Wolkersdorf zu erschließenden Grubenfelder hat allein im vergangenen Jahre den Einsatz von mehr als 10.000 Stahlbögen oder etwa 3000 t Stahl erfordern.

Deformierte Segmente werden in untertägigen Werkstätten mit eigens hierfür gebauten, meist ortsbeweglichen Richtpressen instandgesetzt.

Das zweite, gleichfalls umfangreiche Gebiet der Stahlverwendung für Ausbauzwecke im Kohlenbergbau ist die Sicherung der Gewinnungsorte, der Abbaustreben, welche nach festgelegtem Rhythmus täg-

lich ein gewisses Maß fortschreiten, wobei Räume von etwa 5 m Breite, 1–3 m Höhe und 100–400 m Länge durch den Ausbau mit Sicherheit offengehalten werden müssen.

Das Grubenholz – einst klassischer Abbau-Ausbau-stoff – wurde in Österreichs Kohlengruben innerhalb der letzten 10 Jahre immer mehr durch Stahlstempel, durch die Stahlkappe und den Wanderkasten aus Stahl verdrängt.

Der bedeutende wirtschaftliche Vorteil des Stahles als Strebausbaumaterial liegt gegenüber Holz in der Ersparnis an Ausbaustoffen. Der Holzausbau geht im Streb nach einer Standzeit von 4–5 Tagen – zum Großteil zerstört – im Abbaubruchraum verloren, während der Stahl an der bruchseitigen Strebfront geraubt am Kohlenstoß immer wieder zum Einsatz gelangt. Dabei liegt der jährliche durchschnittliche Verlust an Stahlausbauteilen unter 25 % des eingesetzten Materials.

Die bergmännische Praxis hat erwiesen, daß sich der Kostenaufwand für eine Strebausrüstung in Stahl allein durch die Einsparung an Grubenholz in 6–10 Monaten bezahlt macht.

Darüber hinaus ermöglicht erst der Strebaubau in Stahl die Führung einer stempelfreien Front und schafft damit die Voraussetzungen zur mechanischen Gewinnung und rationellen Abförderung der Abbaukohle.

Den unregelmäßigen Hangendverhältnissen der österreichischen Kohlenlagerstätten angepaßt hat sich die unverbundene Bauweise mittels Bremsbandstempel und Kastenkappe gegenüber Holzausbau durchgesetzt.

Es konnte jedoch mit Einzelstempel und Kappe ein allen Gegebenheiten vollauf befriedigendes Ergebnis nicht erzielt werden.

Die Ursache hierfür liegt einerseits in der den mechanischen Reibungsstempeln anhaftenden Streuung in der Lastaufnahme, andererseits hauptsächlich darin, daß der vom Einzelstempel auch bei Verwendung von Stempelschuhen mit vergrößerter Auflagefläche auf die Abbausohle ausgeübte Druck die Druckaufnahmefähigkeit der Liegendschichten überschreitet. In dessen Folge tritt ein übermäßiges Einpressen der Stahlstempel in das Liegende und damit eine unzureichende Abstützung der Dachschichten ein. Darüber hinaus erreicht in solchen Fällen die Raubarbeit ein nicht mehr vertretbares Ausmaß an Schwierigkeiten.

Unsere Bergbauzulieferindustrie hat deshalb in ihrer Weiterentwicklung im Strebaubau den Weg des großflächigen Stahlschlepprahmens mit hydraulischen Stützelementen beschritten. Er soll neben einer exakt einstellbaren und gleichmäßigen Stützkraft eine der geringen Tragfähigkeit geologisch angepaßte, niedrige Flächenpressung gewährleisten.

Zur Sicherung des Strebraumes im Bereiche der Fördermittelantriebsstationen und zur besseren Beherrschung der Gebirgsdruckverhältnisse an der Bruchfront der Abbaustreben dienen nach dem gleichen hydraulischen Prinzip entwickelte Stahlwanderpfeiler, die sich vom Schlepprahmen durch ihre gedrungene Bauart unterscheiden.

Schlepprahmen und Wanderpfeiler werden von



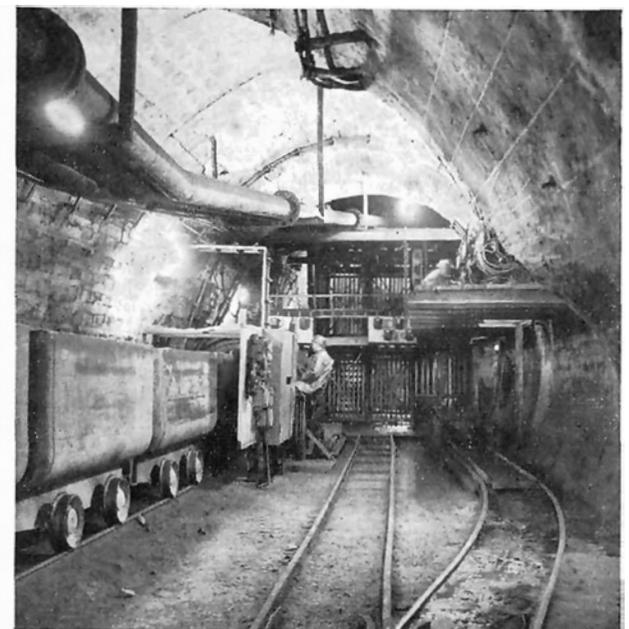
Bild 8: O.A.M.G., Bergla: Hydraulischer Schlepprahmen, Einsatz Untertage

Fig. 8: O.A.M.G., Bergla: Hydraulic drag frame for underground use

einem eigenen, zentralen Pumpenaggregat aus über eine im Streb in der Regel entlang dem Fördermittel verlegte und durch dieses geschützte Hochdruckleitung mit 150 atü Druckflüssigkeit (einer Öl-Wasser-Emulsion) versorgt.

Bild 9: LAKOG-Wolkersdorf: Schachtfüllort mit 2 m³ Förderwagen

Fig. 9: LAKOG-Wolkersdorf: Pit bottom with 2 m³ tubs



Mit dem hydraulischen Ausbau soll unserem Kohlenbergbau zur Führung einer stempelfreien Front eine auch für schwierige Lagerstättenbedingungen geeignete Errichtung an Hand gegeben werden.

Beim hydraulischen Hochfahren der Stützen wird gegenüber mechanischen Setzvorrichtungen eine vielfach höhere Anpreßkraft großflächiger Stahlkappen an das Hangende erreicht, welche bei gleicher und gleichbleibender Stützkraft aller im Streb eingesetzten Ausbauelemente eine gute Pflege der Dach- und Sohlschichten gewährleistet.

Die Setz- und Raubarbeit und das Überstellen der Stahlrahmen soll durch die hydraulisch steuerbare Bedienung gegenüber dem Reibungsstempel in einem solchen Ausmaß erleichtert werden, daß der Abbaufortschritt bei mechanisierter Gewinnung durch die Ausbauarbeit nicht mehr behindert wird. Es werden damit die Voraussetzungen für eine verstärkte Konzentration an den Abbauorten, einer höheren Förderung je Betriebspunkt, einer Leistungssteigerung und einer rationelleren Nutzung der dort eingesetzten Betriebsmittel geschaffen, technische Überlegenheiten, welche die höheren Anschaffungskosten des hydraulischen Ausbaues rechtfertigen.



Bild 10: O.A.M.G., Köflach – Tagbau-Süd: Streckenvortriebsmaschine

Fig. 10: O.A.M.G., Köflach: Open work mining south: drift machine

In den voraus geschilderten Darlegungen wurde auf das Wesen des Stahlgrubenausbaues besonders eingegangen, weil dieses, abgesehen von seiner betriebswirtschaftlich maßgeblichen Bedeutung, erst die Voraussetzungen geschaffen hat, welche im Kohlenbergbau einen umfassenden Einsatz von Maschinen in Gewinnung und Förderung sowie in Aus- und Vorrichtung ermöglicht und damit dem Werkstoff „Stahl“

Eingang und vermehrte Anwendung im Untertagebetrieb verschafft hat.

Das Lösen der Kohle aus dem Abbaustöß erfolgt in unseren Gruben zumeist durch Bohr-, Spreng- und Abbauhammerarbeit. Neben den Bohrmaschinen sind hier die Bohrstangen Stahlhauptverbraucher. Um das wirtschaftliche Verhältnis zwischen Verschleiß und Bohrleistung zu verbessern, wird seitens der Zulieferindustrie der Bohrstangenstahlqualität und Ausbildung der Bohrschneiden besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Die Härte und Zähigkeit unserer Braunkohlen läßt nach bisherigen, durch vielfache Versuche bestätigten Erfahrungen eine teilmechanisierte Gewinnung durch Schrämmaschinen nur in Sonderfällen – und zwar in den Glanzbraunkohlen von Fohnsdorf und Bergla – zu.

Allgemein durchgesetzt hat sich hingegen die Ausstattung der Strebe mit modernen, beschußfesten Förderern.

Leistungsfähige Doppelkettenförderer schaffen die am Stoß hereingewonnenen Kohlen durch Streb und Abbaustrecke, von wo sie Gummigurt- oder Stahlgliederbänder, die auch der Mannfahrt dienen können, zu den zentralen Huntefüllstellen der Förderhauhorizonte anheben, vielfach auch unter Vermeidung jeglicher Wagenförderung, aber auch bis zur Aufbereitung transportieren.

Ob mechanische Fließförderung oder intermittierende Zug- und Schachtförderung, Stahl ist in allen Fällen der Grundwerkstoff aller hierfür benötigten Einrichtungen: Lokomotiven, Förderwagen, Haspeln, Seilen, Schienen und Weichen, Füllorteinrichtungen, Förderschalen, Skips und Fördermaschinen.

In der Wetterführung und Wasserhaltung ist Stahl als Werkstoff für Ventilatoren und Pumpen, sowie zur Weiterleitung der Medien in Lutten- und Rohrleitungen unentbehrlich.

Der mir zur Verfügung stehende Raum gestattet es in Anbetracht der Fülle und der Vielfältigkeit der bergmännischen Betriebsmittel nicht, auf Angelegenheiten in der konstruktiven Ausbildung, der Weiterentwicklung und die im praktischen Grubeneinsatz erzielten Betriebsergebnisse, welche das Leistungsvermögen unseres gegen hochwertige ausländische Steinkohlen, Erdöl und Erdgas in hartem Konkurrenzkampf stehenden Braunkohlentiefbaues wesentlich verbessert haben, im Detail einzugehen.

Es sei deshalb zum Schluß nur ein Problem noch gesondert herausgestellt.

