DER STAHLBAU

Verantwortliche Schriftleitung: Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin
Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule. — Fernspr.: Steinplatz 9000

Beilage zur Zeitschrift **DIE BAUTECHNIK** Fachschrift für das gesamte Bauingenieurwesen

Preis des ersten Jahrganges „Der Stahlbau" 7,50 R.-M. und Postgeld

1. Jahrgang | BERLIN, 28. Dezember 1928 | Heft 20

Alle Rechte vorbehalten.

Ein moderner Stahlskelett-Hochbau in München.

Von Dr.-Ing. W. Weiß, München.

Wenn der Stahlskelett-Hochbau in solchen Städten, die in bezug auf die Frachtverhältnisse günstig zu den Erzeugungsstätten der stahlschaffenden Industrie liegen oder welche den Anforderungen der Zeit unmittelbar Rechnung tragen, ständig und unaufhaltsam an Boden gewinnt, so ist dies bei den unbestreitbaren Vorzügen der neuen Bauweise nicht weiter verwunderlich. Erfordern doch die heutigen schwierigen Verhältnisse gerade im Baugewerbe die restlose Ausnutzung aller Vorteile. Wenn aber in einer Stadt wie München mit seiner starken Vorliebe für das Überlieferte und den Eisenbetonbau die Stahlskelettbauweise Eingang finden kann, so will dies viel besagen. Um so mehr, wenn — wie es bei dem hier zu besprechenden Neubau der Fall war — bei der Wahl der Bauweise der Eisenbeton von vornherein ausschied. Es ist noch nicht gar so lange her, und man wird sich noch daran erinnern, daß man hier bei der großen Mehrzahl aller Hochbauten das gegenteilige Verfahren übte und sich ohne allzulange Überlegung für den Eisenbeton entschloß, ohne also die Vor- und Nachteile der Bauweisen ernsthaft gegeneinander abzuwägen. Eisenbeton war eben sozusagen die Mode, und eine Baufirma wollte nicht dadurch als rückständig gelten, daß sie bei der althergebrachten Träger- und Ständerbauweise verblieb. So entstanden eine große Reihe von Eisenbetonfirmen; um so mehr, als in München das gute Kiesvorkommen der Entwicklung des Eisenbetons sehr günstige Bedingungen bot. Heute deuten aber alle Anzeichen darauf hin, daß sich auf dem Gebiete des Bauwesens diejenige Umwälzung vollziehen wird, die in anderen Gegenden Deutschlands längst im Gange ist, wo ohne Zweifel die Stahlskelettbauweise dem Eisenbeton den gewonnenen Boden mit Erfolg streitig macht.

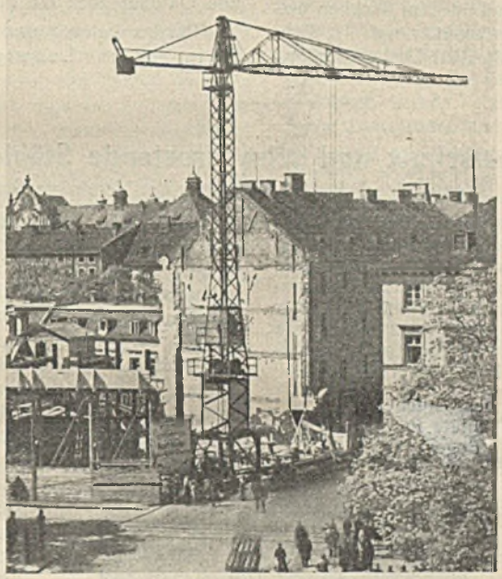

Abb. 1.

Das Sprichwort: „Zeit ist Geld" hat gewiß immer auch im Bauwesen seine volle Bedeutung gehabt, aber heute müßte es, wollte man den Maßstab der Geldverteuerung anlegen, heißen: „Zeit ist doppelt Geld". Nachdem Baustoffe und Löhne eine ähnliche Steigerung erfahren haben, müßte logischerweise im gleichen Maßstab schneller gebaut werden als vor dem Kriege. Wenn das zurzeit auch noch nicht voll zutrifft, so werden doch die größten Anstrengungen gemacht und jedenfalls steht fest, daß im Hinblick auf die hohen Baugeldzinsen, die hohen Baustoffkosten und Löhne sowie die sonstigen Belastungen der Nachkriegszeit die schnellste Bauweise gerade gut genug ist, wenn mit entsprechendem Gewinn für Bauunternehmer und Bauherrn gebaut werden soll. Gerade auch für den letzteren ist die Auswirkung einer entsprechenden Verkürzung der Bauzeit meist sehr belangreich und läßt sich nicht selten sowohl durch entsprechende Einsparungen als auch durch früher einsetzende Einnahmen, in Mark und Pfennig ausgedrückt, recht überzeugend vor Augen führen. Jeder Bauherr wird also im eigensten Interesse bei einem Neubau diesen Faktor an erster Stelle in seine Rechnung einsetzen müssen, wenn anders er sich nicht selbst schädigen will. Daß diese Schnelligkeit der Ausführung nicht auf Kosten der Sicherheit gehen darf und daß sie z. B. beim Eisenbetonbau ihre ohne Gefahr nicht zu überschreitenden Grenzen hat, lehren die letzten Katastrophen in Prag und Frankreich.

Wenn also die Wucht der Tatsachen zum raschen Übergang zum Stahlskelettbau als der Bauweise, welche den raschesten und ungehemmtesten Baufortgang gewährleistet, geradezu zwingt, so geschieht das sowohl aus finanziellen Gründen wie aus solchen der pflichtmäßigen Sicherheit: Diese ist — wie eine Reihe bemerkenswerter Ausführungen in letzter Zeit zur Genüge bewiesen haben — am größten eben im Stahlbau.

Der zweite Faktor, der Ersparnisse in durchaus absehbarer Zeit verspricht, ist die Möglichkeit eines billigen und reibungslosen Umbaues für den Fall einer veränderten Zweckbestimmung. Beide Faktoren, rasches Bauen und leichte Umbaumög-

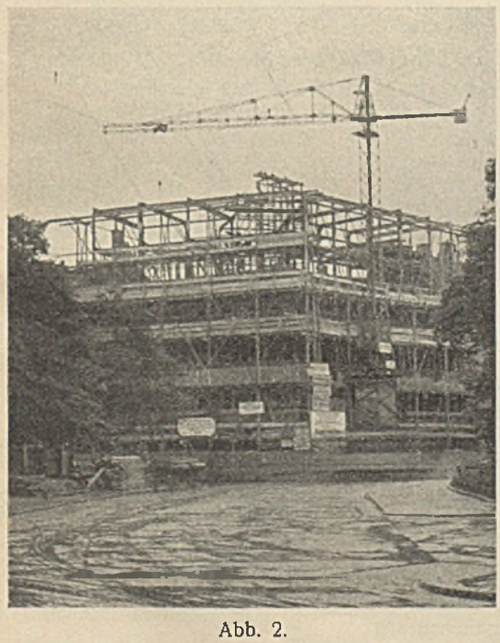

Abb. 2.

Abb. 3.

lichkeit, bedeuten eine wesentliche Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und ein dritter Faktor, mit dem in unserer raschlebigen Zeit immerhin zu rechnen ist, kommt beim Abbruch hinzu. Es ist bei einem Abbruch eine sehr willkommene Beigabe, wenn sich ohne bedeutende Abbruchkosten das Altmaterial in einen immerhin nicht belanglosen Geldbetrag umwandelt, um den sich der Neubau verbilligt. In Städten mit rascher Entwicklung wird die Wichtigkeit gerade dieses Gesichtspunktes in Zukunft voraussichtlich immer schärfer in Erscheinung treten, und es dürfte ohne weiteres einleuchten, daß die vorstehenden Überlegungen bei jedem größeren Neubau angestellt werden müssen.

Die bekannte Baufirma Karl Stöhr in München, welche den Singer-Neubau in der Sonnenstraße in München in Generalunternehmung zur Ausführung brachte, hat sich offenbar — als sie vor der Wahl der Bauweise stand — von ähnlichen Gedanken leiten lassen, denn sie befand sich in der Zwangslage, den Neubau in einer äußerst kurz bemessenen Frist ausführen zu müssen. Die Firma entschied sich für Stahlausführung, obwohl sie sich selbst mit hervorragenden Eisenbetonbauten einen Namen gemacht hat. Der Neubau Singer ist ein bezeichnendes Beispiel dafür, daß die Verteuerung des Baugeldes und die heutige Wirtschaftslage im Bauwesen dazu zwingen, mehr und mehr zur Stahlbauweise überzugehen.

Die gesamte Stahlkonstruktion für den Singer-Neubau mit seinen sieben Obergeschossen hat ein Gesamtgewicht von 180 t, die von der Firma Gebr. Röchling-München geliefert und in fünf Wochen aufgestellt wurden, wobei die Aufstellung eines Stockwerkes nur $4^1/_2$ Tage in Anspruch genommen hat. Der Rohbau einschließlich Dacheindeckung konnte in drei Monaten vollendet und acht Wochen später — am 31. 8. 28 — der fertige Neubau bezogen werden. Der Abbruch des Altbaues wurde in drei Wochen durchgeführt.

Die Ausführung stellt sowohl der Generalunternehmerin als auch der Stahlbaufirma das beste Zeugnis aus und ist eine um so bemerkenswertere Leistung, als der Bau unter denkbar ungünstigen äußeren Verhältnissen durchgeführt werden mußte, unter denen vor allem sehr beengte Platzverhältnisse auf dem Baugrundstück und starke Behinderung durch lebhaften Verkehr an der Straßenkreuzung zu nennen sind (Abb. 1 bis 3). Wertvolle Dienste leistete dabei ein Turm-Drehkran. Alle Vorteile, welche die Stahlskelettbauweise für die Abwicklung eines Baues bietet — Übersichtlichkeit und Kontrollmöglichkeit des Baufortganges, leichtes Anpassen der einzelnen Arbeiten an die Aufstellung der Stahlkonstruktion in den einzelnen Stockwerken, die sinngemäße Übertragung der Fließarbeit auf das Baugewerbe, die Möglichkeit von Akkordfestsetzungen auf genauerer Basis als sonst — wurden restlos ausgenutzt. Die Verkürzung der Bauzeit gegenüber einer Eisenbetonausführung darf mit zwei Monaten in Ansatz gebracht werden, sie ist also gegenüber einem tatsächlichen Zeitaufwand von fünf Monaten sehr beträchtlich und beträgt nahezu 30 %. Die eingesparte Zeit bedeutet bei den Baugeldzinsen immerhin eine Ersparnis von rd. 2 %; noch bedeutsamer wirkt sie sich in den Einnahmen bei dem Unternehmen des Bauherrn — es handelt sich um ein Konfektionshaus — aus, das in den gewonnenen Monaten September und Oktober noch die Fremdensaison ausnutzen konnte.

