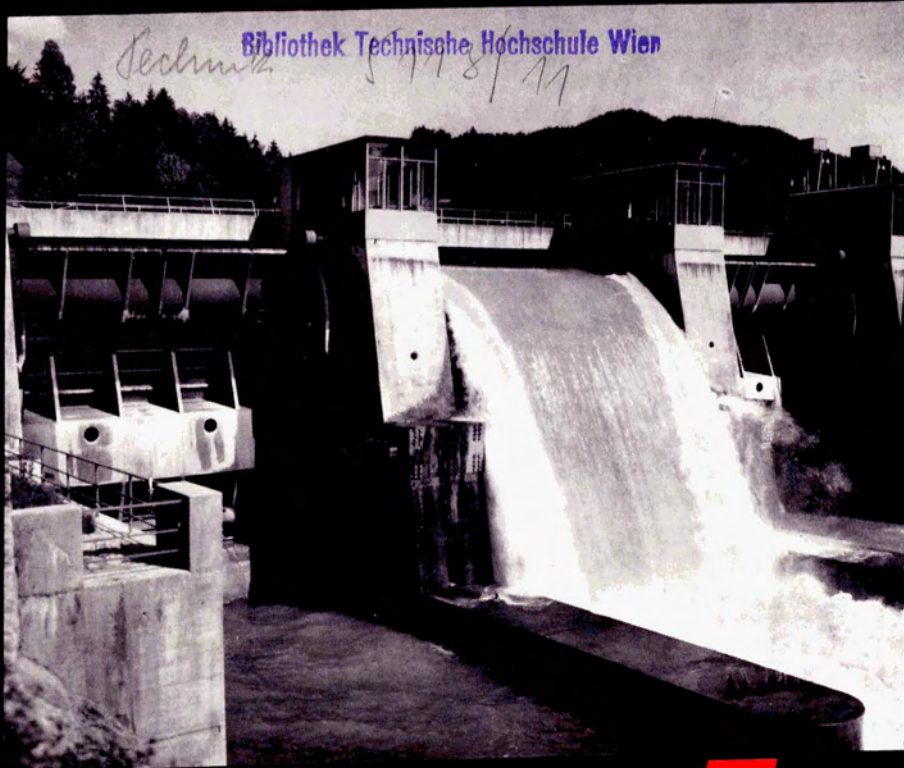


ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN STAHLBAUVERBANDES



**Stahlbau**  
Kundschau

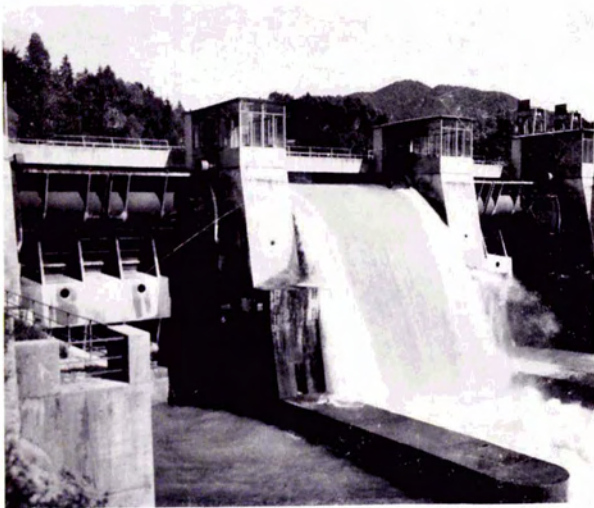
Heft 28 - 1965

## Inhalt

Neuere Schwerlastkrane für den Kraftwerksbetrieb (Dipl.-Ing. J. Prachar) . . . . .	Seite 1
Die Erprobung von Konservierungsmaßnahmen für Stahlwasserbaukonstruktionen am Wehrfeld 5 des Donaukraftwerkes Ybbs-Persenbeug (Dipl.-Ing. W. Roehle) . . . . .	Seite 11
Die Entwicklung der Klappensegmentwehre an der Enns (Dipl.-Ing. A. Liebl) . . . . .	Seite 21
Hochfeste schweißbare Baustähle (Dipl.-Ing. F. Wallner) . . . . .	Seite 24
Extracts . . . . .	Seite 32

## Contents

Modern Cranes of Heavy Capacity for Power Stations (Dipl.-Ing. J. Prachar) . . . . .	Page 1
Tests made with Conversion Material on hydraulic Steel Structures at Weir Span 5 of the Ybbs-Persen- beug Power Station (Dipl.-Ing. W. Roehle) . . . . .	Page 11
Development of Barrages – Gates with Flap – at the Enns River (Dipl.-Ing. A. Liebl) . . . . .	Page 21
Weldable high tensile steels (Dipl.-Ing. F. Wallner) . . . . .	Page 24
Extracts . . . . .	Page 32



Klappensegmentwehr des Kraftwerkes Altenmarkt  
Power Station Altenmarkt, radial gates with flaps

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

# Stahlbau

## Kundschaun

Zeitschrift des Österreichischen Stahlbauverbandes

Heft 28

1965

### Neuere Schwerlastkrane für den Kraftwerksbetrieb

J. Prachar, Wien

Der in aller Welt sprunghaft ansteigende Energiebedarf, der den forcierten Ausbau der Kraftwerke zur Erzeugung von elektrischer Energie aus allen wirtschaftlich nutzbaren Energiequellen erfordert, hat dazu geführt, daß in den letzten Jahrzehnten der Bau vieler Großkraftwerke, besonders zur Nutzung der Wasserkräfte, in Angriff genommen und vollendet wurde. Diese Entwicklung hat zusammen mit dem Bestreben der Projekt Ingenieure, die Maschinensätze unter Berücksichtigung der Schwankungen des Energiebedarfes und der Energiedarbietung im Hinblick auf die Erzielung eines optimalen Wirkungsgrades der Energienutzung möglichst groß zu wählen, bewirkt, daß auch die Tragkraft der Kraftwerkskrane, die zur Bewältigung der zahlreichen und oft vielfältigen Hub- und Transportleistungen bei Montage der Maschinensätze und der Kraftwerksausrüstung erforderlich sind, wesentlich größer als bei früheren Kraftwerksanlagen festgelegt werden muß.

Maschinenhauskrane mit einer Tragfähigkeit von 100 t, 200 t und darüber sind heute durchaus nicht selten. Vor allem bei den Wasserkraftanlagen werden immer mehr Schwerlastkrane projektiert und ausgeführt, wobei auch der Umstand mitbestimmend ist, daß die Maschinen, Schützen und Dammbalken am leicht zugänglichen Montageplatz zusammengebaut und mit dem Kran an seinem funktionell bedingten Platz, womöglich im komplett zusammengebauten Zustand rasch und sicher eingesetzt werden können. Ähnliche Tendenzen sind ja auch in anderen Industriezweigen erkennbar wie – um nur ein Beispiel zu nennen – der Einsatz von Schwerlastkranen im Schiffsbau bei der modernen Großsektionenmontage. Der Mangel an Arbeitskräften zwingt dazu, jede Möglichkeit der Einsparung von Zeit und Personal zu nützen, und auch die Schwerlastkrane für die vielfältigen Hubarbeiten, die sowohl bei Mon-

tage der Kraftwerksausrüstung als auch im Kraftwerksbetrieb erforderlich sind, zweckentsprechend auszurüsten; dieser Gesichtspunkt ist auch für die Konstruktion und Ausstattung der Montagekrane bestimmend und wurde bereits bei einer früheren Gelegenheit ausführlich behandelt (1).

Die Projekt Ingenieure der Kraftwerke sind bemüht, durch geschickte Planung, unter Ausnützung der von Kraftwerk zu Kraftwerk oft sehr verschiedenen örtlichen Gegebenheiten, die Schwerlastkrane und deren Kranbahn so auszubilden, daß günstigste Verhältnisse für den Zutransport (Gleisanschluß, Straße) erzielt werden.

Es werden sowohl Laufkrane als auch Portalkrane, manchmal auch Halbportalkrane und Schwimmkrane ausgeführt, die als dauernde Kraftwerkseinrichtungen einen integrierenden Bestandteil der Kraftwerksausrüstung darstellen, da sie auch für unvorhersehbare Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten jederzeit einsatzbereit zur Verfügung stehen müssen. Die wirtschaftliche Festlegung der Tragkraft und der Baumaße erfordert entsprechende Erfahrung und vorausschauende Planung, da in der Regel die Krane vor Lieferung der Turbinen, Generatoren und der Hilfsaggregate betriebsbereit zur Verfügung stehen müssen. Bei den Niederdruck-Wasserkraftanlagen mit Maschinenhallen in niedriger oder halbhoher Bauweise dienen die Portalkrane meist auch zur Montage und Wartung der ober- und unterwasserseitigen Turbinennotverschlüsse, oft auch der Schützennotverschlüsse und der Rechenfelder (2) (3). Speziell die Montage der langen und sperrigen Turbinenwellen erfordert eine besonders sorgfältige Überlegung (4) (5). Hub- und Fahrgeschwindigkeiten der Krane und Laufkatzen werden den jeweiligen Betriebserfordernissen weitgehend angepaßt, wobei durch feinfühligere Steuerungen mit Kriechgeschwindigkeiten

die oft komplizierten, verantwortungsvollen und zeitraubenden Montagearbeiten sehr erleichtert werden können. Die Schwerlastkrane erhalten neben den Haupthubwerken in der Regel mindestens ein Hilfs-  
hubwerk, des öfteren auch mehrere, manchmal auch Hilfskatzen kleinerer Tragkraft auf eigener Katz-  
fahrbahn, da der Hubvorgang und die Manipulation kleinerer Lasten mit den gewichtigen Schwerlast-  
haken viel zu langsam erfolgen würde.



Bild 1: Zwillingportalkran mit je 130t Tragkraft mit innenfahrenden Laufkatzen und Kranbrücken in geschweißter Vollwand-Bauweise, geliefert für das Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug der DoKW

Fig. 1: Two gantry cranes of same design of 130 tons capacity each, with inside travelling trolleys and crane bridges of welded solid-web construction, delivered for the Oesterreichische Donaukraftwerke AG for their Ybbs-Persenbeug Power Station on the Danube River

Bild 1 zeigt zwei Portalkrane mit je 130 t Tragkraft während der Montagearbeiten im Kraftwerk Ybbs-Persenbeug der Donaukraftwerke AG. Jeder der beiden Zwillingkrane ist neben dem 130-t-

Haupthubwerk mit einem 25-t-Hilfshubwerk ausgerüstet; ein weiteres 5-t-Hubwerk ist am oberwasserseitigen Katzausleger eingebaut und so ausgebildet, daß an Stelle des 5-t-Lasthakens fallweise auch ein Zweiseilgreifer zum Entfernen von Treibgut aus dem Oberwasser eingesetzt werden kann. Die Arbeitsbereiche der einzelnen Hubwerke sind aus Bild 2 ersichtlich. Die maximale Tragkraft der Schwerlasthubwerke wird häufig auf einen kleinen Mittelbereich begrenzt, da die schwersten Stückgewichte – Turbinenlaufräder und Rotoren der Generatoren – bei den großen Einheiten auch beträchtliche Dimensionen besitzen und es daher meist ohnedies nicht möglich und auch nicht notwendig ist, mit diesen Lasten nahe an die Portalstützen heranzufahren. An den Kragarmen ist andererseits nur ein Bruchteil der Tragkraft erforderlich. Entsprechende Kontrollmarken für die einzelnen Lastbereiche sind an den Katzbahnträgern für den Kranführer gut ersichtlich angebracht und in den Betriebsvorschriften der Krane genau vermerkt. Neuerdings werden in den Krankabinen Leuchttableaus eingerichtet, die dem Kranführer je nach Stellung der Laufkatzen die für die jeweilige Katzstellung zulässige Traglast anzeigen. Die Steuerung dieser Sicherheitseinrichtung erfolgt durch Schaltkontakte, die von den an den Laufkatzen montierten Schalträdern und den an den Kranbrücken-Hauptträgern angebrachten Schaltfingern zuverlässig betätigt werden. Die an den Kragarmen zum Einsatz kommenden Hilfshubwerke sind mit automatisch arbeitenden elektromechanischen Überlastsicherungen ausgestattet, wodurch die Betriebssicherheit erhöht wird und die Kranführer sich bei Montage von sperrigen Lasten und bei anderen schwierigen Montagearbeiten uneingeschränkt auf die Steuerung der Arbeitsbewegungen konzentrieren können.

Das Einhängen der zirka 23 m langen Untertafel der Hakenschilder mit beiden Kranen ist in Bild 3

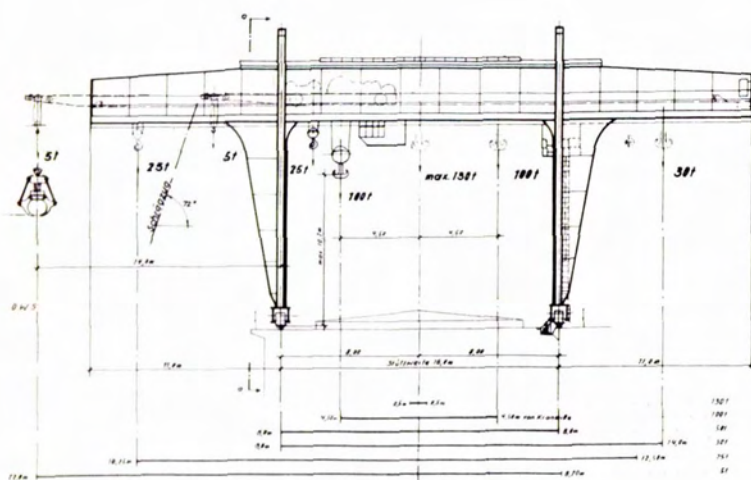


Bild 2: Belastungsschema und Hauptmaße der Zwillingkrane nach Bild 1. Beim Heben und Transport der schweren Turbinen und Generatorläufer sowie der Schützen werden beide Krane mechanisch und elektrisch gekuppelt und von einem Kranführer gesteuert

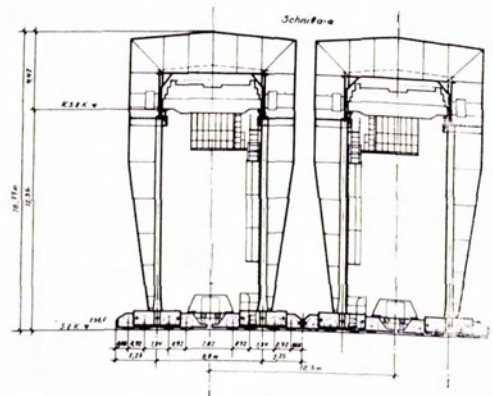


Fig. 2: Load diagram and main dimensions of the two gantry cranes as in Fig. 1. When heavy turbines and generator rotors as well as gates are to be handled, the two cranes are mechanically and electrically engaged and operated by one crane driver

Bild 3: Einsetzen einer 23 m langen Untertafel der Haken-schützen mit den beiden Zwillingskränen nach Bild 1

Fig. 3: Insertion of a 23 m long lower gate of the hook-type double-leave gates by means of the two cranes as in Fig. 1

zu sehen, während das Einsetzen der Schleusen-Oberwasser-Dammbalken in Bild 4 festgehalten ist. Es zeigte sich, daß während der Montage der Kraftwerks-Ausrüstung die beiden Krane zufolge ihrer universellen Verwendungsmöglichkeiten praktisch dauernd im Einsatz standen und den im Verhältnis zu den Gesamtkosten des Kraftwerkes geringen Mehraufwand, gegenüber Erstellung eines schweren

Bild 4: Transport der Schleusen-Oberwasserdammbalken mit einem der beiden 70-t-Portalkrane. Der Dammbalken hängt an dem rohrförmig ausgebildeten Zangenbalken

Fig. 4: Transport of the upstream stoplogs by either 70 ton gantry crane. The stoplog is suspended from a tubular grappling beam

Kranes, reichlich wettgemacht haben. Ein weiterer Vorteil der Anordnung von Zwillingskränen sind ferner die wesentlich geringeren Raddrücke, ein Umstand, der bei der beträchtlichen Kranbahnlänge von etwa 600 m nicht außer Betracht gelassen werden kann. Die Rahmen-Bauweise dieser Krane mit der Überdachung der Katzfahrbahn im Mittelbereich zwischen den Portalen, wodurch ein vorzüglicher Schutz der Laufkatze gegen schädliche Witterungseinflüsse erzielt und dennoch jederzeit gute Zugänglichkeit zu den innenfahrenden Laufkatzen ermöglicht wird, sowie der klare statische Aufbau der Krane mit den einwandigen Tragprofilen, der durch den zweifarbigen Anstrich noch wirkungsvoll unterstrichen wird, haben sich auch bei allen anderen Kranen gleicher Type sehr gut bewährt.

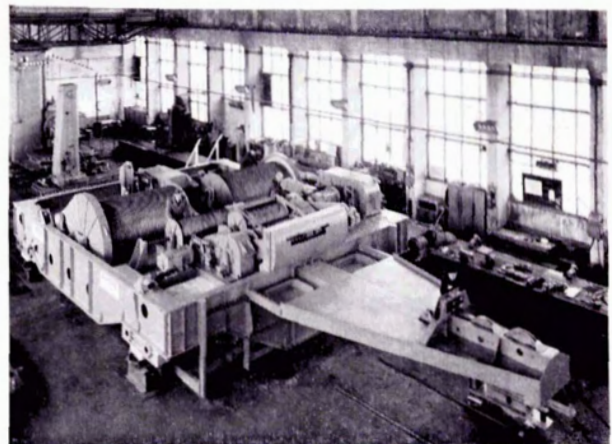
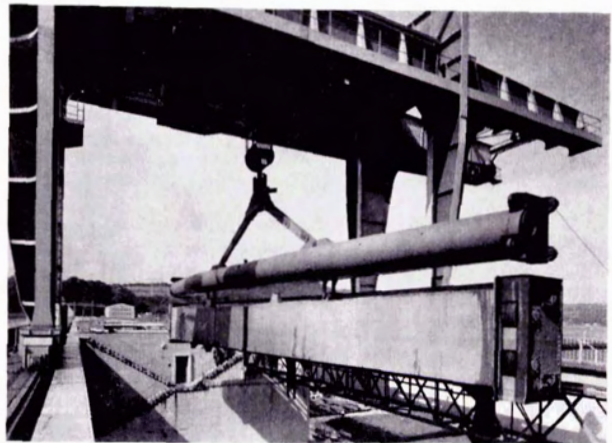
Auch der 220-t-Portalkran für das Kraftwerk Aschach der Donaukraftwerke AG – Bild 5, (6), wurde ebenfalls in dieser Bauweise erstellt. Die Abbildung zeigt den Kran beim Einheben eines 200 t

Bild 5: 220-t-Portalkran mit innenfahrender Laufkatze beim Einsetzen eines der am Montageplatz komplett zusammengebauten Turbinenläufers im Kraftwerk Aschach der DoKW

Fig. 5: 220 ton gantry crane with inside travelling trolley, inserting a turbine rotor which has been completely assembled on the erection place, in the Aschach Power Station of the Oesterreichische Donaukraftwerke AG

Bild 6: Probezusammenbau der mächtigen 8-rolligen Laufkatze in der Werkstätte. Die Katzspurweite beträgt 7,5 m, die Katzlänge einschließlich oberstromseitigen Katzauslegers 16,8 m

Fig. 6: Trial assembly of the heavy, 8-wheel trolley at the workshops. The trolley gauge is 7,5 m, the trolley length including the upstream trolley jib is 16,8 m



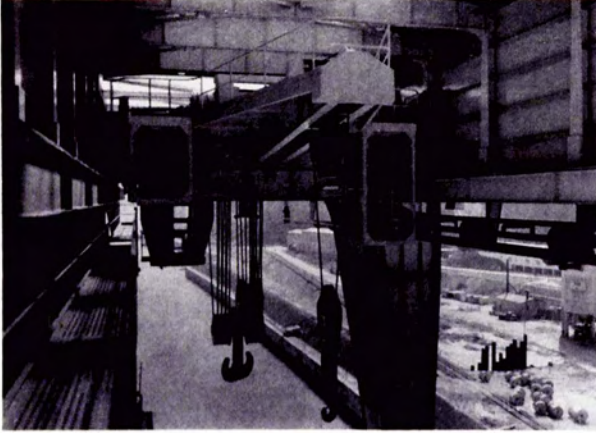


Bild 7: Die 220-t-Laufkatze am Kran, in der Sicht von dem längs der Katzbahn angeordneten Laufsteg. An Stelle des neben dem Haupt- und Hilfshaken gut zu sehenden Haken des Auslegerhubwerkes kann fallweise ein Polypgreifer eingeschert werden

Fig. 7: The 220 ton trolley on the crane, viewed from the walkway along the trolley runway. The hook of the jib hoist, which can be well seen on the photograph besides of the main and auxiliary hook can be replaced by an orange-peel grab, if required

schweren Turbinenlaufrades. Dieser Kran ist der größte der bisher in dieser Type gebauten Portalcrane. Die Hauptträger und Portalrahmen der Stahlkonstruktion sind in geschweißter, einwandiger Vollwandkonstruktion vollständig aus St 37 T und die Katzbahnträger aus St 44 T hergestellt. Die Baustöße



Bild 8: 54-t-Portalkran mit innenfahrender Laufkatze und Doppelhubwerk beim Anheben der Probelast im Kraftwerk Edling der Österr. Draukraftwerke AG. Im Vordergrund der Polypgreifer, der am Auslegerhubwerk fallweise eingesetzt wird

Fig. 8: 54 ton gantry crane with inside travelling trolley and twin-hoist, lifting the test load, in the Edling Power Station of the Oesterreichische Draukraftwerke AG. The foreground shows the orange-peel grab which can be attached to the jib hoist, if required

sind mit hochfesten Schrauben verschraubt. Die Katzspurweite wurde mit 7,5 m ziemlich groß ausgeführt, um genügend Platz für den Einbau der großen Seiltrommeln der Haupthubwerke zu erhalten. Die Baulänge der Laufkatze einschließlich Katzausleger ergab sich mit etwa 16 m. Obwohl deren Grundrißfläche – ohne Ausleger gerechnet – mehr als 100 m<sup>2</sup> beträgt, mußte eine zweite Etage an der Katze unterhalb der Rahmenebene vorgesehen werden, in welcher die elektrischen Widerstände für die Schleifringläufermotoren der Haupt- und Hilfshubwerke sowie der gesamte Katzfahrantrieb zur Aufstellung kamen. Das war notwendig, um alle erforderlichen Maschinen- und Elektroteile einbauen zu können. Eine Aufnahme der Laufkatze während des Probezusammenbaues in der Werkstätte zeigt Bild 6. Die mächtigen Hubwerkstrommeln, die aus Stahlblechen St 44 T eingerollt und geschweißt wurden, haben 2 m Durchmesser und müssen mehr als 700 m Seil, einlagig gewickelt, aufnehmen. Den Einbau der Laufkatze im Kran mit den oberwasserseitigen Katzauslegern zeigt Bild 7. Der 220-t-Schwerlasthaken hängt in der 16fach eingescherten Hakenflasche. Der Seildurchmesser des Haupthubseiles beträgt 37 mm. Auch die 40-t-Hakenflasche des Hilfshubwerkes sowie die 10-t-Hakenflasche des oberwasserseitigen Auslegerhubwerkes sind im Bild gut zu sehen. Das 10 t-Hubwerk, dessen Kopfrollen am Katzausleger eingebaut sind, wurde so konstruiert, daß an Stelle des Lasthakens ein Zweiseil-Polypgreifer eingeschert werden kann, mit welchem fallweise Treibgut aus dem Oberwasser ausgehoben werden kann und hiermit eine sehr wirksame Unterstützung der Rechenreinigungsmaschine bei stark vermehrtem Treibgut anfall erzielt wird.

Die Hubwerke sind mit Geschwindigkeitsumschaltungen und Eldroregelbremssteuerungen, teilweise auch mit Druckmeßdosen mit automatischer Überlastabschaltung ausgestattet; es können kleinere Lasten sehr rasch gehoben, gesenkt und transportiert werden, ein Umstand, der angesichts der 484 m langen Kranbahn, auf welcher nur ein Kran zur Verfügung steht, sehr wichtig ist. Für die an den Kranbahnenden vorgesehenen Fahrbegrenzer wurde eine neuartige Konstruktion gewählt, die allen technischen Anforderungen und Vorschriften entspricht, andererseits aber auch sehr wirtschaftlich erscheint. Der Kran wurde mit schweren Ringfederpuffern ausgestattet; da jedoch in Anbetracht der langen Kranbahn eine Fahrgeschwindigkeit von 40 m/min vorgeschrieben war und der Kran schon zufolge seines Eigengewichtes von 390 t bei dieser Fahrgeschwindigkeit eine ziemlich große kinetische Energie speichert, wurden die Fahrbegrenzer mit Prellstäben ausgestattet. Die Dimensionierung dieser Prellstäbe erfolgt derart, daß – falls etwa durch ein Versehen des Kranführers der Kran tatsächlich mit voller Fahrgeschwindigkeit an den Fahrbegrenzer auffährt – diese Prellstäbe über die Streckgrenze beansprucht und horizontal durchgebogen, jedoch nicht durchgebrochen werden, wodurch die kinetische Energie des Kranes in Verformungsarbeit in den leicht und rasch auswechselbaren Prellstäben umgesetzt und die maximale Pufferkraft unter Kontrolle gehalten wird.

Schäden an den Verankerungen der Fahrtbegrenzer im Stahlbeton werden hierdurch vermieden.

Ein weiterer Portalkran in Rahmen-Bauweise mit 54 t Tragkraft und ausnehmend breiter Katzbahn, erstellt für das Draukraftwerk Edling der Österreichischen Draukraftwerke AG, ist in Bild 8 zu sehen. Dieser Kran ist mit einem Doppelhubwerk und zwei synchron arbeitenden 27 t-Lasthaken ausgestattet, die im Abstand von 7 m angeordnet sind und mit deren Hilfe die ober- und unterwasserseitigen Turbinennotverschlüsse sicher und mühelos eingesetzt und gezogen werden können. Der Hubwerksantrieb ist mit einer betriebssicheren Klauenkupplung ausgerüstet, mit der ein Lasthakenantrieb ausgeschaltet und stillgesetzt werden kann, um jede Behinderung beim Arbeiten mit nur einem Haken zu vermeiden.