Die Mechanisierung der untertägigen Kohlegewinnung und Förderung hat nach dem heutigen Stand der Bergbautechnik das gesteckte Ziel in einem Ausmaß erreicht, demgegenüber das Auffahren von Strecken im Gestein und in Kohle trotz des erfolgreichen Einsatzes von Bohr- und Lademaschinen noch einen verhältnismäßig hohen Aufwand an menschlicher Kraft erfordert. Unsere Bergbauzulieferindustrie war deshalb bestrebt, durch Entwicklung

einer vollmechanisierten Streckenvortriebsmaschine die Aus- und Vorrichtungsarbeit zu rationalisieren.

Die im Konstruktionsbüro Dipl.-Ing. Wohlmeyer entwickelte und in der Bergbaumaschinenfabrik Zeltweg gebaute Maschine soll die schweren und gefährlichen Arbeiten des Bohrens, Sprengens und Auffüllens beim Vortrieb von Strecken in Kohle und Gestein durch Fräsen im Kreisprofil von etwa 3 m Durchmesser bei gleichzeitig vollmechanisierter Abförderung des Fräsgutes ersetzen. Der Streckenvortrieb soll dadurch nicht nur wesentlich beschleunigt, sondern auch wirtschaftlicher gestaltet werden.

Neben anderen, gegenüber bereits bekannten Vortriebsmaschinenmodellen bestehenden Neuerungen werden nach dem Fräsverfahren Wohlmeyers durch schräggestellte Messerköpfe die Reaktionskräfte der Messerschnittdrücke als Vorschubkräfte nutzbar gemacht, wodurch der sonst für das Anpressen der Maschine an die Ortsbrüst notwendige Druck sich von selbst ergibt und regelt.

Bild 10 zeigt den ersten Probeeinsatz der Maschine im Tagebau-Süd des Köflacher Kohlenreviers.

Ich habe damit versucht, einen Überblick über die Verwendung von Stahl und einen Einblick in die letzten Entwicklungen im Kohlenbergbau zu geben. In Anbetracht des großen Umfanges der Einsatzmöglichkeiten und der in den Gruben bestehenden Vielfalt

der Bedingungen kann meinen Darlegungen kein Anspruch auf Vollständigkeit beigemessen werden.

Die gegenwärtig schwierige Lage, in der sich unser Kohlenbergbau befindet, zwingt uns dazu, der Wirtschaftlichkeit der Betriebe besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, wobei mit Einschränkungen und Sparmaßnahmen allein die Lage nicht verbessert werden kann. Es werden im Gegenteil durch einen vermehrten Einsatz von Maschinen die bisher schon erreichten, ansehnlichen Erfolge noch erhöht werden müssen. Dem gleichen Ziele wird eine verstärkte Verwendung von Stahl für Zwecke des Grubenbaues dienen.

Aus der Fülle der Aufgaben und Probleme, welche die Ungunst der Lagerungsverhältnisse unseren Kohlenbergbautechnikern stellt, werden im Zusammenwirken der Stahl- und Bergbaumaschinenindustrie mit dem Bergbau ständig verbessernde Maßnahmen in dauernder Entwicklungsarbeit erforscht und in der Praxis erprobt, um ein Optimum an Wirtschaftlichkeit und Sicherheit herauszuholen und die schwere Arbeit dem Bergmann zu erleichtern.

Stahl ist und wird in Zukunft noch vermehrt bei allen hierbei auftretenden Belangen fortschrittlicher Grundwerkstoff sein, welcher der Lösung der Aufgaben zum wirtschaftlichen Nutzen des modernen Kohlenbergbaues dient.

Der Werkstoff Stahl in der Kohlaufbereitung

Von Dipl.-Ing. Heinz S e r n e t z, Graz

Bedingt durch die immer steigenden Forderungen an die Grundstoffindustrie, mußten auf dem Gebiet der Aufbereitung von Massengütern gewaltige Anstrengungen unternommen werden, um mit dieser Entwicklung Schritt zu halten. Neue Aufbereitungsverfahren wurden erkannt und an Hand neuer Aufbereitungsmaschinen gelöst. Die Ansprüche, die an solche Maschinen gestellt werden, wachsen von Jahr zu Jahr und zwingen zu einer ständigen Forschung auf diesem Gebiet.

Es ist ohne Zweifel, daß der größte Anteil an dieser Entwicklung vom Stahl getragen wurde, der in seinen fast unübersehbaren Güten und Formen in der Hand des gestaltenden Ingenieurs sich als der wichtigste Werkstoff erwiesen hat.

Die im Vergleich zu anderen Ländern geringere allgemeine Rohstoffbasis Österreichs hat allerdings auf dem Sektor der Aufbereitungstechnik sehr lange den notwendigen Impuls für eine zielbewußte Entwicklung vermissen lassen. Ausgehend von der Überlegung, daß die im Inland erzeugten Qualitätsstähle erst durch ihre Weiterverarbeitung zu Fertigungsmaschinen der österreichischen Wirtschaft voll nutzbar gemacht werden, haben sich nach dem letzten Krieg einige Firmen aus eigener Kraft an kostspielige Entwicklungsprobleme herangewagt, und es ist bemerkenswert, daß diese Ansätze heute bereits durch Erfolge bestätigt werden. So wurden beispielsweise in den neuen Obertag- und Aufbereitungsanlagen in Bärnbach, Maria Lankowitz, Bergla usw. bereits vielfach inländische Erzeugnisse eingesetzt, was gleichzeitig im noch erheblicherem Ausmaß auf dem großen und technisch hochgezüchteten Gebiet der Rohkiesaufbereitung erreicht werden konnte.

Dieser „Start“ war auch absolut notwendig, da erst die Verwertung der im praktischen Betrieb gewonnenen Erkenntnisse zu jener technischen Reife unserer Maschinen geführt haben, die es ermöglicht, unsere Erzeugnisse auf dem Weltmarkt nicht nur anzubieten, sondern auch in Konkurrenz gegen Weltfirmen, die über jahrzehntelange Erfahrung und Tradition verfügen, mit Erfolg zu verkaufen.

Die moderne Aufbereitungstechnik mit ihren Teilgebieten Fördertechnik, Zerkleinerung, Siebtechnik usw. ist bereits ein sehr umfangreiches Wissensgebiet geworden, und es würde zu weit führen, alle damit im Zusammenhang stehenden und genau so vielseitigen Verwendungsgebiete des Werkstoffes Stahl zu behandeln.

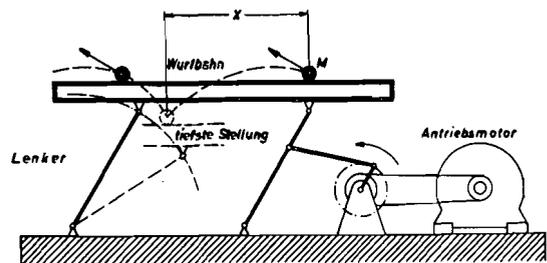
Eine ganz besondere Bedeutung allerdings kommt dem Stahl bei der Konstruktion von Schwingförder- und Siebmaschinen zu, da beim Betrieb dieser Geräte dynamische Beanspruchungen auftreten, die im Stahl- und allgemeinen Maschinenbau nicht vorkommen.

Als Beitrag zum allgemeinen Thema dieser Stahlbautagung sei daher ein Überblick über dieses Teilgebiet der Aufbereitungstechnik gegeben.

Grundlagen der Förder- und Siebtechnik:

Zum besseren Verständnis der mit der Herstellung von Schwingförder- und Siebmaschinen verbundenen konstruktiven Probleme ist es notwendig, sich vorerst mit der Frage auseinanderzusetzen, welche Anforderungen an solche Geräte grundsätzlich gestellt werden.

Das wesentlichste Merkmal einer schwingungstechnischen Arbeitsmaschine ist die oszillierende Bewegung des Fördertrages oder Siebkastens (Bild 1).



Versuchsfeststellungen:

- 1) Fördergut ist keine mitschwingende Masse.
- 2) Reibung und Stosswirkung des Fördergutes verbraucht Energie.

Bild 1: Fördervorgang

Fig. 1: Conveying system

Im Gegensatz zu kreis- oder ellipsenförmig schwingenden Vibratoren führen die Förder- und Siebböden moderner Schwingmaschinen lineare Sinusschwingungen aus, wodurch den einzelnen Materialteilchen periodisch Beschleunigungen in der Wurfriechtung mitgeteilt werden, was zu einer Fortbewegung des Fördermaterials in kleinen, rasch aufeinanderfolgenden Sprüngen führt. Bei Fördermaschinen kommt es ausschließlich auf große Fördergeschwindigkeiten an, da als Begrenzung der möglichen Förderleistung der Füllungsgrad des Fördertrages bzw. das Massenverhältnis des Schüttgutes zum schwingenden Trog vorgegeben ist. Wenn der Fördervorgang als Summe der einzelnen Wurfbewegungen betrachtet wird, folgt daraus, daß die Fördergeschwindigkeit vom Wurfwinkel und der Abwurfgeschwindigkeit, die der maximalen Geschwindigkeit des Fördertrages proportional ist, abhängt.

Hier ist jedoch zu bedenken, daß der Massenbeschleunigung der Maschine natürlich technische Grenzen gesetzt sind und es ist insbesondere bei großen Bauformen gar nicht mehr so einfach, Beschleunigungen in der Größenordnung der sechs- bis siebenfachen Erdbeschleunigung betriebssicher zu beherrschen.

Bei gegebener Massenbeschleunigung und gegebenem Wurfwinkel hängt die Abwurfgeschwindigkeit nur mehr von der Größe der Schwingweite des Fördertroges ab. Eine Verdoppelung der Schwingweite steigert zum Beispiel die Förderleistung um 41 %, eine Verdreifachung um 73 %.

Moderne Schwingförderer werden daher im niederen und betriebssicheren Drehzahlbereich mit großen Schwingweiten von zirka 25 mm gefahren. Bei halbwegs günstigem Fördermaterial werden Transportgeschwindigkeiten bis zu 60 cm/sec erreicht, auch wurden Baulängen von 60 m bereits praktisch verwirklicht.

Während Schwingförderer grundsätzlich auf maximale Fördergeschwindigkeiten auszulegen sind, werden an ein modernes Schwing Sieb wesentlich andere Anforderungen gestellt.

Neben der jeweiligen Zusammensetzung und des Zustandes des Schüttgutes sind beim maschinellen Sieben Leistung und Trennschärfe weitgehend vom Bewegungsablauf des Siebgerätes abhängig. Unter Beachtung der durchzuführenden Siebaufgabe sind die Wurfvorgänge und somit die Bewegungen des Siebbodens auf das Schüttgut abzustimmen. Es gibt Materialien, wie zu Beispiel Kohle, die wegen Abriebbildung und Bruch keinen großen Beschleunigungen unterworfen werden dürfen. Bei einer Vorklassierung hingegen muß scharf, also mit großen Beschleunigungen, gesiebt werden, wobei es natürlich verschiedenste Zwischenstufen gibt.