Planbearbeitung und Bauleitung lagen in den Händen des Architekturbureaus Ludwig Grothe.

Alle Rechte vorbehalten.

Rostschutz und schwerrostende Stähle.[1])

Von Dr.-Ing. **E. H. Schulz**, Direktor des Forschungs-Instituts der Vereinigte Stahlwerke A.-G., Dortmund.

Die hier behandelte Frage ist zweifellos für die Weiterentwicklung des Baustahls von ganz besonderer Bedeutung. Zu begrüßen ist, daß diese Frage auch von der dafür besonders zuständigen Vertretung der Stahlbauindustrie — dem Deutschen Stahlbauverband — auf seiner letzten Hauptversammlung in aller Öffentlichkeit behandelt ist. Wir nehmen gern Veranlassung, sie hiermit auch unsern Lesern zu unterbreiten in der Annahme, daß sie deren allgemeines Interesse finden. Die Schriftleitung.

Es kann nicht unausgesprochen bleiben, daß die Behandlung des Rostschutzes in den letzten Jahren etwas „modern" geworden ist und daß man sich teilweise etwas zu sehr bemüht hat, mit dem Hinweis auf die große Menge des durch Rosten verlorengehenden Eisens, in „idealer" Weise auf die Notwendigkeit einer intensiveren Rostbekämpfung hinzuweisen. Unbestreitbar bedeutet jedoch Rostschutz die Sicherung bestehender und wohl auch die Erschließung neuer Verwendungsgebiete für Stahl und Eisen, ist also sowohl für die stahlerzeugende wie für die stahlverarbeitende Industrie von denkbar größter Wichtigkeit.

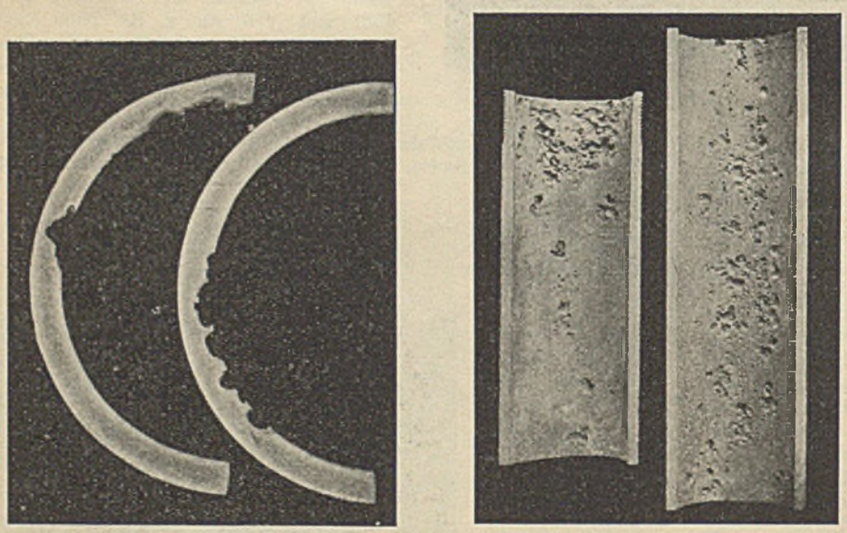

Abb. 1. Lochfraß-Korrosion an Röhren.

Rostschutz verursacht aber selbstverständlich Kosten, und man darf im ganzen wohl sagen, daß er um so teurer wird, je besser er ist. Bezüglich der Verwendung von Stahl im Bauwesen ist jedoch festzustellen, daß diese Kosten jedenfalls durchaus in den Grenzen der Wirtschaftlichkeit gehalten werden können.

Es sei davon abgesehen, hier umfangreiche Darlegungen über den Rostvorgang als solchen und insbesondere über die Theorie des Rostens zu bringen. Nur kurz sei gesagt, daß das Rosten heute allgemein auf elektrolytische Vorgänge zurückgeführt wird, daß für den Rostvorgang die Anwesenheit von Sauerstoff und von Feuchtigkeit, also von Wasser, erforderlich ist, und daß der durch diese beiden Medien ausgelöste Rostvorgang beschleunigt werden kann durch eine Reihe verschiedener Umstände. So werden z. B. Verunreinigungen der Luft oder des Wassers durch aggressive Gase den Rostvorgang beschleunigen. Weiterhin neigen verschiedene Stahlsorten in verschiedenem Maße zum Rosten, wobei einerseits die Reinheit von Beimengungen, insbesondere auch von nichtmetallischen, andererseits die Legierungsart und auch die Verarbeitung eine Rolle spielen. Das gesamte Problem der Korrosion und damit auch — positiv gesprochen — das des Korrosions- und Rostschutzes ist außerordentlich verzweigt. Nach Pollitt kann man die Korrosionsforschung einteilen in drei Hauptgebiete, nämlich:

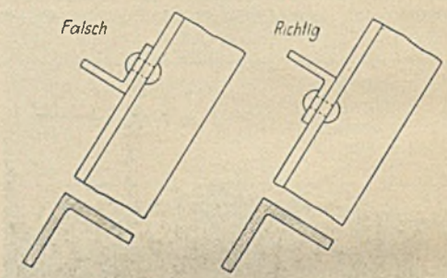

Abb. 2.
Vermeidung von Wasseransammlungen durch richtige Anordnung der Bauteile.

1. Theoretische Erforschung des Korrosionsvorgangs.
2. Die Ursachen der Korrosion.
3. Die Bekämpfung der Korrosion.

Jedes dieser Gebiete, von denen uns hier nur das dritte interessiert, kann weiter unterteilt werden und steht naturgemäß mit den beiden anderen in innigem Zusammenhang.

[1]) Nach dem vom Verfasser auf der 24. Hauptversammlung des Deutschen Stahlbau-Verbandes in Darmstadt am 19. Oktober 1928 gehaltenen Vortrag.

Bei der Betrachtung des Rostschutzes stählerner Bauwerke fällt von den Möglichkeiten der Bekämpfung eine fast vollständig fort, nämlich die Beeinflussung des korrodierenden Mittels, wie sie z. B. bei der Kesselwasser-Behandlung sehr wohl möglich ist. Bei Stahlbauwerken haben wir mit den gegebenen Verhältnissen zu rechnen, d. h. mit dem Sauerstoff und der Feuchtigkeit der Luft, mit Niederschlagwasser und auch mit der Anwesenheit besonderer Verunreinigungen in der Atmosphäre, beispielsweise durch Abgase von Fabriken, durch Verbrennungsgase in Lokomotivschuppen und dergleichen mehr. Wenn hier von einer gewissen Vorbeugung gesprochen werden darf, so kann sich diese nur beziehen auf bauliche Maßnahmen, und in der Tat kann bereits bei der Anlage auf den Rostschutz Rücksicht genommen werden. Es liegt auf der Hand, daß die Korrosionsvorgänge besonders begünstigt werden können durch Ansammlung von Verunreinigungen. Lagern sich beispielsweise auf Eisen kleine Kokspartikel ab, so können diese Anlaß geben zu einem lochfraßartigen Anrosten, wie es die Abb. 1 — wenn auch unter anderen Verhältnissen — erkennen läßt. Die Möglichkeiten für Ablagerung von Staub sollte daher bei Bauwerken soweit als möglich vermieden werden. Abb. 2 zeigt an einem elementaren Konstruktionsteil, wie in der Tat die Zahl der Stellen, an denen Ablagerungen erfolgen können, sich durch geeignete Konstruktion reduzieren läßt.

Eine weitere recht wichtige Möglichkeit der Beschleunigung bezw. Erhöhung der Korrosion liegt im Zusammenbau verschiedener Werkstoffe. Das Rosten und die Korrosion als elektrochemischer Vorgang, also als ein Vorgang, bei dem die Bildung galvanischer Ströme eine Rolle spielt, läßt ohne weiteres verstehen, daß beim Zusammenbau von Stählen mit edleren Metallen eine Beschleunigung der Korrosion des Stahles eintreten muß. Weniger bekannt ist aber die Tatsache, daß sogar der Zusammenbau verschiedener Stahlsorten in dieser Richtung schon nachteilige Wirkungen haben kann. Dies Moment ist in früherer Zeit von geringerer Bedeutung gewesen, als lediglich der St 37 zu Bauwerken verwendet wurde. Heute, wo wir zu hochwertigen Baustählen übergehen und doch gegebenenfalls in einem Bauwerk auch mehrere Stähle nebeneinander verwenden, wird diesem Umstand eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen.

Versuche darüber sind u. a. im Forschungsinstitut der Vereinigte Stahlwerke A.-G. eingeleitet; die lange Dauer, die zur Gewinnung eines brauchbaren Urteils nötig ist, macht es leider unmöglich, heute schon über Ergebnisse zu berichten, es muß das einem späteren Zeitpunkt vorbehalten werden. Um jedoch hier keine unnötigen Befürchtungen aufkommen zu lassen, sei darauf hingewiesen, daß bei guter Ausführung der ja an Stahlbauwerken stets vorhandenen Anstriche diese Gefahr wohl weitgehend unterdrückt werden kann. Wie empfindlich andererseits die Reaktionen sind, geht daraus hervor, daß sogar an ein und demselben Werkstoffstück die Korrosion verschieden sich ausbilden und stellenweise beschleunigt werden kann, wenn durch Kaltreckung einzelner Stellen z. B. Biegen) örtliche Unterschiede ausgebildet werden.

Zur Bekämpfung der Korrosion stehen für Stahlbauwerke zwei Hauptmöglichkeiten zur Verfügung, einmal das Mittel der Schutzüberzüge und zum andern die Beeinflussung des Werkstoffes, des Stahles selbst. Die Schutzüberzüge für Stahl können wieder weitgehend unterteilt werden, als Hauptgruppe sind zu nennen:

a) Metallische Überzüge,
b) Bildung von widerstandsfähigen Eisenverbindungen an der Oberfläche,
c) nichtmetallische Überzüge, insbesondere Anstriche.