Der 80 t-Portalkran für das Kraftwerk Losenstein der Ennskraftwerke AG – Bild 9 – besitzt ebenfalls ein Doppelhubwerk mit 2 Lasthaken, die sicheres Absenken und Ausheben der oberwasserseitigen Turbinenverschlüsse und der Wehrnotverschlüsse sowie auch der Turbinen- und Generator-teile gestatten. Der Aufbau dieses Kranes wurde den vorgegebenen Baumassen entsprechend so gewählt, daß – abweichend von der in den Bildern 1, 5 und 8 gezeigten Ausbildung – die Portalrahmen mit ecksteif angeschlossenen Zugbandriegeln ausgeführt wurden und die Laufkatze auf den am Hauptträger-Obergurt befestigten Katzfahrschienen läuft. Der Kranbrückenquerschnitt und das Portalrahmenprofil mit dem Fahrwerkseinbau ist in Bild 10 dargestellt. Auch bei diesem Portalkran hat die Laufkatze einen oberwasserseitigen Katzausleger, der in diesem Fall die Lagerung der beiden Kopfrollen für zwei Hubwerke trägt, deren Haken gegebenenfalls gegen einen Zweiseil-Greifer – falls dies für die Entfernung von Schwemmgut aus dem Oberwasser erforderlich sein sollte – ausgetauscht werden können. Diese Ausleger-Hubwerke leisten auch vorzügliche Dienste bei Montage und Wartung der Einlaufrechen.

Einen Portalkran mit 450 tons\*) Tragfähigkeit, geliefert für das Volta River Kraftwerk Akosombo in Ghana, zeigt Bild 11. Aufgabe dieses Kranes ist neben der Montage der Turbinen und Generatoren – jeder Maschinensatz besitzt eine nutzbare Leistung von 128 MW – auch die Montage der gesamten maschinellen und elektrischen Ausrüstung des Maschinenhauses, die Montage der Trafos und der unterwasserseitigen Dammbalken. Den Betriebserfordernissen entsprechend ist dieser Kran mit zwei Laufkatzen ausgestattet, die mit einer Lasttraverse die Schwerlast heben und verfahren, wobei die Hubwerke elektrisch gekuppelt und verriegelt werden, so daß die Steuerung von einem Kranführer im Gleichlauf betätigt werden kann. Lasten bis 230 tons können am Doppelhaken jeder einzelnen Laufkatze gehoben werden. Sowohl die Portalrahmen als auch die Katzbahnträger bestehen aus vollwandigen, geschweißten Kastenträgern. Die Katzfahrschienen sind auf den Obergurtplatten der horizontalen Hauptträger aufgeschraubt, die mit den ebenfalls als Kastenträger konstruierten kräftigen Endquerriegeln

\*) short tons: 1 short ton = 0,9072 Mp.

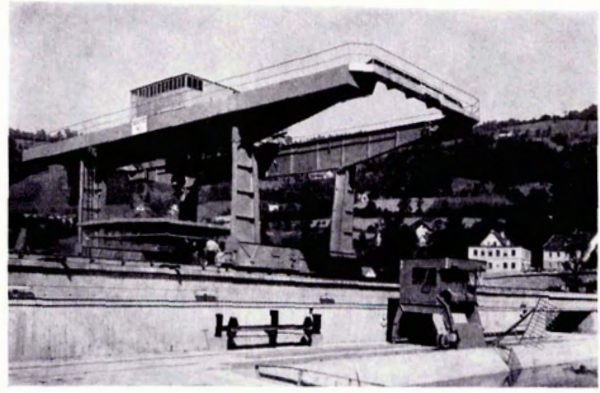


Bild 9: 80-t-Portalkran mit Doppelhubwerk im Kraftwerk Losenstein der Ennskraftwerke AG. Die Portalrahmen wurden hier mit ecksteif angeschlossenen Zugbandriegeln ausgeführt

Fig. 9: 80 ton gantry crane with twin-hoist in the Losenstein Power Station of the Oesterreichische Draukraftwerke AG. The gantry frames were designed here with corner-stiff connected tie members

einen biege- und torsionssteifen Horizontalrahmen bilden und die Seitenstoßkräfte aus der Katzfahrbe-  
wegung ebenso wie die Bremskräfte aus der Kran-  
fahrbewegung über die Portalrahmen und Fahrwerke

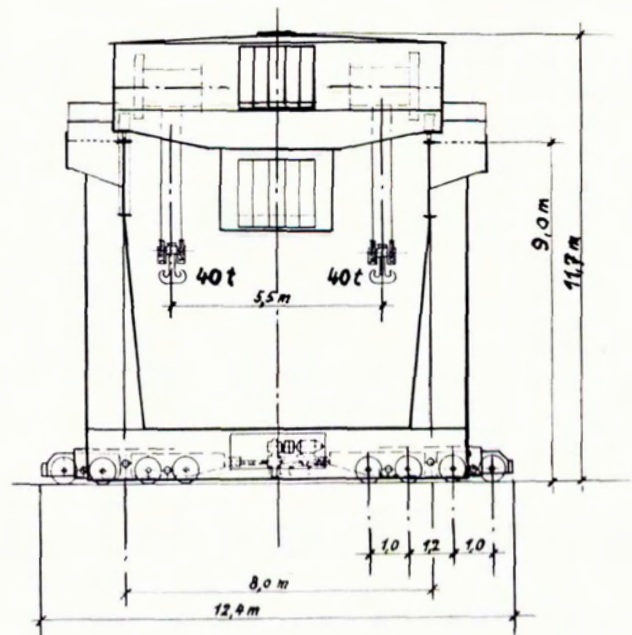


Bild 10: Kranbrückenquerschnitt und Rahmenausbildung des Portalkranes nach Bild 9 mit Eintragung der Hauptmaße. Die Fahrwerke sind in kastenträgerartig ausgebildeten ecksteif angeschlossenen Zugbandriegeln eingebaut

Fig. 10: Cross section of crane bridge and frame design of the gantry crane as in figure 9 with main dimensions entered. The travel drives are mounted in corner-stiff connected tie members of box-girder design

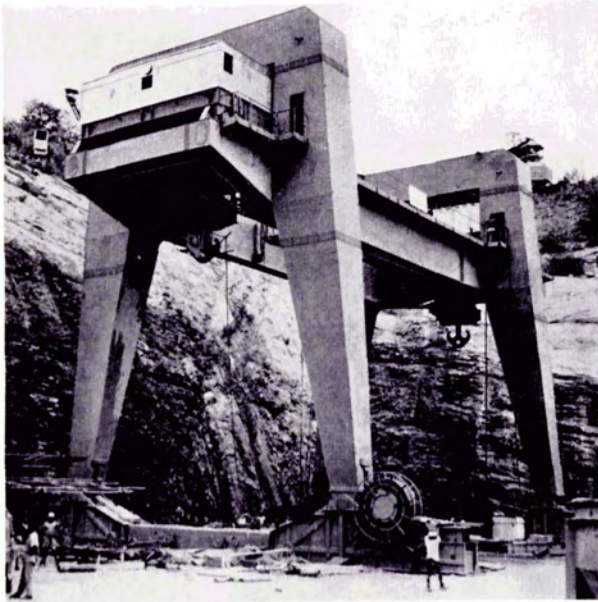


Bild 11: 450-ton-Portalkran mit 2 Laufkatzen von je 230 tons Tragkraft im Kraftwerk Akosombo am Volta River in Ghana. Die Kranbrücke wurde in geschweißter Kastenträgerbauweise erstellt und mit einem 32rolligen Fahrwerk ausgerüstet

Fig. 11: 450 ton gantry crane with two trolleys of 230 tons capacity each, in the Akosombo Power Station on the Volta River in Ghana. The crane bridge was designed in welded box-girder construction and equipped with a 32-wheel travel drive



in die Kranbahn ableiten. Alle Kastenträgerquerschnitte sind begehrbar konstruiert, um einerseits die in verzinkten Stahlrohren verlegten elektrischen Leitungen innerhalb der Kastenträger einbauen zu können und andererseits auch den Korrosionsschutz im Inneren der Kastenträger verlässlich durchführen und überwachen zu können. Die Verbindung zwischen Hauptträgerbalken und Portalrahmen erfolgt mittels Paßschrauben, während alle anderen tragenden Baustellenverbindungen mittels hochfester Schrauben ausgeführt werden. Je Stützenfuß sind 8 Laufrollen in Dreifach-Balanciers eingebaut und in jedem Portalrahmen gegenseitig durch Zugbänder mit Kastenträgerprofil verbunden. Bild 12 zeigt die beiden Fahrwerke dieses Schwerlast-Portalkranes bei der Probemontage im Werk. Deutlich sind im Bild auch die eingepaßten Fußbolzen ersichtlich. Mit Rücksicht auf die Fahrgeschwindigkeit von 40 m/min sind außerdem an den Balanciers angeschraubten schweren Ringfederpuffern sehr kräftige Fahrbegrenzer mit Prellstäben an der Kranbahn eingebaut.

Einen Portaldrehkran am Einlaufdamms des Nilkraftwerkes Aswan Dam zeigt Bild 13. In der Portal-konstruktion ist oberwasserseitig ein 150-t-Hubwerk eingebaut, das mit leichtem Schrägzug – Neigung 1 : 25 – das Einsetzen und Ziehen einer schweren Rolldamntafel zum Abschließen der Turbineneinläufe, gegebenenfalls bei durchströmten Turbinen, gestattet. Im Bild sind die Hubseile mit den teilweise durch die Führungsleisten verdeckten Unterflaschen zu erkennen. Im vollwandigen, geschweißten vierbeinigen Kranportal ist in Podestebene eine kurze Katzbahn eingebaut, auf welcher eine 40-t-Laufkatze das Montieren und das Ausheben der mit Schutzhauben abgedeckten Servomotoren und deren Ausrüstung ermöglicht. Am Kranportal-Mittelstück ist ein Drehkran eingebaut, in dessen Fachwerkausleger ein Greiferhubwerk arbeitet, das gegebenenfalls zum Ausbaggern des vor den Rechen angesammelten Schlammes und Treibgutes verwendet wird.

Bei langen Saugrohren oder größeren Fallhöhen ist für das Setzen und Ziehen der Saugrohrverschlüsse ein eigener Portalkran oder auch Halbportalkran erforderlich. Ein solcher Portalkran mit 88 t Tragkraft wurde ebenfalls für das Kraftwerk Aswan Dam gebaut, er besitzt eine Hubhöhe von etwa 20 m. Die Projektierung hat vorgeschrieben, daß die Saugrohr-Damntafel dauernd am Kran hängt und daß auch die abgesenkte Damntafel normalerweise nicht vom Kran gelöst wird, daher entfällt auch der Zangenbalken und die Damntafel ist direkt an den Hubketten eingehängt. Die robusten Hubketten

Bild 12: Zusammenbau der Fahrwerke für den 450-ton-Portalkran nach Bild 11 in der Werkstätte. Die komplett zusammengebauten Fahrwerke wurden sehr genauen Fluchtungsmessungen der Laufrollen und Fußbolzen unterzogen

Fig. 12: Assembly of the travel drives for the 450 ton gantry crane as in figure 11, at the workshop. The completely assembled travel drives were subjected to very thorough measurements for alignment of the wheels and bottom pins



sind als Gliederketten aus rostfreiem Chrom-Nickelstahl hergestellt und werden bei hochgehobener Dammtafel in den im Bild gut sichtbaren Kettenkästen gespeichert.

Der Kran besitzt neben dem fest eingebauten Doppelhubwerk zwei Hilfslaufkatzen mit hydraulischen Hubwerken gleicher Tragkraft, die das Anheben und Querverschieben sowie Absetzen der Dammtafel nach Lösen der Anhängelbolzen für Revisionszwecke ermöglichen. Um die Notverschluß-Dammtafel auch bei etwaigem Stromausfall absenken zu können, ist dieser Kran mit einer an der Motorwelle dauernd im Ölbad mitrotierenden Fliehkraft-Lamellenbremse ausgerüstet, die bei Überschreiten einer einstellbaren, etwa 15% über der Normdrehzahl liegenden, Rotationsgeschwindigkeit selbsttätig zur Wirkung kommt. Diese Fliehkraftbremse ist so dimensioniert, daß die mehr als 80 t schwere Dammtafel mit konstanter Geschwindigkeit bei voller Höhe von 23 m abgesenkt werden kann, ohne daß die zulässige Öltemperatur überschritten wird.

In Flußkraftwerken kann das Setzen der Notverschlüsse auch mit Schwimmkränen erfolgen. Dies wird allerdings angesichts der hohen Kosten eines derartigen Kranes im allgemeinen nur dann projektiert und ausgeführt, wenn dieser für mehrere Stufen Verwendung findet und auch räumliche sowie betriebliche Verhältnisse diese Lösung erfordern. Bild 14 zeigt den 80-t-Schwimmkran der Donaukraftwerke AG bei der Probebelastung in der Werft. Auf dem mit 2 Voith-Schneider-Propellern ausgestatteten und daher sehr gut manövrierfähigen Ponton ist ein Drehkran mit feststehendem König schwenkbar auf einer Kreisschiene von 8 m  $\phi$  aufgebaut. Der in geschweißter Fachwerkkonstruktion aus St 37 T hergestellte, zirka 30 m lange, Fachwerksausleger ist am Drehkranrahmen in schweren Bronzelagern wippbar gelagert und zwecks besserer Ausnützung der Hubhöhe des Schwerlasthakens geknickt ausgebildet. An der äußersten Spitze trägt der Ausleger die Kopfrollen für ein 10-t-Hilfshubwerk, dessen Hakenflasche gegebenenfalls gegen einen Polypgreifer entsprechender Tragkraft ausgetauscht werden kann, so daß der Schwimmkran auch für Baggerarbeiten verwendbar ist. Dieser Kran ist mit Druckmeßdosen zur Lastanzeige und mit automatischer Hubwerksabschaltung bei Überlastung des 80-t-Hubwerkes oder auch bei Überschreiten der zulässigen Krängung ausgestattet. Der Drehkranrahmen trägt ein 120 t schweres Gegengewicht aus Schrottbeton. Beim Verfahren des unbelasteten Kranes wird nach Verschwenken des Drehkranes um 180° der Ausleger auf den Ponton aufgelegt, wodurch eine minimale Durchfahrtshöhe – wichtig für Brückendurchfahrten bei hohem Wasserstand – erzielt wird.

Der in Bild 15 gezeigte 160-t-Laufkran für die Maschinenhalle des E-Werkes Simmering der Wiener Stadtwerke ist in geschweißter Vollwandträger-Bauweise mit Rahmen-Nebenträgern konstruiert und mit 8rolligem Kranfahrwerk mit Raddruckausgleich, Regelbremssteuerungen, die als Feinhubsteuerung sowohl für das Haupthubwerk als auch für das 25-t-Hilfshubwerk, das eine etwa 5fache Hubgeschwindigkeit gegenüber dem Haupthaken er-

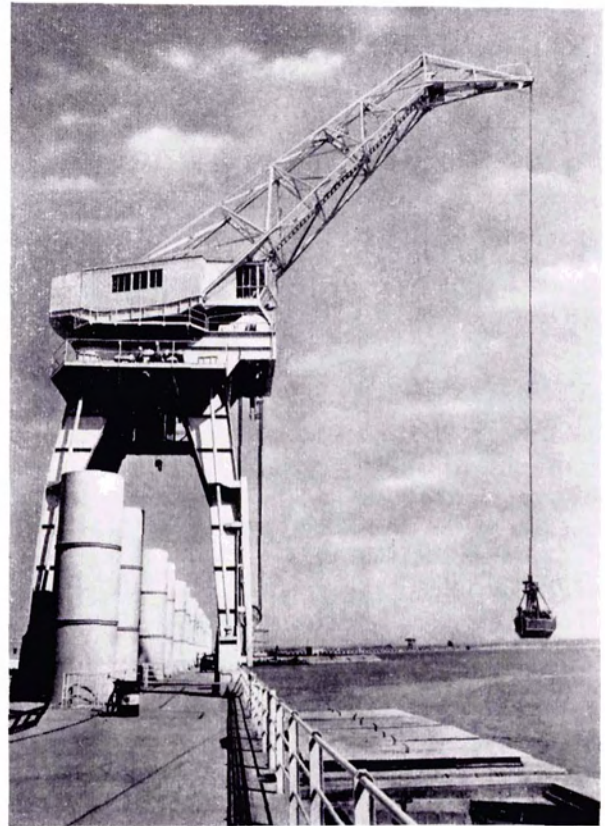


Bild 13: Portaldrehkran mit 150 t Tragkraft des oberwasserseitig im Portal eingebauten Schwerlasthubwerkes am Einlaufdammbau des Kraftwerkes Aswan Dam, Ägypten

Fig. 13: Revolving gantry crane with heavy-load hoist of 150 tons capacity which is mounted in the gantry on the upstream side, on the intake dam of the Aswan Power Station, Egypt



Bild 14: 80-t-Schwimmkran für die DoKW mit drehbarem Kranausleger in geschweißter Fachwerkkonstruktion bei der Probebelastung in der Schiffswerft

Fig. 14: 80 ton floating crane for the Oesterr. Donaukraftwerke AG, with revolving jib in welded latticework construction, when test-loaded in the shipyard

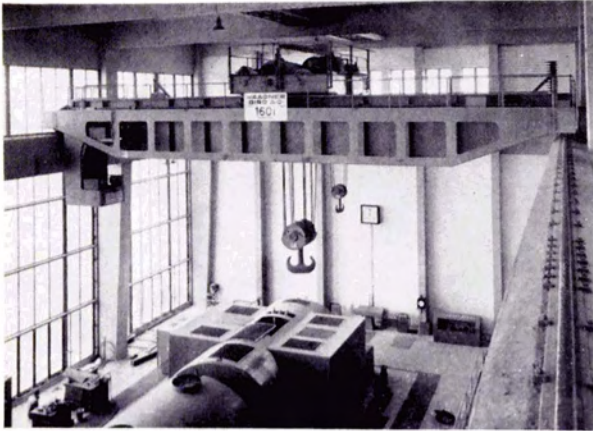


Bild 15: 160-t-Maschinenhauslaufkran in geschweißter Vollwandträgerbauweise mit Rahmennebenenträgern, geliefert für das E-Werk Simmering der Wiener Stadtwerke

Fig. 15: 160 ton overhead travelling powerhouse crane of welded solid-web girder construction with frame-type auxiliary girders, supplied for Simmering central station of the Wiener Stadtwerke

hielt, ausgestattet; diese rasch arbeitenden Hilfshubwerke sind bei den Kraftwerkskranen unentbehrlich, da erfahrungsgemäß viele oft wesentlich kleinere Lasten als die eigentlichen Schwerlasten wie Turbinen, Generatoren und Trafos gehoben werden und die Einsparung an Montagezeit den geringen

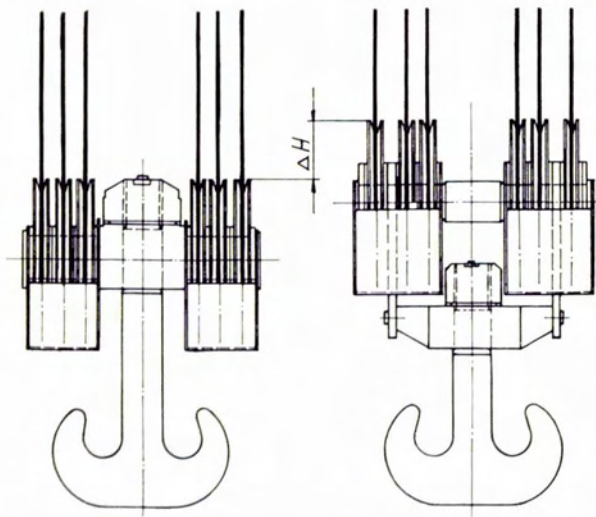


Bild 16: Gegenüberstellung einer kurzen Hakenflasche mit Lagerung der Seilrollen in Kragachsen der Hakentraverse und der früher durchwegs üblichen langen Hakenflasche mit einfacher Hakentraverse. Die effektive Einsparung an Hubhöhe ist hieraus klar ersichtlich

Fig. 16: Comparison between a short pulley block with the sheaves supported in projecting axles of the hook traverse and the formerly usual long pulley block with simple hook traverse. The effective saving of lift can be clearly taken from this figure

Mehraufwand von etwa 4–6% des Kranpreises je nach Tragkraft und Anordnung des Hilfshubwerkes bezahlt macht. Vielfach wird noch ein weiteres Kleinhebezeug eingebaut, um ganz leichte Lasten noch sehr rasch heben und absenken zu können. Auch der vorstehend beschriebene Kran besitzt eine auf eigenem Katzbahnträger verfahrbare Elektrozuglaufkatze von 5 t Tragkraft. Die Schwerlast-Hakenflasche ist als sogenannte kurze Flasche ausgebildet, eine Ausführung, die exakte Berechnung und Dimensionierung der sorgfältig geschmiedeten Hakentraverse erfordert. Diese Bauart – Bild 16 – hat gegenüber den für Schwerlast-Hubwerke oft ausgeführten langen Flaschen eine wesentlich kleinere Bauhöhe und ergibt bei gleichen relativen Abständen zwischen Last und Kran eine kleinere Hallenhöhe oder bei Portalkranen eine kleinere Bauhöhe, ein Umstand, der besonders bei Hallenkranen eine oft nicht unbedeutende Einsparung an Baukosten ermöglicht.

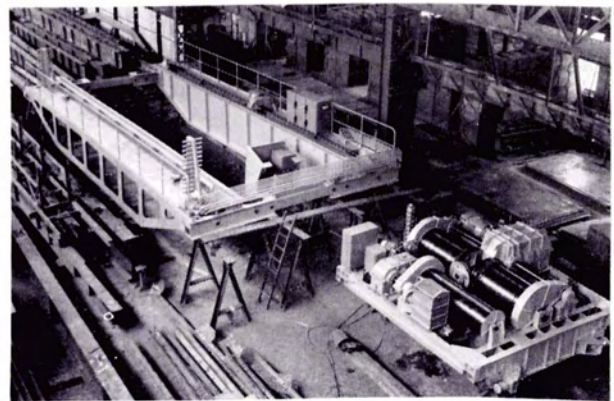


Bild 17: 75-t-Maschinenhauslaufkran für das Kraftwerk Munirabad, Madras, Indien, beim Probezusammenbau in der Werkstätte. Die zugehörige Laufkatze ist im Bild rechts zu sehen

Fig. 17: 75 ton overhead travelling powerhouse crane for the Munirabad Power Station, Madras, India, when trial-assembled at the workshops. The respective trolley is shown right on the photograph

Bild 17 zeigt einen 75-t-Laufkran für das Kraftwerk Munirabad bei Madras, Indien. Die Laufkatze, im Bild rechts, wurde in raumsparender Konstruktion ausgeführt, um kleinste Anfahrmaße zu erzielen. Dieser Kran besitzt ein 10-t-Hilfshubwerk, dessen Hubtrommel im Bild gut zu sehen ist.

Bemerkenswert bei einem 120-t-Laufkran, geliefert für das Kraftwerk Cachi in Costa Rica, ist die sehr platzsparende Konstruktion der Laufkatze, die mit einem Hilfshubwerk für eine Tragkraft von 20 t ausgerüstet ist. Der Katzfahrantrieb – Bild 18 – erfolgt über Gelenkwellen direkt auf die Katzläufer. Die Kranbrücke ist in der für Schwerlastkranen üblichen Bauweise mit vollwandigen, geschweißten Hauptträgern aus St 37 T ausgeführt und die Katzfahrschienen sind am Obergurt der Hauptträger mittig über den Stegblechen befestigt. Die bei Hüttenwerkskranen und stark beanspruchten Werks-

Bild 18: 120-t-Laufkatze für einen Maschinenhauskran mit 20-t-Hilfshubwerk und Katzefahrtrieb mit Gelenkwelle geliefert für das Kraftwerk Cachi, Costa Rica

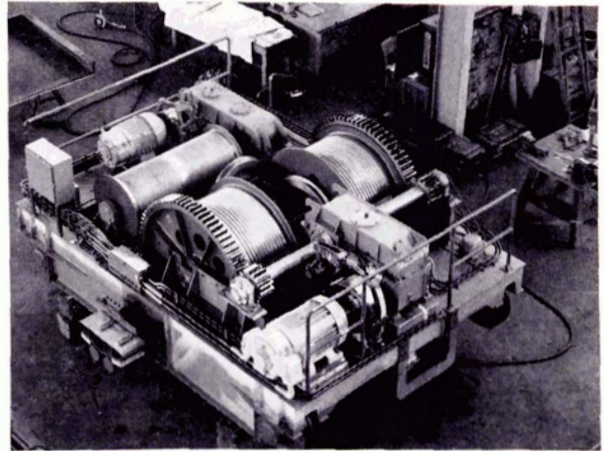
Fig. 18: 120 ton trolley for a powerhouse crane with 20 ton auxiliary hoist and trolley travel drive with cardan shaft, delivered for the Cachi Power Station, Costa Rica

kranen übliche Kastenträger-Bauweise ist für Kraftwerkskrane mit ihren langsamen Fahrgeschwindigkeiten und den wesentlich niedrigeren dynamischen Zusatzbeanspruchungen häufig zu schwer. Manchmal wird eine Ausführung mit Torsionetten – Bild 19 – gewählt (7).

Häufiger werden jedoch bei den Maschinenhauskranen, insbesondere bei jenen mit größeren Stützweiten, die Bühnenträger mit der ihrer Belastung und Stützweite entsprechenden Tragfähigkeit, entweder als Rahmenträger wie in den Bildern 15 und 17 oder als entsprechend niedriger konstruierte Vollwandträger, eventuell unter Verwendung von Kantprofilen, ausgeführt, wie dies beispielsweise bei den beiden 95-t-Maschinenhauskranen für das vor wenigen Monaten fertiggestellte Kraftwerk St. Pantaleon der Ennskraftwerke AG – Bild 20 – ausgeführt wurde.