Die Beschleunigungskräfte einer Siebmaschine werden durch die Maschinenkennziffer ($K = \frac{a \cdot n^2 \cdot \pi^2}{981 \cdot 30^2}$)

als Vielfaches der Erdbeschleunigung angegeben, woraus gleichzeitig die Größe der mechanischen Beanspruchung der einzelnen Maschinenteile zu erkennen ist.

Die Siebkennziffer ($K_v = K \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$) zeigt hingegen die Beschleunigungskräfte, die dem Siebgut in vertikaler Richtung mitgeteilt werden und ist daher ein unmittelbares Maß für die Intensität eines Siebvorganges. Aus der Formel für die Siebkennziffer ist einfach zu ersehen, daß der K_v -Wert von der Schwingweite, Schwingzahl, Wurfwinkel und schließlich dem Neigungswinkel des Siebbodens gegen die Horizontale abhängig ist. Durch eine zweckentsprechende Kombination dieser Größen können nun verschiedenste Siebwirkungen erreicht werden. Während für Grobsortierungen grundsätzlich große Schwingweiten erforderlich sind, werden Feinabsiebungen mit kleinen Schwingweiten bei hohen Drehzahlen durchgeführt.

Moderne, linear schwingende Siebmaschinen, die genügend große Beschleunigungen haben, arbeiten in horizontaler Lage, das heißt, mit Siebbodenneigung $\beta = 0$, wodurch der Verschleiß der Siebdecken geringer und die Bauhöhe der Anlage wesentlich niedriger und diese somit billiger wird.

Schwingssysteme:

Verwendbarkeit und Leistungsfähigkeit einer schwingungstechnischen Arbeitsmaschine wird nun davon abhängig sein, in welchem Maße die Maschine an die sich aus der jeweiligen Aufgabenstellung ergebenden Forderungen angepaßt werden kann. Wie bereits betont, ist es allein aus werkstofflichen Gründen nicht möglich, die Massenbeschleunigung einer Maschine frei zu wählen, und es ist nun die Aufgabe des Ingenieurs, durch richtige konstruktive Maßnahmen ein Maximum der einsatztechnischen Erfordernisse zu erreichen.

Zum besseren Verständnis der konstruktiven Probleme erscheint es zweckmäßig, vorerst Aufbau und Funktion der wichtigsten Schwingssysteme kurz zu erläutern.

Bei geringen Arbeitsmassen ist die Problemstellung hinsichtlich der Maschinenerregung (Antrieb), der Materialbeanspruchung und der Maschinengründung denkbar einfach. Dies trifft in erster Linie bei Geräten mit kurzen Bauformen, wie zum Beispiel Freischwinger oder Vibratoren, zu.

Die oszillierende Bewegung des Fördertroges oder Siebkastens wird bei solchen Geräten durch die Bewegung einer Erregermasse, zum Beispiel einer Unwucht oder eines Magnetantriebes, erzwungen. Die Schwingweite des Förderbodens steht in Relation zur Auslenkung der Erregermasse und zwar im reziproken Verhältnis der Massen, da sich beide um den gemeinsamen Massenmittelpunkt bewegen.

Die wirtschaftliche und betriebssichere Baulänge der Freischwinger liegt bei drei bis vier Meter. Die mit hohen Frequenzen und nur kleinen Schwingweiten erregten Massen liefern nur unbedeutende Restkräfte in die Abstützungen.

Schweren Schwing Sieben und Fördergeräten langer Bauart sind bereits große Arbeitsmassen vorgegeben, zu deren Beherrschung neben allen Werkstofffragen zwei Hauptfaktoren maßgebend sind.

1. Erregung der Massen:

Da die Nutzarbeit des Fördertroges oder Siebkastens von der Masse der Erregermaschinen abhängig ist, muß zur Erreichung einer noch brauchbaren Schwingweite die Masse derselben genügend groß sein. Damit wird die Baugröße eines Schwinggerätes durch die Größe des Antriebs-elementes begrenzt.

2. Die Abstützung der schwingenden Massen:

Die für einen Förder- oder Siebvorgang erforderliche Wurfriechung wird bekanntlich durch eine Lenkerführung der Arbeitsmassen erzwungen, die gleichzeitig das Eigengewicht derselben gegen das Fundament abtragen. In welchem Maße dadurch auch dynamische Kräfte in die Unterstützungs-konstruktion eingeleitet werden, hängt vom jeweiligen Konstruktionsprinzip ab.

Bei kleinen Schwingweiten und sehr flachen Wurfwinkeln ist es verhältnismäßig einfach, diese pulsierenden Kräfte, die zu starken Resonanzerscheinungen in den Bauwerken führen können, durch Dämpfungsfedern zu isolieren. Diese Maßnahme ist jedoch für Maschinen mit steilen Wurfwinkeln und großen Schwingweiten, auf die in der modernen Sieb- und Fördertechnik keinesfalls verzichtet werden kann, nicht ausreichend.

Die weitere Entwicklung der schwingungstechnischen Arbeitsmaschinen zielte also auf eine Lösung dieser beiden Probleme ab. In der Antriebsfrage fand man sie weitgehendst im Resonanzprinzip, in der Unterstützungsfrage optimal im direkten Massenausgleich.

Es würde im Rahmen dieses Berichtes zu weit führen, auf den funktionellen Ablauf des Resonanzbetriebes näher einzugehen, und es sei nur erwähnt, daß grundsätzlich bei allen linear gegeneinander bewegten Massen, durch Zwischenschaltung entsprechend bemessener Rückstellfedern, dieses Prinzip angewendet werden kann.

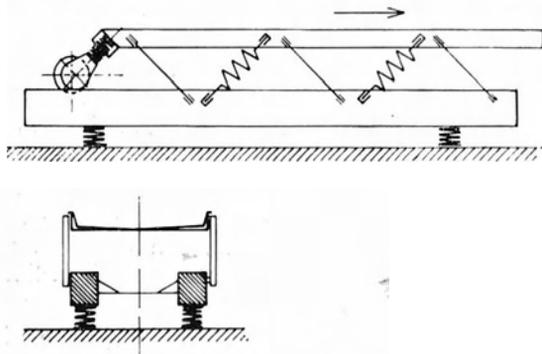


Bild 2: Schwingungstechnische Arbeitsmaschine „System Schieferstein“

Fig. 2: Vibrating machine „System Schieferstein“

Bild 2 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Schwingmaschine nach „System Schieferstein“. Hier schwingt eine leichte Arbeitsmasse über Rückstellfedern (symbolisch als Spiralfeder dargestellt) gegen eine wesentlich größere Ausgleichsmasse. Die Führung der beiden Massen erfolgt durch Lenkerfedern, die Erregermaschine befindet sich am Heck des Gerätes.

Der Schwingungsvorgang wird durch das erstmalige Spannen der Rückstellfedern eingeleitet, worauf die dadurch eingebrachte Energie gewissermaßen zwischen der Spannkraft der Federn und der Massenbeschleunigung ständig „hin und her pendelt“. Sieht man von der praktisch unvermeidbaren Dämpfung ab, würde dieser Schwingungsvorgang bei gleicher Schwingweite und gleicher Frequenz (Resonanzfrequenz) unendlich lange andauern. Während des Betriebes beschränkt sich die Energiezufuhr daher

ausschließlich auf den Ersatz der Verlustleistungen, die durch die dämpfende Wirkung des Fördergutes und verschiedene Reibungsverluste usw. entstehen.

Durch die Anwendung des Resonanzprinzips ist es daher möglich, auch mit kleinen Antriebskräften sehr große Massen mit hohen Beschleunigungen in Dauerschwingungen zu versetzen.

Nachdem sich die Schwingweiten verkehrt proportional zu den Größen der schwingenden Massen verhalten, wird das Massenverhältnis so festgelegt, daß die Schwingweiten der Ausgleichsmassen nur mehr ein Drittel oder ein Viertel der Arbeitsmasse betragen. Durch die Bewegung des Ausgleichsrahmens entstehen pulsierende Kräfte in den Stützfedern, die vom Fundament aufgenommen werden müssen.

Durch diese Art von Massenordnung konnten erstmalig große Schwingweiten im praktischen Betrieb angewendet werden, beziehungsweise die sich daraus ergebenden entscheidenden Vorteile ausgenutzt werden.

Nachteilig wirkt sich dabei aus, daß nur eine Masse Nutzarbeit leistet, während der vielfach schwerere Ausgleichsrahmen als Totgewicht mitbewegt werden muß.

Optimal wurde die Abstützungsfrage erst durch den direkten Massenausgleich nach „System Binder“ gelöst (Bild 3).

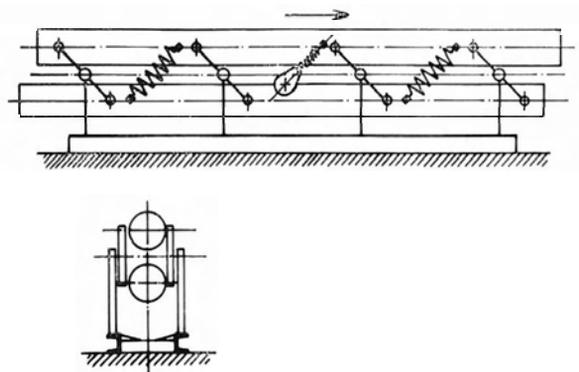


Bild 3: Schwingungstechnische Arbeitsmaschine „System Binder“

Fig. 3: Vibrating machine „System Binder“

Dieser Konstruktion liegen folgende Überlegungen zugrunde:

Zwei gegeneinander schwingende Massen erzeugen von sich aus noch keine dynamischen Rückwirkungen auf eine dritte Masse, wie z. B. die Unterstützungskonstruktion, dieselben entstehen erst durch die pulsierenden Federkräfte bei der direkten Abstützung einer der beiden Schwingmassen. Zudem bleibt bei einem Schwingungsvorgang zweier Massen der gemeinsame Massenmittelpunkt stets in Ruhe.

Werden nun zwei gleich große Massen durch ein Lenkerparallelogramm verbunden und die Lenkermitte, die in der Ebene der gemeinsamen Massenzentren liegt, zur Abstützung herangezogen, so wirken in diesen Punkten nur reine Gewichtslasten. In der Schwingrichtung ist das System frei beweglich und erhält daher aus der Schwingbewegung der beiden Massen keinerlei Kräfte.

Nachdem die Massen gleich groß sind, schwingen sie auch völlig gleichartig und können daher auch im gleichen Maße voll zur Arbeitsleistung herangezogen werden. Selbstverständlich arbeitet das „System Binder“ ebenfalls nach dem Resonanzprinzip, die Rückstellfedern sind im Bild wiederum symbolisch als Spiralfedern angedeutet, obwohl heute vorzugsweise auf Schub beanspruchte Gummifedern als Kraftspeicher verwendet werden, die gegenüber den Stahlfedern den wesentlichen Vorteil der Korrosionsbeständigkeit haben.