Als metallische Überzüge kommen grundsätzlich eine ganze Reihe von Metallen in Frage, die meist eine höhere Witterungsbeständigkeit besitzen als der Stahl. Davon scheidet aber für große Bauwerke die weitaus größte Anzahl wegen des hohen Preises oder der Schwierigkeit der Herstellung aus. Dies gilt zum mindesten zurzeit für Nickel, Chrom, Kobalt, Kupfer, in erheblichem Maße auch wohl noch für Zinn, Cadmium und Aluminium, so daß eigentlich nur Blei und Zink übrig bleiben. In der Tat ist ein weitgehender Schutz von Stahlbauwerken durch Zink- und Bleiüberzüge möglich und auch praktisch zur Ausführung gekommen. Zink als Überzug hat mancherlei Vorteile; besonders bemerkenswert ist, daß es unedler ist als Eisen und daher auch eine gewisse elektrochemische Schutzwirkung ausübt, die allerdings auch nicht überschätzt werden darf.

Bekannt dürfte sein, daß mit Erfolg versucht worden ist, fertige Bauwerke auf dem Wege der Spritzverzinkung mit dem metallischen Überzug zu versehen. Falls diese Bespritzung mehrfach ausgeführt wird, also verschiedene Lagen übereinander aufgebracht werden, lassen sich tatsächlich sehr starke Korrosionsschutzwirkungen erzielen, der Preis für gute Spritzverzinkung soll aber 10 R.-M. und mehr für 1 m² Fläche betragen. Die Feuerverzinkung, die galvanische Verzinkung sowie das Sherardisieren kommen für große Bauwerke wohl kaum in Betracht. Auch Blei kann durch Spritzen aufgebracht werden. In den letzten Jahren hat besondere Aufmerksamkeit gefunden die elektrolytische Verbleiung nach Dr. Schlötter. Die mit genügend starken Bleiüberzügen nach diesem Verfahren versehenen Konstruktionsteile verhielten sich sehr gut. Insbesondere soll die Reichsbahngesellschaft umfassende Korrosionsversuche durchgeführt haben, die dazu führten, daß diese Behörde eine Verbleiungsanlage nach Dr. Schlötter aufstellte, in der bereits nicht unerhebliche Mengen von Brückenbaumaterial verbleit wurden. Auch in Lokomotivschuppen, also unter besonders schwierigen Verhältnissen, wurden verbleite Konstruktionen mit Erfolg angewandt.

Eine ziffernmäßige Feststellung, die der Verfasser Dr. Schlötter verdankt und die von Professor Dr. Arndt ausgeführt wurde, ließ erkennen, daß verbleite Teile in einem Raum, der neben einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt 2,5% schwefelige Säure enthielt — also bei recht scharfen Angriffsverhältnissen — nach sechs Monaten noch keinen Anflug von Rost zeigten. Die Dicke der Bleischicht beträgt bei den von der Eisenbahn verbleiten Teilen 0,2 bis 0,3 mm und man rechnet mit einer Lebensdauer dieser Rostschutzschicht von 30 Jahren. Angaben über die Kosten dieser Verbleiung stehen nicht zur Verfügung. Man wird gewiß damit rechnen müssen, daß diese Verbleiung in der Ausführung teurer ist als ein Anstrich, aber nach den Erwartungen würde die Unterhaltung des Überzuges so wenig Kosten verursachen, daß vielleicht doch ein Vorteil zugunsten des Bleies sich ergeben würde.

Chemische Veränderungen der Oberfläche des Stahls selbst zur Erzielung eines Rostschutzes sind möglich, grundsätzlich einmal durch eine Zufuhr von Stickstoff, also die Ausbildung von Stickstoff-Legierungen an der Oberfläche, die hohen Korrosionswiderstand besitzen. Dieses Verfahren kommt im augenblicklichen Entwicklungszustand für große Bauten nicht in Frage. Weiterhin gibt es Verfahren, künstlich sehr festhaftende Oxyde sowie Phosphate des Eisens an der Oberfläche auszubilden, die auch rostschützend wirken. Teilweise ist aber die Durchführung der Verfahren etwas kompliziert, und ferner gibt es nur wenig derartige Überzüge, die ohne eine ganz ausgezeichnete Wartung (dauernde Fettung oder Ölung) erhöhten Rostangriffen Widerstand leisten.

Von ganz erheblicher Bedeutung für Eisenbauwerke ist dagegen bekanntlich die Benutzung von Farbanstrichen. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, im einzelnen auf die in letzter Zeit außerordentlich stark angewachsene Literatur über Rostschutzfarben einzugehen.[2])

Betont muß aber werden, daß einen maßgebenden Einfluß auf die Güte eines Anstrichs bei Bauwerken außer der Farbe selbst vor allem auch die Herstellung des Anstrichs hat. So ist es außerordentlich wesentlich, daß die Bauteile bei Herstellung des Anstrichs möglichst wenig oder gar keinen Rostanflug haben. Selbstverständlich wird ein Anrosten vor dem Einbau sich nicht immer vermeiden lassen, wenngleich der erste Anstrich — der der Grundfarbe — möglichst frühzeitig vorgenommen werden sollte. Am besten ist es, das Eisen vor dem Aufbringen des Grundanstrichs von Rost zu befreien, und zwar je sorgfältiger desto besser. Die Sandstrahlentrostung ist zwar teurer als die unsichere Entrostung durch Handarbeit, läßt aber bei praktisch durchgeführten Rostversuchen ihre Überlegenheit über die letztere durchaus erkennen. Auch die Art des Aufbringens der Farbe selbst ist von erheblicher Bedeutung, es liegt auf der Hand, daß eine um so bessere Wirkung erzielt wird, je größer die Gleichmäßigkeit des Anstriches ist.

Die folgenden Ausführungen sollen dem Rostschutz durch Beeinflussung des Werkstoffs — d. h. durch ein geeignetes Legieren — gewidmet sein: Der in der Überschrift gewählte Ausdruck „schwerrostende Stähle" ist neu und wurde vorgeschlagen von Herrn Professor Rein; er ist geeignet, der schon teilweise eingetretenen Verwirrung in dieser Frage entgegen zu arbeiten. Aus dem gleichen Bestreben seien zunächst einige grundsätzliche Ausführungen gemacht.

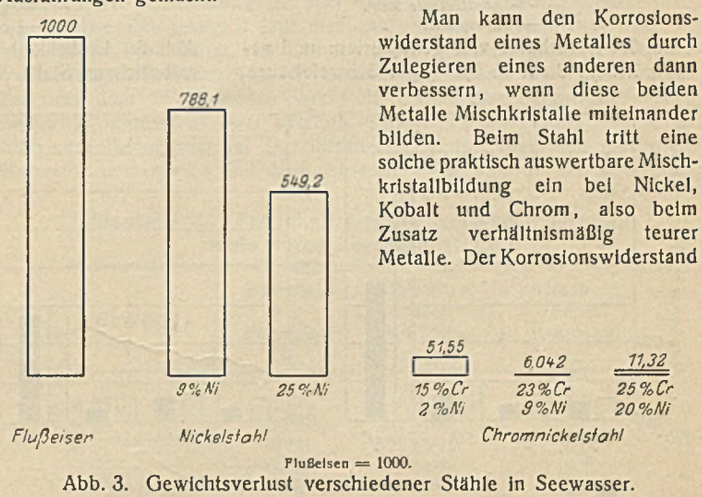

Abb. 3. Gewichtsverlust verschiedener Stähle in Seewasser.

Man kann den Korrosionswiderstand eines Metalles durch Zulegieren eines anderen dann verbessern, wenn diese beiden Metalle Mischkristalle miteinander bilden. Beim Stahl tritt eine solche praktisch auswertbare Mischkristallbildung ein bei Nickel, Kobalt und Chrom, also beim Zusatz verhältnismäßig teurer Metalle. Der Korrosionswiderstand

[2]) Vergl. u. a. „Zeitschriftenschau f. d. gesamte Bauingenieurwesen" unter den Stichworten: Rost u. Rostschutz III r und Anstriche III a.

des Stahls kann durch Zusatz der genannten Metalle erhöht werden, jedoch werden starke Effekte — bis zur völligen Unlöslichkeit in Säuren — nur erzielt, wenn der Chrom- und Nickelgehalt sehr hoch gewählt wird. Bei Zusätzen von mehr als 12% Chrom bis herauf zu 20%, gegebenenfalls unter gleichzeitigem Zusatz von Nickel, erhalten wir in der Tat Stähle, die im Vergleich zum gewöhnlichen Flußeisen in den meisten Säuren sowie in Seewasser praktisch unangreifbar sind, wie das Abb. 3 erkennen läßt. Aus ihr geht aber auch hervor, daß beispielsweise Nickel allein, auch schon in recht hohen Beträgen, also unter sehr hohen Kosten, eine Wirkung nur in schwachem Maße ausübt, eine Wirkung, deren Höhe in keinem Verhältnis steht zum Preise. Andererseits ist die Unangreifbarkeit der hochlegierten Chrom-Nickel-Stähle wieder so stark, wie sie in der Praxis des Stahlbaues kaum ausgenutzt werden kann. Diese hochlegierten Stähle, die man als nichtrostende Stähle, säurebeständige Stähle oder ähnlich bezeichnet, haben sich für Sonderzwecke, z. B. für Apparate in der chemischen Industrie usw., eingeführt, wo es eben auf absolute Unangreifbarkeit ankommt, insbesondere dann, wenn der Säureangriff sehr stark ist oder wenn auch der Übergang geringster Mengen von Metallen in die Lösungen vermieden werden muß. Für Bauzwecke kommen diese Stähle nicht in Betracht.

Dagegen ist eine Erhöhung des Rostwiderstandes bei Baustählen innerhalb gewisser Grenzen auf einem wirtschaftlichen Wege möglich durch den Zusatz geringer Kupfermengen; es handelt sich in den meisten Fällen um einen Zusatz von etwa 0,25 bis 0,30%, neuerdings liegen darüber hinaus auch Steigerungen bis auf 1% vor. Abb. 4 zeigt schematisch nach ausländischen Feststellungen, wie der Gewichtsverlust von Kupfer-Eisen-Legierungen in Säuren durch einen Kupfergehalt bis zu 4,5% beeinflußt wird; es ist von Interesse, festzustellen, daß die höchste Wirkung danach ausgeübt wird durch einen Gehalt von rd. 0,5% und daß bei Steigerung darüber hinaus wieder eine Verschlechterung eintritt, dergestalt, daß bei rd. 2,2% Kupfer wieder die gleiche Angreifbarkeit wie beim kupferfreien Eisen vorliegt. Dieser Einfluß des Kupfers wurde

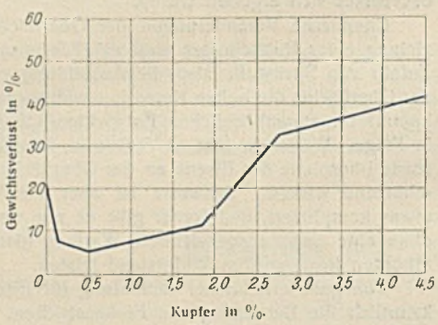

Abb. 4.
Gewichtsverlust von Kupferlegierungen in Schwefelsäure nach Clavenger und Ray.