Einen 100-t-Maschinenhauskran beim Einheben des 108 t schweren Drehstrom-Generators im Kraftwerk *H o h e W a n d* der Newag Niogas AG zeigt Bild 21. Der Kran hat eine Stützweite von etwa 24,1 m und ist mit vollwandigen Hauptträgern aus St 37 T und modernen Trapezrahmen-Bühnenträgern ausgebildet. An der Laufkatze ist neben dem Haupthubwerk ein Hilfshubwerk mit 15 t Tragkraft und entsprechend größerer Hubgeschwindigkeit – 10 m/min – eingebaut. Beide Hubwerke sind mit einer Eldro-Regelbremssteuerung 1 : 10 ausgerüstet, um genaue Montagearbeiten einwandfrei und sicher durchführen zu können.

Die Abbildungen mit den verschiedenartigen Bauformen der Kraftwerkskrane, insbesondere jener der Wasserkraftwerksanlagen, lassen erkennen, daß die Wahl der zweckmäßigsten Bauform mit der Generalplanung des Kraftwerkes eng verknüpft ist. Daher wird schon beim ersten Entwurf des Kraftwerkes der



Einbau der schweren Krane mitgeplant. Man wird bestrebt sein, die Projektierung so vorzunehmen, daß die Schwerlastkrane für möglichst viele im Bereich des Kraftwerkes durchzuführenden Hub- und Transportarbeiten herangezogen werden können. Festlegung der Nennt Tragkraft von Haupt- und Hilfshubwerken, ebenso auch die Wahl zweckmäßiger Arbeitsgeschwindigkeiten erfolgt häufig erst nach enger Fühlungnahme mit den Montagefachleuten der Lieferfirmen der Turbinen, Generatoren, Trafos, Schützen und der sonstigen Kraftwerksausrüstung.

Dem mitunter aufgetretenen Gedanken, die nach der Errichtung des Kraftwerkes oft wenig benutzten Portalkrane beim Bau einer weiteren Kraftwerksstufe einzusetzen, steht entgegen, daß im Falle einer unvermutet notwendigen Instandsetzungsarbeit, bei der der Kran erforderlich ist, zufolge der Heranschaffung und Montage des Kranes eine meist beträchtliche Verzögerung in Kauf genommen werden müßte und etwa bei einem Flußkraftwerk auch ein entsprechend größerer Energieausfall auftreten würde. Zieht man in Betracht, daß die Anschaffungskosten für einen Kraftwerks-Schwerlastkran nur etwa 2–5 ‰ der Gesamtbaukosten des Kraftwerkes betragen und für Demontage, Heranschaffung und Wiederaufstellung des Kranes je nach Krantype, Transport- und Montageverhältnissen schätzungsweise etwa 25–50 ‰ des Anschaffungspreises auf-

Bild 19: Kranbrückenquerschnitt eines Laufkranes mit vollwandigen Hauptträgern, beidseitigen Kranbühnen und eingeschweißten Torsionetten

Fig. 19: Bridge cross section of an overhead travelling crane with solid-web main girders and welded-in „torsionettes“, with walkways on both sides, which are secured by railings

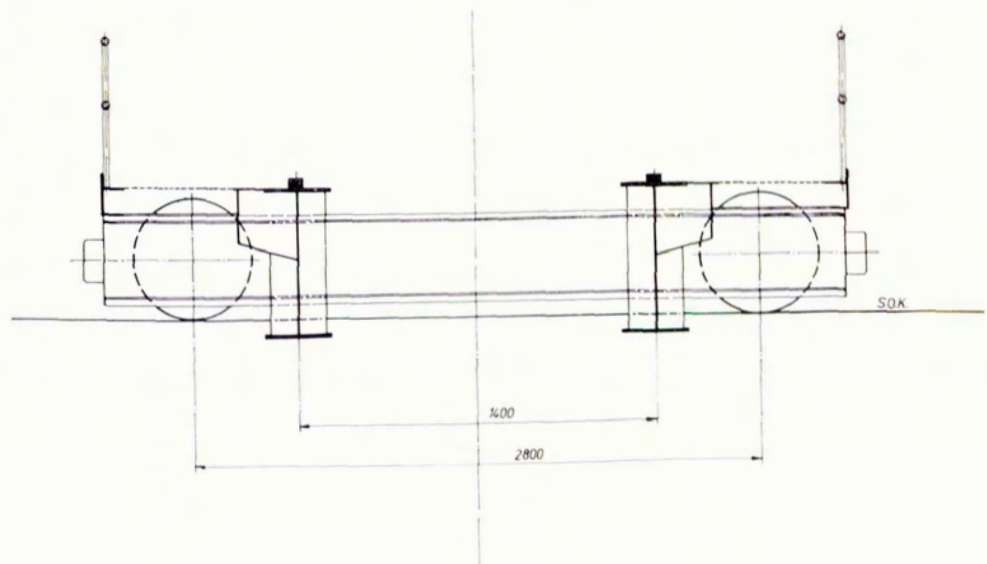




Bild 20: Zwei Maschinenhauslaufkrane mit je 95 t Tragkraft, geliefert für das Kraftwerk St. Pantaleon der Ennskraftwerke AG. Die Katzfahrschienen sind auf den vollwandigen Hauptträgern angeordnet, die Nebenträger sind aus vollwandigen Kanträgerprofilen hergestellt

Fig. 20: Two overhead travelling powerhouse cranes of 95 tons capacity each, delivered for the St. Pantaleon Power Station of the Ennskraftwerke AG. The trolley rails are located on the solid-web main girders, the auxiliary girders are manufactured of solid-web edged sections

gewendet werden müßten, so ist verständlich, daß bisher von derartigen Versuchen abgesehen wurde. Dazu kommt noch, daß zufolge der in den letzten Jahren konsequent gegenüber den Materialkosten vorausseilend ansteigenden Lohnkosten dieses Verhältnis immer ungünstiger wird. Ein weiterer schwerwiegender Nachteil wäre, daß bei der Projektierung der neuen Kraftwerksstufen auf die vorhandenen Krane weitgehend Rücksicht genommen werden müßte, ein Umstand, der in den meisten Fällen schon zufolge der verschiedenen örtlichen Gegebenheiten die Verwendung eines vorhandenen Kranes, der den Erfordernissen seines ursprünglichen Bestimmungskraftwerkes angepaßt wurde, ausschließt.

In steter Entwicklung und in engster Zusammenarbeit der Ingenieure der Kranbaufirmen mit den Kraftwerksplanern und Ingenieuren der Lieferfirmen der Turbinen, Generatoren und der Wasserbauausrüstung wurden Krankonstruktionen geschaffen, die größte Betriebssicherheit gewährleisten, bei Mon-

tage und im Kraftwerksbetrieb vielseitig eingesetzt werden können und – dies soll letzten Endes nicht unerwähnt bleiben – auch in ihrer Bauform dem Gesamtkraftwerk architektonisch gut angepaßt und eingeordnet werden können.

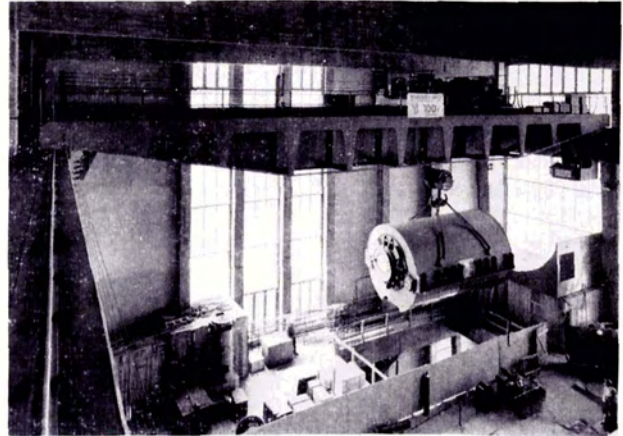


Bild 21: 100-t-Maschinenhauskran mit obenfahrender Laufkatze beim Einheben des etwa 108 t schweren Generators im Kraftwerk Hohe Wand der Newag-Niogas. Die Kranbrücke wurde mit Trapezrahmen-Nebenträgern ausgeführt

Fig. 21: 100 ton powerhouse crane with top-travelling trolley, handling the heavy generator of approx. 108 tons, in the Hohe Wand Power Station of the Newag-Niogas. The crane bridge was designed with trapezium-frame auxiliary girders

#### Schrifttum

- (1) J. Prachar: „Konstruktion und Ausstattung der Montagekrane für Wasserkraftwerke“ in „Stahlbau-Rundschau“, 2. Jahrgang 1956, Heft 1.
- (2) A. Grzywiński: „Das Draukraftwerk Schwabeck“, „Österreichische Bauzeitschrift“, Jahrgang 3, S. 70.
- (3) H. Bugl: „Über den Einsatz von Hebezeugen beim Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug“, „Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft“, 15. Jahrgang, 1962, Heft 1.
- (4) F. Scheuer und R. Sparowitz, Graz: „Aufbau, Fertigung und Montage von zwei 100.000-PS-Kaplanturbinen des Kraftwerkes Aschach“ in E & M, 80. Jahrgang, 1963, Heft 24, S. 559.
- (5) H. Bernt, Steyr: „Maschinelle Einrichtungen im Kraftwerk St. Pantaleon“, OZE, 18. Jahrgang, Juni 1965, Heft 6, S. 237.
- (6) H. Bugl und H. Grassinger, Wien: „Einzelheiten über den 220-t-Portalkran des Kraftwerkes Aschach und über die Kontrollmessungen im Zuge der Belastungsproben“, OZE, 17. Jahrgang, 1964, Heft 7, S. 334 ff.
- (7) R. Neugebauer: „Zweckmäßige und wirtschaftliche Gestaltung von Krananlagen“, „Stahl und Eisen“, Jahrgang 82, 1962, Heft 9, S. 508.

Dipl.-Ing. J. Pracher,  
Oberingenieur der Waagner-Biro AG, Wien

# Die Erprobung von Konservierungsmaßnahmen für Stahlwasserbaukonstruktionen am Wehrfeld 5 des Donaukraftwerkes Ybbs-Persenbeug

Dipl.-Ing. Werner R o e h l e, Wien

Im Jahre 1956 hatte die Österreichische Donaukraftwerke AG die Konservierungsmaßnahmen für die Stahlkonstruktion des Kraftwerkes Y b b s - P e r s e n b e u g zu planen und festzulegen. Es galt zu entscheiden, ob man beim bewährten klassischen Konservierungsverfahren mittels Anstrichen bleibt oder ob man vielversprechenden, aber noch nicht lange erprobten modernen Materialien und Verfahren den Vorzug geben sollte. Sowohl bei den allgemeinen Stahlkonstruktionen des Kraftwerkes (Hochbau, Brücken, Geländer, Maste, Krane, Generatorabdeckungen usw.), als auch bei jenen des Stahlwasserbaues (Wehr- und Schleusenverschlüsse, Turbinenrechen, Ein- und Auslaufpanzerungen, Stützschaufeln, Notverschlußarmierungen usw.) entschloß man sich, bei den alten, bewährten Konservierungsmethoden zu bleiben. Die modernen Materialien und Verfahren sollten hingegen als Versuchsanstriche an einzelnen Objekten erprobt werden. Aus dem Direktvergleich hoffte man, Aufschluß zu erhalten, wo es in Zukunft zweckmäßig erscheint, auf neue Konservierungsverfahren überzugehen. Für den Stahlwasserbau wurde diese Erprobung am W e h r f e l d 5 konzentriert. Bild 1 zeigt einen Wehrverschluß von Unterwasser her gesehen, Bild 2 stellt den Wehrverschluß nach Eisabtritt dar.

Zur Beurteilung der Versuchsdurchführung und der Auswahl der Verfahren und Materialien ist es notwendig, die vorangegangene Entwicklung kurz zu beschreiben und Charakteristika einzelner Konservierungsmethoden und -systeme zu behandeln. Das gesamte Gebiet wird hiebei bewußt mit den Augen des durch viele Diskussionen mit werbenden Materialherstellern und fordernden Konservierungsfirmen erfahrenen Verbrauchers betrachtet, die Probleme werden zusammengefaßt und vereinfacht dargestellt. Die daraus resultierenden unvermeidbaren Ungenauigkeiten sind dem Verfasser bewußt, aber für das angeschnittene Problem unbedeutend.

## I. Allgemeine Entwicklung der Konservierungsmaßnahmen für Stahlbaukonstruktionen

### 1. Die klassische Methode im Hoch- und Brückenbau

Dort, wo in Österreich und Deutschland Stahl als Grundelement von Baukonstruktionen zur Verwendung kam, wurde etwa bis zum Jahre 1950 fast ausschließlich händisch mit Hammer, Kratzer und Schaber sowie maschinell mit rotierenden, besonders geformten Bürsten, Schleif- und Schlaggeräten ent-

stet. Die Stahloberfläche war nach längerem Lagern im Freien gründlich angerostet und so konnte mit diesen einfachen Entrostungsverfahren auch ein großer Teil der Walzhaut und des Zunders entfernt werden. Die „festsitzende“ Walzhaut mußte belassen bleiben. Diese wurde auch von Konservierungsfachmännern als unbedeutend für die Haltbarkeit der Anstriche angesehen. Als Grundanstrich wurde in den meisten Fällen leinölgebundene Bleimennige (seltener Bleichromat und Bleiweiß als Pigment) verwendet. Die folgenden Deckanstriche, zumeist ebenfalls „Ölfarben“, lösten den vorhergehenden Anstrich leicht an und hafteten gut auf diesem.

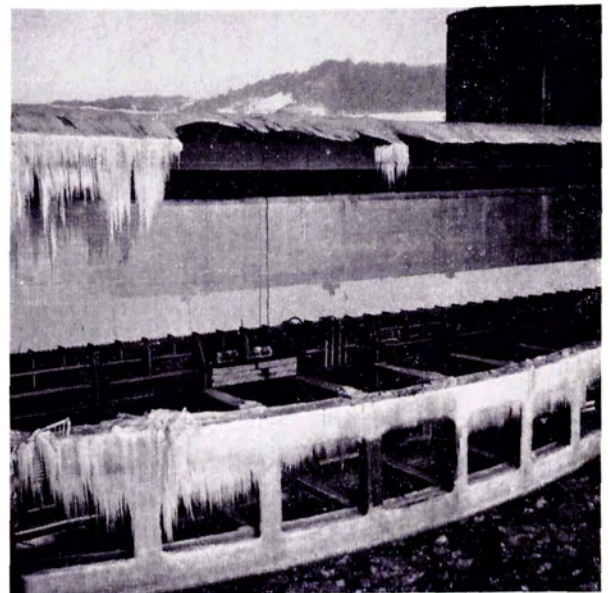


Bild 1: Wehrverschluß von UW (Unterwasser) her gesehen  
Fig. 1: Weirgate as seen from the downstream side

Die gute Wirkung der Leinöbleimennige hat bekanntlich viele Gründe. In dieser Kombination paart sich die besondere Benetzungsfähigkeit, die große Haftfähigkeit und das Penetrationsvermögen des Leinöls mit der die Stahloberfläche passivierenden Wirkung des Pigmentes. Das Pigment verleiht dem Anstrich im allgemeinen und im besonderen die Härte. Entscheidend für die Güte der Leinöbleimennige aber ist, daß die basische Mennige mit den fettsauren Gruppen des Leinöls während des Austrocknungsprozesses wasserunlösliche Verbindungen

bildet – die Bleiseifen. Außerdem macht dieser Vorgang auch die sauren Abbauprodukte des Öles bei dessen Alterung unschädlich. Die Bleiseifen erhöhen die Elastizität und vermindern die Absetzneigung. Die Reaktion des Pigmentes mit den sauren Atmosphärrillen zu unlöslichen, nicht korrodierenden Verbindungen ergänzt die guten Eigenschaften dieses idealen Grundanstriches.

Die verschiedensten Deckanstriche wurden entwickelt und erprobt. Neue Grundanstriche setzten sich aber gegen die Leinölmennige in ihren verschiedensten Rezepturen nicht entscheidend durch.

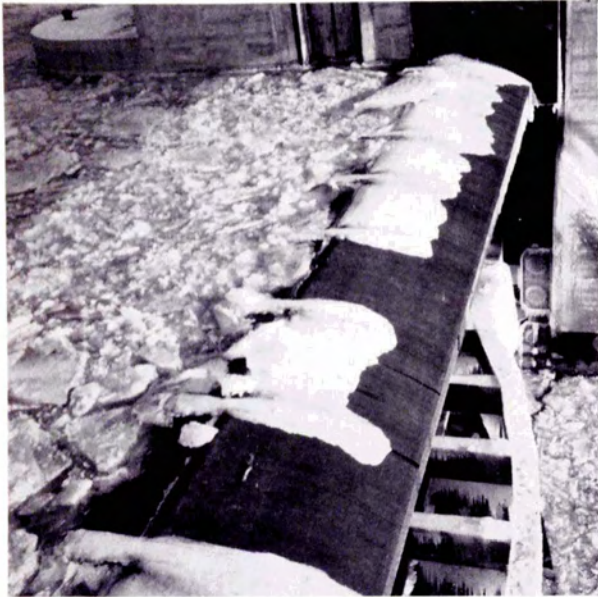


Bild 2: Wehrverschluß nach Eisabriff

Fig. 2: Weirgate after drift of ice

## 2. Die klassische Methode der Stahlwasserbaukonservierung

Im Stahlwasserbau war man schon früher mit dem allgemein verwendeten Anstrichaufbau nicht sehr glücklich. Dem dauernden Feuchtigkeitseinfluß und dem mechanischen Angriff des fließenden Wassers waren die Deckanstriche meist nicht gewachsen, und die Quellung des Mennigegrundes führte zu vorzeitigen Zerstörungen des gesamten Anstriches.

Bei Feuchtigkeitsisolierungen hatte sich die wasserabweisende Wirkung der Bitumina und Steinkohlenteerpeche hervorragend bewährt. Es war daher naheliegend, diese im Stahlwasserbau zu erproben. Die Elastizität und Haftfestigkeit der so entwickelten Anstriche, aber auch ihre Wirtschaftlichkeit (trotz großer Schichtstärke) machten sie bald sehr beliebt. Naturgemäß verwendete man sie vorerst als Deckanstriche von Mennigegründungen. Die Erfolge dabei waren aber nicht zufriedenstellend. Man ließ daher die Mennige als Grundanstrich weg. Unterrostungen waren trotz guter Haftung und ausreichender Schichtstärke die Folge und die oft so not-

wendige passivierende Wirkung des Grundanstriches fehlte. Früher als bei der Konservierung anderer Stahlbauten stellte man daher im Stahlwasserbau die Forderung nach einer blanken, von Restrost, Zunder und Walzhaut freien Oberfläche.

## 3. Die Bedeutung der anstrichgerechten Oberfläche im Stahlwasserbau

Lang tobte der Kampf der Fachleute, ob die „fest-sitzende“ Walzhaut belassen werden darf. Heute ist man einhellig der Meinung, daß sie entfernt werden muß. Sie hat vom Konservierungsstandpunkt aus gesehen alle schlechten Eigenschaften: Sie bildet mit dem reinen Stahl bei Hinzutreten eines Elektrolyten ein Lokalelement; sie besitzt eine von Stahl verschiedene Temperaturdehnung; sie platzt bei Verformungen ab; sie ist rißanfällig; sie besitzt eine glatte Oberfläche, auf der der Anstrich schlecht haftet, und heute weiß man, daß es keine auf die Dauer festhaftende Walzhaut gibt, obwohl gerade die neuen Stahlsorten eine gegen alle Entfernungversuche sehr widerstandsfähige Walzhaut besitzen. Die Forderung nach restloser Entfernung des Rostes und der Walzhaut war gestellt, das günstigste und wirtschaftlichste Entrostungsverfahren für Großkonstruktionen ist gesucht. Die chemische Entrostung kämpft mit Säuren als Rostentferner und Rostumwandler. Die Flammstrahler und Flammphosphatierer rücken der Walzhaut und dem Rost mit hohen Temperaturen und offener Flamme zu Leibe und die Sandstrahler wiederum lassen Quarzsand, Korund oder Stahlschrot auf die zu reinigende Oberfläche prasseln. Bevorzugt wird derzeit im Stahlwasserbau das Sandstrahlen mit Quarzsand oder Stahlschrot. Die Gründe hierfür sind folgende: Beim chemischen Entrosten gelingt es an den großen und mit vielen Ecken, Kanten und Winkeln versehenen Konstruktionen meist nicht, die noch verbliebenen überschüssigen Säuren restlos zu entfernen. Diese wirken dann zerstörend auf den nachfolgenden Anstrich. Beim Rostumwandeln wiederum muß es einwandfrei gelingen, die Dosierung des Mittels auf die umzuwandelnde Rostmenge einzustellen. Walzhaut und Zunder werden mit diesen Verfahren nicht vollkommen entfernt. Von einer Erprobung am Wehrfeld 5 wurde abgesehen.

Härter ist die Auseinandersetzung zwischen Sandstrahlern und Flammstrahlern. Letztere behaupten, es gelänge ihnen besser, eine konservierungsgerechte Oberfläche herzustellen, da ihre reinigende Flamme auch in die kleinsten Poren einzudringen vermag. Die Oberfläche bleibt zwar rau genug (Haftung), stellt aber keineswegs eine solche zerklüftete Kraterlandschaft mit vielen hohen Zacken und umgeschlagenen Spitzen dar, in deren Höhlen der Restrost und eingeschlossene Sandkörner hausen. Die Sandstrahler hingegen reklamieren für sich die erzielte blanke Oberfläche des Stahles, handliche Geräte, die den Rost auch in den Kanten und Ecken der Konstruktion aufspüren, die leichtere Handhabung und die bessere Kontrollmöglichkeit. Sicher ist, daß nach dem Sandstrahlen Spitzen stehen bleiben, die einen allzu dünnen Anstrichfilm durchstoßen und die Keimzelle

für spätere Unterrostungen darstellen können. Hier ist der Grund für manches Versagen eines modernen dünnen Beschichtungsaufbaues zu finden, der gegen Unterrostung keinen entsprechenden Schutz besitzt. Bei den klassischen Anstrichstoffen des Stahlwasserbaues, den Bitumina und Steinkohlenteerpechen mit ihren Gesamtstärken der Beschichtung von insgesamt zirka 300–400  $\mu$  besteht durch das Sandstrahlen keine Gefahr. Im Gegenteil, hier bietet die überaus rauhe Oberfläche dem Anstrich genügend Halt. Der entsprechende Einwand gegen Sandstrahlen liegt hingegen bei der Gesundheitsgefährdung des Strahlpersonals (Quarzsand-Silikose) und der Unwirtschaftlichkeit, Stahlschrot oder Korund beim Entrosten auf der Baustelle zu verwenden (Wiederverwendung des Strahlgutes nicht möglich). Aber auch aus betrieblichen Gründen sieht man den Sandstrahler beim Kraftwerksbetrieb nicht gern: Gegen die Verstaubung der meist benachbarten Maschinenbaukonstruktionen bzw. frischgestrichenen Flächen ist man derzeit praktisch wehrlos.

Die klassische Konservierungsmethode des Stahlwasserbaues beinhaltet daher das Sandstrahlen der fertiggestellten Konstruktionen in der Sandstrahlhalle der Stahlbauanstalt oder eines Konservierungsunternehmens, sofortiges Aufbringen des ersten, allenfalls auch des zweiten Grundanstriches (Steinkohlenteerpech) auf der frisch gestrahlten Konstruktion, um ein Anrosten der sehr rostwilligen blanken Stahloberfläche zu vermeiden (hier wird häufig ein Wash-Primer zwischengeschaltet, um Zeit für den Grundanstrich zu gewinnen). Sodann erfolgt der Transport an die Baustelle, die Fertigmontage, Ausbessern des Grundanstriches und das Aufbringen der Deckanstriche (Steinkohlenteerpech). Der Nachteil dieser Methode liegt auf der Hand: Wenn die Lebensdauer dieses Anstriches (zirka 7–12 Jahre) erreicht ist, muß die komplette Konservierung wiederholt werden. Ein Sandstrahlen an der Baustelle ist aber teuer und unangenehm. Trotzdem war diese Konservierungsmaßnahme wirtschaftlich, insbesondere dann, wenn die Investitionen eines Kraftwerkes mit hohen Bauzinsen verbunden sind, wie dies an der Donau zutrifft. Die spätere Erhaltung oder Erneuerung des Anstriches kann aus den billigeren Betriebserträgen finanziert werden.

#### 4. Die Bedeutung des Grundanstriches im Stahlwasserbau

Der vorbeschriebenen klassischen Methode fehlt die passivierende Wirkung des Grundanstriches, welche die Stahloberfläche – nach Zerstörung des Deckanstriches – noch einige Zeit schützt und eine Unterrostung des Anstriches verhindert. Die Anstrichausbesserung oder -erneuerung soll ohne nochmalige Behandlung der Stahloberfläche erfolgen. Dieser Grundanstrich war gesucht. Hier trat das Zink endgültig seinen Siegeszug an. Fast gleichzeitig begannen auch die Kunstharze mit ihren enormen physikalischen Eigenschaften die klassischen Konservierungsmethoden im Stahlwasserbau zu verdrängen.

#### 5. Die Bedeutung der Zinkstaubfarben im Stahlwasserbau

Die Rolle des Zinks beim kathodischen Schutz ist bekannt. Im Stahlwasserbau gehört die sehr teure, aber ausgezeichnete Methode des Aufspritzen von Zink als Veredelung der blanken Stahloberfläche zur klassischen Methode der Konservierung. Die Zinkschicht ist porös und muß mit Anstrichsystemen beschichtet werden. Der besondere Vorteil dieses Konservierungsverfahrens ist es, daß das Zink – nach Zerstörung des Deckanstriches – die Stahloberfläche einige Zeit hindurch schützt und damit eine rechtzeitige Erneuerung der Anstriche ohne vorhergehende Sandstrahlbehandlung gestattet.

Im letzten Jahrzehnt bemühte man sich, Zink als Pigment und ein Kunstharzbindemittel so zu vereinen, daß die ausgezeichneten Eigenschaften dieser beiden in einem einfachen und billigen Anstrichsystem kombiniert werden können. So entstanden die Zinkstaubfarben oder, wie sie häufig – auch von mir – falsch genannt werden, die Kaltverzinkungen.