Konstruktive Merkmale moderner Schwingmaschinen:

Die konstruktive Durchbildung der schwingungstechnischen Arbeitsmaschinen hat ebenfalls eine weitgehende Fortentwicklung erfahren. Diese war nicht nur durch die allgemeine im Stahl- und Kranbau fühlbare Entwicklungstendenz, zum Beispiel geschweißte Konstruktionen mit möglichst geringem Gewicht, sondern vorwiegend durch die weitgehende Änderung im Schwingensystem selbst verursacht.

Zum Verständnis ist es notwendig, sich die hier maßgebenden konstruktiven Grundsätze vor Augen zu führen. Durch die Arbeitsweise der Maschinen treten in den meisten Bauteilen Wechselbeanspruchungen auf, wie sie in dieser Größe sonst höchstens im Motorenbau und bei speziellen Maschinentypen auftreten.

In erster Linie muß ein besonderer Wert auf die Vermeidung von Biege- und Torsionsschwingungen gelegt werden. Diese Forderung war es, die die Weiterentwicklung lange Zeit behindert hat. Erst die Anwendung des Resonanzprinzipes hat den Bau größerer Einheiten ermöglicht, wobei auch hier das durch Lenker geführte Zweimassen-Schwingensystem das Optimum darstellt.

Man muß bedenken, daß beispielsweise in einem Vibrator herkömmlicher Bauart mit einer Betriebsdrehzahl von bis zu 2000 UpM sehr steife Bauglieder erforderlich sind, um die nötige Schwingungssteifigkeit zu erzielen. Es werden daher als Haupttrag-elemente Blechwannen herangezogen, deren Höhe zirka $\frac{1}{4}$ der Maschinenlänge betragen muß. Diese Blechwannen sind zumeist mittels aufgenieteter Winkel versteift und erinnern in ihrer Ausführung an die genieteten Blechträger älterer Eisenbahnbrücken.

Bei den lenkergeführten Zweimassen-Resonanzschwingensieben beträgt die Höhe des Schwingholmes nur mehr bis zu $\frac{1}{40}$ der Länge, bei den Rohrförderern nach dem gleichen Prinzip, unter Ausnützung der extrem günstigsten statischen Werte des geschlossenen Rohrprofils gar nur mehr $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{150}$ der Länge.

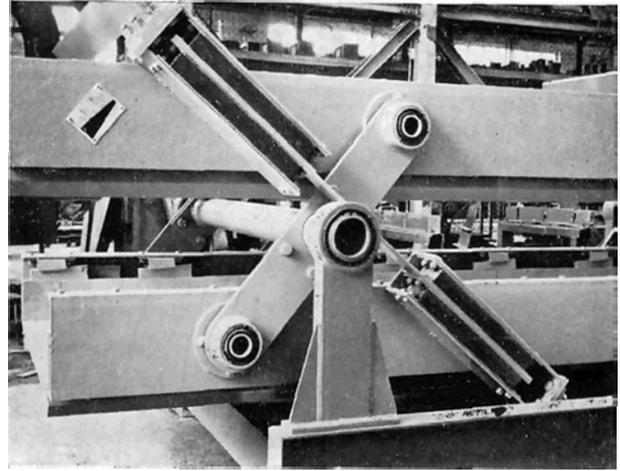


Bild 4: Feder – Lenker – Garnitur

Fig. 4: Spring actuated link set

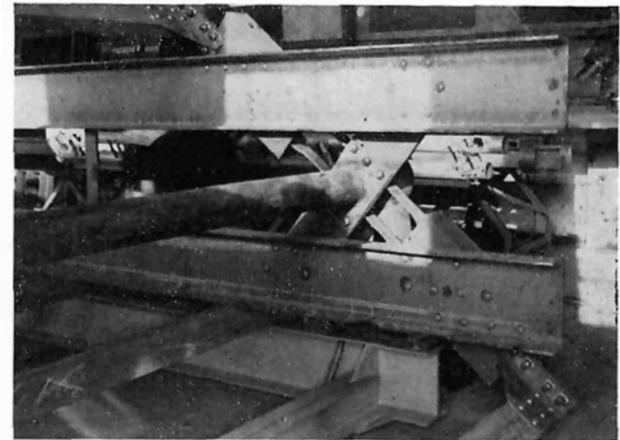


Bild 5: Kraftschlüssige Verbindung beider Schwingholme

Fig. 5: Direct force connection of both swing holms

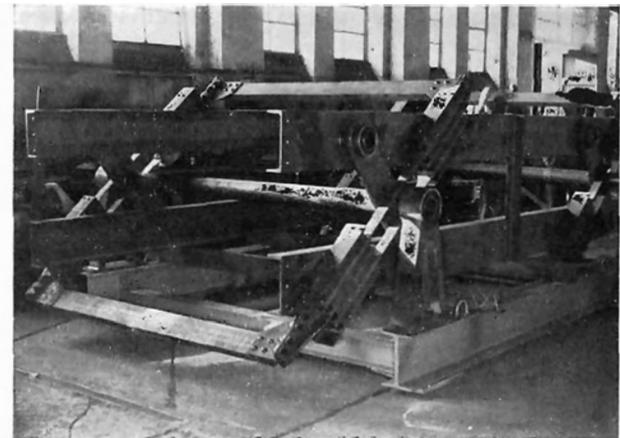


Bild 6: Stahlskelett eines Schwingensiebes

Fig. 6: Steel skeleton of a vibrating screen

Allein daraus kann auf die auf diesem Gebiet erzielten Fortschritte geschlossen werden.

Die konstruktive Durchbildung der einzelnen Bauglieder hat ähnliche Entwicklungen durchlaufen, wie sie auch im allgemeinen Stahlbau eingetreten sind.

Während bei Vibratoren und Resonanzsieben älterer Bauart vorerst noch alle Einzelteile genietet wurden, hat man später vielfach versucht, komplett geschweißte Siebtröge zu verwenden. Dabei hat sich jedoch gezeigt, daß es infolge der hohen Wechselbeanspruchungen nicht mehr möglich ist, zu völlig betriebssicheren Konstruktionen zu gelangen.

Der heutige Stand der Entwicklung ist der, daß man Einzelteile, wie Federschuhe, Lenkerstützen, Rahmenjochs und dergleichen, schweißt und diese dann untereinander und mit den Holmen, Grundrahmen usw. durch Nietung oder Verschraubung verbindet.

Die Verwendung von gleitfesten Verbindungen mit hochfesten Schrauben wurde frühzeitig angewandt und liegen hier bereits mehrjährige Erfahrungen vor, die zeigen, daß dieses Verbindungsmittel für dynamische Belastung vorzüglich geeignet ist.

Vielfach wurden jedoch auch Konstruktionen angewandt, bei denen zum Beispiel Biegemomente und Zugkräfte in Stoßstellen durch HV-Schrauben, die auf Zug belastet sind, übertragen werden, wobei entsprechende Kopfplatten zwischengeschaltet sind. Diese Konstruktionen sind einfacher herzustellen und zu montieren, als gleitfeste Verbindungen. Es ist dabei interessant, daß solche Anschlüsse, zum Beispiel im Stahlskelettbau in den USA, vielfach angewendet werden und auch in Deutschland Versuche auf diesem Gebiet laufen.

Eine noch weitgehendere Verwendung von HV-Schrauben an Stelle der Vernietung wird untersucht, jedoch sind hier noch Versuchsergebnisse über das Verhalten der hochfesten Schrauben bei großer Verspannung zur Sicherung des Reibungsschlusses und gleichzeitiger dynamischer Oberspannung kritisch auszuwerten. Zugleich aber sei festgestellt, daß sich Nieten, unter der Voraussetzung einer sorgsamten Ausführung der Vernietung, bei gleichzeitiger Beanspruchung auf Abscherung und Zug wesentlich günstiger verhalten, als man es nach den entsprechenden Vorschriften in den Stahlbaunormen erwarten sollte. Es scheint, daß man im Stahlbau der Nietkonstruktion bei Belastung auf Zug bei weitem zu wenig Vertrauen schenkt.

Bild 4 zeigt eine Feder-Lenker garnitur eines Schwingesiebes. Die einzelnen Bauteile, wie Lenker und Lenkerstütze und der Federschuh mit der Anschlußplatte für das Rahmenjoch sind geschweißt und werden in entsprechenden Vorrichtungen in Serie hergestellt. Als Rückstellfedern werden, wie früher bereits erwähnt, Schubgummielemente verwendet, die zur Entlastung der Randzonen und zur Verhinderung von Zugspannungen entsprechend auf Druck vorgespannt sind.

Bild 5 zeigt die kraftschlüssige Verbindung beider Schwingholme mit den Federschuhen und den als Rahmen ausgebildeten Querjochen.

Der Anschluß der Federschuhe an die Schwingholme erfolgt durch Vernietung, für die Verbindung der Federschuhe mit dem Rahmenjoch werden hingegen hochfeste Schrauben herangezogen.

Bild 6 zeigt nun ein vormontiertes Stahlskelett eines Schwingesiebes mit 4,7 m Länge und 2 m Siebbreite. Das Konstruktionsgewicht dieser Maschine beträgt zirka 6 Tonnen.

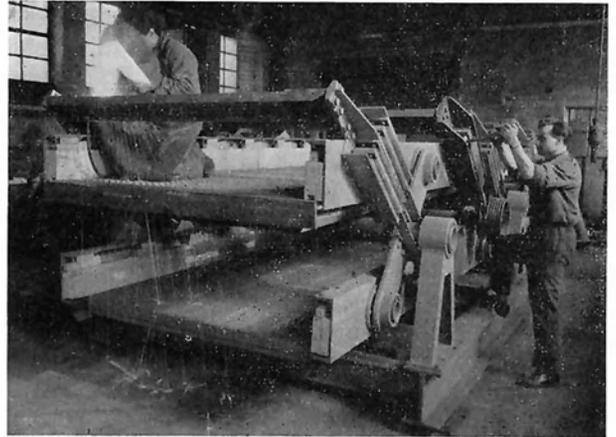


Bild 7: Resonanz-Schwingsieb „System Binder“

Fig. 7: Resonance vibrating screen „System Binder“.

Bild 7 zeigt schließlich eine betriebsfertige Maschine in der gleichen Bauart, jedoch mit einer Baulänge von 6,7 m und einem Konstruktionsgewicht von zirka 8,5 Tonnen.