Zahlentafel 1.
Angriff verschiedener Säuren auf gekupferten Stahl.

Säure	Einwirkungsdauer in Tagen	Gewichtsabnahme von Stahl in % gewöhnlicher	gekupferter	Abnahme von Cu-Stahl gew. Stahl = 100
5,0 %ige Ameisensäure . .	100	56	13	23,2
5,0 %ige Zitronensäure . .	100	43	11	25,6
0,5 %ige Schwefelsäure . .	50	55	20	36,4
5,0 %ige Essigsäure	100	14,5	5,5	38,0
0,5 %ige Salzsäure	50	55	22	40,0
0,5 %ige Zitronensäure . .	100	10	4,5	45,0
5,0 %ige Oxalsäure	100	10,7	5,8	54,2
0,5 %ige Ameisensäure . .	100	12	8,5	70,1

grundsätzlich bereits lange vor dem Kriege in Amerika festgestellt und auch ausgenutzt. Es ist zwar verständlich, wenn man in Deutschland hinsichtlich amerikanischer Mitteilungen über technische Fortschritte skeptisch ist. Im vorliegenden Falle trat aber noch ein verhängnisvoller Umstand ein: Eine Untersuchung, die vor dem Kriege in Deutschland zur Nachprüfung der amerikanischen Behauptung über den wohltätigen Einfluß des kleinen Kupferzusatzes ausgeführt wurde, hatte kein positives Ergebnis, so daß hier naturgemäß sich in Deutschland schwere Hemmungen einstellten. Diese älteren deutschen Versuche waren aber nicht einwandfrei ausgewertet. Die von Amerika immer wieder mitgeteilten Erfolge ließen in der Folgezeit verschiedene Stellen die Angelegenheit doch wieder aufnehmen. In erster Linie waren es wohl die Dortmunder Union und der Phoenix, die heute in der Vereinigte Stahlwerke A.-G. aufgegangen sind, welche sich trotz der Zweifel der Kupferstahlfrage nach dem Kriege erneut annahmen.

Der heutige Stand der Angelegenheit läßt sich nun dahin charakterisieren, daß der gute Einfluß des Kupfers nicht mehr angezweifelt werden kann. Die Abb. 5 bis 7 zeigen zunächst einige Beispiele der Ergebnisse großer Versuchsreihen, bei denen gewöhnlicher und gekupferter Stahl der Einwirkung verschiedener Säuren in schwachen aber verschiedenen Lösungen ausgesetzt wurde. Die Bilder lassen ziemlich deutlich die Tendenz erkennen, daß mit Schwächerwerden der Säuren der Unterschied zwischen gewöhnlichem und gekupfertem Stahl kleiner wird. Die Zahlentafel 1 zeigt dies noch deutlicher. Infolgedessen darf es nicht wundernehmen, daß in reinem Wasser beim Laboratoriumsversuch ein Unterschied zwischen gewöhnlichem und gekupfertem Stahl kaum in Erscheinung tritt. Es sei aber auf Abb. 8 verwiesen, die von Herrn Dr. Heinrich vom Eisen- und Stahlwerk Hoesch zur Verfügung

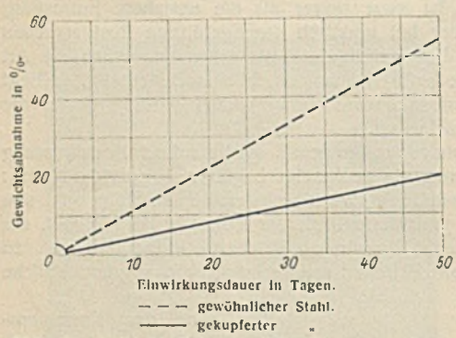

Abb. 5. Löslichkeit von gekupfertem und gewöhnlichem Stahl in 0,5%iger Schwefelsäure.

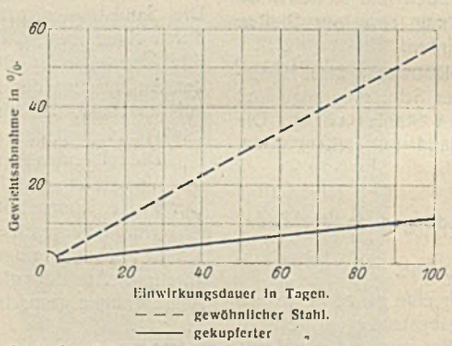

Abb. 6. Löslichkeit von gekupfertem und gewöhnlichem Stahl in 5%iger Ameisensäure.

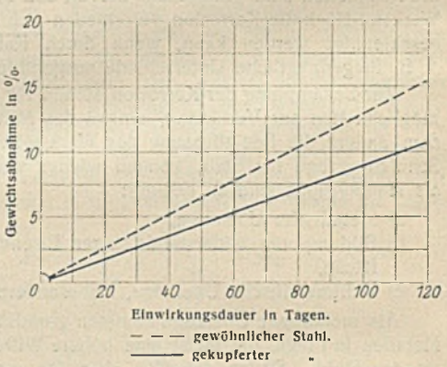

Abb. 7. Löslichkeit von gekupfertem und gewöhnlichem Stahl in 0,5%iger Ameisensäure.

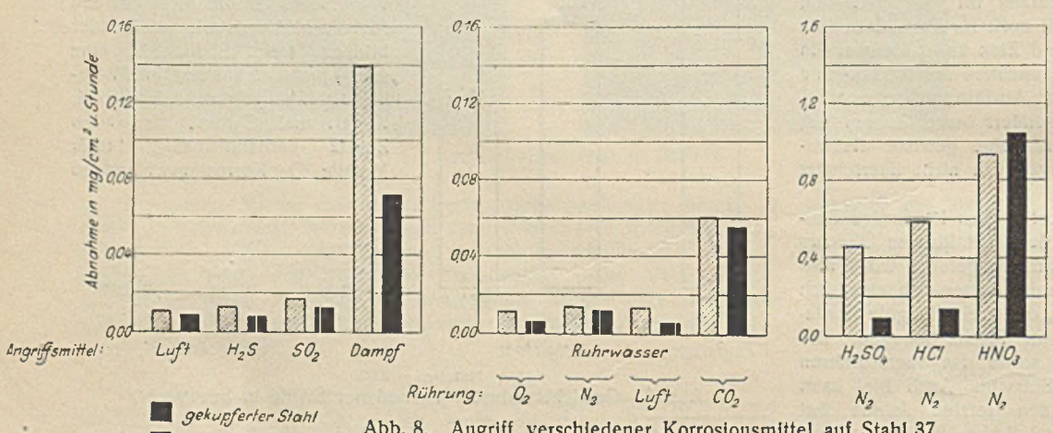

Abb. 8. Angriff verschiedener Korrosionsmittel auf Stahl 37 und gekupferten Stahl (Proben poliert).

gestellt wurde und aus der auch in Wasser eine gewisse Überlegenheit des Kupferstahles sich ergibt.

Nun aber kommt gewissermaßen ein Sprung: Beim Rosten an der Luft, das ja für Stahlbauwerke in erster Linie von Interesse ist, tritt eigenartigerweise die Überlegenheit des gekupferten Stahles wieder in viel ausgeprägterem Maße hervor. Hierüber liegen ebenfalls sehr ausgedehnte amerikanische Untersuchungen vor, von denen zwei kurze auszugsweise Zusammenstellungen in Zahlentafel 2 und Abb. 9 mitgeteilt werden. In Zahlentafel 2 sind die Ergebnisse mitgeteilt, die eine amerikanische Eisenbahngesellschaft dadurch erhielt, daß 200 Eisenbahngüterwagen je zur Hälfte aus gekupfertem und zur andern Hälfte aus gewöhnlichem

Zahlentafel 2. Rostversuche an ungekupferten und gekupferten Eisenbahn-Güterwagenblechen.

Wagenart	Blechart	Blechdicke in mm ursprünglich	Blechdicke in mm nach 6 Jahren gew. Stahl	Blechdicke in mm nach 6 Jahren Cu-Stahl	Gewichtsverlust nach 6 Jahren in % gew. Stahl	Gewichtsverlust nach 6 Jahren in % Cu-Stahl
Offene Wagen	Bodenblech	7,9	6,5	7,3	18	8
„ „	Seitenblech	6,3	5,6	6,0	12	6
„ „	Bodenblech	7,9	5,8	6,85	26	13
„ „	Seitenblech	6,3	5,7	6,0	10	4
Selbstentlader	Trennblech	6,3	4,3	5,6	32	12

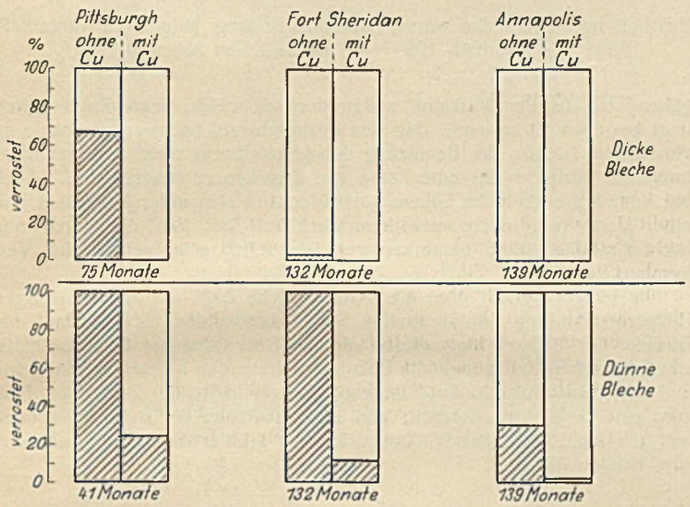

Abb. 9. Stand der Freiluft-Rostungsversuche der A. S. T. M. Bericht vom 25./28. 6. 1928.