Die kathodische Schutzwirkung des Zinks spielt bei den Zinkstaubfarben eine meist weit überschätzte Rolle. Kathodischer Schutz bedeutet das Opfern des Zinks, und das würde in Kürze zum Unwirksamwerden des Grundanstriches führen. Entscheidend für die gute Schutzwirkung ist es hingegen, daß das Zink auf der Stahloberfläche unter Einwirkung der Luftfeuchtigkeit festhaftende basische Zinksalze bildet. Gleichzeitig verkleben diese die einzelnen Zinkpartikelchen untereinander. Diese Vorgänge der Bildung einer Schutzschicht und das Verzementieren benötigen einige Zeit, so daß mit dem Auftragen des nächstfolgenden Anstriches gewartet werden muß. Es ist nachgewiesen, daß an Schadensstellen der Anstrich zur Bildung einer Schutzschicht neuerlich aktiviert wird.

Auch am Wehrfeld 5 haben Zinkstaubfarben als Grundanstriche ausgezeichnete Ergebnisse gezeitigt. Ohne Deckanstriche haben sie sich nicht bewährt. Es ist wahrscheinlich, daß die Zinkstaubfarben im Stahlwasserbau die Spritzverzinkung voll ersetzen können.

Weitere Vorteile der Zinkstaubfarben, insbesondere in Zusammenhang mit der Konservierung von Schweißkanten, sind bekannt. Entsprechende Untersuchungen hierüber werden derzeit vom Arbeitskreis „Konservierung“ des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs durchgeführt (VEO).

#### II. Charakteristische Vor- und Nachteile mancher moderner Anstrichmaterialien bei ihrer Verwendung im Stahlwasserbau\*)

Den besseren physikalischen Eigenschaften und der kürzeren Trocknungszeit der modernen Bindemittel wurde vorerst die Passivierungsfähigkeit des Pigmentes geopfert. Viele gute Eigenschaften, insbesondere die Elastizität des Films, die Einfachheit

\*) Einige Ergebnisse der Probekonservierung werden hier vorweggenommen.

bei der Verarbeitung, die Robustheit gegen Wettereinflüsse beim Aufbringen des Anstriches und viele andere Vorteile gingen verloren, die jetzt erst erkennbar wurden, da sie den meisten modernen Anstrichen – so universell vereinigt – fehlen. Der Trend zum Spezialistentum, wie er für die heutige Zeit so charakteristisch ist, spiegelt sich wider in der modernen Konservierungsmethode: Für jeden Verwendungszweck, für jeden Korrosionsangriff werden heute besonders abgestufte Varianten komplizierter Rezepturen und Verfahren angeboten. Zu einem Anstrichaufbau gehören heute viele dünne Einzelbeschichtungen, deren jede einem bestimmten Zweck dient. Genaue Verarbeitungsvorschriften sind einzuhalten. Erstaunliche Erfolge auf wichtigen Spezialgebieten werden erzielt, hingegen Schäden dort festgestellt, wo verhältnismäßig unbedeutende Fehler bei der Arbeitsdurchführung gemacht wurden oder Korrosionsangriffe falsch eingeschätzt wurden.



Bild 3: Deckwalze im Tosbecken bei angehobenem Unterschlütz

Fig. 3: Surface roller in the tailrace with lower gate lifted

Im Stahlwasserbau sind die verschiedensten Faktoren bezüglich Beanspruchungen und Korrosionsangriffe vorhanden: Luftzone, Wasserwechselzone, Unterwasserzone, Kondenswasser, Ölanschlüsse, scharfe Sonnenbestrahlung, Spritzwasser, rasch wechselnde Temperaturen, häufiger Lastwechsel, Begehrbarkeit, örtliche Fetteinwirkung, mechanische Beanspruchung durch Eisabfuhr, Geschiebe und Feinsand; scharfkantige Konstruktionsteile wechseln mit ebenen, vertikalen Flächen. Weitere Einflußgrößen sind die oft ungünstigen Verhältnisse bei der Durchführung der Arbeiten, ferner der Umstand, daß wegen der Größerräumigkeit der Konstruktionen keine genügenden Kontrollmöglichkeiten gegeben sind und dergleichen mehr. Bild 3 verdeutlicht anschaulich die Gewalten, die bei der Durchströmung eines Wehrfeldes frei

werden. Diese Gewalten wirken beim Schließen des Verschlusses auf diesen und seinen Anstrich ein. Dies sind einige der Beanspruchungen und gegebenen Verhältnisse, wie sie für Stahlwasserbauten charakteristisch sind.

Dem Farbhersteller und dem Konservierungsfachmann ist dies selbstverständlich bekannt, doch wird die Eigenheit jeder Kraftwerksanlage und jedes Flusses oft unterschätzt oder nicht genügend beachtet. Diese Tatsache im Zusammenhang mit dem oben geschilderten Trend zur Spezialisierung machte es notwendig, durch die Versuche am Wehrfeld 5 Klarheit über die zukünftig zu stellenden Anforderungen bei der Konservierung von Stahlwasserbaukonstruktionen an der Donau zu erhalten. Die vielen Einflüsse auf das Konservierungssystem erklären einerseits das Versagen vieler moderner Anstriche am Wehrfeld 5, lassen aber andererseits erkennen, welche kombinierten Eigenschaften das Konservierungssystem haben muß, um als brauchbar angesprochen werden zu können.

## 1. Einflüsse bei der Arbeitsdurchführung

### a) Feuchtigkeit:

Über der Donau liegen in den Morgen- und Abendstunden des Frühjahres und Herbstes meist Nebel. Die relative Luftfeuchtigkeit liegt auch tagsüber selten unter 80 %. Selbst geringe Feuchtigkeitsspuren in den Poren der Stahloberfläche werden vom Kunstharzanstrich überdeckt und nicht in den Anstrichfilm aufgenommen. Der lösungsmittelfreie oder -arme Grundanstrich ist in diesem Falle nachteilig, da die Möglichkeit fehlt, vorhandene Feuchtigkeitsspuren im Zuge der Verdunstung der Lösungsmittel mit auszuschleiden. Die so unter dem Anstrichfilm verbleibende Feuchtigkeit führt bei Temperaturänderungen durch Verdunstung zur bekannten Bläschenbildung und schließlich zur Unterrostung und Zerstörung des Anstriches.

### b) Temperaturen und Niederschlag:

Die großflächigen Stahlwasserbaukonstruktionen müssen im Freien konserviert werden. Eine wirksame Klimatisierung der jeweiligen Anstrichstellen ist technisch schwierig, aber auch unwirtschaftlich. Von September bis April ist häufig mit Temperaturen unter 15° C und örtlichen Niederschlägen zu rechnen. Die Vernetzungszeit der verwendeten Kunstharzfilme hängt weitgehend von der Temperatur ab. Unter 15° C werden meist Beschleuniger zugegeben. Eine falsche Dosierung derselben bedeutet eine Gefahr für die Wirksamkeit des Anstriches.

### c) Vorgeschriebene Zeitfolge:

Die verwendeten Kunstharzanstriche verlangen eine genau einzuhaltende Zeitfolge der Arbeitsdurchführung. Geschultes und verantwortungsbewußtes Personal sowie entsprechende Kontrollmöglichkeiten sind unerlässlich. Anzustreben ist daher die Entwicklung einer unempfindlicheren („narrensicheren“) Eintopfemischung mit gleich guten Eigenschaften.



#### d) Entrostung und Schichtstärke:

Bei Verwendung reiner Kunstharzkombinationen als Grundanstrich ohne Beigabe von passivierenden Pigmenten wirken sich Fehler bei der Entrostung besonders nachteilig aus. Erfahrungen (auch am Wehrfeld 5) haben gezeigt, daß im Stahlwasserbau eine Mindestschichtstärke von  $250\ \mu$  erforderlich ist. Bei vielen Systemen müssen viele dünne Einzelbeschichtungen (etwa zehn) übereinander aufgetragen werden. Die hohen Lohnkosten verteuern diese Anstriche, die vorgenannten Fehlerquellen werden vervielfacht. Ein aus maximal 4 bis 5 Beschichtungen bestehendes komplettes Anstrichsystem ist anzustreben.

Am Wehrfeld 5 haben Anstrichsysteme, die  $200\ \mu$  Trockenschichtstärke unterschreiten, durchwegs versagt. Hiefür dürfte außer dem Abrieb durch mechanische Beanspruchung auch die zu geringe Überdeckung der nach der Sandstrahlentrostung stehen gebliebenen Spitzen verantwortlich sein.

### 2. Physikalische Eigenschaften

#### a) Haftfestigkeit:

Die ausgezeichnete Haftfestigkeit der meisten verwendeten Anstriche auf der sandgestrahlten Stahloberfläche ist unbestritten. Bei Ausschaltung der genannten Fehlerquellen bei der Arbeitsdurchführung gilt dies auch für die Haftung der Beschichtungen untereinander.

#### b) Härte und Sprödigkeit:

Die geforderte Härte und der Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen sind sehr gut. Diese guten Eigenschaften sind meist mit entsprechender Sprödigkeit gepaart, die bei mangelnder örtlicher Haftfestigkeit zu einem Abplatzen der Anstriche an diesen Stellen führt.

#### c) Quellfestigkeit:

Diese ist bei fast allen Kunstharzkombinationen in ausreichendem Maße vorhanden.

### 3. Wirtschaftlichkeit

Selbst bei Erreichung der erstaunlich hoch angegebenen Ausgiebigkeit des Materials ( $\text{kg/m}^2$  pro Beschichtung) sind die Materialkosten pro Flächeneinheit hoch. Da bei Schichtstärken über  $250\ \mu$  meist zirka 8–10 Beschichtungen aufgebracht werden müssen, sind die Lohnkosten gegenüber der klassischen Methode erheblich größer geworden. Sicherlich wird aus diesem Grund der Materialanteil immer geringer, die absoluten Gesamtkosten aber immer größer. Die geforderte blanke Stahloberfläche und die schwieriger zu beseitigende Walzhaut des modernen Baustahls bedeuten eine weitere Verteuerung der Konservierung. Die gleiche Wirtschaftlichkeit wie die der klassischen Methode kann also nur durch große Haltbarkeit erreicht werden. Dies ist zwar zu erwarten, aber noch nicht im entsprechenden Umfang bewiesen.

### III. Das angestrebte Versuchsziel

Von der Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung der Bundesrepublik Deutschland wurden im Jahre 1953 Naturversuche für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau durchgeführt. Hierbei wurden in den verschiedensten Gewässern im Laboratorium beschichtete Probeplatten ausgelegt. Ziel des Versuches war es, gebräuchliche oder erfolgversprechende Anstrichmaterialien auf ihre Eignung für die praktische Konservierung zu untersuchen. Hierbei wurden sehr interessante, allgemeingültige Ergebnisse für charakteristische Korrosionsbeanspruchungen, die der Eigenheit des jeweiligen Flusses entsprechen, gefunden. Ähnliche Versuche wurden auch von Kraftwerksgesellschaften in Deutschland und Österreich durchgeführt.

Am Wehrfeld 5 des Donaukraftwerkes Ybbs-Persebeug sollten gleiche oder ähnliche Materialien unter den bei der üblichen Durchführung der Arbeiten zu erwartenden Verhältnissen auf die Konstruktion aufgebracht werden. Hiedurch sollte die vorgeschilderte Empfindlichkeit einzelner Anstriche gegen zu erwartende Ausführungsbedingungen ihren Niederschlag im Versuchsergebnis finden. Die untersuchten Materialien wurden ferner gleichzeitig auf Probefeldern der verschiedenen Beanspruchungszonen aufgebracht, um hiedurch eindeutige Erfahrungen über die Art und Größe der Beanspruchungsunterschiede zu erhalten.

Setzt man die unter diesen Verhältnissen optimale Durchführungsmethode voraus, so wird der Vergleich mit den verschiedenen, anderswo durchgeführten Versuchen das Bild über die Verwendungsfähigkeit der einzelnen Anstrichsysteme ergänzen und abrunden. Die Österreichische Donaukraftwerke AG ist durch das Versuchsergebnis in der Lage, die derzeit günstigste Konservierungsmethode für ihre Stahlwasserbaukonstruktionen an der Donau festzulegen.

### IV. Versuchsdurchführung

Die bisherigen Ausführungen sollten zeigen, welche Entwicklungen auf dem Gebiet der Stahlwasserbaukonservierung zum Zeitpunkt des Versuchsbeginnes zu erwarten oder zu wünschen waren, und welche besonderen Verhältnisse die Eignung eines Konservierungsverfahrens für den Stahlwasserbau der Donaukraftwerke bestimmen. Aus dieser Kenntnis folgert die im nachstehenden beschriebene Durchführung des Versuches.

Alle der Österreichischen Donaukraftwerke AG bekannten, in Österreich vertretenen Firmen, welche Anstrichmaterialien für Stahlwasserbaukonstruktionen anbieten, wurden aufgefordert, sich an der Erprobung ihrer Materialien zu beteiligen. Sie konnten Vorschläge für den Aufbau der Beschichtungen vorbringen. Ebenso wurden die bei der DoKW beschäftigten Konservierungsfirmer ersucht, entsprechende Vorschläge vorzulegen. Die Mitglieder des Arbeitskreises „Konservierung“ des VEO und damit praktisch alle Kraftwerksgesellschaften Österreichs wurden zur Mitarbeit im gleichen Sinne eingeladen. Schließlich behielt sich die DoKW selbst vor, besondere Konservierungsmaßnahmen zu erproben.

Die Durchführung der Arbeiten am Wehrfeld 5 (Probeanstriche) wurde einer bestimmten Rostschutzfirma übertragen, welche auch die vier anderen Wehrverschlüsse in der klassischen Methode konservierte: Sandstrahlung, 1–2 Grundanstriche (gefüllte Steinkohlenteerpeche), 2–3 Deckanstriche mit dem gleichen Material bzw. ein Heißanstrich in der Unterwasserzone. Auch bei den Probeanstrichen wurden die Sandstrahlentrostung und der 1. Grundanstrich im Werk durchgeführt; die Deckanstriche nach Ausbesserung des Grundanstriches auf der fertigmontierten Konstruktion auf der Baustelle. Für Materialien, die eine durchgehende Behandlung erforderten und keine langen Zwischenpausen gestatteten, wurde die Sandstrahlung und der komplette Anstrichaufbau auf der Baustelle aufgebracht. Einzelne Anstrichkombinationen wurden zu Vergleichszwecken sowohl auf handentrosteten als auch auf spezialentrosteten Oberflächen und auf sandgestrahlten Oberflächen aufgebracht. Die gesamte Arbeitsdurchführung erfolgte ausschließlich immer durch das gleiche Personal der betreffenden Konservierungsfirma, um Qualitätsunterschiede der Arbeitsdurchführung möglichst auszuschalten. Spezialverfahren wurden von den dafür vorgesehenen Spezialfirmen ausgeführt (zum Beispiel Flammphosphatieren, Möllerithverfah-

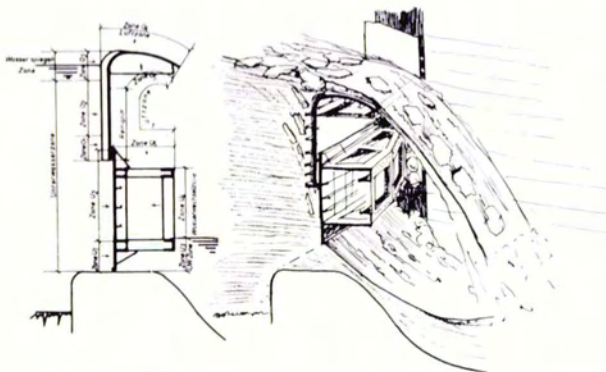


Bild 4: Schnitt und Eisabtrift

Fig. 4: Cross-section and ice drift

ren usw.). Die Gesamtanstrichfläche wurde für die Beurteilung der Ergebnisse in vier charakteristische Beanspruchungszonen geteilt: Überfallhaube, Luftzone, Unterwasserzone und Wasserwechselzone mit teilweise starker mechanischer Beanspruchung (siehe Bild 4). Die gesamte Fläche des Wehrverschlusses (Wehrfeld 5) beträgt zirka 4000 m<sup>2</sup>, und es wurden 104 verschiedene Probefelder beschichtet, wobei jeder Aufbau möglichst in allen genannten Beanspruchungszonen aufgebracht wurde. Zwecks Sicherung der Rechte wurden alle Materialien von der DoKW ordnungsgemäß gekauft und bezahlt. Die Lieferfirmen wurden aufgefordert, bei der Verarbeitung ihrer Materialien an der Baustelle anwesend zu sein und mußten die vorschriftsmäßige Ausführung der Beschichtung bestätigen, um alle Einreden wegen fehlerhafter Verwendung auszuschließen. Die Arbeiten wurden unter dauernder Beaufsichtigung

durch einen Ingenieur der Konservierungsfirma und einen Ingenieur der DoKW durchgeführt.

Die Entrostung und der Grundanstrich wurden im Werk der den Verschluß für das Wehrfeld 5 fertigenden Stahlbauanstalt im März 1957 durchgeführt. Die Ausbesserung der Grundanstriche, die teilweise neu erforderliche Sandstrahlung und das Aufbringen einiger Grund- und der Deckanstriche auf der fertiggestellten Konstruktion erfolgten vom September bis November 1958; das ist die für Konservierungsarbeiten bei Donaukraftwerken meist vorgesehene Jahreszeit.

Folgende Einschränkungen hinsichtlich der Witterung wurden vorgesehen: Die Lufttemperatur mußte mindestens 3° über dem Taupunkt liegen. Bei Temperaturen unter +5° C war die Arbeit einzustellen. Die Flächen durften keinen Feuchtigkeitsfilm tragen. Örtliches Heizen war verboten. Bei Niederschlägen war die Arbeit einzustellen. Die Beschichtungen wurden ausschließlich mit dem Pinsel aufgebracht (Ausnahmen waren nur zu Vergleichszwecken zulässig). Das Aufspritzen oder Aufwalzen des Anstrichmaterials war verboten. Während der Durchführung wurden folgende Witterungskennwerte festgehalten: Temperatur, Taupunkt, Wettercharakter (sonnig, bewölkt usw.). Ferner wurde der Verbrauch an Materialien und das jeweilige Ausmaß der bearbeiteten Flächen bestimmt (Ermittlung der Ausgiebigkeit). Nach Durchführung der Arbeiten wurde die Trockenschichtstärke gemessen. Die Porenfreiheit wurde nicht untersucht.

## V. Prüfung und Beurteilung

### 1. Durchführung der Überprüfungen

Bis heute wurde eine Beurteilung der Probeflächen in folgenden Zeiträumen nach der Aufbringung der Probeanstriche durchgeführt: nach 1 Jahr, 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Jahren, 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Jahren und 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Jahren. Bei diesen Überprüfungen wurde folgendes untersucht und festgehalten (Tabelle 1 zeigt einen Auszug aus dem Prüfungsprotokoll).

a) Aussehen der Oberfläche und allgemeiner Eindruck:

Hier werden alle Beobachtungen festgehalten, die durch Betasten und durch Beobachten mit dem freien Auge, also ohne jegliches Instrument, gemacht werden können, soweit sie vom Konservierungsstandpunkt aus wichtig sind.

b) Gitterschnittprobe:

Zur Feststellung allfälliger Versprödungen oder Veränderungen der Haftfestigkeit wurde ein Gitterschnitt durchgeführt. Dieser Gitterschnitt wurde mittels eines Skalpells durchgeführt und hiedurch die Flächengröße auch bis unter 1 mm<sup>2</sup> variiert.

c) Beobachtungen mit einer binokularen Lupe:

Für die folgenden Prüfungen wurde eine speziell entwickelte Binokularlupe verwendet. Mit Hilfe dieses Instrumentes wurde mit einem scharfen Skalpell

Tabelle 1

**Prüfprotokoll**  
Auswertung der Probeanstriche am Wehrfeld 5

Feld Nr.	Beanspruchungszone	Aussehen der Oberfläche	Schichtstärke	Gitterschnitt	Haftung der Grundierung auf dem Untergrund	Haftung der Deckanstriche auf der Grundierung	Haftung der Deckanstriche untereinander	Rostbildung	Mechanische Beschädigungen	Begutachtung
	LZ	matt, hellgelb, kreidet etwas ab, gut erhalten	50-80 µ	etwas spröde	nicht besonders gut	gut	gut	keine; unten, wo mechanisch beschädigt, Roststreifen	stark beschädigt in der Treibholzzone, unten mittelmäßige	-2
	UWbb	gut	320-440 µ	plastisch, springt nicht aus	mäßig	gut	gut	keine	geringe	-1

versucht, die einzelnen Anstrichschichten voneinander abzulösen. Das Verhalten ließ einen Schluß auf die Haftfestigkeit der Anstriche untereinander zu. Das gleiche Verfahren beim Grundanstrich angewendet, zeigte die Haftfestigkeit auf der Stahloberfläche und deren Erscheinungsbild. Sämtliche festgestellten Beschädigungen und Rostbildungen wurden ebenfalls unter dem Mikroskop entsprechend untersucht. Hiedurch konnte fast in allen Fällen zwischen mechanischen Beschädigungen und Versagen des Anstriches unterschieden werden; ebenso wurden die Gründe des Versagens erkennbar, sofern diese in mangelnden physikalischen Eigenschaften ihre Ursache hatten.

d) Die Schichtstärke wurde mit einem Elcometer gemessen:

Dem sachverständigen Prüfer war nicht bekannt, welcher Anstrichaufbau von ihm untersucht wurde. Ihm wurden nur die Lage der Probefelder und die Nummern derselben gezeigt. Alle Beobachtungen wurden festgehalten. In den bezüglichen Niederschriften sind auch alle Vermutungen des Prüfers und vergleichende Feststellungen zu anderen Probefeldern enthalten. Dies hat sich bei der nachfolgend beschriebenen Klassifizierung als günstig herausgestellt.

## 2. Klassifizierung des Prüfungsergebnisses

Die Güte der Konservierung auf jedem Probefeld wurde durch die Noten 1 bis 3 klassifiziert. Hierbei wurden folgende Charakteristika für die Notengebung festgelegt:

- Note 1 Einwandfrei.
- Note 1- Kleine Schönheitsfehler, wie leichtes Auskreiben, Verfärbungen usw., die aber keinen Einfluß auf die Haltbarkeit des Anstrichsystems haben dürften.
- Note 2 Es fehlt eine erwünschte Eigenschaft, ohne daß aber ernstliche Bedenken hinsichtlich Tauglichkeit festzustellen sind (zum Beispiel der Gitterschnitt zeigt spröde, aber

keine abgeplatzten Stellen oder Risse; Rauigkeit der Oberfläche; Krokohautbildung, die aber auf den letzten Deckanstrich beschränkt ist), Rostgrad 0.

- Note 2+ Der Fehler wird sich voraussichtlich nicht auswirken.
- Note 2- Der Fehler dürfte bei der nächsten Untersuchung bereits Auswirkungen haben.
- Note 3 Auf der Anstrichfläche sind Roststellen zu bemerken, Rostgrad 1 und 2.
- Note 3+ Nur vereinzelte Roststellen, bei denen es nicht sicher ist, ob sie von mechanischen Beschädigungen herrühren; ein Weiterrosten oder Unterrosten ist nicht festzustellen.
- Note 3- Anstrich weitgehend zerstört.

Ab Note „3“ wird der Anstrich bei nächster Gelegenheit vom Verschluß entfernt; die Prüfung ist abgeschlossen, der Anstrich hat versagt. Die mit Note „3+“ klassifizierten Ergebnisse werden noch weiter beobachtet.

Die bis zum Jahre 1962 durchgeführten Untersuchungen (etwa 3 1/2 Jahre nach erfolgter Konservierung) wurden sehr scharf beurteilt. Bei der im Jahre 1964 vorgenommenen Prüfung wurde auch das Verhalten der gesamten Anstrichfläche gewertet. Stellte sich im seltenen Einzelfall heraus, daß der im Jahre 1961 mit der Note „3“ qualifizierte Anstrich eine Ausbreitung der damals festgestellten Rostpunkte (Photographie) verhindert hat, und machte der Anstrich auf der übrigen Fläche einen guten Eindruck, so war es durchaus möglich, daß dieser Probeanstrich im Jahre 1964 mit „2“ beurteilt wurde.

## 3. Festgestellte Mängel bei Prüfung und Beurteilung

- a) Die einzelnen Probeflächen waren undeutlich abgegrenzt und bezeichnet.
- b) Die Schichtstärkemessungen mit dem Elcometer sind ungenau: Die Empfindlichkeit dieses Instrumentes gegen verschiedenartige Handhabung und gegen

den magnetischen Einfluß benachbarter Stahlteile ist groß.

c) Die Messung der Porenfreiheit wurde nicht laufend durchgeführt, so daß dieser wesentliche Beurteilungspunkt aus Objektivitätsgründen vernachlässigt werden mußte.

d) Für eine genau Beurteilung wäre die Einrüstung des Verschlusses erforderlich. Der unbequeme, stundenlange Aufenthalt in einem Korb, der schwanke an einem Kranhaken hängt, ermüdet den Prüfer, weshalb Fehlbeurteilungen möglich sind.

## VI. Versuchsergebnisse

### 1. Art der Beanspruchung

In Bild 4, Fig. 1, sind im Schnittbild des zweiteiligen Verschlusses die Beanspruchungszonen dargestellt und bezeichnet. („U“ bedeutet Unterschütz, „O“ Oberschütz). Eine schematische Darstellung der Beanspruchung bei Eisabfuhr zeigt das gleiche Bild in Fig. 2. Es wurde angenommen, daß die stärksten mechanischen Beanspruchungen auf der Überfallhaube (Eisabfuhr) und im unteren Bereich des Unterschützes (Sohldichtung) liegen (Zone U 1 und O 4); dies hat sich nicht bewiesen. Am stärksten beansprucht sind die Teile der Zone U 4 (Wasserwechselzone), weil

hier die Deckwalze (Tosbecken), Holzteile und anderes häufig gegen den Verschluß schlägt. In dieser Zone haben nur wenige Anstrichsysteme voll entsprochen. In den übrigen Zonen sind heute noch keine deutlichen Unterschiede in der Beanspruchung festzustellen. Hierdurch werden die Tendenzen für eine Vereinheitlichung des Anstrichsystems unterstützt. Ein besonderes Augenmerk ist auf die mechanisch stark beanspruchte Zone U 4 zu richten.