Es ist also festzustellen, daß auf diesem Spezialgebiet des Maschinenbaues Entwicklungen durchzuführen waren, wie sie in ihrer Grundtendenz auch den letzten Bestrebungen im Stahlbau zugrundeliegen. Am Rande sei erwähnt, daß zum Beispiel das Problem der Festigkeit von Stahlkonstruktionen bei hohen Temperaturen und gleichzeitiger Wechselbeanspruchung im Schwingmaschinenbau sehr oft auftritt und auch weitgehendst gelöst wurde, womit auch auf diesem Gebiet gewisse Parallelen zu den laufenden Untersuchungen über die Feuersicherheit von stählernen Skelettkonstruktionen zu erkennen sind.

Abschließend sei betont, daß im Rahmen dieses Berichtes bewußt auf komplizierte theoretische Zusammenhänge verzichtet werden mußte, wie auch die zur Erklärung der schwingungstechnischen Vorgänge herangezogenen Systeme natürlich noch keinen vollständigen Überblick über den heutigen Stand der Technik vermitteln.

Schlußwort

Dipl.-Ing. Kurt Kleiber, Präsident des Österreichischen Stahlbauverbandes

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Ich glaube, im Namen aller Teilnehmer an dieser Tagung sprechen zu dürfen, wenn ich den Herren Vortragenden für ihre sehr interessanten und aufschlußreichen Ausführungen meinen herzlichsten Dank sage.

Sowohl die den Wirtschaftszweig Erdöl-Erdgas allgemein behandelnden Themen als auch die rein stahlbaulichen Fachvorträge haben uns so manche wertvolle und nützliche Anregung vermittelt. Es ist mein –

und ich hoffe auch unser aller – Wunsch, die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen weiter zu entwickeln und zu vertiefen.

Indem ich Ihnen, meine sehr geehrten Damen und Herren, nochmals für Ihr großes Interesse, mit dem Sie den einzelnen Vorträgen gefolgt sind, danke und der Hoffnung Ausdruck gebe, daß ich Sie auch am heutigen Abend im Palais Pallavicini begrüßen kann, erkläre ich den Vortragsteil der Tagung für beendet.

Extracts

Drilling masts and hoistframes or towers in Oil prospecting

by Prof. Dipl.-Ing. Gottfried Priekel, Leoben Page 2

The drilling mast together with the pulley block built into the derrick crown, form an integral part of every deep drilling plant.

The A.P.I. Standard, which is valid in almost all crude oil bearing countries makes provision for the most widely varying local conditions or drilling depths, respectively, and for the appropriate dimensions of these masts.

The height of the derricks varies between about 24 meters and 44,8 meters. A particular exception is the derrick with a height of 57,6 meters, which however is very seldom used.

Depending on the construction of the derrick, the capacity lies between 40–350 tons.

The classical drilling mast of the slender pyramid form stands on a substructure, which depending on the well depth, is from 3,5–6 meters high. This height is necessary for the arrangement of the various safety equipment at the mouth of the well and which must be located below the platform of the derrick.

The subframe structure with a slip proof work platform, is also the supporting structure for the rotary table and the drill string stacked inside the derrick.

The masts formerly made of wood, are now made of sectional steel. The four supporting stems are joined together in gusset plates with corresponding horizontal flanges and diagonals.

The aforementioned substructure, likewise a steel construction is based and anchored on low anchor blocks, oftentimes even on a planking grit only.

The derrick is guyed by means of steel wire ropes in four directions against wind pressure.

The erection of the mast followed in single parts and later by means of an erecting tower in larger units and finally by means of individual cranes.

The disadvantage of the classical derrick is first and foremost the comparatively long resettlement time required to transfer the unit to the next well site, and to reinstall it there. To cut this unproductive time down as much as possible, these masts can be rolled along, though to be sure only in comparatively flat country.

Formerly the mast was left right at site after completing drilling, although a much lighter construction would have sufficed for the ensuing recovery period and indeed was only necessary at certain time intervals and then only for a short while.

To overcome such a disadvantage light production masts were used substituting drilling masts during the recovery period.

Then followed the use of servicing towers which could be assembled in small construction units at site and mounted by means of hand winches within a few minutes.

The necessary hoisting apparatus was a mobile automobile winch, which is widely used even in our days.

Finally individual mobile winch units were developed together with an easily mountable mast.

Such an installed servicing mast consists of telescopically one in another slidable lattice type construction, which will lie above the hoist unit of the truck during transportation. At the well the mast is hydraulically or mechanically mounted and in a very short time the unit is fit for operation.

In order to save time and expenses also when changing the drilling unit, masts of different design were developed with the time, which could be set up in a much shorter time than the classical masts, thereby shortening the unproductive time for transferring the equipment to a considerable extent.

At the same time higher quality steel was used for the construction of these masts and thus the dead weight in proportion to its load capacity was considerably reduced.

Processing of mineral oil in Austria at present and in the future

by Prof. Dipl.-Ing. Dr.-techn. Adalbert F. Orlicek, Wien. Page 10

After the introduction, in which the increasing importance of mineral oil for the power supply in the world was pointed out, a discussion followed about the conditions in Austria, particularly with reference to the fact, that Austria has become an oil producing country in the last few years, and, per head of population now stands on top of the oil producing countries in the OEEC area. After appreciating the share of the inland oil production supplying Austria with fuel and power, the necessity of plant expansion for processing mineral oil in Austria is explained, and a report about the processing- and production program of the Refinery now under construction in Schwechat is given.

The choice of location is explained and the total plan as well as the plants proposed for processing, storing, shipping, power supply and the sundry auxiliary plants are mentioned and a general view of the present state of the construction- and installation work was given.

In a general view given about the raw material basis available in Schwechat for a chemical industry, reference was made to special possibilities in production arising from the raw material basis, and in closing reference was made to the economic and social importance of the development of a chemical industry in Austria with mineral oil as a raw material basis.

Development in the steel consumption in Oil Refineries

by Dipl.-Ing. A. V. I. Molleson, Den Haag Page 16

At first the lecturer gives a brief view about the very significant development of refineries and petro-chemical plants in Western Europe since the war.

The large amount of steel used during this development

is split up in such proportions as applied averagely for main installations in any refinery. The various groups, as well as pressure vessels, pipe lines within the refinery, steel structures etc. will be dealt with in detail with regard to some special problems by means of pictures.

The natural Gas in Austria

by Dipl.-Ing. Mano Hirsch, Wien Page 24

In the introduction the article gives a picture of the development in the exploitation of natural gas. The old gas fields in the location Wels, Oberlaa and Fischamend are mentioned.

With the beginning of crude oil production, natural gas also becomes available since raw gas is found in combination with crude oil, and pure natural gas basins are discovered when prospecting for crude oil. The largest natural gas basin is located in Zwerndorf at the Czech border and extends over an area of both countries. Negotiations have taken place in Prague for a common exploitation.

Basins of pure natural gas have also been found in the area of Matzen and Mühlberg and other areas are under development. Gas was recently found in completely new formation in Aderklaa at a depth of 2800 meters.

Natural gas production:

A report of the increased production of dry – and wet

gas, wells in operation in various fields and the distribution to different consumers and utilisations was given.

The chapter „plants“ first deals with the compressor station in Auersthal, which was built to overcome the heavy loss of 240 mio. m³ (NM³) per year of natural gas. The compressor station of Aderklaa is also mentioned.

Then followed a somewhat more detailed description of the modern gas station of Baumgarten, which was installed for exploiting the gas field of Zwerndorf. Then a picture was given of modern hoisting installations (well sledges, Frigigas plants).

A picture of the Austrian pipe system is given in chapter 5). To avoid corrosion an indirect current corrosion protection was introduced.

Finally reducing stations, as well as the telemetering system and wireless communication were discussed.

New Types of Pipe Bridges in Steel Construction

by Prof. Dipl.-Ing. Dr.-techn. Hermann B e e r, Graz Page 31

The lecturer deals with the various bridge systems such as pipes across rivers, gorges and roads, Railroads and traffic roads and channels whereby bridges with very large spans will also be taken into consideration. Starting with the pipe itself as supporting structure for the entire span, inclined rope bridges, suspension bridges and new types of special construction are discussed, whereby the pipe itself will serve as stiffening member. Then these systems are also dealt with in case where the pipes act as load only and are mounted to the supporting construction of the bridge.

The problems arising in connection with the design, and construction of such pipe bridges are discussed in detail: in particular the static mode of action of the pipe as bridge construction and as stiffening member, taking up vertical loads and wind pressure in self supporting systems; questions of stiffness and of deformations; and finally the question of support and limiting of longitudinal

movements. The play of forces in the various systems of suspension bridges and inclined rope bridges is illustrated by means of characteristic diagrams and influence lines, from which views for planning are taken.

The very important problem of the aerodynamic stability for the construction of lighter rope bridges is thoroughly discussed and, in connection with it, oscillation caused either by itself or from outside is explained.

An evaluation of results of model tests made in the wind tunnel at the University of Graz by Prof. Dr. Winter reveals that it is possible at relatively low cost to have such systems made stable against aerodynamic initiated oscillation for all possible wind velocities.

At the end of the lecture, a report of the design and erection of a bridge across the Danube with a free span of 320 meters – following recent innovations was given.

Influence of modern structural design on constructions of large size boiler plants

by Dipl.-Ing. H. R a s w o r s c h e g g, Wien Page 48

The development in the industrial electric field in Austria since 1947 necessitated a spontaneous development in the boiler industry to meet the requirements for planning and construction of thermal power plants. With regard to higher pressures and higher temperatures it was imperative to build the boiler units in larger sizes, which involved new problems in structural steelwork for boilers, which had to be solved in connection with the construction of boiler houses.

Mainly three ways had to be considered i. e.:
Independent Construction.

Taking up lateral wind pressure.

Suspending construction as well as supporting construction at half the height of the structure.

Such constructions were described in detail and examples of application were shown.

The boiler industry in Austria has made great contribution to the total production as well as towards the export volum of this country. Particularly a variety of special type boilers for utilization of waste heat are in great demand.

The lower price of the construction with regard to KW output of power stations were explained in detail.

Tanks made of Steel

by Dipl.-Ing. Udalrich H i e m e s c h, Linz Page 60

In the oil industry steel tanks are required for many purposes; so for instance for storing of raw-, intermediate- and final products, for chemical and physical processes, or they may be used as equalizing tanks in the technique of processing.

Nowadays tanks are made predominantly of steel plates in welded construction. They may be operated with atmospheric pressure and they may also be used for vacuum pressure (pressure below atmospheric) as well as for highest pressure (in excess of atmospheric pressure). The wall temperature may lie within the medium temperature range, yet they may also be extremely high or low.

Generally steel tanks are made of cylindrical shapes with horizontal or vertical axis, yet they also may be made of spherical or any other shape.