Stahl hergestellt wurden. Die Wagen wurden Oktober 1914 in Dienst gestellt und laufend beobachtet. Die Tafel zeigt einen Teil der Ergebnisse. Es geht daraus hervor, daß die starke Abnahme der gekupferten Bleche infolge der Abrostung in allen Fällen erheblich geringer war als die der gewöhnlichen Stahlbleche. Die Gewichtsverluste, die ebenfalls bestimmt wurden, verhalten sich durchschnittlich wie 1 : 2. Diese Ergebnisse, die nach sechs Jahren erhalten wurden, konnten neuerdings, also nach dreizehnjähriger Versuchsdauer, durchaus bestätigt werden. Gewisse Ungleichheiten rühren daher, daß z. T. zur Korrosion noch mechanischer Verschleiß durch die Ladung hinzutrat.

Der Berichterstatter, Dr. J. S. Unger von der Carnegie Steel Co. faßt sein Urteil dahin zusammen: Der Anstrich haftet auf gekupfertem Stahl weit fester als auf ungekupfertem. Allein die Ersparnisse an Wiederanstrichkosten würden bereits die Verwendung von gekupfertem Stahl anstelle des gewöhnlichen rechtfertigen. An Stellen, wo ein mechanischer Verschleiß neben der Korrosion weniger in Frage kommt, betrug der Verlust an Wandstärke bei gekupfertem Stahl nur $^1/_3$ von dem des ungekupferten, bei gleichzeitig starkem Verschleiß betrug er bei gekupfertem Stahl auch nur 60 % desjenigen des ungekupferten. Zusammenfassend kann mit Sicherheit gesagt werden, daß die Lebensdauer des gekupferten Stahles um 33 bis 50 % höher ist als die des gewöhnlichen Stahles.

In Abb. 9 sind weiterhin Ergebnisse dargestellt, die in Amerika auf dem Wege erzielt wurden, daß Bleche aus gekupfertem und ungekupfertem Stahl an verschiedenen Stellen des Landes der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt wurden. Das Kriterium für das Unbrauchbarwerden eines Bleches war die Durchrostung. In der in der Abbildung dargestellten Säule ist jeweils der Anteil durchrosteter Bleche, in Prozent der Gesamtzahl ausgedrückt, schraffiert — die große Überlegenheit des gekupferten Stahles, besonders in der aggressiven Atmosphäre der Industriegegend von Pittsburgh ist wieder deutlich zu erkennen. Abb. 10 endlich teilt Ergebnisse mit, die in Deutschland an Schwellen erzielt wurden, die verschiedenen Kupfergehalt hatten und der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt wurden. Der günstige Einfluß des Kupfers ist auch hier unverkennbar.

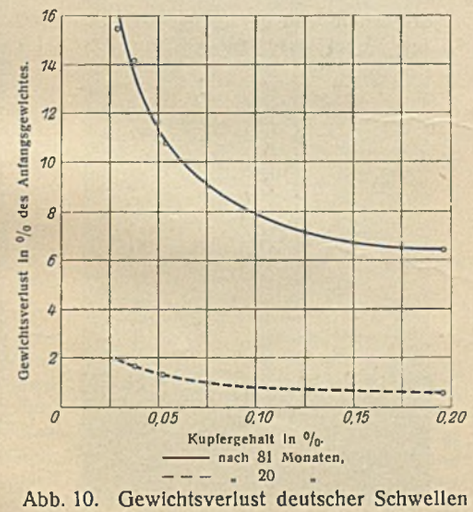

Abb. 10. Gewichtsverlust deutscher Schwellen in Abhängigkeit vom Kupfergehalt.

Ergänzend sei dazu bemerkt, daß die Vereinigte Stahlwerke A. G. ebenfalls sehr ausgedehnte Dauerversuche eingeleitet hat, die bereits jetzt deutlich erkennen lassen, daß sie eine Bestätigung der amerikanischen Feststellungen ergeben werden.

Bei der Wirkung des Kupfers ist noch ganz besonders bemerkenswert, daß sie sich auch in hohem Maße äußert, wenn die Stahlteile mit rostschützenden Überzügen, wie Verzinkung oder Anstrich, versehen sind. Die erwähnten amerikanischen Arbeiten über Waggonbleche lassen dies deutlich erkennen. Man darf vielleicht sagen, daß heute das Maximum des erreichbaren Rostschutzes im Stahlbau erzielt wird durch Verwendung eines gekupferten Stahles mit einem guten Anstrich.

Die amerikanischen Untersuchungen bezogen sich zum großen Teil auf weiche Stähle, ähnlich unserm St 37. Vor etwa drei Jahren erschien es zweckmäßig, auch bei Stählen höherer Festigkeit — insbesondere St 48 — die Wirkung des Kupfers nachzuprüfen. Auch hierbei ergab sich die Überlegenheit des gekupferten Stahles sehr deutlich, zugleich — das sei ausdrücklich festgestellt — konnte nach keiner Richtung eine Schädigung des Stahles festgestellt werden; die Befürchtung, daß durch den Kupferzusatz Rotbruch begünstigt würde, muß als veraltet abgelehnt werden. Untersuchungen über die Wirkung eines Kupferzusatzes beim Siliziumstahl zeitigten das Ergebnis, daß hierdurch sich Stähle ausbilden ließen, die bei gleichen Festigkeitseigenschaften wie gewöhnlicher Siliziumstahl einen Rostwiderstand zeigen, der noch stark über den des gewöhnlichen gekupferten Stahls in Form von St 48 hinausgeht, zum mindesten weisen Kurzversuche in schwachen Säurelösungen darauf hin, wie Abb. 11 dies erkennen läßt.

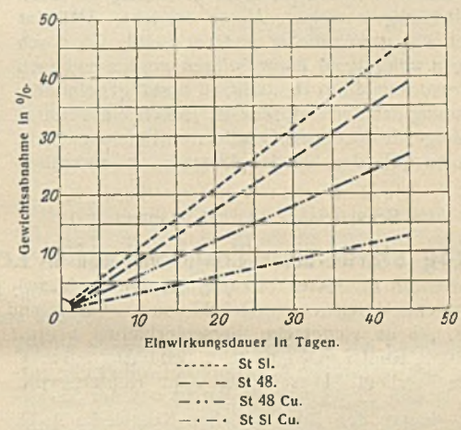

Abb. 11. Gewichtsabnahme verschiedener Baustähle in 1 %iger Salzsäure.

Die aus andern Gründen erfolgten Bemühungen, statt des Siliziumzusatzes andere Zusätze zum Stahl zu wählen, um unter Vermeidung der bei Siliziumstahl auftretenden fabrikatorischen Schwierigkeiten Stähle gleicher Festigkeitseigenschaften auszubilden, führten dann bei der Dortmunder Union zur Entwicklung des Chrom-Kupfer-Stahles, über den an anderer Stelle ausführlich berichtet wurde.[3]) Der hohe Kupfergehalt dieses Stahles machte sich gerade hinsichtlich des Korrosionswiderstandes sehr deutlich bemerkbar, er ist auch noch dem Silizium-Kupfer-Stahl überlegen. Die Zahlentafel 3 läßt dies zahlenmäßig erkennen. Hierbei ist von einem besonderen von Czochralski vorgeschlagenen Korrosions-Prüfverfahren Gebrauch gemacht worden. Bei diesem wird so gearbeitet, daß aus dem zu prüfenden Werkstoff Zerreißstäbe hergestellt werden, und zwar mindestens zwei parallele Serien. Es wird dann jeweils ein Stab nach Herstellung auf Zerreißfestigkeit geprüft, der andere wird der Korrosion unterworfen und dann zerrissen, wobei aber bei der Berechnung

Zahlentafel 3. Festigkeitseinbuße verschiedener Baustähle durch Korrosion (H Cl).

Werkstoff	Bruchlast vor Korrosion kg	Bruchlast nach Korrosion kg	Abnahme durch Korrosion %
St 37	3150	2060	35,0
St 48	3940	3100	21,4
St Si	4000	2950	26,3
St Si-Cu . . .	4200	3400	19,1
Cr-Cu-Stahl .	4040	3430	14,8

[3]) Vergl. E. H. Schulz: Zur Fortentwicklung des hochwertigen Baustahls. „Stahl u. Eisen“ 1928, Heft 26, S. 849 sowie „Der Stahlbau“ 1928, Heft 8.

der Zugfestigkeit der ursprüngliche Durchmesser eingesetzt wird. Die scheinbare Abnahme der Zugfestigkeit ergibt dann einen ziffernmäßigen Anhalt für die Wirkung der Korrosion. Die Zahlen dürften für sich selbst sprechen.

Auch der neue Baustahl der Friedrich-Alfred-Hütte mit einer Streckgrenze von 36 kg/mm², über den Herr Dr. Erlinghagen auf der Wiener Internationalen Tagung für Brücken- und Hochbau berichtete, zeichnet sich durch einen Kupfergehalt aus, der also auch einen hohen Korrosionswiderstand herbeiführen wird.

Eine besondere Art der Ausbildung des Werkstoffes Stahl mit hohem Korrosionswiderstand ist endlich das Armco-Eisen. Die Überlegung, die zur Ausbildung dieses Werkstoffes geführt hat, ist folgende: Bekanntlich ist im Stahl der Kohlenstoff gebunden an einen Teil des Eisens in Form von Eisencarbid und dieses Eisencarbid wiederum liegt vor in Form dünner Plättchen, abwechselnd geschichtet mit reinem Eisen — als Gefügebestandteil Perlit genannt —, der etwa 0,9% Kohlenstoff enthält. In den normalen Baustählen haben wir daher im Feingefüge eine Grundmasse von reinem Eisen mit Inseln von Perlit, derart, daß beispielsweise bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,15% etwa 1/6 der Masse aus Perlit, der Rest aus reinem Eisen besteht. Zwischen diesen beiden Komponenten können elektrolytische Erscheinungen eintreten, die das Rosten beschleunigen. Ähnlich können andere Beimengungen Ungleichmäßigkeiten im Gefüge hervorrufen, die in gleicher Richtung wirken. Durch besondere Führung des Schmelzprozesses wird im Armco-Eisen ein Stahl hergestellt, bei dem, wie Zahlentafel 4 zeigt, die sämtlichen Beimengungen auf ein Mindestmaß herabgesetzt worden sind, derart, daß sie nunmehr in Lösung im Eisen vorliegen, so daß eine vollständig homogene Masse entsteht. Daß das Armco-Eisen weniger rostet als gewöhnlicher weicher Stahl, ist durch amerikanische Untersuchungen weitgehend nachgewiesen worden und auch bereits durch die ersten Untersuchungen in Deutschland bestätigt gefunden. Bei der praktischen Verwendung des Armco-Eisens ist jedoch ein weiteres Moment von Bedeutung: Infolge des geringen Gehaltes an Beimengungen, insbesondere auch an Kohlenstoff, der für das Armco-Eisen ausschlaggebend ist, ist der Werkstoff außerordentlich weich, seine Zugfestigkeit liegt bei etwa 32 kg/mm². Mit den Bestrebungen, hochwertige Stähle zu verwenden, ist also die Benutzung des Armco-Eisens nicht zu vereinigen; immerhin dürfte es für eine Reihe von Zwecken anwendbar sein. Auch bei Armco-Eisen soll der höhere Rostwiderstand sich unter Anstrichen und unter Verzinkung noch auswirken, auch soll bei ihm die Verzinkung leichter möglich sein; bemerkenswert ist endlich seine sehr leichte Verformbarkeit.