### 2. Entrostungsverfahren

Da gleiche Anstrichsysteme auf handentrosteter, flammphosphatierter und sandgestrahlter Oberfläche aufgebracht wurden, kann eindeutig festgestellt werden, daß die Sandstrahlentrostung den beiden anderen Arten überlegen war. Zinkstaubfarben benötigen eine einwandfreie blanke Stahloberfläche.

### 3. Grundanstriche

Das Fehlen passivierender Grundanstrichpigmente hat sich bei dünnen Schichtstärken als durchwegs schlecht herausgestellt (Unterrostung). Als Grundanstriche haben sich Zinkstaubfarben gut bewährt. Zinkstaubfarben ohne Deckanstriche sind im Stahlwasserbau der Donau derzeit abzulehnen. Die Verträglichkeit der verwendeten Deckanstriche mit den Zinkstaubfarben ist allgemein gut.

### Auswertung der Probeanstriche am Wehrfeld 5 Oberschütz

Tabelle 2

Zone	Note			Grundanstriche	Deckanstriche	Preis S/m <sup>2</sup>
	1959	1961	1964			
UW*)	—	—	—	1×Steinkohlenteerpech kalt	Steinkohlenteerpech heiß	51,—
UW	2	—	1	4×Epoxyharz-Grund	4×Steinkohlenteerpech	159,—
WW**)	1—	—	1	1×Zink und 1×Aluminium heißgespritzt	2×Epoxyharz-Decklack	164,—
UW	2	1—	1—	2×Epoxy-Zinkstaubgrund	8×Epoxyharz-Decklack	208,—

### Auswertung der Probeanstriche am Wehrfeld 5 Unterschütz

Tabelle 3

Zone	Note			Grundanstriche	Deckanstriche	Preis S/m <sup>2</sup>
	1959	1961	1964			
UW	1	2	2	2×Chlorkautschukminium	3×Steinkohlenteerpech	48,—
UW	1—	1—	1—	2×Zinkstaubgrund	2×Steinkohlenteerpech	50,—
UW	1—	—	1—	2×PVC-Grund	4×PVC-Decklack	60,—
UW	1	2	2—	2×Epoxy-Minium	4×Epoxy-Decklack	73,—
WW	1	1—	2—	2×Chlorkautschuk-Minium	4×Chlorkautschuk-Decklack	74,—
UW	1	1	1	2×Zink heiß gespritzt	2×Kunststoff	140,—

Die in den Tabellen 2 und 3 angegebenen Kosten errechnen sich aus dem Listenpreis des Materials, der ermittelten Ausgiebigkeit und dem Arbeitspreis für die einmalige Beschichtung von 6,–/m<sup>2</sup> Oberfläche. Die Kosten für die Entrostungsverfahren sind nicht enthalten. Es wurde eine Entrostung mittels Sandstrahlgebläses durchgeführt.

\*) Unterwasser

\*\*\*) Wasserwechselzone

Tabelle 4

## Zusammenstellung der erprobten Anstrichsysteme

Entrostung	Grundanstrich	Deckanstrich	Ergebnis
Sandstrahl-entrostung	Zinkstaubfarbe	Zinkstaubfarbe	Luftzone: nicht eindeutig, in allen anderen Zonen nicht bestanden
	Zinkstaubfarbe	PVC-Anstrich	nicht bestanden
	Zinkstaubfarbe	Epoxyharze	in allen Zonen bestanden
	Zinkstaubfarbe	Fischölkombination	nicht bestanden
	Zinkstaubfarbe	Steinkohlenteerpech	in allen Zonen bestanden
	PVC-Anstrich	PVC-Anstrich	Luftzone: bestanden Wasserwechselzone: nicht bestanden Unterwasserzone: nicht bestanden
	Epoxyharze	Epoxyharze	in allen Zonen: bestanden, vereinzelt Fehlstellen – wenn zu dünn aufgetragen
	Epoxyharze	Steinkohlenteerpech	Haftung meist schlecht, nicht eindeutig bestanden
	Fischöl	Fischöl	nicht bestanden
	Steinkohlenteerpech	Steinkohlenteerpech	in allen Zonen bestanden (Wehrfelder 1–4)
	Chlorkautschuk	Chlorkautschuk	in allen Zonen bestanden
	Chlorkautschuk	Steinkohlenteerpech	nicht eindeutig bestanden, Haftung meist schlecht
	Neoprene	Neoprene	nicht bestanden, Ausführungsbedingungen zu schlecht, einzelne Schichten haften nicht
	Neoprene	Steinkohlenteerpech	in allen Zonen bestanden
	Flammphosphatieren	Spritzzink mit Kunstharzporenverschluß	
Abwechselnd Zink und Aluminium gespritzt, obiger Porenverschluß			in allen Zonen einwandfrei
Pulverkaltspritzverfahren			in allen Zonen einwandfrei
		Vergleichsversuche mit allen obigen Deckanstrichen	nur vereinzelte Erfolge, im allgemeinen schlechter als Sandstrahlentrostung
Hand-entrostung	Vergleichsversuche		nicht bestanden, deutlich schlechtere Ergebnisse

## 4. Materialkosten

Es hat sich eindeutig gezeigt, daß hohe Materialkosten nicht gleichbedeutend sind mit größerer Haltbarkeit. Für die vielschichtigen modernen Kunstharzfarben mit geringer Gesamtschichtstärke dürften die nicht immer günstigen Bedingungen beim Aufbringen der Anstriche verderblich gewesen sein. Die Bedeutung eines gegen die vorhandenen Witterungsbedingungen robusten und unempfindlichen Anstrichaufbaues wird durch das Versuchsergebnis eindeutig unterstrichen.

## 5. Beurteilung einzelner Verfahren und Materialien

a) Spritzverzinkung mit bewährten Deckanstrichen: einwandfrei, aber teuer.

b) Steinkohlenteerpechanstriche (ölabweisend) auf Zinkstaubfarben: sehr gut und wirtschaftlich. Die

Steinkohlenteerpechanstriche als kompletter Anstrichaufbau (Grund- und Deckanstriche) auf sandgestrahlter Fläche haben sich auf den Wehrfeldern 1 bis 4 bisher ausgezeichnet gehalten. Sie haben jedoch den Nachteil, daß bei Erneuerung des Anstriches eine neuerliche Sandstrahlentrostung erforderlich ist. Hingegen haben die Steinkohlenteerpechanstriche auf Kunstharzminium nicht restlos überzeugt.

c) Moderne Kunstharzanstriche: Das Wesentliche über die Vor- und Nachteile dieses Anstrichtyps wurde bereits in den vorhergehenden Abschnitten behandelt. Nach Auffassung des Autors war das Versagen oder Bestehen dieser Anstriche weitgehend davon abhängig, wie weit die äußeren Umstände ein vorschrittmäßiges Aufbringen gestatteten. Die mangelnde Robustheit dieses Anstrichtyps und die Kompliziertheit der Durchführung führten in einigen Fällen zum Versagen.

d) Fischölgebundene Materialien: Diese haben sich trotz des guten Penetrationsvermögens bei der Verwendung als Grundanstrich nicht durchgesetzt.

e) Bitumengetränkte Binden, auf ebenen Flächen heiß aufgeklebt: Das äußere Bild dieses robusten, elastischen und dicken Anstriches war ausgezeichnet, die Haftung gut. Nach mühseligem örtlichen Entfernen der Binden wurde jedoch eine komplette Unterrostung der Anstrichflächen festgestellt.

Die Tabellen 2 und 3 enthalten die Klassifizierung (siehe Abschnitt V, 2) einer Auswahl charakteristischer Anstrichsysteme, welche heute noch auf den Probeflächen vorhanden sind und weiterhin beobachtet werden. Die Fortsetzung der Versuchsbeobachtungen der anderen Beschichtungen würde keine weiteren Aufschlüsse mehr geben; diese Anstriche wurden daher entfernt. Auf den frei gewordenen Flächen wurden neu entwickelte Systeme, insbesondere einige Typen Epoxyteerpechkombinationen, neu entwickelte Kunstharzanstriche usw. zur Beobachtung aufgebracht. Die nicht mehr für Probeanstriche verwendeten Flächen wurden mit jenem Anstrichaufbau beschichtet, der auf Grund des Versuchsergebnisses am wirtschaftlichsten und günstigsten schien: Sandstrahlentrostung bis „metallisch blank“, zweifacher Zinkstaubfarbanstrich mit einer Schichtstärke von 80 bis 90  $\mu$ , sodann dreimaliger Deckanstrich (gefülltes Steinkohlenteerpech, 150  $\mu$ ). Auf mechanisch besonders beanspruchten Flächen der Unterwasserseite des Unterschützes werden sich voraussichtlich besonders entwickelte, vielschichtige, lösungsmittelfreie Epoxyharzanstriche, eventuell auch Epoxyteerkombinationen, durchsetzen. Die in dieser Richtung laufenden Versuche werden besonders intensiv fortgesetzt.

In Tabelle 4 sind alle auf den Probeflächen aufgetragenen Anstrichsysteme enthalten und kurz beurteilt.

## Zusammenfassung

Mit einer allgemeinen Darstellung der charakteristischen Entwicklung und der Ziele der Konservierung von Stahlwasserbaukonstruktionen wurde die Auswahl der zu erprobenden Rostschutzmaßnahmen begründet. Um beim Versuch ein klares Bild über die verschiedensten, die Haltbarkeit eines Anstriches beeinflussenden Fakten zu erhalten, wurden die Anstrichsysteme extrem variiert. Die Durchführung und das Ergebnis der Erprobung wurde zusammengefaßt. Auf einige wesentliche Mängel des Versuches wurde hingewiesen. Der Verfasser war bemüht, das Versuchsergebnis nicht zu verallgemeinern, da es unter speziellen Bedingungen erzielt wurde. Es ergänzt allenfalls die Ergebnisse ähnlicher Versuche und soll in diesem Sinne ein kleiner Beitrag zur allgemeinen Suche nach der wirtschaftlichsten Stahlwasserbaukonservierung sein.

## Literatur

- H. Th. Schroeder: „Erfahrungen über die Durchführung von Naturversuchen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau.“ 3e Congrès de la Fédération Européenne de la Corrosion, Bruxelles, Juin 1963, Section 4.
- Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf: „Oberflächenschutz von Stahl durch Anstriche.“ Merkblätter über sachgemäße Stahlverwendung.
- O. Hutzler, Karlsruhe: „Korrosionsursachen und Haltbarkeit von Konservierungsmitteln bei Eisenkonstruktionen im Freien und auf Stahlwasserbauten.“ „Stahlbau-Rundschau“, 4. Jahrgang, Heft 2/1958.
- K. A. von Oeteren, Mülheim, Ruhr: „Anstrichmittel für Rostschutzanstriche.“ Sonderdruck aus der Zeitschrift „Metalloberfläche“. „Zinkstaubanstrichmittel.“ Deutsche Farben-Zeitschrift.
- E. V. Schmid, Schweiz: „Theorie und Praxis von Zinkstaubanstrichen als Rostschutz.“ Europäisches Symposium „Schutz von Stahlkonstruktionen durch metallische Überzüge“, Wien 1964.

Dipl.-Ing. Werner Roehle  
Österreichische Donaukraftwerke AG

# Die Entwicklung der Klappensegmentwehre an der Enns

Dipl.-Ing. Alfred Liebl, Linz/Donau

Im Jahre 1954 wurden zum erstenmal an der Enns Klappensegmentverschlüsse für das Kraftwerk Hieflau gebaut. Mit Ausnahme des Kraftwerkes Losenstein, bei dem im Jahre 1958 noch Doppelhakenschütze für die Wehrverschlüsse verwendet wurden, haben die Klappensegmentverschlüsse alle bisher an der Enns gebauten Wehrverschlusssysteme verdrängt. In der Tabelle 1 sind die seit 1954 an der Enns gebauten oder im Bau befindlichen Klappensegmentverschlüsse angeführt. Der Grund für die Überlegenheit der Klappensegmentverschlüsse gegenüber anderen Wehrsystemen liegt in ihrer großen Wirtschaftlichkeit. Aus der Tabelle ist auch das Gewicht pro m<sup>2</sup> Verschlussfläche der verschiedenen Klappensegmentverschlüsse zu ersehen. Es wäre ganz ausgeschlossen, zum Beispiel Doppelhakenschütze mit einem so geringen Gewicht pro m<sup>2</sup> Verschlussfläche herzustellen. Es sind jedoch auch technische und betriebliche Vorteile bei Verwendung der Klappensegmentverschlüsse vorhanden, die an der Enns für die Wahl dieses Wehrverschlusses immer wieder von ausschlaggebender Bedeutung waren.

Nachstehend sollen diese Vorteile kurz zusammengefaßt werden:

1. Die erforderlichen Hubkräfte der Klappensegmentverschlüsse sind geringer als die von Doppelhakenschützen, da das Gewicht der Verschlüsse kleiner ist, die rollende Reibung entfällt und durch richtige Wahl der exzentrischen Lagerung des Segmentdrehpunktes die Hubkraft wesentlich vermindert werden kann.

2. Die Dichtung zwischen Ober- und Untertafel bewegt sich nicht wie bei den Doppelhakenschützen entlang einer über die ganze Verschlussweite vorzusehenden Dichtungsschleiffäche, sondern ist fest mit der Klappe bzw. dem Segment verbunden, wodurch eine ausgezeichnete Dichtigkeit erreicht werden kann.

3. Die glatten Stauwände des Segmentes mit der Klappe bieten dem anströmenden Eis praktisch keinen Widerstand, wodurch ohne Anordnung von zusätzlichen Konstruktionen eine volle Funktionssicherheit gegeben ist.

4. Die tiefen Wehrnischen der Doppelhakenschütze können bei Klappensegmentverschlüssen vollkom-

men entfallen, wodurch sich hydraulische Vorteile und Vorteile bei der Bemessung der Wehrpfeiler ergeben.

5. Werden Klappensegmentverschlüsse mit fest in den Wehrpfeiler einbetonierten Klappendichtungsschleiffächen aus Stahl verwendet, steht die volle Wehrbreite für die Wasserabfuhr über die Klappen zur Verfügung.

6. Durch Anordnung einer geeigneten Vorspannkonstruktion können beliebig große Auflagerkräfte im Drehgelenk gleichmäßig in den Wehrpfeiler eingeleitet werden.

Die Absenkbarkeit der Klappensegmentwehre ist geringer als die von Doppelhakenschützen, doch dürfte die erreichbare Absenkbarkeit von einem Drittel der Verschlusshöhe in den meisten Fällen den Anforderungen im Betrieb genügen.

Um die Entwicklung der Klappensegmentwehre an der Enns zeigen zu können, sollen die wesentlichen Merkmale der seit 1954 gebauten Verschlüsse nachstehend erläutert werden.

Kraftwerk Hieflau – siehe Bild 1 und 2 – Das Wehr des KW Hieflau besitzt kastenförmig ausgebildete Segmentverschlüsse sowie torsionssteife Überfallklappen. Die seitlichen Dichtungen der Klappe schleifen auf stählernen Dichtungsschleiffächen, die mit dem Segmentverschluß direkt verbunden sind.

Für die Einleitung der Auflagerkräfte im Drehgelenk wurde ein stählernes Rohr verwendet, in dem die Achsen der Drehgelenke gelagert sind. Das Verankerungsrohr ist durch eine schlaaffe Bewehrung mit dem Wehrpfeiler verbunden.

Der Antrieb von Klappe und Segment erfolgt durch zwei getrennt voneinander arbeitenden Kettenwindwerken.

Kraftwerk Altenmarkt – siehe Bild 3 – Die konstruktive Ausbildung der Verschlüsse ist gleich wie bei den Verschlüssen für das KW Hieflau. Neu ist jedoch die Art der Verankerung des Drehgelenkes. Statt der sonst üblichen stählernen Verankerungsträger wurden hier stählerne Abstützböcke verwendet, die durch vorgespannte Anker in Längsrichtung des Pfeilers und senkrecht zum Pfeiler angeordnet, die

Kraftwerk	Baujahr	Verschlussart	Verschluss- höhe	Verschluss- weite	Klappen- höhe	Gewicht pro m <sup>2</sup>
Hieflau	1954	3 Klappensegmente	9,50	12,00	3,00	460 kg/m <sup>2</sup>
Altenmarkt	1959	3 Klappensegmente	11,00	12,00	3,00	420 kg/m <sup>2</sup>
St. Pantaleon	1964	4 Klappensegmente	11,20	14,00	2,61	475 kg/m <sup>2</sup>
Krippau	1965	3 Klappensegmente	11,20	12,00	3,00	360 kg/m <sup>2</sup>
Landl	1965	3 Klappensegmente	10,00	12,00	3,00	350 kg/m <sup>2</sup>
Garsten	1965	4 Klappensegmente	12,80	14,00	3,00	450 kg/m <sup>2</sup>



Bild 1: Klappensegmentwehr des KW Hieflau

Fig. 1: Power Station Hieflau, radial gates with flaps

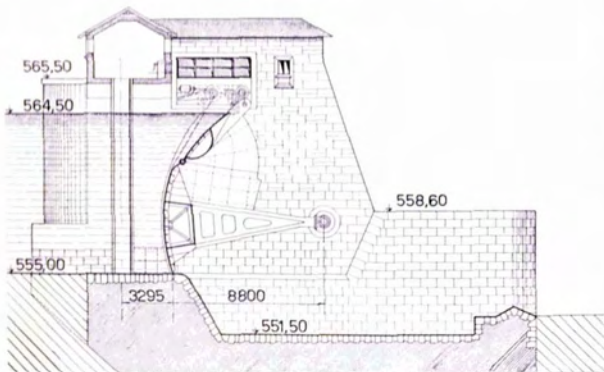


Bild 2: Querschnitt des Klappensegmentwehres KW Hieflau

Fig. 2: Cross section of radial gates with flaps Power Station Hieflau

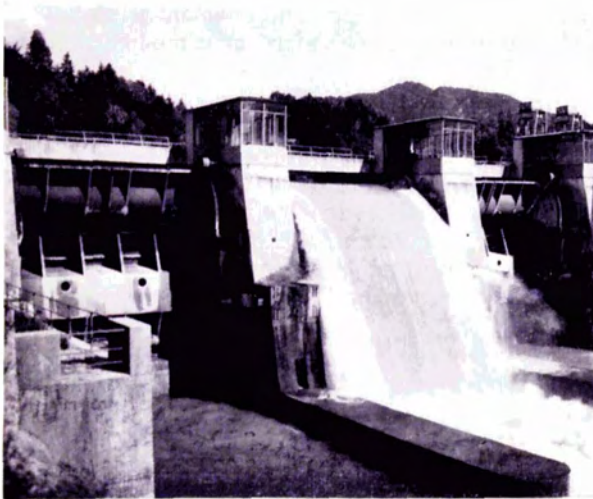


Bild 3: Klappensegmentwehr des KW Altenmarkt

Fig. 3: Power Station Altenmarkt, radial gates with flaps

Auflagerkräfte direkt in den Beton einleiten. Die Anker sind in Längsrichtung des Pfeilers bis zur Oberwasserseite des Wehrpfeilers geführt, wodurch Rißbildungen im Pfeiler infolge von Zugkräften vermieden werden. Neben dem vorgegebenen klaren Kraftfluß wird das Mitwirken eines möglichst großen Betonblockes für die Einleitung der konzentrierten Auflagerkräfte erreicht.

Es hat sich im Betrieb des KW Hieflau gezeigt, daß ein gleichzeitiges Bewegen von Klappe und Segment nicht notwendig ist, weshalb beim KW Altenmarkt Klappe und Segment vom gleichen Kettenwindwerk betätigt werden. Es wird zuerst die Klappe umgelegt und dann der Segmentverschluß mit umgelegter Klappe gehoben.

Kraftwerk Krippau – siehe Bild 4 – Der Segmentverschluß ist ebenfalls als Kastenschütz ausgebildet. Die Überfallklappe ist hier keine torsionssteife Fischbauchklappe, sondern eine Trägerklappe. Die Befestigung der Klappe am Segment erfolgt nicht wie bei Hieflau und Altenmarkt mit Scharniergelenken, sondern über Lagerböcke, die am Segmentverschluß aufsitzen.

Neu ist hier der Entfall der mit dem Segment fest verbundenen stählernen Klappen-Dichtungsschleifflächen, die im vorliegenden Fall direkt in den Wehrpfeiler einbetoniert werden. Dadurch wird eine wesentliche Vereinfachung der Werkstattarbeit erzielt. Für die Wasserabfuhr über die Klappe steht die volle Wehrfeldbreite zur Verfügung. Durch diese Bauweise läßt sich auch eine wesentliche Gewichtsersparnis beim Segmentverschluß und damit auch eine Ersparnis an Windwerkskosten erzielen.

Wie beim KW Altenmarkt sind auch hier stählerne Abstützböcke für die Einleitung der Auflagerkräfte des Segmentdrehgelenkes in dem Wehrpfeiler vorhanden. Diese Abstützböcke sind jedoch nur senkrecht zur Pfeilerrichtung mit dem Wehrpfeiler durch vorgespannte Anker verbunden, während sich die Böcke in Pfeilerrichtung direkt gegen eine vorgespannte Wehrpfeilerkonstruktion abstützen. Die Montage des Wehrverschlusses wird dadurch vereinfacht.

Wie beim KW Altenmarkt werden auch hier einfache Kettenwindwerke verwendet.

Kraftwerk Landl. Die Konstruktion ist die gleiche wie bei Krippau; die Einleitung der Auflagerkraft des Drehgelenkes in den Wehrpfeiler erfolgt hier in der üblichen Bauweise unter Verwendung eines stählernen Auflagerträgers, der mit vorgespannten Ankern, die über die gesamte Pfeilerlänge durchgehen, mit dem Wehrpfeiler verbunden werden. Die Anordnung von stählernen Abstützböcken hätte bei der geringen Pfeilerbreite keine Vorteile gebracht.

Kraftwerk St. Pantaleon – Bild 5 – Diese Klappensegmentverschlüsse unterscheiden sich von den bisher beschriebenen Anlagen durch die Anordnung von getrennten hydraulischen Antrieben für Klappe und Segment, wodurch sich auch in konstruktiver Hinsicht andere Aufgaben ergeben.

Der Segmentverschluß ist wie früher ein kostenförmer Hohlkörper. Er hat hier jedoch auch die Aufgabe, als mechanische Verbindungswelle zwischen den beiden seitlich an den Wehrpfeilern auf der



Unterwasserseite des Verschlusses angeordneten hydraulischen Hubzylindern zur Betätigung des Segmentverschlusses zu wirken. Dadurch wird der notwendige Gleichlauf erzwungen.

Die Stauklappe ist hier als Hohlkörperkonstruktion ausgebildet, da sie infolge des hydraulischen Antriebes in Wehrfeldmitte große Torsionsmomente zu übernehmen hat. Die seitlichen Dichtungen der Überfallklappen müssen hier wieder an stählernen, mit dem Segmentverschluß fest verbundenen Seitenschilder gleiten, da sonst – wäre die Anordnung wie beim Kraftwerk Krippau – die hydraulischen Hubzylinder des Segmentverschlusses in den Strömungsbereich der Überfallklappen kämen. Die Auflagerung des Segmentdrehlagers erfolgt hier über stählerne Auflagerträger, die mit Vorspannankern mit dem Wehrpfeiler verbunden sind.

Kraftwerk Garsten. Die Ausführung ist grundsätzlich gleich wie beim Kraftwerk St. Pantaleon.

Aus der vorstehenden Beschreibung der verschiedenen an der Enns gebauten oder derzeit in Bau befindlichen Klappensegmentwehre ergibt sich, daß die Klappensegmentverschlüsse an der oberen und unteren Enns wesentlich verschieden sind. Während zuletzt an der oberen Enns Verschlüsse mit in den Pfeilern einbetoniertem Seitenschild mit nur einem Kettenwindwerk für Klappe und Segment gebaut wurden, zeigen die Klappensegmentwehre an der unteren Enns voneinander getrennte hydraulische Antriebe, die eine mit dem Segmentschutz fest verbundene Seitenschildkonstruktion bedingen. Die aus der Tabelle ersichtlichen Gewichtsunterschiede pro  $m^2$ -Verschlußfläche ergeben sich aus diesen Konstruktionsmerkmalen. Die in Anlehnung an die Rheinkraftwerke Säkingen, Schaffhausen und Reichenau gebauten Klappensegmente der Kraftwerke St. Pantaleon und Garsten mit hydraulischen Antrieben sind zweifellos aufwendiger als die an der oberen Enns gebauten Verschlüsse mit einfachen Kettenwindwerken. Der höhere Aufwand ist aber nur dann gerechtfertigt, wenn aus betrieblichen Gründen eine voneinander unabhängige Bewegung von Klappe und Segment erforderlich ist. Da es ohne weiteres möglich ist, molykote-behandelte Laschenkettens zu erzeugen, die ohne wesentlichen Verschleiß unter Vollast 5000 Flexuren erreichen, ist die Wahl eines hydraulischen Antriebes mit Rücksicht auf den zu erwartenden Kettenverschleiß nicht begründet. Wird angenommen, daß die einzelnen Bolzen der Kette maximal 200mal pro Jahr über das Kettenritzel laufen, kann man damit rechnen, daß die Laschenkettens rund 25 Jahre in Betrieb sein können, bis eine neuerliche Molykotebehandlung erforderlich wird. Die Entschei-

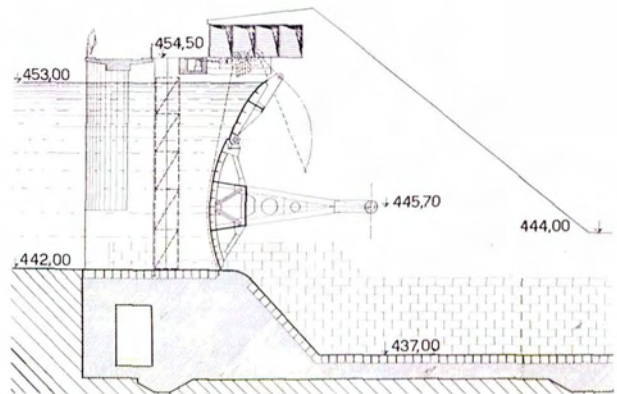


Bild 4: Querschnitt des Klappensegmentwehres KW Krippau

Fig. 4: Cross section of radial gates with flaps Power Station Krippau



Bild 5: Klappensegmentwehr des KW St. Pantaleon

Fig. 5: Power Station St. Pantaleon, radial gates with flaps

dung, ob für Klappensegmentverschlüsse hydraulische oder mechanische Antriebe mit Ketten Verwendung finden sollen, kann nur auf Grund der gegebenen Betriebsbedingungen getroffen werden. Grundsätzlich ist das Klappensegmenteschütz dem Doppelhakenschütz in wirtschaftlicher und zum Teil auch in betrieblicher Hinsicht überlegen. Unter den Klappensegmenteschützen ist jedenfalls der mit einfachen Kettenwindwerken angetriebene Verschluß wirtschaftlicher als das hydraulisch angetriebene System.