Depending on the variety of operating conditions and on the action of the content on the shell, it is important to pay careful attention at first in selecting a suitable material. High tensile steels, heat resisting steel and such for low temperature requirements, as well as low alloy and high alloy steels which must also be weldable, are offered by the market for this purpose. The manufacturer must be well aware of all possibilities in the steel making, fabrication, grade of resistance to heat, cold, chemical influence etc.

Storage tanks may be made with a very large diameter, they are exposed to any weather conditions, and great experience and expert knowledge is required for the design of the shell, the fix type floating roof structure with all accessories for measuring the contents, for fire-protection, draining of rain water etc., as well as for the erection at

job site. On the other hand high pressure and high temperature require great shell thicknesses, the processing of which as well as welding and heat treatment of same will not be easy by any means.

Furthermore attention must be paid to additional stresses arising in near proximity of holes, pipe connections and supporting points etc., as well as to tensions caused by heat.

Welding of medium- and high alloy steels with one-another or with non-alloy boiler plates calls for cautious planning of the welding process and sequence of welding, and careful attention must be paid to welding with high alloy steel or with non-ferrous metals of plated or other-

wise lined vessels. Great care must also be given to heat treatment necessary before, during and after fabrication, if one does not wish to experience a very unpleasant sometimes also a rather dangerous surprise.

In a great number of countries, the fabrication of pressure vessels and storage tanks for combustible liquids and gases is governed by laws and ordinances, the knowledge of which, and standard code requirements, are indispensable to the manufacturer.

All these points were discussed with reference to a number of tanks already executed and the development recently taken place in Austria in the construction of pressure vessels and large size storage tanks were shown.

Steel as working material in Austrian Coal Mining

by Dipl.-Ing. Franz G u m b s c h Page 69

1. As an introduction a survey of Austria's coal resources, the distribution of the mines, and their production was given. Delivery to main coal consumers is sketched.
2. The new Austrian pits, operating since 1945, and the extensive overground investments in the coal district
 Timmelkam (SAKOG)
 Wolkersdorf (LAKOG)
 Mariasdorf (Tauchen)
 Köflach (Alpine) und
 Fohnsdorf (Alpine)
 are briefly described.
3. The use of steel in underground coal mines is described in detail.

Propping with steel supports is discussed with reference to a sloping gallery and to a conveyor track. The steel props used in the galleries are described. The economic significance of these steel pit-props for the mines is described, and then further development in the direction of hydraulic supporting elements is discussed. The use of steel in the mining of the coal, the conveyance, drainage and ventilation is mentioned.

4. There is a report on the efforts being made relative to the full mechanisation of shaft digging, and
5. after a final resume, a glance at the future significance of steel in coal mining is taken.

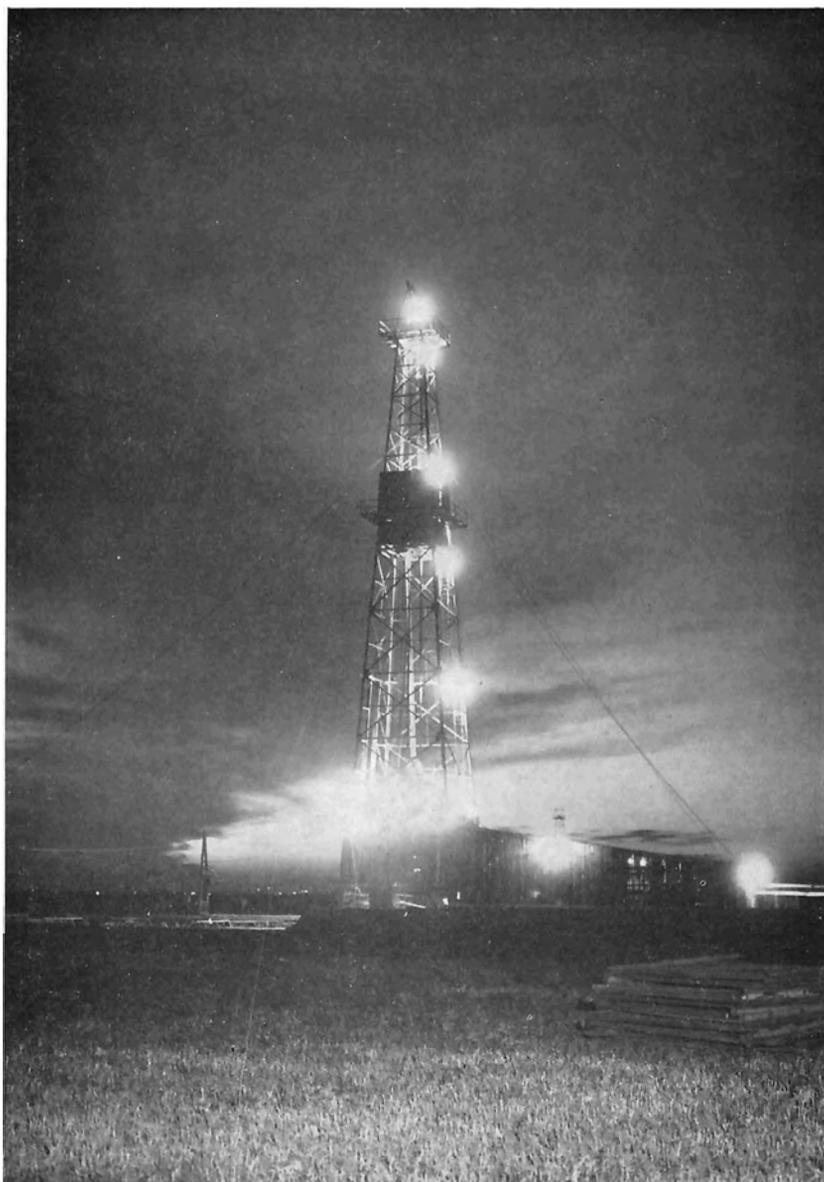
Application of Steel in Coal Preparation

by Dipl.-Ing. Heinz S e r n e t z, Graz Page 76

1. Introduction :
 Importance and share of steel in the development of preparation technique and modern dressing machines.
 The position of Austria in the preparation technique against world competition.
 Available results from plants already in operation.
 Divisions of the preparation program.
 As a contribution to the topic "Steel in coal preparation", "sorting of bulk material" was discussed and a brief outline of the design of modern screening machines was explained.
2. Fundamentals of the screening technique :
 Most of the screening processes require grading of the material; also in many cases (for instance concrete) the quality of the final product depends on the exactness of grain grading.
 The specific requirements for the screening procedure – and hence also for the screening machines.
 The behaviour of the material on oscillating bottom.
 Principle of the screening procedure.
 Influence of the projection acceleration, the frequency

and the projection angle on the efficiency of a screening procedure, Something about the screening characteristics. Modern screens.
 Influence of the steel quality concerning durability and capacity.
 More about preparation procedures, which can be carried out simultaneously with screening of the material (washing, dewatering, subwater, screening etc.).

3. Design characteristics of modern oscillating machines :
 Design principles in comparison to general structural steelwork and crane-construction.
 Influence of alternating stress.
 Bend- and torsional oscillation.
 Main supporting elements and their effect on the size and dimensions of machines.
 The constructional development of modern two-masses resonance oscillating screens.
 Influence of stress reversals on welded- and rivet joints. Experiences made by using high tensile bolts for slideproof connections.
4. Summary and outlook.



Tag und Nacht wird auf den stählernen Türmen gearbeitet, um der Erde das kostbare Öl für Österreichs Wirtschaft zu entreißen.

Österreichische Mineralölverwaltung

Aktiengesellschaft

Wien IX, Otto-Wagner-Platz 5. Tel. 33 86 41, 45 96 41

Fernschreiber: 01 1947 Erdöl Wien



**BROWN
BOVERI**

**Wir planen
bauen und
beraten
im**

**GAS
TURBINENBAU**



**BROWN
BOVERI**

*Für chemische Werke,
Hüttenindustrie
u. Bergbau...*



**explosions-u.
schlagwetter-
geschützte
Motoren**

Alm 1958

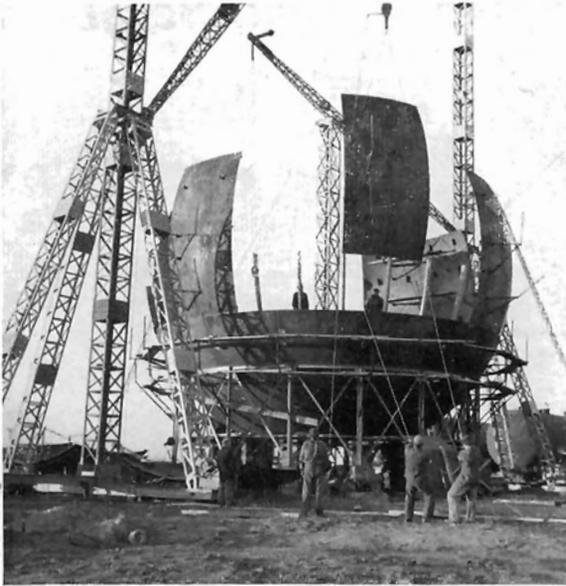


WIENER BRÜCKENBAU UND EISENKONSTRUKTIONS- AKTIENGESELLSCHAFT

Zentralbüro: Wien X, Hardtmuthgasse 131-135

Postanschrift: Wien I, Postfach, Fernsprecher: 64 36 86 Serie

Fernschreiber: 1785, Drahtanschrift: Brückenbau Wien



Wir projektieren, erzeugen, montieren:

Hochdruck-Gasbehälter

in Kugelform, für Speicherung von Gasen unter hohem Druck, wie Stadtgas, Ferngas, Kokereigas, Erdgas, flüssiges Propan und Butan etc.

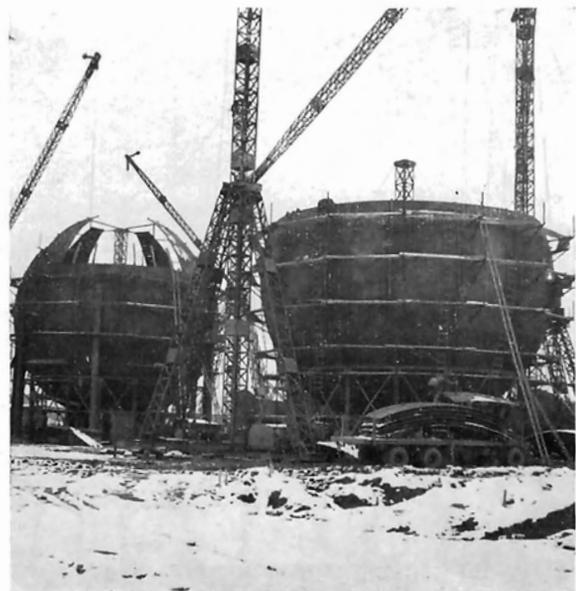
Tank-Anlagen

zur Lagerung von Ölen jeder Art, Benzol, Benzin, Säuren, Laugen, Melasse etc.