Zahlentafel 4. Eigenschaften des Armco-Eisens.

Chemische Zusammensetzung

C %	Si %	Mn %	P %	S %	Summe der Beimengung max %
0,01 ÷ 0,04	0,002 ÷ 0,02	0,01 ÷ 0,04	< 0,01	< 0,04	0,15

Festigkeitseigenschaften

Streckgrenze kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Dehnung δ 10 %	Einschnürung %	Kerbzähigkeit mkg/cm²
15 ÷ 20	30 ÷ 34	32 ÷ 35	68 ÷ 75	6 ÷ 10

Bearbeitung: Kalt oder warm, Warmbearbeitung jedoch nur unterhalb 850° und oberhalb 1050° — nie zwischen 850 und 1050°.

In seinem Bericht über die wirtschaftliche Lage auf der diesjährigen Hauptversammlung des Deutschen Stahlbauverbandes in Darmstadt hat Direktor Dr. Oelert hingewiesen auf die Bedeutung der Gemeinschaftsarbeit zwischen den verwandte Belange vertretenden Kreisen von Industrie und Wirtschaft: Auch in den hier besprochenen Fragen der Rostbekämpfung wird eine Gemeinschaftsarbeit, und zwar zwischen der stahlerzeugenden und der stahlverarbeitenden Industrie, von größter Bedeutung sein und zum Erfolge führen.

Die Formgebung stählerner Tragwerke für Leitungen zur Übertragung elektrischer Energie.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Direktor Dipl.-Ing. **P. Sturzenegger**, Zürich.

(Schluß aus Heft 18.)

Eine ähnliche Leiteranordnung mit Aufnahme der Phasenseile mittels Stützisolatoren auf schlanken fachwerkartigen Auslegern mit vollwandig ausgebildeten Enden zeigt die in Abb. 22 dargestellte Bauart aus der 55-kV-Übertragungsleitung Küblis—Ragaz der Bündnerischen Kraftwerke A.-G. — Ausführung Löhle & Kern A.-G. für Eisenbau Zürich. Der schlanke Mastschaft ist einfachster Konstruktionsart in Anpassung an seine Funktion, besitzt innenliegenden Strebenzug und ist in einem Blockfundament verankert. Die ästhetische Auswirkung dieses Leiterbildes zeigt Abb. 23 in einem von der Mitteldeutschen Stahlwerke A.-G. in Lauchhammer hergestellten Kreuzungsmast an einer Poststraße, wobei zur Erhöhung der Sicherheit der Kreuzung im Kreuzungsfeld die Doppelabspannung der Leiter durchgeführt ist. Um bei großen Leiterabständen die konstruktiv einfachen ⊐⊏-Traversen bei geschlossenem Maste zu erhalten, können nach der in Abb. 24 dargestellten Bauart die beiden längeren unteren Ausleger durch ein Hilfssystem in Sechseckform aufgehängt werden, was allerdings eine ziemlich schwere Kopfausbildung zu dem im übrigen schlanken geschlossenen Mastschaft des Unterteiles ergibt. Die Anordnung der Leiter in umgekehrter Tannenbaumform zeigt Abb. 25 an einer von der Firma C. H. Jucho, Dortmund, gebauten Übertragungsleitung in Irland. Diese Anordnung hat den Vorzug der einfacheren Leitermontage, während anderseits die Verbreiterung der Ausleger gegen die Mastspitze hin einen Material-Mehraufwand für den Mastschaft bedingt. Letzterer ist bemerkenswert durch seine geschlossene Bauart, die wegen der großen Höhe von 46 m zu Breitenabmessungen führte, wo zweckmäßigerweise sonst die aufgelöste Bauart angewandt wird. Dementsprechend sind auch die Eckwinkel in dem unteren Mastteil überaus schwer.

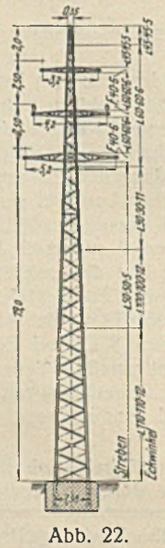

Abb. 22.

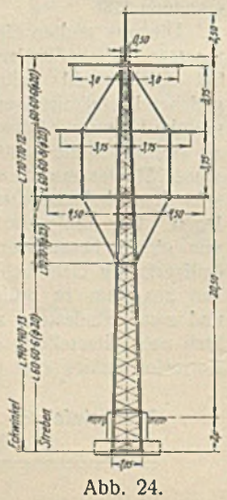

Abb. 24.

Der Vorteil des Leiterbildes in Tannenbaumform, der die senkrechte Versetzung aller drei Leiter ermöglicht, führt von der

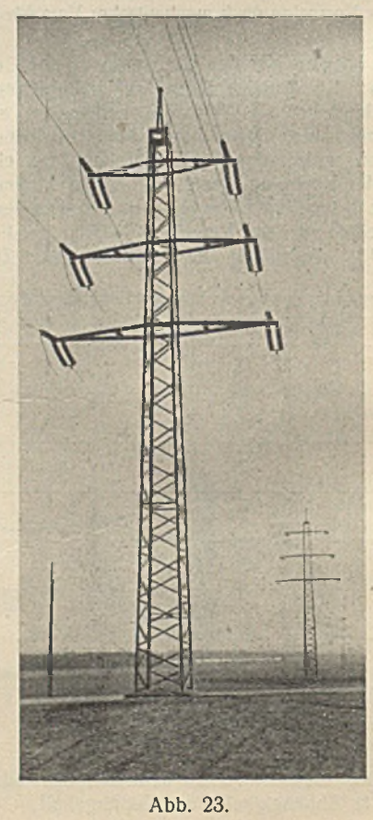

Abb. 23.

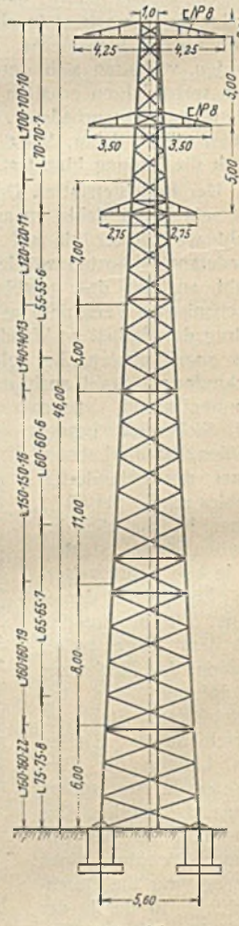

Abb. 25.

oberen über die mittlere auf die untere Traverse zu schrittweiser Verlängerung derselben. Um dies zu vermeiden, wird für das Leiterbild recht häufig die Sechseckform angewandt, wo neben dem oberen auch der untere Ausleger kurz wird und nur die mittlere Traverse wegen senkrechter Versetzung eine größere Länge aufweist. Die Zulässigkeit dieser Anordnung wird damit begründet, daß zwischen oberem und unterem Ausleger trotz Fehlens oder

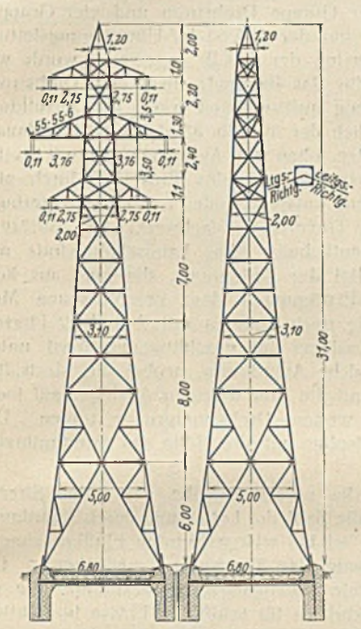

Abb. 26.

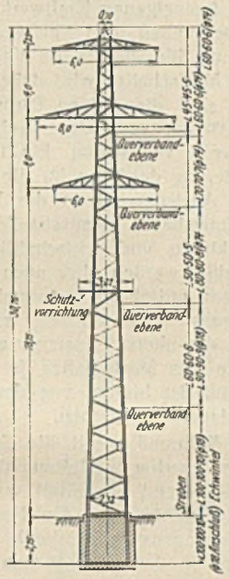

Abb. 27.

Geringhaltens der Versetzung die beiden übereinander liegenden Leiter nicht zu einer unzulässigen Annäherung kommen, da dieser senkrechte Abstand gleich dem doppelten Regelabstand ist. Abb. 26 veranschaulicht ein Tragwerk mit Sechseck-Leiterbild auf Fachwerkauslegern, wie solche bei einer 150-kV-Übertragungsleitung für die Stadt Zürich von der Kraftzentrale Siebnen der Wäggital A.-G. zur Ausführung gelangte. Der Mast

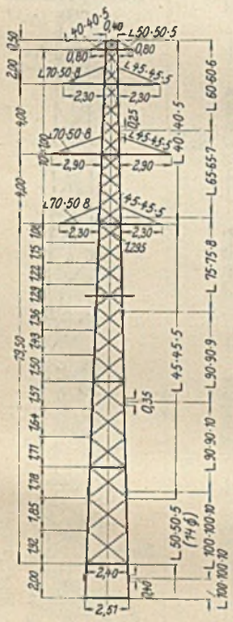

Abb. 28.