Dipl.-Ing. Alfred Liebl,  
Oberingenieur der VOEST in Linz/D.

# Hochfeste schweißbare Baustähle

F. Wallner, Linz/Donau

Das Gebiet der schweißbaren Baustähle hoher und höchster Festigkeit umfaßt heute einen Bereich, dessen untere Grenze der Großbaustahl St 52 darstellt und dessen obere Begrenzung bei einer Zugfestigkeit von nahezu 250 kg/mm<sup>2</sup> anzunehmen ist. Nach dem amerikanischen Schrifttum werden, wie in Tafel 1 gezeigt, diese Stähle in drei Gruppen eingeordnet, in hochfeste, superfeste und ultrafeste Stähle. Sinnvoller erscheint es, nur von hochfesten und höchstfesten schweißbaren Baustählen zu sprechen, da sich die Stähle der Gruppe 1 und 2 in ihren Eigenschaften, ihrer Verarbeitung und Verwendung zusammenfassen lassen, jedoch von jenen der Gruppe 3 grundsätzlich unterscheiden. Bei den erstgenannten Werkstoffen handelt es sich um vorwiegend niedrig legierte Stähle begrenzten C-Gehaltes für den allgemeinen Stahlbau, Stahlwasserbau, Kessel- und Druckbehälterbau, während die höchstfesten Stähle der Gruppe 3 durch höhere Legierungsanteile sowie durch C-Gehalte von 0,3–0,5% gekennzeichnet sind und fast ausschließlich in der Flugzeugindustrie oder für militärische Zwecke verwendet werden.

Dieser Aufsatz beschränkt sich auf die Gruppen 1 und 2, also die hochfesten Baustähle. Nicht behandelt wird der Stahl St 52 und dessen Abwandlungen, da deren Eignung zum Schweißen und die Verwendung in geschweißten Bauteilen als erprobt und allgemein bekannt vorausgesetzt werden darf.

Blättert man die Fachliteratur nach Berichten über die hier zu behandelnden Baustähle durch, so ist man von der Mannigfaltigkeit des Angebotenen überrascht. Wenn auch Wettbewerbsgründe und patentrechtliche Überlegungen dazu beigetragen haben dürften, beweist doch die Vielzahl der Stähle, daß die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist.

Zur Erhöhung der Festigkeitseigenschaften eines Stahles bieten sich die Kaltverformung, die Wärmebehandlung, metallurgische Maßnahmen sowie die Beigabe festigkeitssteigernder Legierungselemente

an, die entweder einzeln oder in Verbindung miteinander angewendet werden können.

Von den kaltverformten Stählen gehören die wichtigsten in die Gruppe der höchstfesten Stähle (Seildrähte). Kaltverformte hochfeste schweißbare Baustähle werden bisher nur in geringen Querschnittsdicken angewendet, da die Herstellung von Erzeugnissen größerer Dicken wegen der dazu notwendigen Kräfte bisher nicht möglich ist. Man bedient sich jedoch der festigkeitssteigernden Wirkung einer Kaltverformung in begrenztem Maße bei der Herstellung von Druckrohren für Ölleitungen (Expandieren).

Hochfeste Baustähle, deren Eigenschaften auf einer Wärmebehandlung, Legierung und/oder metallurgischen Sonderbehandlung beruhen, werden hingegen in großem Umfang verwendet. In Tafel 2 sind kennzeichnende Vertreter zusammengestellt, die so ausgewählt wurden, daß man bisher eingeschlagene Entwicklungsrichtungen erkennen kann.

Die Stähle 1 und 2 sind in ihrer chemischen Zusammensetzung als Al-haltige Si-Mn-Baustähle mit dem bekannten St 52 vergleichbar und erhalten ihre hohen Festigkeitseigenschaften durch eine vergütende Wärmebehandlung, das ist durch Wasserabschreckung aus Normalglühtemperatur und nachfolgendes Anlassen auf Temperaturen um 550° C (Bild 1).

Die Eigenschaften des Stahles 3, dessen Grundzusammensetzung vergleichbar ist mit jener des Stahles 2, beruhen auf einer metallurgischen Sonderbehandlung. Vanadin-Nitride – durch besondere Maßnahmen bei der Erschmelzung, Warmformgebung und der Normalglühung als selbständige Gefügebestandteile in feinverteilte Form gebracht – führen zu einer merklichen Erhöhung der Festigkeitseigenschaften, insbesondere der Streckgrenze. Zu dieser Gruppe gehören auch Stähle, bei denen die Bildung von Nitriden durch Aluminium oder Titan bzw. von Karbonitriden durch Niob erfolgt (Bild 2).

Baustähle (steels) <sup>1</sup>	hochfest		höchstfest
	high strength (I)	super strength (II)	ultra strength (III)
Streckgrenze, mind.	35	60	120 kp/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit mind.	50	70	140 kp/mm <sup>2</sup>
Streckgrenzen- verhältnis, rd	70	85-90	85-95 %

<sup>1</sup>) Einteilung n. C. L. Cobrin

Stahl Nr.	Wärme- behandlg.	Chemische Zusammensetzung, %								Son- stige	$\sigma_s$ mindest kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$
		C	Si	Mn	Mo	Cu	Ni	Cr				
1	V	0,18	0,40	1,3	-	-	-	-	-	0,02 Al	45	60
2	V	0,20	0,45	1,5	-	-	-	-	-	0,02 Al	50	65
3	N	0,20	0,50	1,6	-	-	-	-	-	0,02 N 0,15 V	45	60
4	N	0,12	0,30	0,5	0,40	-	-	-	-	0,003 B	45	58
5	N	0,18	0,45	0,9	-	1,0	1,0	-	-	0,15 V	45	55
6	N	0,12	0,30	1,3	-	0,6	0,6	-	-	0,15 V	45	55
7	V	0,15	0,25	0,8	0,50	0,35	0,85	0,60	-	0,1 V 0,003 B	70	80

V: Vergütet N: Normalgeglüht  $\sigma_s$ -u- $\sigma_B$ -Werte für 30 mm Bleche

Tafel 1: Schweißbare Baustähle hoher Festigkeit, Einteilung

Table 1: High tensile steels, classification

Tafel 2: Hochfeste Baustähle, Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften

Table 2: High tensile steels, chemical composition and mechanical properties

Bei Stahl 4 wird der starke Einfluß niedriger Gehalte an Legierungselementen auf das Umwandlungsverhalten ausgenutzt. Die Eigenschaften des Stahles beruhen auf der höheren Festigkeit des feinkörnigen Zwischenstufenferrits, der durch die Zulegierung von Bor und Molybdän bereits bei Abkühlung entsteht wie sie nach Normalglühung üblich ist (Bild 3).

Bei den Stählen 5 und 6 bedient man sich des Aushärtungseffektes von Kupfer als Legierungselement sowie der Ausscheidung von Vanadin-Nitriden und -karbiden. Der Cu-Gehalt beider Stähle liegt über 0,5%, so daß außerdem eine Zugabe von etwa gleich viel Nickel notwendig ist, um der Gefahr einer durch Kupfergehalte solcher Höhe geförderten Rotbruchneigung entgegenzuwirken. Stahl 6 stellt eine Weiterentwicklung des Stahles 5 dar, wobei sowohl Erfordernisse des Schweißens als auch der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt wurden. Beide Stähle weisen die im Schaubild angeführten Festigkeitswerte in der Regel nach Normalglühung auf.

Während es sich bei den bisher beschriebenen Stählen um Entwicklungen in Deutschland, England und Österreich handelt, wurde der Stahl 7 in Amerika geschaffen. In diesem Werkstoff findet man alle Legierungselemente der vorher beschriebenen Stähle wieder. Die gewährleisteten Festigkeitskennwerte gelten für den vergüteten Lieferzustand. Es werden also einerseits die festigkeitserhöhende Wirkung von Legierungselementen, die die Härbarkeit und das Umwandlungsverhalten des Stahles beeinflussen, wie Molybdän, Bor, Nickel und Chrom eingesetzt, andererseits der günstige Einfluß von Vanadin-Nitrid- und Karbideinlagerungen ausgenutzt. Ferner wird von der Wirkung einer vergütenden Wärmebehandlung und in geringem Maße vom Aushärtungseffekt des beigegebenen Kupfers Gebrauch gemacht.

Zur Beurteilung der Schweißbarkeit dieser Stähle ist die Kenntnis der möglichen Gefüge- und damit verbundenen Eigenschaftsänderung im unmittelbaren Einflußgebiet einer Schweißung notwendig, da die Sicherheit eines Bauwerkes vom Verhalten dieser wärmebeeinflussten Zone weitgehend abhängt. Nach der Wirkung auf das Gefüge unterteilt man die wärmebeeinflusste Zone in ein Gebiet höchster Temperaturen, in dem vollständige Gefügeumwandlungen stattfinden, ein angrenzendes Gebiet mit Temperaturen zwischen dem  $A_1$ - und  $A_3$ -Punkt, in dem Teilumwandlungen vor sich gehen und schließlich einem dritten Bereich, in welchem keine Umwandlungen, jedoch Eigenschaftsänderungen, hervorgerufen durch Anlaßwärme, beobachtet werden können.

Der Verlauf der Gefügeumwandlungen und damit auch die Änderung der physikalischen Eigenschaften, wird durch die Abkühlungsgeschwindigkeit, das heißt, durch Temperatur und Zeit, entscheidend bestimmt. Aufschluß über den bei bestimmter Abkühlung aus Austenittemperatur sich ergebenden Gefügebau bringt das Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild (ZTU-Schaubild) für kontinuierliche Abkühlung. Dieses Schaubild beruht auf Versuchen, bei denen Stahlproben durch Erhitzen auf Temperaturen über  $A_3$  in voll-austenitischen Zustand gebracht und anschließend mit verschieden gewählten Geschwindigkeiten abgekühlt werden. Mit physikali-

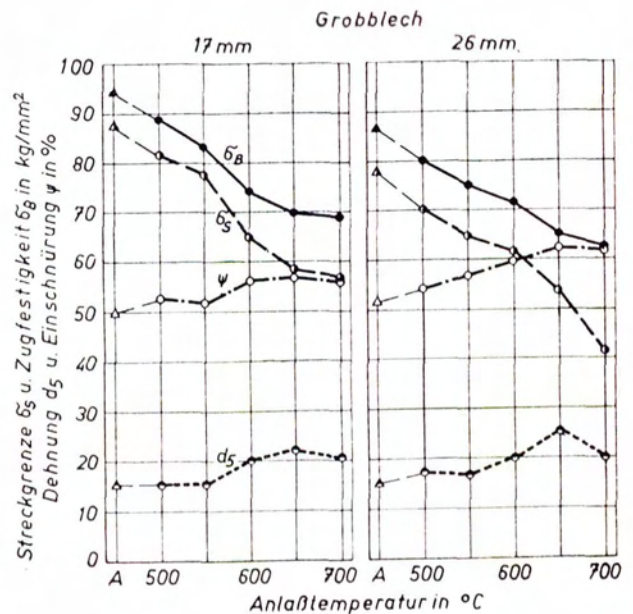


Bild 1: Baustahl 2, Vergütungsschaubild

Fig. 1: Steel 2, quench-and-temper-diagramme

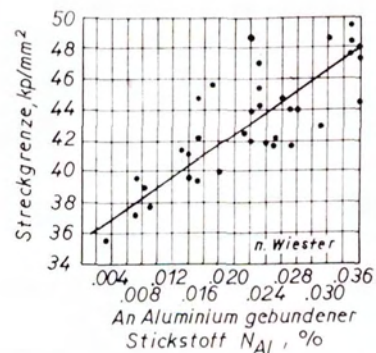


Bild 2: Einfluß Al-Nitrid auf Streckgrenze

Fig. 2: Influence of Al-nitride on yield point

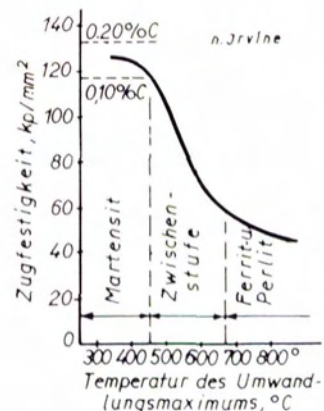


Bild 3: Baustahl 3, Gefüge und Zugfestigkeit

Fig. 3: Steel 3, microstructure and tensile strength

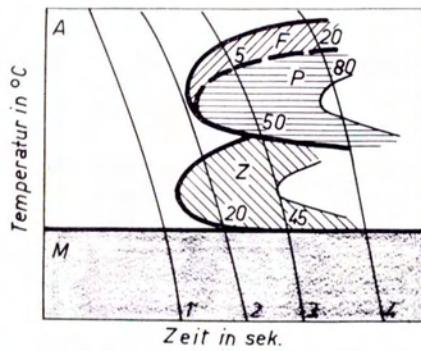


Bild 4: ZTU-Schaubild

A: Gebiet des Austenites  
 F: Gebiet der Ferritausscheidung  
 P: Gebiet der Perlitumwandlung  
 Z: Gebiet des Zwischenstufengefüges  
 M: Gebiet der Martensitumwandlung

Fig. 4: TTT-diagramme

A: zone of austenite  
 F: zone of ferrite  
 P: zone of perlite  
 Z: zone of bainite  
 M: zone of martensite

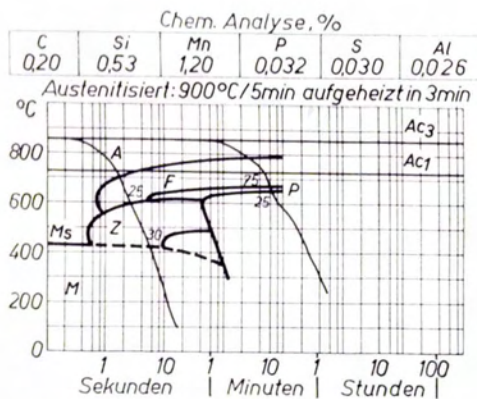


Bild 5: Baustahl 1, ZTU-Schaubild

Fig. 5: Steel 1, TTT-diagramme

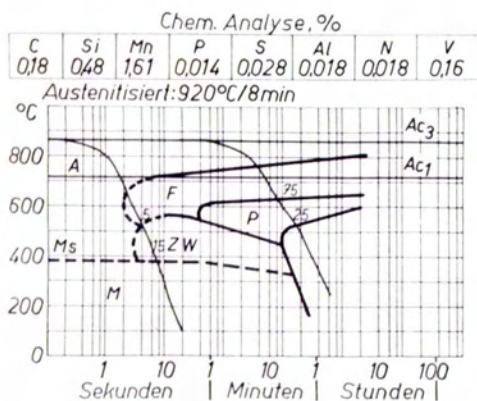


Bild 6: Baustahl 3, ZTU-Schaubild

Fig. 6: Steel 3, TTT-diagramme

schon und metallographischen Meßmethoden stellt man fest, in welchen Temperaturbereichen bei gegebener Abkühlgeschwindigkeit sich Gefügeumwandlungen abspielen, welcher Art diese sind und in welchem Ausmaß sie verlaufen.

Zur Erläuterung seien die Verhältnisse an einem schematischen ZTU-Schaubild kurz beschrieben, das in Bild 4 wiedergegeben ist. In dem Schaubild sind vier verschiedene Abkühlkurven eingezeichnet. Bei einer sehr raschen Abkühlung entsprechend der Kurve 1 bleibt bis zu sehr niedrigen Temperaturen das austenitische Gefüge erhalten, um bei Martensittemperatur vollständig in Martensit umzuwandeln. Würde man den Stahl entsprechend Kurve 2 abkühlen, so wandeln sich 20% des Austenits in Zwischenstufengefüge und der Rest (80%) in Martensit um. Bei einer Abkühlung nach Kurve 3 scheiden sich vorerst 5% Ferrit aus, anschließend wandeln sich 50% Austenit zu Perlite um, der Rest wird zu Zwischenstufengefüge (45%). Eine langsame Abkühlung entsprechend Kurve 4 würde bei dem vorliegenden Stahl 20% Ferrit und 80% Perlite ergeben. (Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß kontinuierliche ZTU-Schaubilder nur längs der angegebenen Abkühlungskurven gelesen werden dürfen.) Diese ZTU-Schaubilder gelten streng genommen nur für bestimmte Austenitisierungsbedingungen, die üblicherweise den Bedingungen der Wärmebehandlung von Erzeugnissen im Verlauf ihrer Fertigung entsprechen. Diese Verhältnisse sind jedoch gegenüber jenen, die in der hoherhitzten Zone des wärmebeeinflussten Gebietes einer Schweißnaht gegeben sind, verschieden. Es bestehen wegen der beim Schweißen erreichten höheren Temperaturen und der sehr rasch vor sich gehenden Erhitzung gegen die Aussage-sicherheit des kontinuierlichen ZTU-Schaubildes nicht unberechtigte Bedenken. In der Regel wird man eine Verschiebung des Beginnes der Umwandlungen nach längeren Zeiten hin annehmen müssen. Neuere Untersuchungen von Rose, Hoffman und Burat haben jedoch ergeben, daß die zu erwartenden Unterschiede bei den Stählen der hier vorliegenden chemischen Zusammensetzung eine praktische Anwendung des ZTU-Schaubildes nicht ausschließen.

Im folgenden sollen die kontinuierlichen ZTU-Schaubilder der in Tafel 2 zusammengefaßten Stähle kurz beschrieben werden. Diese ZTU-Schaubilder gestatten einerseits Aufklärungen für die kennzeichnenden, gefügebedingten Eigenschaften der Stähle zu geben, andererseits Hinweise für das Verhalten dieser Stähle beim Schweißen. Zur vergleichenden Betrachtung der Stähle beim Schweißen wurden die Abkühlverhältnisse gewählt, die für das hoherhitzte Gebiet in einem 30 mm dicken Blech vorliegen, wenn auf dieses Blech mit einer Elektrode von 4 mm Durchmesser in durchschnittlicher Schweißgeschwindigkeit eine Raupe gelegt wird. (Einlagenschweißungen dieser Art kommen in der Praxis als Heftnähte, Wurzelschweißungen, Kehlnähte und dergleichen vor.) Die Abkühlgeschwindigkeit, mit der man zu rechnen hat, liegt in diesem Fall um etwa 60° C pro Sekunde und ist vergleichbar mit jener eines in Wasser abgeschreckten Bleches von etwa 25 mm. Außerdem sind in die Schaubilder auch die Abkühlverhältnisse

für ein 80 mm dickes Blech an ruhiger Luft eingezeichnet.

In Bild 5 wird das Umwandlungsverhalten des Stahles 1 gezeigt. Das Entstehen von voreutektoidem Ferrit und Perlit erfolgt bereits nach sehr kurzen Zeiten. Die Bildung von Zwischenstufengefüge setzt ebenso rasch ein wie die voreutektoide Ferritbildung, nämlich innerhalb einer Sekunde, jedoch bei tieferen Temperaturen. Wir nennen einen solchen Stahl umwandlungsfreudig, eine Eigenschaft, die zum Teil auf den Al-Gehalt zurückzuführen ist. Die geforderten Festigkeitseigenschaften sind sichergestellt, wenn das Gefüge vorwiegend aus angelassener Zwischenstufe und hintangehaltener voreutektoider Ferritmenge besteht. Dazu muß der Stahl bei der Wärmebehandlung so rasch abkühlt werden, daß die Ferritbildung weitgehend vermieden wird. Wie aus dem Schaubild ersichtlich, ist dies nur bei verhältnismäßig hoher Abkühlgeschwindigkeit möglich, die in der Praxis nur bis zu begrenzten Querschnittsdicken von etwa 50 mm erreicht werden können.

Bei den Abkühlverhältnissen der Einlagenschweißung ergibt sich ein Gefüge von 45 % Martensit, 30 % Zwischenstufe und 25 % Ferrit.

Das ZTU-Diagramm der Stähle 2 und 3 gibt das Bild 6 wieder. Da die Gehalte an Stickstoff und Vanadin in der für Stahl 3 angeführten Größe das Umwandlungsverhalten nicht wesentlich beeinflussen und die Grundzusammensetzung der Stähle ähnlich ist, gilt das ZTU-Schaubild für beide Stähle. Der Beginn der Ferrit- und Zwischenstufenumwandlung ist nach etwas längeren Zeiten verschoben. Er setzt etwa 2 bis 3 Sekunden nach Durchgang der  $A_{3-1}$ -Temperatur ein. Da die Festigkeitseigenschaften des Stahles 2 auf höheren Anteilen angelassener Zwischenstufen- und Martensitgefüges beruhen, gilt für die Wärmebehandlung und die Herstellungsgrenze das für Stahl 1 bereits Gesagte.

Beim Stahl 3 kommen wir zum ersten Vertreter jener Stähle, deren gewährleistete Eigenschaften nach Normalglühung vorliegen. Dieser Stahl erhält durch die beim Normalglühen gegebene Abkühlgeschwindigkeit ein Gefüge aus Ferrit und Perlit, wie dies die langsamere Abkühlkurve zeigt. Seine Festigkeitseigenschaften beruhen auf der gleithemmenden Wirkung feinverteilter Vanadiumnitride.

Da sich die vorangehende Wärmebehandlung auf die Umwandlungsvorgänge nur geringfügig auswirkt, muß bei beiden Stählen in der Aufhärtungszone einer Schweißnaht ein ähnliches Gefüge, nämlich 80 % Martensit, 15 % Zwischenstufe und 5 % Ferrit erwartet werden.

Das ZTU-Schaubild des Stahles 4 (Bild 7) sieht etwas anders aus als die bisher gezeigten, weil englische und amerikanische Forscher bei der Darstellung der Umwandlungsvorgänge keine Trennung zwischen voreutektoide ausgeschiedenem Ferrit und Zwischenstufenferrit machen. Berücksichtigt man das, so stimmen die Aussagen englischer und amerikanischer ZTU-Schaubilder mit jenen deutscher weitgehend überein. Das Umwandlungsverhalten des Stahles 4 unterscheidet sich von den bisher beschriebenen Stählen dadurch, daß der Beginn der voreutektoiden Ferritbildung zu sehr langen Zeiten, näm-

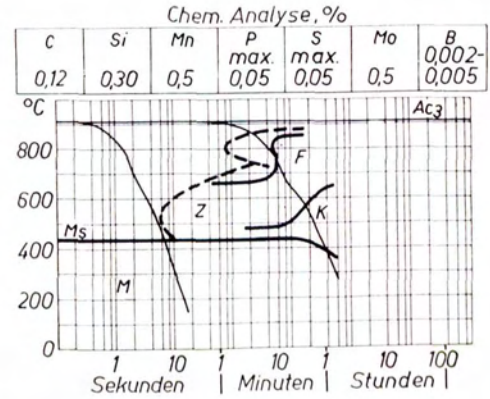


Bild 7: Baustahl 4, ZTU-Schaubild

Fig. 7: Steel 4, TTT-diagramme

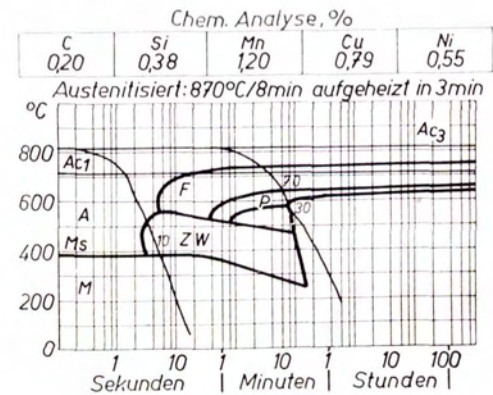


Bild 8: Baustahl 5, ZTU-Schaubild

Fig. 8: Steel 5, TTT-diagramme

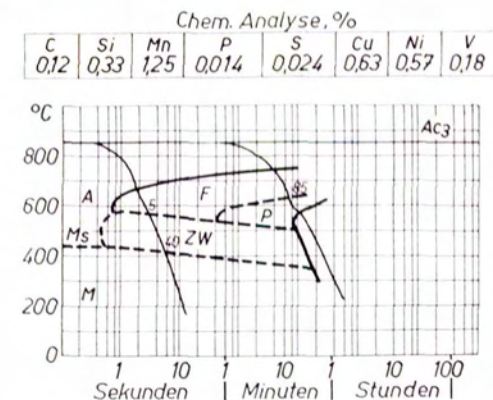


Bild 9: Baustahl 6, ZTU-Schaubild

Fig. 9: Steel 6, TTT-diagramme

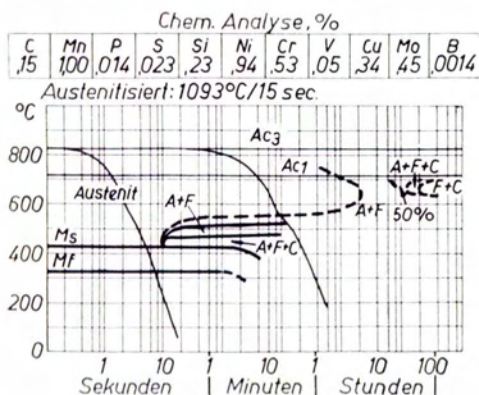


Bild 10: Baustahl 7, ZTU-Schaubild

Fig. 10: Steel 7, TTT-diagramme

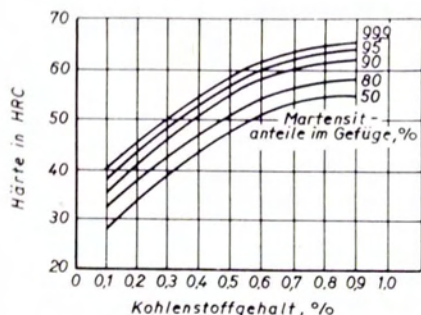


Bild 11: Einfluß des C-Gehaltes auf Härte bei verschiedenen Martensitgehalten

Fig. 11: Influence of C-content on hardness for various martensite contents

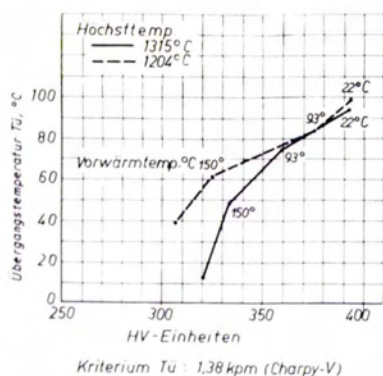


Bild 12: Baustahl 7, Kerbschlagzähigkeits-Übergangstemperatur und Vickershärte

Fig. 12: Steel 7, notch-toughness-transition-temperature and Vickers hardness

lich auf etwa 500 Sekunden, verschoben ist. Die Zwischenstufenumwandlung setzt bereits nach 10 Sekunden ein, so daß in einem breiten Abkühlbereich, der zwischen etwa 40° C/sec und 0,4° C/sec liegt, Zwischenstufengefüge entsteht. Es können daher zum Beispiel Bleche bis über 70 mm Dicke mit diesem Gefüge und den damit verbundenen Festigkeitseigenschaften ohne Anwendung erhöhter Abkühlgeschwindigkeit bei der Wärmebehandlung hergestellt werden. Die Verschiebung der voreutektoiden Ferritbildung geht auf die Wirkung von Molybdän und vor allem auf Bor zurück. Man nimmt an, daß sich die Bor-Atome an den Austenitkorngrenzen anreichern, wodurch die Entstehung von arteigenen Ferritkeimen verhindert und die voreutektoide Ferritausscheidung stark verzögert wird.