Kugelbehälter zur Speicherung von flüssigem Butan, Betriebsdruck 8 atü, Durchmesser 15.000 mm, geom. Inhalt 1767 m³, für die Österreichische Mineralöl-Verwaltung, Wien-Schwechat.

Gesamt-Erzeugungsprogramm:

Brückenbau,
Stahlhochbau,
Behälterbau,
Stahlwasserbau,
Kranbau,
Förderanlagen,
Bohrtürme,
Stahlmaste,
Theaterbühneneinrichtungen,
Kommunalfahrzeuge.

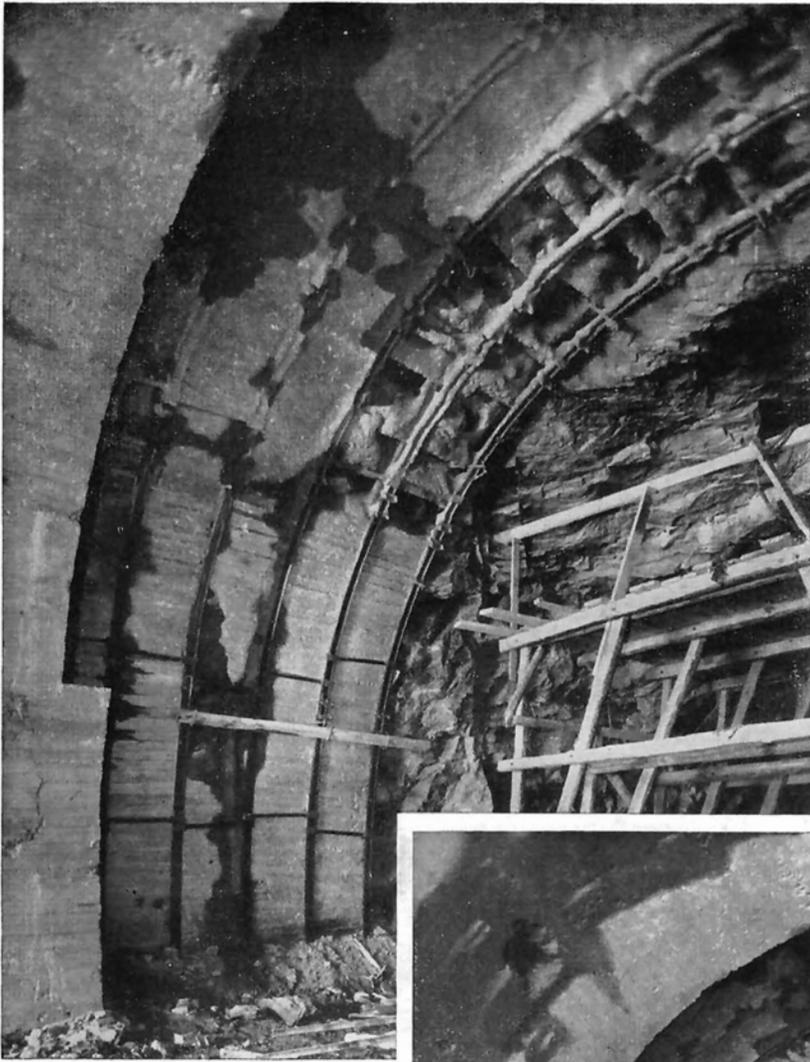


ALPINE-STAHLSTRECKENBOGEN

IM STOLLEN UND
TUNNELBAU



ALPINE-STAHLSTRECKENBOGEN
UND STAHLSTRECKENVERZUG
BEIM BAU DES DURNSTEIN-
STRASSENTUNNELS



STOLLENKIPPER MIT 2-6,5 m³
INHALT

FÖRDERBANDANLAGEN
FÜR MITTLERE UND GROSSE
LEISTUNGEN

WETTERLUTTEN

ROHRE

KOMPLETTE GLEISANLAGEN

ÖSTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT
WIEN I, FRIEDRICHSTRASSE 4

Telefon: 57 76 76

Telegramm: COMALP Wien

Fernschreiber: 01/1820

GUTES ÖSTERREICHISCHES WERKZEUG-
der verlängerte Arm des österreichischen Facharbeiters!



AGA-
QUALITÄTSGERÄTE

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

VERKAUFSSTELLE FÜR WIEN: WIEN 6., LEHARGASSE 3

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



HANS RENDL

STAHL-

MASCHINEN-

KESSELBAU

SALZBURG

SIEZENHEIMERSTRASSE

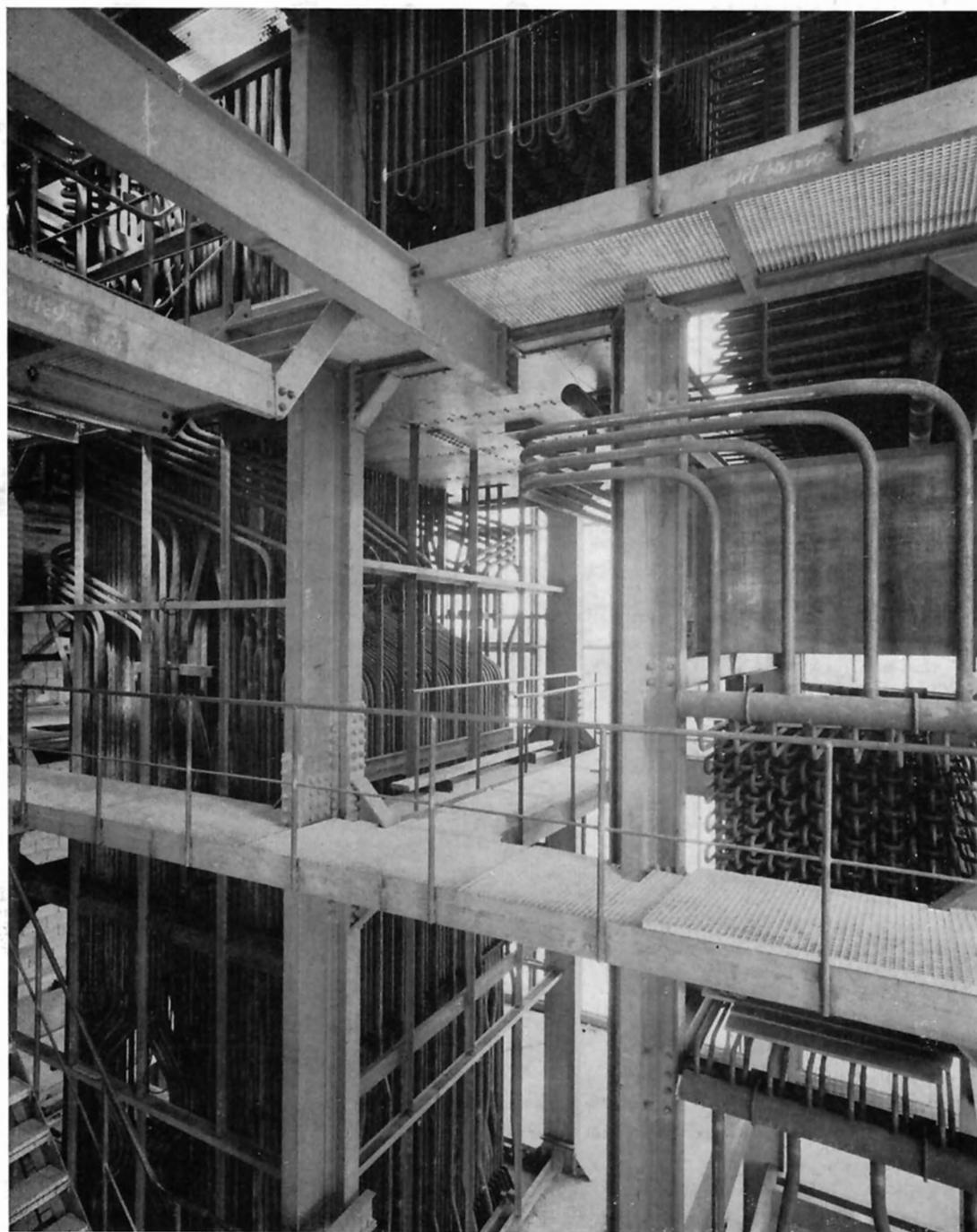
Telefon 46 33 Serie
Fernschreiber 06/426

W A A G N E R - B I R Ó

A K T I E N G E S E L L S C H A F T

W I E N

G R A Z



Kombiniertes Gebäude-Kesselgerüst für einen Großstrahlungskessel

ZENTRALE: WIEN V, MARGARETENSTRASSE 70

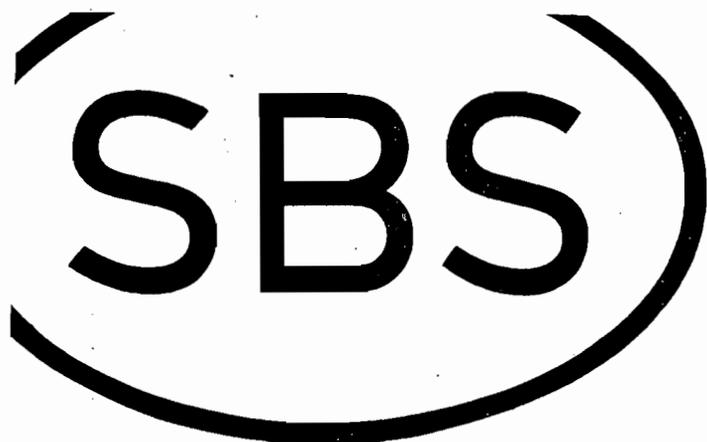
**ANLAGEN UND
GERÄTE
FÜR DEN MODERNEN
ERDÖLBOHR- UND
FÖRDERBETRIEB**



SCHOELLER-BLECKMANN

**STAHLWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT**

**WIEN I
WILDPRETMARKT 2
ABTEILUNG
TIEFBOHRTECHNIK**



**Seit 80 Jahren
Technische Anstriche**

O. M. MEISSL & CO.

Gesellschaft m. b. H.

WIEN III, Marxergasse 39

Telefon: 72 42 01

**MATERIALSCHUTZ
GESELLSCHAFT**

m. b. H.

konserviert Stahlbauten in

Assuan (Aegypten)
Bandar Shapour (Iran)
Khorramshar (Iran)
Mishkhab (Irak)
Rio Caroni (Venezuela)
Rourkela (Indien)

u. s. w.