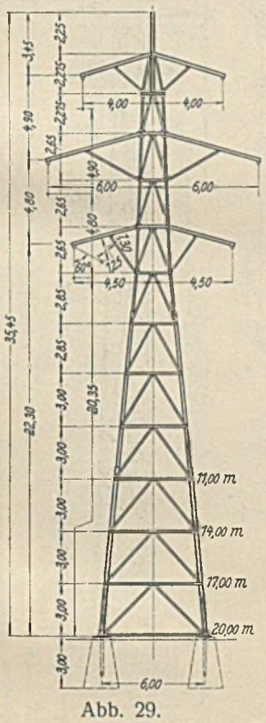

Abb. 29.

dient als Winkelmast der Leitung und trägt auf seiner Spitze das Erdungsseil. Er ist geschlossen ausgebildet und wird erst im untersten Schuß, 6 m über Fundament, mit Rücksicht auf die Gründung auf verbundenen Einzelfundamenten in vier Einzelfüße aufgelöst. Eine gleiche Anordnung der Phasenleiter zeigen die Abb. 27 u. 28 einer 130-kV-Übertragungsleitung der Soc. Elettrica Interregionale Cisalpina Milano. Auf dem obersten vierten Ausleger (Abb. 28) sind zwei Erdungsseile aufgenommen. Der Schaft des in geschlossener Bauart ausgeführten Mastes ist mit kreuzendem Diagonalzug ausgerüstet und trägt auch im Unterteil eine Reihe von Diagonalverbänden gegen Verdrehen des Tragwerkes. An den Anschlußpunkten der Aufhängung der recht einfach ausgebildeten Ausleger erfolgt die Kraftabgabe auf die beiden Strebensysteme des Mastschaftes. Einen Versuch, auch bei weitem Leiterabstand in Sechseckform vollwandige ⊐⊏-Traversen zu verwenden, zeigt Abb. 29, wo die Traversen dachförmig ausgebildet durch Stützstreben in ihrer Ausladung unterstützt werden. Der Mastschaft trägt auf seiner Spitzenverlängerung das Erdungsseil und ist im übrigen in geschlossener Bauart sehr weitmaschig, womit die K-Form des Strebenzuges gegeben ist, die bei breiten Masten durch Verkürzung der Knicklängen günstig wirkt. Trotz geschlossener Bauart sind die vier Füße einzeln fundiert. In der Zahl der getragenen Leiter, dem in Abb. 28 dargestellten

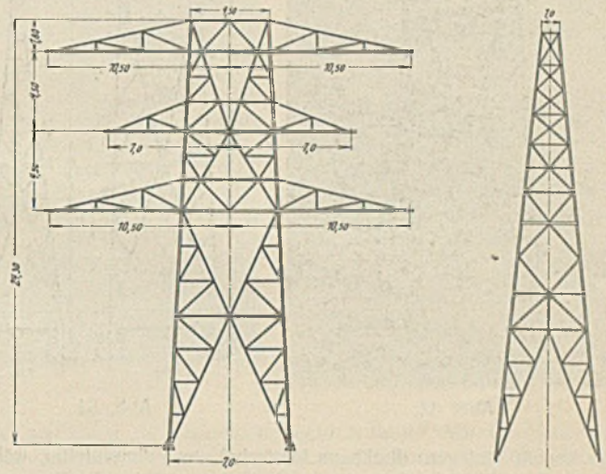

Abb. 30.

Mast gleichend, mit sechs Elektrizitätsleitern und zwei Erdungsseilen, ist das durch B. B. C. in Mannheim erstellte Tragwerk (Abb. 30) einer 100-kV-Übertragungsleitung Deutschlands. Es ermöglicht die Unterbringung der Leiter auf drei Auslegern, wobei der unterste Ausleger beiderseits des Schaftes je zwei Phasenleiter trägt, während der mittlere Ausleger den dritten Elektrizitätsleiter aufnimmt, so daß die oberste weitauslegende Traverse dabei nur noch die Stützung der Erdungsseile zugewiesen erhält. Die Ausleger sind fachwerkartig mit vollwandigem Untergurt aus gespreizten ⊐⊏, die gegen die Auslegerspitze hin zusammenlaufen. Der Mastschaft selbst ist in großmaschigem Strebenzug mit Unterteilung entwickelt. Das Leiterbild zeigt die Form des eingeschnürten Sechseckes und ist mit seiner breiten Formgebung nur bei billiger Durchgangsrecht-Erwerbung möglich.

Bei Anlagen mit derart weitem Leiterbild und damit bedingten großen Auslegern kann die breite Ausführung auf den Unterteil des Mastschaftes

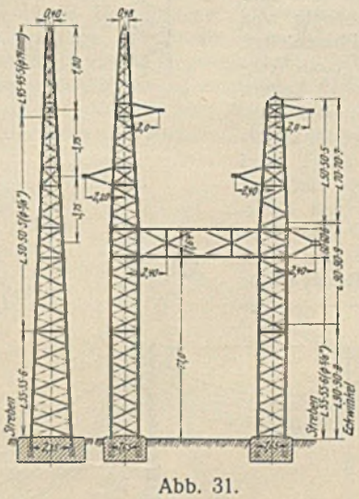

Abb. 31.

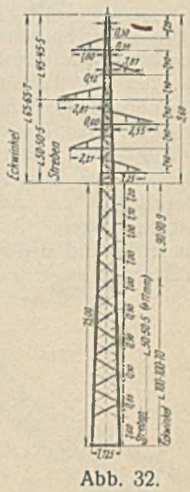

Abb. 32.

beschränkt werden, während der das Leiterbild tragende Mastoberteil in zwei fachwerkartige Türmchen aufgelöst wird. Wie Abb. 33, eine Ausführung der Firma Löhle & Kern, A.-G. für Eisenbau in Zürich, für die große Zahl von zwölf Leitern darstellt, ist dieses System mit entsprechend niedrigerer Turmausbildung naturgemäß auch bei sechs Phasenleitern anwendbar. Es kann aber auch die Auflösung des Tragwerkes in zwei in sich geschlossene Maste vorgesehen werden, welche durch eine Quertraverse rahmenförmig verbunden sind, wie die in Abb. 31 gezeigte Ausführung der

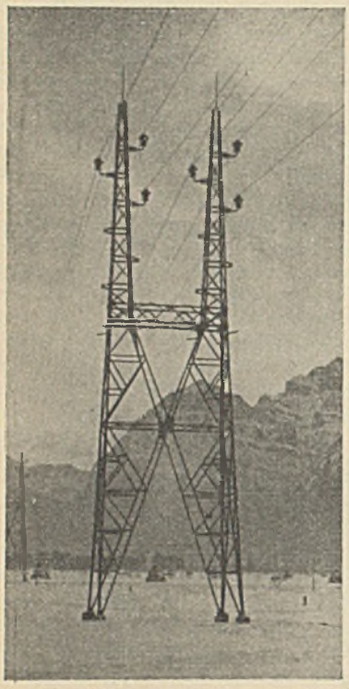

Abb. 33.

gleichen Firma für einen Leitungsabschnitt großer Spannfelder der Bündnerischen Kraftwerke A.-G. veranschaulicht. Dabei trägt der Mast links in der Mastspitze das Erdseil und

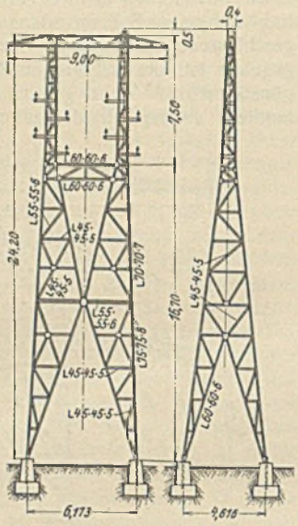

Abb. 34.

mittels kurzen Auslegern direkt am Mastschaft zwei Phasenleiter, während der dritte Leiter dieser Gruppe am Querrahmenträger abgefangen wird. Der Mast rechts trägt in drei Fachwerkauslegern die zweite Stromgruppe und ist in seiner Höhe mangels Erdseilaufnahme niedriger als der linksstehende. Im Unterteil der Fachwerkrahmenwirkung laufen die beiden Masten parallel und gehen erst über dem Querriegel des Rahmens konisch zur Mastspitze zusammen. Der rechte Mast ist dabei mit seiner niedrigeren Höhe durch Abschneiden des linken Mastes geschaffen. Schließlich ist auch eine Anordnung der sechs Leiter in verschobener Tannenbaumform möglich, wie Abb. 32 darstellt. Die Mastspitze trägt bei vorliegender Leitung kein Erdseil, sondern ist nur mit Blitzschutzstange ausgerüstet.

Sofern das Tragwerk mehr als sechs Leiter aufzunehmen hat, wird die Entwicklung des Leiterbildes abhängig von der getragenen Spannung der Phasenleiter. Die schon erwähnte Abb. 33 zeigt ein Tragwerk, das zur Aufnahme von 12 Leitern gleicher Spannungsführung einer 50-kV-Anlage dient. Das Tragwerk zeigt im Unterteil aufgelöste Bauart und trägt zwei Türmchen, die unmittelbar die einfachen Auslegerbügel zur Aufnahme von Stützisolatoren tragen. An Stelle des Blitzschutzseiles wird der Mast mit zwei Blitzschutzstangen ausgerüstet. Die Bauart ist für Spannfelder bis 200 m und getragene Spannung von ungefähr 50 kV anwendbar. Auch die Kupplung zweier Einzelmaste nach Abb. 31 ist möglich unter entsprechender Erhöhung der Turmaufsätze je nach Zahl der aufzunehmenden Leiter. Sind auf einem Tragwerk Leiter verschiedenen Spannungswertes aufzunehmen, so ist die höher gespannte Leitung stets oben am Tragwerk zu verlegen. Abb. 34 zeigt ein solches kombiniertes Leiterbild mit einer Gruppe Drehstrom und vier Gruppen Einphasenwechselstrom, wie es bei der 135/60-kV-Übertragungsleitung des bahneigenen Kraftwerkes Amsteg der S.B.B. angewandt wurde und wobei neben dem Speisestrom für das Bahnnetz noch eine Drehstromleitung für industrielle Verwertung aufzunehmen war. Die Ausbildung des Mastschaftes wird dabei ähnlich der in Abb. 33 dargestellten Bauart, nur sind die beiden Turmaufsätze oben zur Aufnahme der mit weiten Abständen versetzten Drehstromanlage und des Erdseiles durch eine Traverse verbunden. Ein Tragwerk entsprechender Art mit nur geringer Änderung der Form für die obere Traverse und fachwerkartiger Auflösung der Ausleger ist in der Veröffentlichung über Landschaftsschutz und Leitungsbau[1]) veranschaulicht. Bei der Bedeutung, die man aus konstruktiven und wirtschaftlichen Erwägungen dem geschlossenen Mast zumißt, werden aber auch häufig noch Anlagen mit 9 und 12 Phasenleitern mittels der normalen Ausleger im geschlossenen Mast untergebracht. Abb. 35 zeigt eine solche Anordnung, wobei die Mastspitze und der oberste Ausleger eine und die drei weiteren Ausleger auf jeder Seite des Mastschaftes je eine weitere Drehstromgruppe tragen. Das Erdseil ist hierbei von der Mastspitze auf die Höhe des zweituntersten Auslegers verschoben.