Für die Einlagenschweißung ergibt sich in der Übergangszone des Stahles 4 ein Gefüge, das aus reinem Martensit besteht.

Das in Bild 8 aufgezeigte ZTU-Schaubild des Stahles 5 erinnert an jenes der Stähle 2 und 3. Es ist jedoch der Beginn der Ferritbildung zu etwas längeren Zeiten verschoben. (Dieser Stahl erfährt eine Normalglühung, deren Abkühlung jedoch eher verlangsamt erfolgen muß, um die Aushärtung des Kupfers und dadurch die gewährleisteten Eigenschaften zu sichern. Manchmal sieht man auch ein zusätzliches Anlassen, Stabilisierungsglühung genannt, vor, um ein Optimum der Aushärtungsvorgänge zu erreichen.) Das Gefüge im Anlieferungszustand (Normalglühung) besteht aus Ferrit, Perlit und Zwischenstufe. Durch die Umwandlung im Bereich einer Einlagenschweißung muß etwa 90 % Martensit und 10 % Zwischenstufengefüge erwartet werden.

Der Stahl 5 wurde in den letzten Jahren dahingehend abgewandelt, daß der Kohlenstoff-, Kupfer- und Nickelgehalt vermindert, der Mangananteil erhöht wurde. Dadurch hat man nach Bild 9 eine Vorverlegung des Beginnes der voreutektoiden Ferritausscheidung und der Zwischenstufenumwandlung auf Zeiten unter 1 Sekunde erzielt. Was den Beginn der Ferrit- und Zwischenstufenumwandlung betrifft, ist er daher mit Stahl 1 vergleichbar. Da jedoch infolge der Legierungselemente die Perlitumwandlung nach längeren Zeiten verschoben ist, liegt im Gefüge des normalgeglühten Stahles neben Ferrit und Perlit auch Zwischenstufe vor.

Bei der Einlagenschweißung findet man in der Übergangszone ein Gefüge, das nur mehr aus 55 % Martensit, Rest Zwischenstufe, mit etwas voreutektoidem Ferrit, besteht.

In Bild 10 ist das Umwandlungsverhalten des mehrfach legierten Stahles Nr. 7 dargestellt. Der Beginn der Perlitumwandlung tritt erst bei sehr langsamem Abkühlen, das einem mehrtätigen Halten auf höheren Temperaturen entspricht, ein. Zur Erreichung des für die gewünschten Eigenschaften notwendigen Zwischenstufen- und Martensitgefüges mit wenig Anteilen an voreutektoidem Ferrit, ist Wasserabschreckung notwendig. Dabei können die erforderlichen Abkühlgeschwindigkeiten bei Blechen bis über 70 mm sichergestellt werden. Die Zwischenstufenumwandlung beginnt nach etwa 10 Sekunden, so daß bei der

Einlagenschweißung rein martensitisches Gefüge entsteht.

Der Gefügebau der über  $AC_3$  erhitzten Erwärmungszone bestimmt deren Höchsthärtigkeit, die nach Bild 11 in erster Linie vom Martensitanteil und vom C-Gehalt des Stahles abhängt. Stellt man die aus den ZTU-Schaubildern bei der Einlagenschweißung zu erwartenden Gefügeanteile und die sich daraus ergebenden Härtewerte zusammen, so kommt man zu den in Tafel 3 angeführten Ergebnissen, die mit tatsächlich gemessenen Werten gut übereinstimmen.

Nach den für Baustähle normaler Festigkeit aufgestellten Grenzwerten für den Martensitanteil und die Höchsthärtigkeit werden Risse in der Aufhärtungszone bei einem Martensitgehalt von mehr als 70 % und einer Vickershärtigkeit von über 400 HV-Einheiten für sehr wahrscheinlich, bei 60–70 % Martensit und 350 bis 400 HV-Einheiten für möglich gehalten. Keine Risse sollen unter 60 % Martensit und 350 HV-Einheiten auftreten, während man eine genügende Betriebssicherheit ohne Wärmebehandlung der geschweißten Bauteile erst ab Härten unter 280 HV-Einheiten und einem Gefüge mit weniger als 30 % Martensit erwartet.

Bei den hier beschriebenen hochfesten Baustählen werden diese Grenzen in allen Fällen, zum Teil sogar erheblich, überschritten. Die mehr oder minder lange praktische Bewährungsprobe, die jeder dieser Stähle bereits bestanden hat, beweist aber, daß eine direkte Übertragung der für übliche Baustähle aufgestellten Grenzen nicht richtig ist und daß man bei den hochfesten schweißbaren Baustählen größere Aufhärtungen erwarten und zulassen muß. Es wird jedoch die Uneinheitlichkeit in der Beurteilung der Aufhärtungen durch die bei hochfesten Stählen eingeschlagenen Entwicklungseinstellungen sehr offenkundig. Während man einerseits in Anlehnung an bisherige Erfahrungen und Gepflogenheiten eine Verminderung der Aufhärtung anstrebt, so wünscht man andererseits vollmartensitisches Gefüge, dem bei niedrigem C-Gehalt besondere Zähigkeitseigenschaften zugeschrieben werden.

Eine Herabsetzung der Härte ist, wie aus dem Bild 11 hervorgeht, durch Verminderung des C-Gehaltes oder des Martensitanteiles möglich. Bei den Stählen 2, 3 und 5 erfolgt letzteres durch Vorwärmung zum Schweißen, wodurch die Abkühlungskurve gegen längere Zeiten gewendet und die Umwandlung in nichtmartensitische Gefügebestandteile gefördert wird. Die Höhe der Vorwärmtemperaturen hängt von der Lage der Umwandlungskurven ab. Bei den Stählen 1 und 6 liegt infolge der gewählten chemischen Zusammensetzung erhöhte Umwandlungsfähigkeit vor, so daß eine Vorwärmung erst ab größeren Dicken, etwa 30 mm, notwendig ist.

Bei Stahl 4 und im besonderen bei Stahl 7 wird vollmartensitisches Gefüge bzw. Zwischenstufengefüge angestrebt. Der damit verbundenen Härte wird nicht jene Bedeutung beigemessen, wie dies für die anderen Stähle zutrifft. Man stützt sich dabei auf das bessere Verhalten der Stähle im Kerbschlagbiegeversuch, wenn sie Martensit- bzw. Zwischenstufengefüge mit geringem C-Gehalt aufweisen. Niedrig gekohlter Martensit ergibt bessere Kerb-

Stahl Nr.	C-Gehalt %	Gefüge in Zone Ferrit %	Zwischenstufe %	$T > AC_3$ Martensit %	Höchste Härte HV10-Einh.
1	0,20	25	30	45	300–350
2,3	0,18	5	15	80	350–400
4	0,12	–	–	100	370–420
5	0,20	–	10	90	370–420
6	0,12	5	40	55	300–350
7	0,15	–	–	100	400–450

Blechdicke: 30 mm, Elektrodendurchmesser: 4 mm

Tafel 3: Hochfeste Baustähle, Gefüge und Härte in der wärmebeeinflussten Übergangszone

Table 3: High tensile steels, microstructure and hardness in the heat-affected zone

schlagwerte als ein weiches Mischgefüge mit größeren Anteilen an voreutektoidem Ferrit. Durch die Ferritbildung kommt es nämlich während der Abkühlung zu einer Kohlenstoffanreicherung im Austenit, der bei tieferen Temperaturen zu Martensit und Zwischenstufe mit erhöhtem C-Gehalt umwandelt. In Bild 12 sind die Ergebnisse von Kerbschlagversuchen dargestellt, die an Modellproben des Stahles 7 durchgeführt wurden. Die Proben erhielten eine Wärmebehandlung in der Art, wie sie für die hocherhitzte Zone nahe einer Schweißnaht unter Berücksichtigung verschiedener Vorwärmtemperaturen anzunehmen ist. Mit steigender Vorwärmung wird die Abkühlgeschwindigkeit herabgesetzt und die Bildung von voreutektoidem Ferrit gefördert, was sich, wie das Schaubild zeigt, einerseits durch einen Abfall der Härte ausdrückt, andererseits zu einer Verschiebung der an Charpy-V-Proben festgestellten Übergangstemperatur nach höheren Temperaturen führt. Diese Verschiebung ist gleichbedeutend mit einer Verschlechterung der Kerbzähigkeit bei Vorliegen eines weichen, Ferrit enthaltenden Gefüges und umgekehrt. Vorwärmen oder das Einbringen großer Wärmemengen soll daher bei diesem Stahl vollkommen vermieden werden.

Ob die neue Richtung, die sich auf das homogene Martensitgefüge mit niedrigem C-Gehalt stützt, jene Standfestigkeit erringen wird, welche die alte für sich in Anspruch nimmt, wird die Zukunft erweisen. Bei der Beurteilung der Auswirkung einer aufgehärteten Zone sind nämlich eine Reihe zusätzlicher Einflußgrößen zu berücksichtigen, zum Beispiel das Ausmaß und die Lage der Zone, der Spannungszustand, dem sie ausgesetzt ist, und schließlich das Verhalten des unbeeinflussten Werkstoffes bei möglichen Anrissen. Es haben sich gerade bei Stahl 7 in der Praxis Schwierigkeiten dadurch ergeben, daß rein martensitisches Gefüge bei Vorhandensein von Wasserstoff erhöhte Anfälligkeit für Unternahtrisse bringt. Solche Unternahtrisse könnten durch Anwendung kalkbasischer Elektroden mit geringem H-Gehalt allein nicht unterbunden werden, sondern man muß außerdem auf etwa 100–120° C vorwärmen, wobei andererseits aus angeführten Gründen während des Schweißens diese Temperatur nicht wesentlich überschritten werden darf.

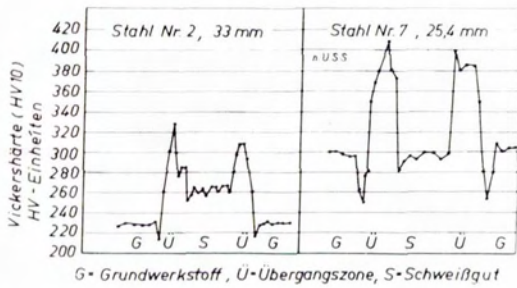


Bild 13: Baustähle 2 und 7, Härteverlauf an Verbindungsschweißungen

Fig. 13: Steel 2 and 7, hardness curves of welded joints

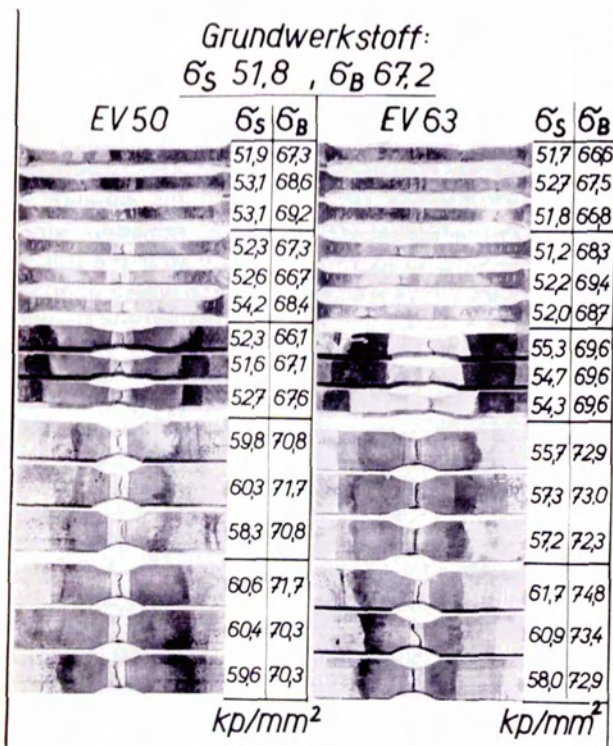
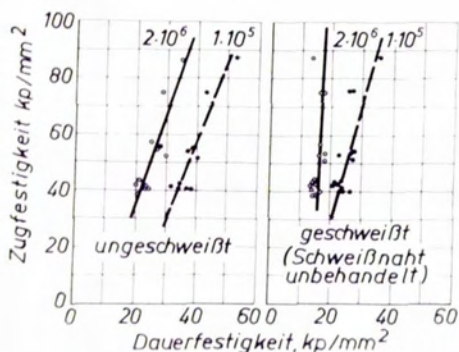


Bild 14: Stahl 1, Schweißzugversuch

Fig. 14: Steel 1, Tensile test on welded specimens



Neben den Aufhärtungen sind in der über  $A_3$  erwärmten Zone auch Überhitzungserscheinungen möglich. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß es zu einem Zerfall von Nitriden und Karbiden und dadurch zu Versprödungserscheinungen kommen kann, andererseits Legierungselemente, die niedrig schmelzende Verbindungen bilden, zu Warmrissen Anlaß geben können. Es ist nicht möglich, im Rahmen dieses Aufsatzes näher darauf einzugehen.

Die im Temperaturgebiet zwischen  $A_1$  und  $A_3$ , also zwischen etwa  $700$  und  $900^\circ C$ , vor sich gehenden Teilumwandlungen, können ebenfalls zu Eigenschaftsänderungen führen. So wurde an dem erwähnten Cu-Mo-Ti-Stahl und dem Stahl 7 ein plötzlicher Anstieg der Zugfestigkeit bei Absinken der Streckgrenze und Verschlechterung der Zähigkeitseigenschaften festgestellt. Es wird dies mit den bei Teilaustenitisierung unübersichtlichen Verhältnissen erklärt, man muß aber auch annehmen, daß die reversiblen Aushärtungsvorgänge legierter Stähle mitspielen, da dieser Effekt bei Stahl St 52 und ähnlich bei Stahl 1 und 2 nicht oder nur mit sehr geringer Wirkung gefunden wurde. Bei den heute angewendeten Prüfverfahren von Schweißverbindungen sowie den Beanspruchungen in der Praxis haben sich diese Veränderungen wegen der örtlichen Begrenztheit, in der sie vorkommen, nicht nachteilig ausgewirkt. Man wird aber trotzdem diesem Gebiet mehr Beachtung schenken müssen, da es häufig nicht sicher ist, ob aufgetretene Risse der wärmebeeinflussten Übergangszone in der Schicht höchster Härte oder in diesem Gebiet ihren Ausgang haben, was durchaus im Bereich der Möglichkeit liegt.

Bei vergüteten Baustählen kann es im  $A_1$ - und  $A_3$ -Bereich und in der angrenzenden, bis zur Temperaturstufe des Anlassens reichenden Zone zu einer Härteunterschreitung des Grundwerkstoffes kommen. Einerseits kann das durch die Vergütung erreichte Gefüge dadurch verloren gehen, daß die Abkühlung in der Zone der Teilumwandlungen nicht mehr für Umwandlungen in der Zwischen- oder Martensitstufe ausreicht. Andererseits kann eine Verminderung der Festigkeitseigenschaften durch Anlassen des Werkstoffes auf höhere Temperaturen, wie sie zur Vergütung des Ausgangswerkstoffes gewählt wurden, eintreten. Die letztgenannte Gefahr ist wegen der kurzen zur Verfügung stehenden Anlaßdauer meist unbedeutend.

Die Temperatur-Zeit-Verhältnisse im Gebiet der Schweißung spielen für das Auftreten einer erweichten Zone eine große Rolle. Bei den raschen Abkühlbedingungen einer Einlagenschweißung, wie sie vorher beschrieben wurde, kann man keine Zone ver-

Bild 15: Hochfeste Baustähle, Schwellzugversuch an geschweißten Proben (Stumpfnahat quer zur Beanspruchungsrichtung)

Fig. 15: High tensile steels. Fatigue tensile test on welded specimens (butt-weld transverse to direction of load)



ringere Härte feststellen. Bei Verbindungsschweißung hingegen werden Härteeinbrüche gefunden. Als Beispiel seien Verbindungsnahte an den Stählen 2 und 7 in Bild 13 gezeigt. Es wurde übereinstimmend nachgewiesen, daß sich eine nachteilige Auswirkung auf die Tragfähigkeit einer Schweißverbindung durch eine erweichte Zone nicht ergibt, da sie nur eine sehr begrenzte Ausdehnung hat. Bei den Erwärmungsverhältnissen der praktisch angewendeten Schweißverfahren erreicht sie eine Breite von höchstens einigen Millimetern. Durch die einschnürende Wirkung des benachbarten Grundwerkstoffes auf einer Seite und des Schweißgutes auf der anderen Seite, wird die weiche Zone gestutzt. Man findet daher bei Belastungsversuchen keinen Unterschied ungeschweißter und geschweißter Proben, wie an Hand von Zugproben in Bild 14 gezeigt. Es wurde je eine Probeplatte mit einer etwas zu weichen Elektrode geschweißt (FOX EV 50) und einer der Festigkeit des Grundwerkstoffes entsprechenden Elektrode (FOX EV 63). Den Probeplatten wurden Parallelproben mit belassener und mit abgearbeiteter Schweißraupe entnommen, sowie Flachzugproben nach DIN 50120, 4.1 und ausgerundeten Zugproben nach DIN 50120, 4.2. Bei den letzteren wurde für eine Probenserie der kleinste Prüfquerschnitt so gelegt, daß er im Bereich einer wärmebeeinflussten Übergangszone lag, während er bei der zweiten Probenserie entsprechend der Norm mit der Mitte der Schweißnaht zusammenfiel. An keiner der untersuchten Proben ist der Bruch im „erweichten“ Gebiet der wärmebeeinflussten Übergangszone aufgetreten. Er wurde je nach Schweißgutfestigkeit und Probenform entweder im reinen Schweißgut oder im nicht wärmebeeinflussten Grundwerkstoff gefunden. Die Werte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit des Grundwerkstoffes wurden überschritten, wenn man von kleinen Unterschreitungen, die im Rahmen der üblichen Streuungen liegen, absieht. (Die ausgerundeten Proben zeigen wegen des Formeinflusses höhere Werte.)

Neben der Schweißneigung hochfester Baustähle, die wesentlich von den Umwandlungsvorgängen und Eigenschaftsänderungen im Bereich einer Schweißnaht beeinflusst wird, ist deren Schweißsicherheit von ausschlaggebender Bedeutung. Man versteht darunter das Vermögen eines Stahles, allen bei der Herstellung und im Betrieb auftretenden Beanspruchungen eines geschweißten Bauteiles voll gerecht zu werden. Es kann nicht Aufgabe dieses Aufsatzes sein, auch nur auf die wichtigsten Einzelheiten der Schweißsicherheit, wie zum Beispiel der Trennbruchempfindlichkeit oder des plastischen Verformungsvermögens in einem mehrachsigen Spannungsfeld einzugehen.

Es sei aber zum Abschluß noch auf eine Eigenheit hochfester Baustähle in Schweißkonstruktionen hingewiesen, die bei möglichem Schaden fälschlicherweise einer geringen Schweißsicherheit zugeschrieben werden könnte. Es ist dies die Dauerfestigkeit hochfester Baustähle. Während diese Stähle im ungeschweißten bzw. ungekerbten Zustand eine entsprechend der Festigkeit erhöhte Dauerfestigkeit zeigen, wobei die Erhöhung bei weitem nicht mit jener

der Streckgrenze Schritt hält, ist bei geschweißten Bauteilen, deren Beanspruchung quer zur Schweißnaht erfolgt, im Ermüdungsverhalten praktisch kein Unterschied gegenüber Stählen geringerer Festigkeit gegeben. Wie aus dem Bild 15 hervorgeht, verläuft die Zugfestigkeit-Dauerfestigkeit-Gerade geschweißter Proben praktisch senkrecht, das heißt, die Anwendung hochfester Baustähle bei Dauerbeanspruchung bringt keine Vorteile mehr. Dies gilt für Zuschwellbeanspruchungen bei senkrecht zur Schweißnaht liegender Beanspruchungsrichtung und hohen Lastspielzahlen. Günstiger werden die Verhältnisse, wenn es sich um eine Schwellbeanspruchung mit hoher Unterlast handelt, die geforderten Lastspielzahlen wesentlich niedriger liegen und die Beanspruchungsrichtung mit der Nahrichtung zusammenfällt.

#### Zusammenfassung:

Es wurde versucht, an Hand einiger Stähle, die in der Praxis bereits eingesetzt sind und mehr oder minder als erprobt gelten, die eingeschlagenen Entwicklungsrichtungen zur Herstellung hochfester Baustähle aufzuzeigen. Eine einheitliche Tendenz läßt sich bisher nicht erkennen, wenn man davon absieht, daß wegen der Erfordernisse der Schweißung der C-Gehalt aller moderner hochfester Baustähle mit etwa 0,2 % begrenzt ist. Anstrengungen zur Senkung des C-Gehaltes auf etwa 0,1 % ohne Verminderung der Festigkeitseigenschaften gehören zu den derzeitigen Entwicklungsaufgaben.

Da das Umwandlungsverhalten der Stähle die Schweißneigung wesentlich beeinflusst, ist die Kenntnis der möglichen Umwandlungsvorgänge notwendig. Dazu hat sich das Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild als nützlich erwiesen. Es stehen bereits eine größere Anzahl von solchen Schaubildern zur Verfügung, doch wird es notwendig sein, noch umfassende und vor allem den Verhältnissen einer Schweißnaht angepaßte Unterlagen zu schaffen. Darüber hinaus ist es erforderlich, systematische Messungen der Abkühlbedingungen an in der Praxis vorkommenden Schweißungen anzustellen und deren Ergebnisse in übersichtliche und gesetzmäßige Form zu bringen. Diese Forderungen setzen exakte, umfangreiche und aufwendige Untersuchungen voraus, die nur in Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlichen Instituten, Stahlverarbeiter und Stahlherzeuger durchgeführt werden können.

Bei der Beurteilung der Gefahr der Aufhärtung geschweißter hochfester Baustähle findet man die klassische Ansicht wieder, nach der eine Verhinderung der Umwandlung in Martensit angestrebt werden soll. Eine neue Entwicklung geht jedoch den entgegengesetzten Weg, nach dem höchster Martensit- bzw. Zwischenstufenanteil erwünscht ist, wobei jedoch der C-Gehalt dieser Gefügebestandteile niedrig sein muß, da nur dadurch ausreichende Zähigkeitseigenschaften sichergestellt sind.

Abschließend wurde auf die Anwendung hochfester Baustähle in dauerbeanspruchten geschweißten Konstruktionen hingewiesen.

## Extracts

### Modern Cranes of Heavy Capacity for Power Stations

by J. Prachar . . . . . Page 1

The tendency to design machine for power stations of more and more output necessitates also the construction of power house cranes of high and highest capacities. Various questions of constructive and economic nature involved will be dealt with the following, by describing some cranes selected. The variety of possible constructions

of crane structures and the selection of suitable equipment for the crane enable to satisfy all requirements with regard to site conditions and purpose. On discussing the individual types of crane the mechanical equipment will also find consideration in all details.

### Tests made with Conversion Material on hydraulic Steel Structures at Weir Span 5 of the Ybbs-Persenbeug Power Station

by Dipl.-Ing. Werner Roehle . . . . . Page 11

Tests with various coating systems applied to hydraulic steel structures at weir-span 5 of the power station Ybbs-Persenbeug were made with particular reference as to their behavior against load conditions. The performance

and result of the tests were fully dealt with and clearly illustrated in tables. The purpose of the tests were to find out a most economical conservation of hydraulic steel-structures.

### „Development of Barrages – Gates with Flap – at the Enns River.“

by Dipl.-Ing. Liebl . . . . . Page 21

The lecture deals with the development of various barrage systems built in Austria and makes a comparison between them with regard to technical and economic

aspects. Pictures illustrate a number of barrages built in Austria and in closing the author speaks about some large projects abroad.

### Weldable High Tensile Steels

by Dipl.-Ing. Felix Wallner . . . . . Page 24

An attempt has been made to point out the characteristic lines of development in the production of weldable high tensile steels. There is no uniform tendency to be recognized, except for the limitation of the C-content at about 0,2% for welding reasons. Presently, efforts are made to reduce the C-content to about 0,1%

without causing a decrease of strength. The transformation behaviour of typical steels is discussed, since the knowledge of the possible transformation processes is essential for an evaluation of the suitability for welding. Furthermore, the use of high tensile steels in fatigue stressed welded constructions is being dealt with.