Oberflächenschutz und kathodischer Schutz

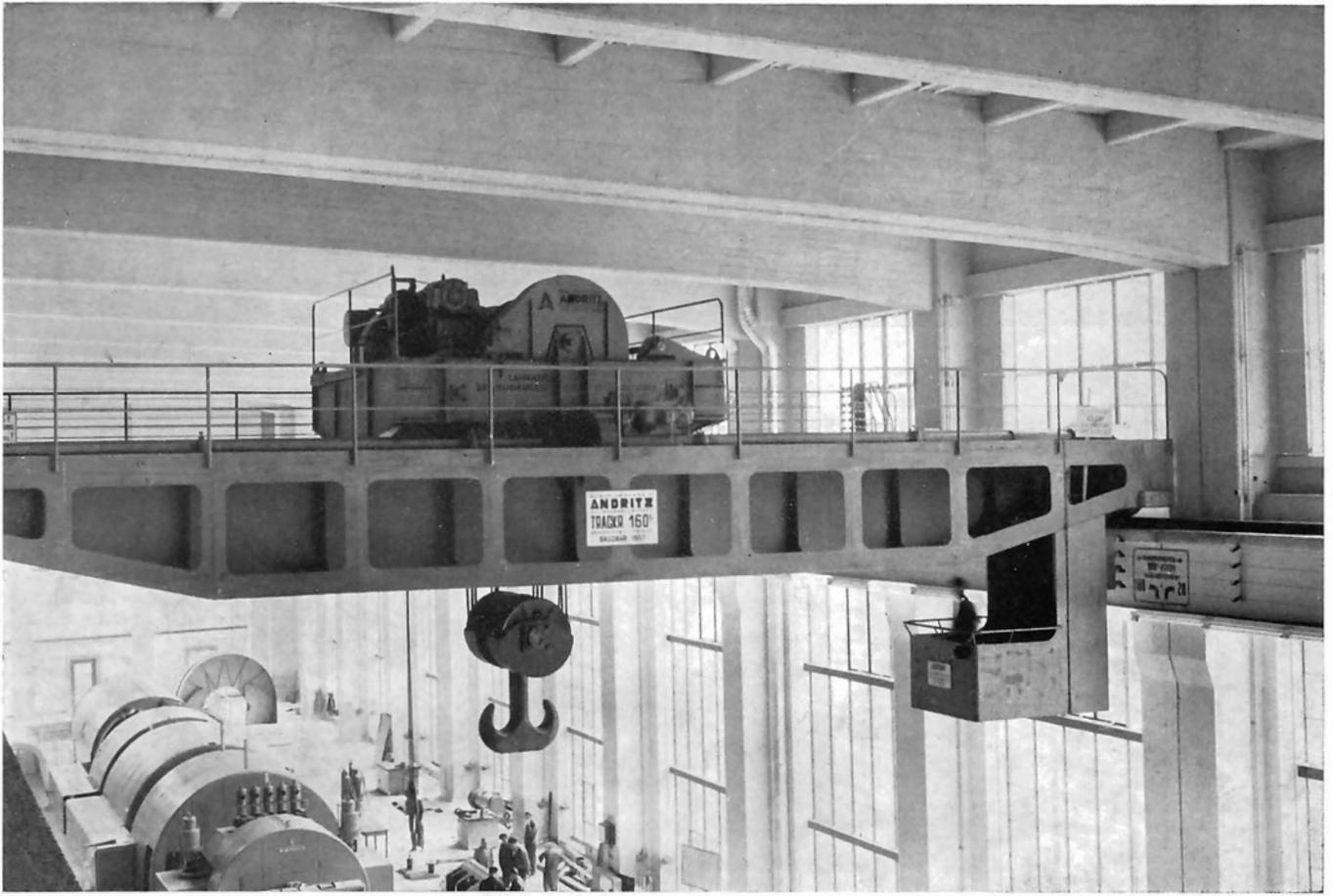
Hauptverwaltung

Wien I, Körntnering 3

Drahtanschrift: MATERIALSCHUTZ WIEN

Telefon 52 43 54

Fernschreiber 01 1185



Maschinenhauskran: 160 to Tragkraft – 15,7 m Spannweite – 15 m Hubhöhe

KRANE
STAHLHOCHBAU
BLECH-
KONSTRUKTIONEN



MASCHINENFABRIK
ANDRITZ
ACTIENGESELLSCHAFT
GRAZ-ANDRITZ, AUSTRIA



Fallnahtschweißung mit der Zelloseelektrode

BÖHLER ☆ FOX CEL

Turbinensaugrohr
für ein brasilianisches Kraftwerk

H	35 m
NQ	165 m ³ /sec
Z	138.5 /sec
Leistung	70.000 PS
Saugrohrdurchmesser	4 875 mm
Endquerschnitt	15 360 × 2 760 mm
Blechstärke	8 mm
Versteifungsringe	200 × 15 mm

Durch die Schweißung mit der Zelloseelektrode BÖHLER ☆ FOX CEL ergab sich eine Arbeitszeiteinsparung von ca. 30 %

Werkfoto Maschinenfabrik Andritz



BÖHLER - EDEL-SCHWEISSDRÄHTE



BLEIMINIUM BLEIWEISS

Noch immer der beste und sicherste Schutzanstrich.
Durch Jahrzehnte erprobt. Undurchlässig, dicht,
hart, gut haftend, außerordentlich dauerhaft

METALL UND FARBEN AKTIENGESELLSCHAFT

WIEN I, KÄRNTNERSTRASSE 7
TEL. 52 56 11, TELEGRAMME: FARBMETALL WIEN
FERNSCHREIBER Nr. 1719

BLEIBERGER BERGWERKS-UNION
KLAGENFURT

FÜR STAHLBAU UND INDUSTRIE

**Hochfeste
Schrauben
und Muttern**

**Güteklassen
5D 8G 10K**

BREVILLIER-URBAN A.G.
WIEN VI. LINKE WIENZEILE 18 TEL. B 24-570

**PREMAG-
Preßluft-
Schlagschrauber**

Spindelkopf
(z. Aufsetzen d.
Schlüsselköpfe)

Öl-
Einfüll-
schraube

Knopf für vor-
zeitige Ausschal-
tung b. Lösen

Drücker
zum Ein-
schalten
beim An-
ziehen

Umschalthebel
f. Rechts- oder
Linkslauf

Drehmoment-
Einstellschraube
(Innensechskant)

Automat mit einstellbarem Anzugsmoment

- Drehmoment stufenlos regelbar
- Schrauber schaltet automatisch ab
- Vorzeitiges Abschalten gesperrt
- Druckschwankungen bedeutungslos
- Für Links- und Rechtslauf
- Minimales Reaktionsmoment

PREMAG G. m. b. H.
GEISENHEIM/RHEIN
Alleinvertrieb für Österreich:
BLASCHKE & VAHL, Wien I, Hegelgasse 15

Saltus

**DREHMOMENTSCHLÜSSEL mit
einstellbarer SELBSTAUSLÖSUNG**
für alle Schraubverbindungen, DBP

führend seit 1937
25 verschiedene
Modelle:
doppelt geeicht
von
0-200 mkg
0-1500 ft. lbs.
0-17500 inch. lbs.

Nur mit
Tellerfedern
ausgerüstet,
daher robust,
genau, unverwüst-
lich, und auch für
ungeschulte Kräfte
verlässlich und unfehlbar
in der Handhabung.

Alleinvertretung:
BÜLL & STRUNZ
Maschinen und Werkzeuge
Wien IX, Porzellangasse 4
Tel.: 34 35 35 Serie

Sie haben die Wahl

Gefahr

Sicherheit

Verwenden Sie für
alle wichtigen Schraubverbindungen
den
Drehmomentschlüssel
mit automatischer Auslösung

RAHSOL **DREMOMETER**

DAS WERKZEUG HOHER PRÄZISION UND RENTABILITÄT

Vertretung für Österreich: **H. Hommel & Co. Ges. m. b. H.**
Wien I, Schwarzenbergstraße 10
Tel. 52 95 01



Feuerverzinkungen

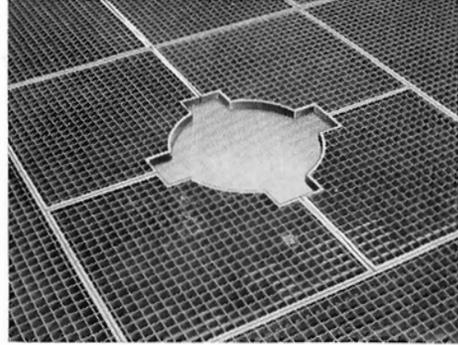
Brunner Verzinkerei Brüder Bablik

WIEN XVIII, SCHOPENHAUERSTRASSE 36

Tel.: Δ 33 46 36 Fernschreiber: 1791 Tel.-Adr.: Zingagefer

STEEB-GITTERROSTE

für Licht- und Luftschächte · Podeste · Bühnen · Laufstege · Nottreppen · Treppenstufen · Heizkanäle
Trockenräume · Lagerräume · Kran- und Maschinenplattformen · Förderbrücken · Mahlanlagen · Schiffsböden · Brücken



Größte Stabilität und Tragfähigkeit · Befahrbar
GLEITSICHER · TRITTSICHER · ALLSEITIG EBENE AUFLAGE
Kompakte Verbindung ohne Schweißstellen · Randeinfassung aus E-Spezialprofil

Werksvertretung:

A. GROHMANN

Wien V/55, Franzensgasse 23

Tel.: 43 65 62, 43 73 02

Telex 01/1244

Formblätter für die Statistik!

Es gibt Dutzende von Buchhaltungssystemen, aber nur eines für Betriebsstatistiken:

Statistische Arbeitsblätter

nach Prof. Dr. Bruno Gleitze

Die graphische Darstellung ist eines der besten Instrumente für die Auswertung der betriebsstatistischen und buchhalterischen Unterlagen, ja selbst der Betriebsabrechnungsbogen findet seine volle Auswertung erst in der graphischen Darstellung.
Für Kurven-, Säulen-, Kreis- oder tabellarische Darstellung, für Stunden-, Tages- oder Mehrjahresstatistiken, Wochen, Monats- oder Vierteljahresunterlagen.

Verlangen Sie Sonderprospekte der einzelnen Lineaturen!

Auslieferung für Österreich:

**Dipl.-Ing. RUDOLF BOHMANN
INDUSTRIE- UND FACHVERLAG**

Wien I, Canovagasse 5

Fernruf 65 86 85 Serie



SPRITZVERZINKUNGEN

Metallisierwerk Salzburg

**Salzburg, Karolingerstraße 7
Tel. 57 05**

Lawinschutzbauten im Montafon

VEREINIGTE ÖSTERREICHISCHE EISEN- UND STAHLWERKE, LINZ-DONAU,

VÖEST

BRÜCKENBAU
STAHLHOCHBAU
STAHLLEICHTBAU
FEINSTAHLBAU
ROHRLEITUNGS-
UND BLECHBAU
STAHLWASSERBAU