Seit über 85 Jahren

**O. M. MEISSL & CO.**

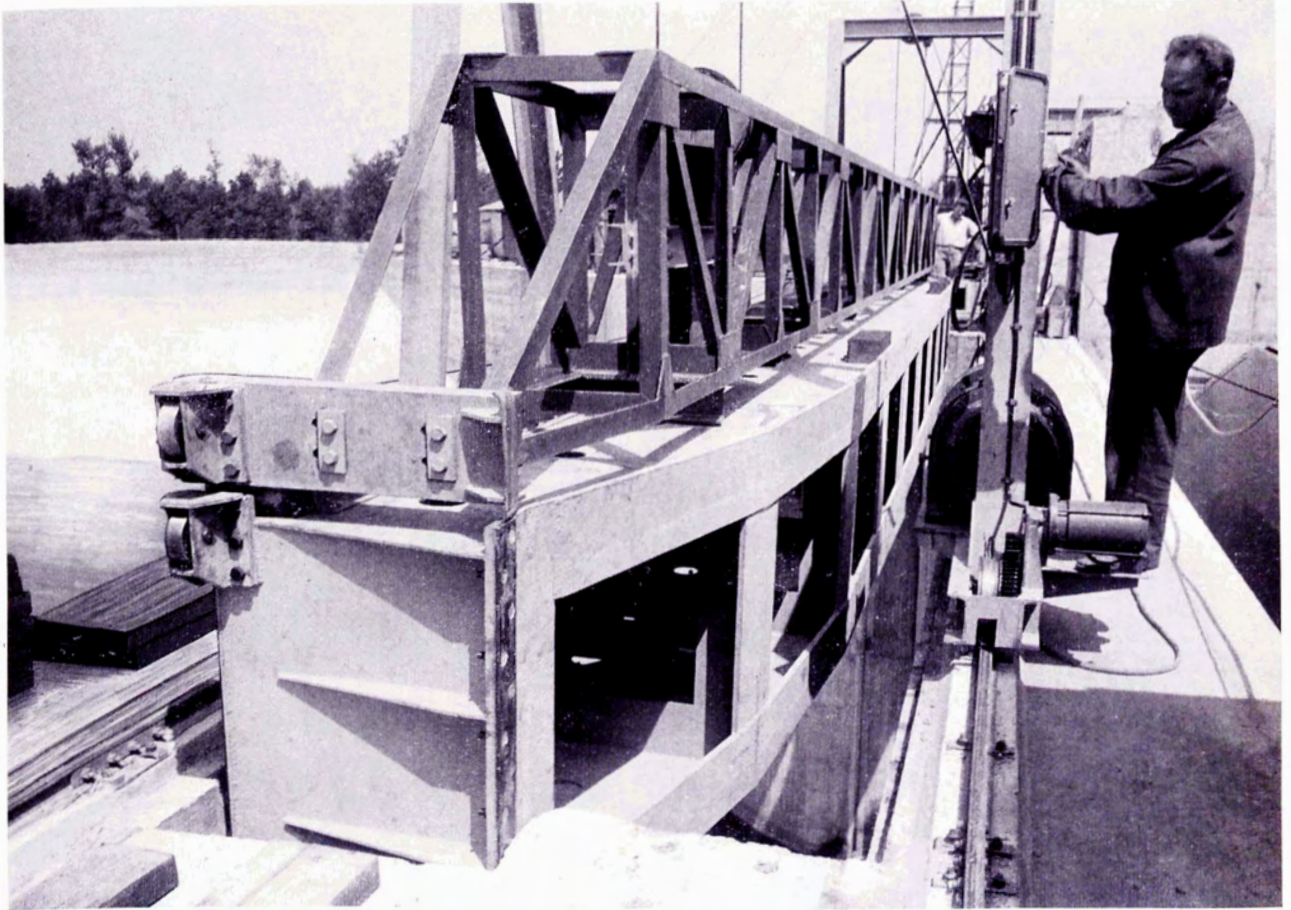
Gesellschaft m. b. H.

**Sandstrahlentrostung, Technische Anstriche und Spritzmetallisierung**

Telefon 72 42 01

Wien III, Marxergasse 39

Fernschreiber 3403



DAMMBALKEN FÜR DAS KRAFTWERK GRALLA DER STEWEAG

**WIR BAUEN**

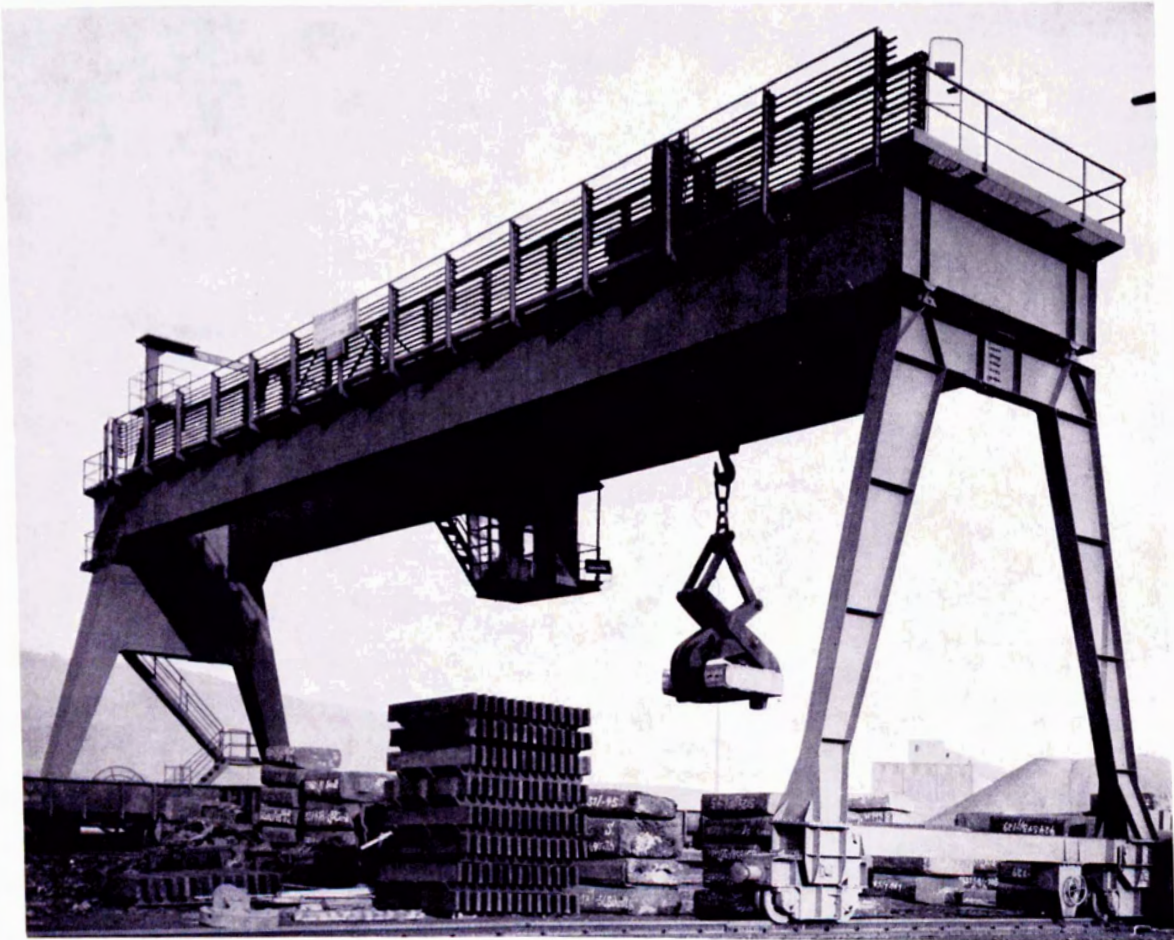
# **STAHLKONSTRUKTIONEN**

**FÜR KRAFTWERKS- UND INDUSTRIEANLAGEN**

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



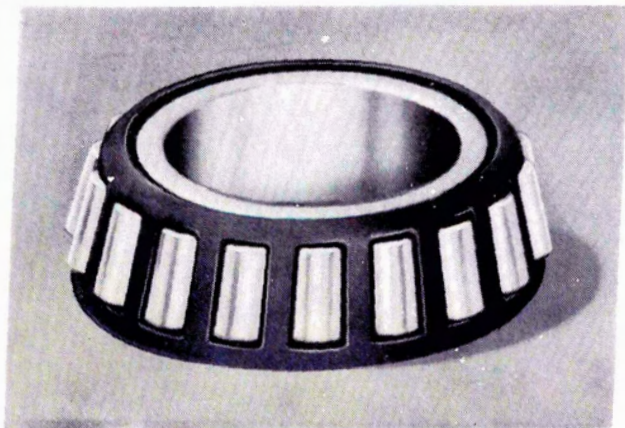
## Kräne und Krangehänge



32 t × 35 m Portalkran, Spezialgehänge für Blocktransport,  
Portale geschweißt, Brücke als Torsionsträger

**WIENER BRÜCKENBAU- UND EISENKONSTRUKTIONS-AG.**

WIEN X, HARDTMUTHGASSE 131-135 • FERNRUF 64 36 86 • TELEX 1785



JEDER INNENTEIL PASST IN JEDEN AUSSENRING DER GLEICHEN SERIE

## Was nützen Ihnen beliebig austauschbare Timken-Innenteile und -Außenringe?

Vielleicht nichts. Vielleicht auch viel. Das hängt von Ihrem Produktionsprogramm ab. Wenn Sie Serien fertigen, bietet Ihnen die Austauschbarkeit der Lagerteile nicht zu unterschätzende Vorteile. Fertigungstechnische und kostensenkende. Wenn Sie beispielsweise Achsen und Naben in verschiedenen Produktionsstätten fertigen, können die Außenringe im Fluß der Nabenfertigung angeliefert und eingepreßt werden. Unabhängig davon lassen sich die Innenteile erst beim Zusammenbau der Räder und Achsen ohne Auslese einsetzen. Die Laufgenauigkeit bleibt in jedem Fall gewährleistet.

Timken-Lager werden in 12 Werken auf vier Kontinenten mit Urlehren auf ihre weltweite Toleranzhaltigkeit hin überprüft. Wir möchten nicht daran schuld sein, daß Sie in Australien gefertigte Innenteile oder in Amerika hergestellte Außenringe in Österreich nicht zusammenbauen können. Timken-Lager werden in Australien, Brasilien, England, Frankreich, Kanada, Südafrika sowie den USA hergestellt und in 116 Ländern verkauft.

The Timken Roller Bearing Company, Canton, Ohio, USA. Deutsche Tochtergesellschaft: Timken Rollenlager GmbH, 4 Düsseldorf-Nord, Glockenstraße 16, Tel. 44 13 41, Telex 08584718.

Vertretung für Österreich: Ing. Ferdinand Birner, Wien I, Nibelungengasse 3, Tel. 57 95 61-64; Fa. Birner & Co., Linz an der Donau, Bürgerstr. 14, Tel. 2 84 75; Salzburg, Ignaz-Harrer-Straße 32, Tel. 3 22 19, 3 14 92.



SICHERHEIT DURCH PRÄZISION

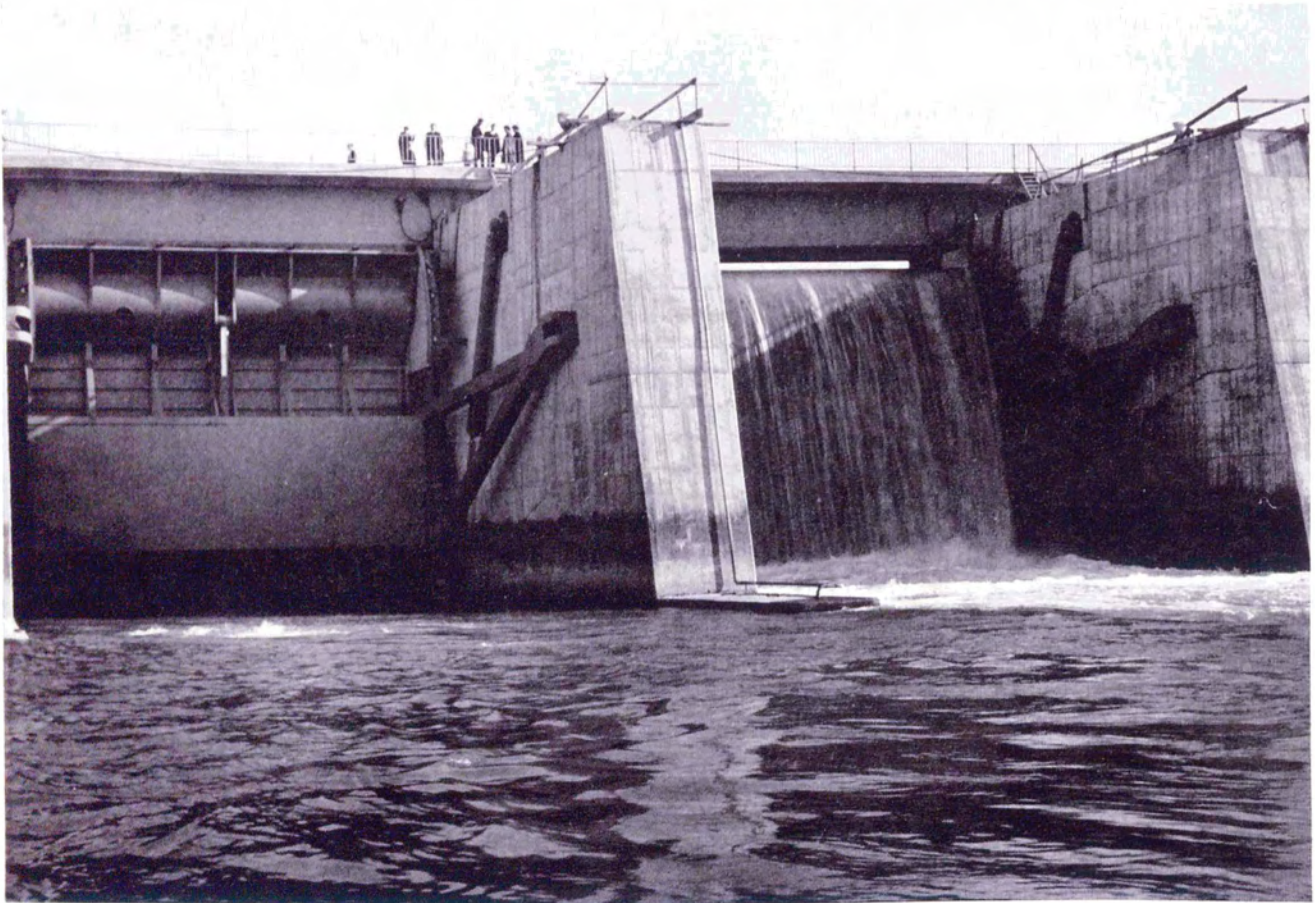
**TIMKEN**<sup>®</sup>

EINGETRAGENES WARENZEICHEN

KEGELROLLENLAGER

BBDO CL 5-71

Für das Kraftwerk  
**St. Pantaleon**  
der Ennskraftwerke AG



lieferten und montierten wir 4 Segmentschütze mit Klappe.  
Die lichte Weite beträgt 14 m, die Höhe über Schwelle 11,55 m.

Unser Lieferumfang umfaßte weiters eine Rechenreinigungsmaschine und die Wehrbrücke mit 4 Feldern von je 15,6 m und einem Gesamtgewicht von 72,5 t. Die Ausführung erfolgte als geschweißter Hohlkastenträger.

**VÖEST**

VEREINIGTE ÖSTERREICHISCHE EISEN-  
UND STAHLWERKE A.G., LINZ/DONAU

**BUNDU-  
HV-SCHRAUBEN  
ERHÖHEN DIE  
SICHERHEIT  
IM STAHLBAU**



**BREVILLIER-URBAN**  
WIEN · NEUNKIRCHEN

**B (B) B**

**BRUNNER VERZINKEREI  
BRÜDER BABLIK**

WIEN XVIII, SCHOPENHAUERSTRASSE 36  
Telefon 42 76 36 – Fernschreiber 07-4526

**Feuerverzinkungen**

**AGA**

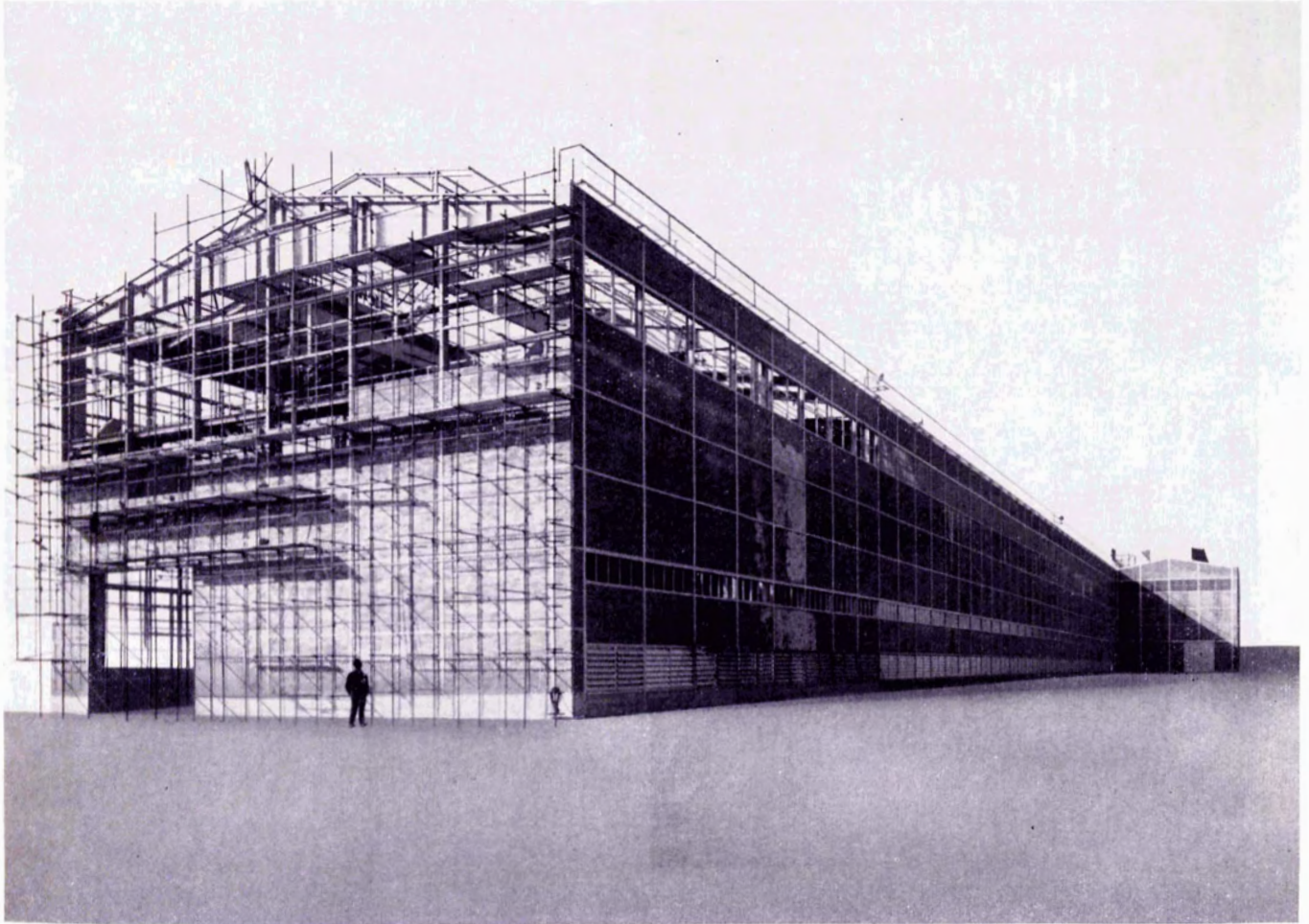


**QUALITÄTSGERÄTE**  
für alle Schweißverfahren

**SCHWEISSGASE:** Dissousgas  
Sauerstoff, Argon, Mischgase

**sind unentbehrliche Helfer für den Stahlbau**

**AGA · WERKE WIEN 4., Prinz Eugen-Strasse 72 · 65 66 31**



External view of the foundry erected at Trieste

## Steel Structure supplied for a Foundry in Italy

In 1964 Waagner-Biro has supplied and erected the steel structure of the new foundry for Italsider at Trieste-Servola, Italy.



In each bay cranes of capacities up to 50 tons are operating. The craneway girders have a length of 16 m.

The foundry building consists of 5 bays covering a total area of 16 900 sq. m.

Bad ground conditions required pile foundation. The steel structure is of such design that it can withstand any settlement of ground.

Roofing is made of edged galvanized metal sheets

(Alusicc) fixed on the purlins by bolting. Ridge lanterns and fans are installed in the roof for ventilation.

Natural light is provided by puttyless glazed bands mounted on steel bars in the walls of 12 cm thick brickwork facings.

The total weight of the supplied steel structure is approx. 3 900 tons.



Total view of the steel structure.

# WAAGNER-BIRO

ZENTRALE: MARGARETENSTRASSE 70, WIEN V.





# STADLER-Universal Zweistoffbrand Heizkessel

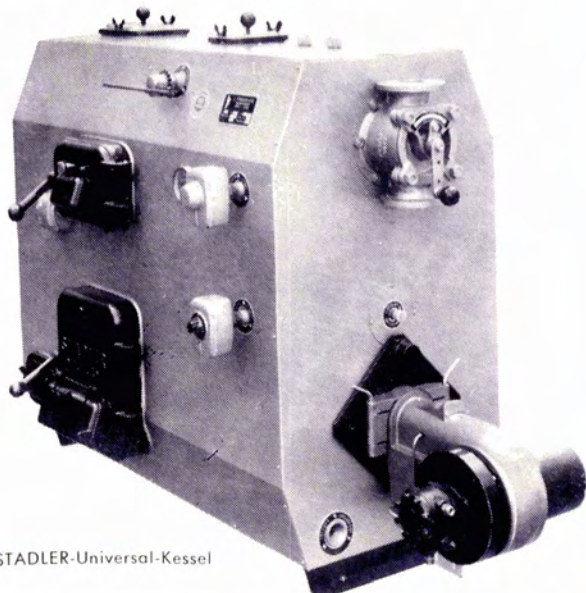
Das deutsche Spitzenfabrikat wird nun in Österreich erzeugt.

Wer modern und zeitgemäß denkt, der fortschrittliche Bauherr also, wählt die Warmwasser-Zentralheizung. Seiner außerordentlichen Vorzüge wegen kommt nur der

## STADLER-Universal-Heizkessel

in Betracht.

DAS IST ER,



STADLER-Universal-Kessel

### der STADLER-Universal-Kessel

Werkfoto: Kesselfabrik Hans Rendl, Salzburg

Öl, Gas und feste Brennstoffe können wahlweise im **STADLER-Universal-Heizkessel** bei garantiert gleicher Heizleistung verwendet werden.

Zwei voneinander völlig getrennte Brennkammern verbürgen bei größter betrieblicher Störungsfreiheit zugleich die größte Sicherheit.

Bei Ausfall des Gas- oder Ölbrenners entsteht keine Heizunterbrechung, da fester Brennstoff ohne jede Umstellung verwendet werden kann.

Der **STADLER-Universal-Heizkessel** ist der Kessel der hygienischen Frisch-Warmwasser-Erzeugung, das bedeutet für Sie: niemals abgestandenes Warmwasser, sondern von Beginn des Heizens an stets frisches Warmwasser in unbegrenzter Menge.

Im Sommer können Sie die Heizung durch das patentierte Vierwege-Mischventil vollkommen abschalten und haben trotzdem bei geringsten Heizkosten stets frisches Heißwasser in unbegrenzter Menge zur Verfügung.

Obwohl in zehn verschiedenen Größen, von 25 000 bis 200 000 WE in Links- und Rechtsausführung lieferbar, niedriger Preis.

Ein deutsches Patent, erzeugt in Österreich durch die Firma

**HANS RENDL, STAHL-, MASCHINEN-, KESSELBAU**  
Salzburg, Siezenheimer Straße 31

Verlangen Sie bitte unsere Prospekte und Gutachten. Wir beraten Sie gern.

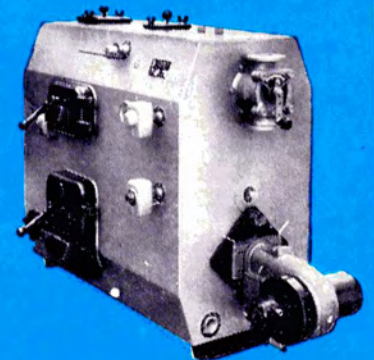
Vertretungen in allen Bundesländern.

# DAS DEUTSCHE SPITZENERZEUGNIS IN ÖSTERREICH HERGESTELLT



## Wirtschaftlich heizen und Heißwasser bereiten mit dem Stadler-Universal- Heizkessel

klein, kompakt, dauerhaft,  
technisch vollendet,  
preiswert



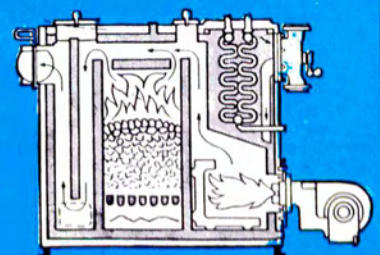
Bitte, prüfen und  
vergleichen Sie.

Der Vergleich ist der  
sicherste Weg eine  
richtige Entscheidung  
zu treffen.

für Öl oder Gas  
und Koks  
gleiche  
Heizleistung

50 Jahre  
Stahlheizkessel-  
Bau

**Stadler-Kessel  
bringen  
zufriedene  
Kunden**



Lieferung nur an  
Heizungsbaufirmen

2 getrennte Brennkammern für Öl oder Gas und feste Brennstoffe, leicht zu reinigen, betriebsbereit ohne jede Umstellung, wassergekühlter Rost, Bodenfreiheit, kein Fundament, allseitig isoliert, stufenlose Regelung der Heiztemperaturen unabhängig von der Kesseltemperatur durch Thermostat und Regelmotor oder von Hand, eingebauter Durchlauf-erhitzer, dicht schließendes pat. Vierwege-Mischventil mit zwangsläufiger Rücklauf-Vorwärmung

Bitte, fordern Sie  
Prospekte, Gutachten  
und  
technische Unterlagen an.

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