Während somit die Tragwerke normaler Höhe der freien Strecke einer Übertragungsleitung durch die Zahl der Leiter und deren Anordnung entscheidend beeinflußt werden, ist bei weitgespannten Flußkreuzungen die Masthöhe für die Formgebung des Tragwerkes maßgebend. Die Kreuzungsweise ist durch die freie Durchgangshöhe bestimmt, wie sie meist in den behördlichen Vorschriften für schiffbare Flüsse hinsichtlich der tiefsten Leiterlage bei größtem Durchhang gegeben ist. Zweck-

[1]) „Der Stahlbau" 1928, Heft 12.

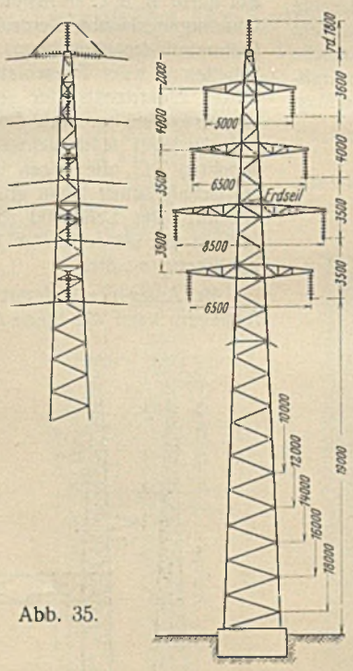

Abb. 35.

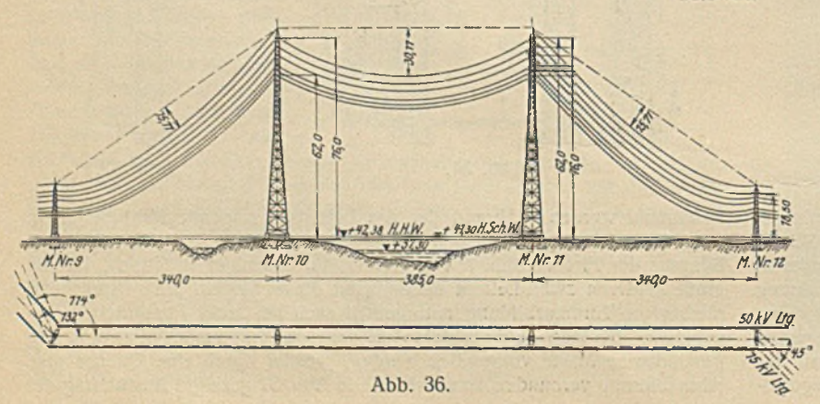

Abb. 36.

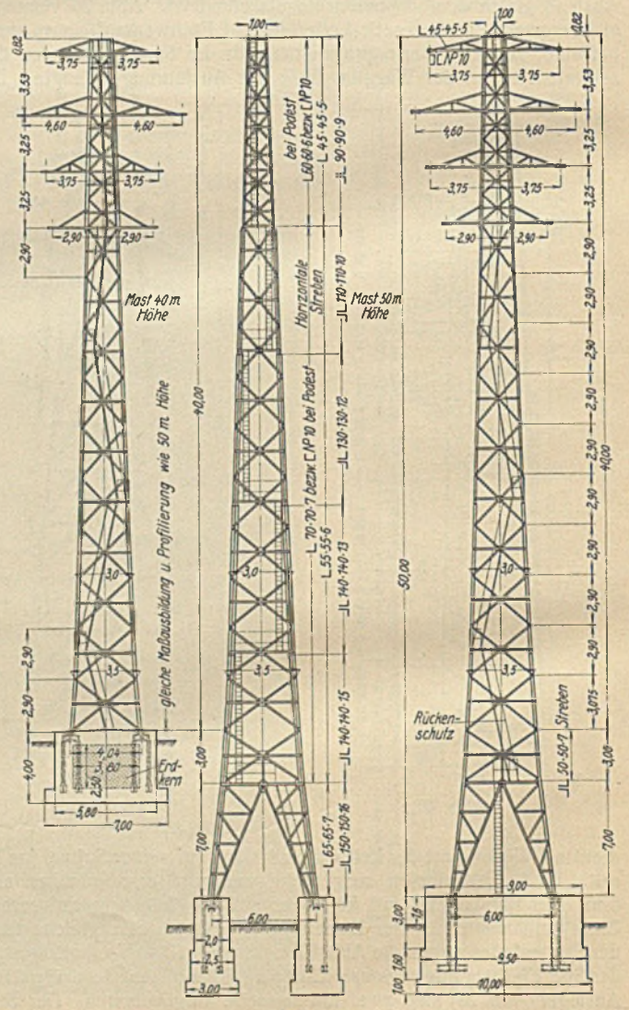

Abb. 37.

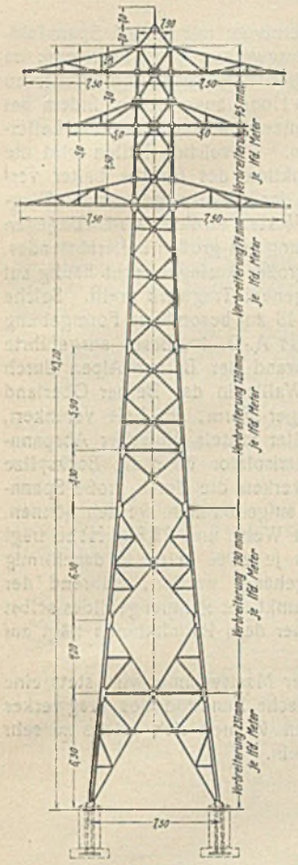

Abb. 38.

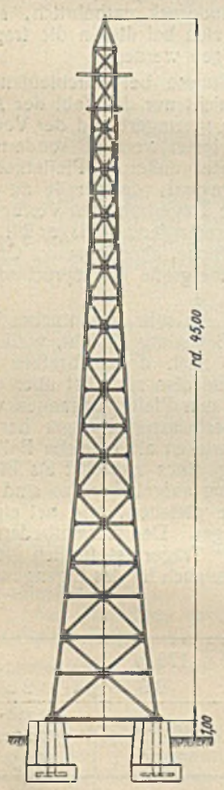

Abb. 40.

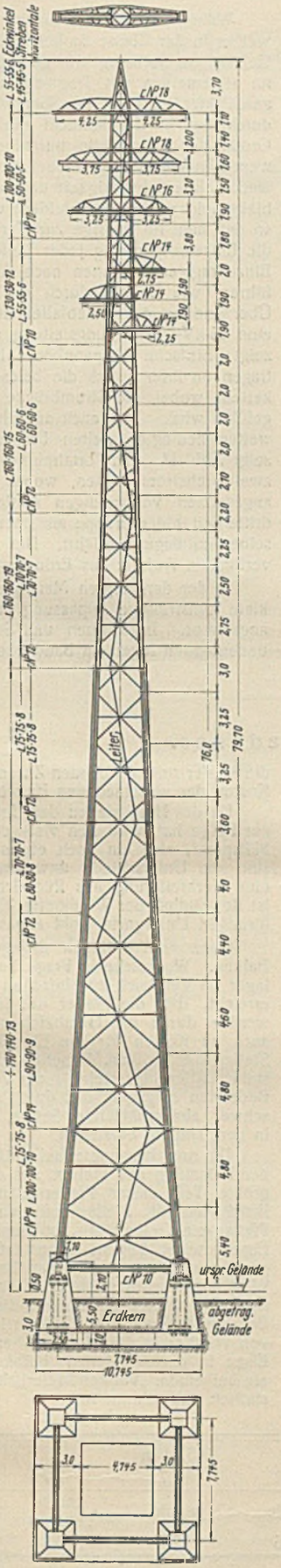

Abb. 39.

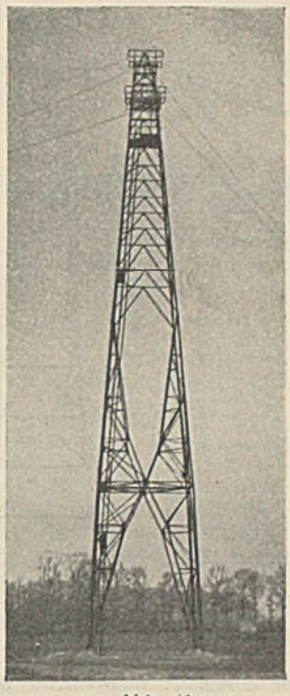

Abb. 41.

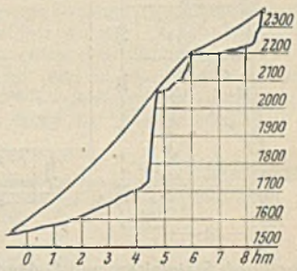

Abb. 42.

Abb. 36 einer Kreuzung der Elbe durch eine 50-kV-Übertragungsleitung. Der Mastschaft mit verschieden ausgebildeter Strebenausfachung wird meist parabelförmig gegen die Basis verbreitert, um zu standsicheren Türmen zu kommen. Abb. 37 u. 38 zeigen solche Turmkonstruktionen, die im Unterteil aus einem dreigelenkbogenartigen Portal bestehen mit folgender rhombenförmiger Ausfachung. Für die Eckstiele dieser Maste wählt man möglichst einfache Winkel und sorgt durch Unterteilung der Strebenausfachung für kleine Knicklängen. Die in Abb. 37 veranschaulichte Ausführung der Firma Wolf Netter & Jacobi, Abt. Eisenbau Schiege, Leipzig, mit zwei Erdungsseilen und zwei Drehstromleitergruppen ist die Saalekreuzung bei Wispitz. Der höhere der beiden Türme von 50 m Höhe ist in seinem Ober- und Mittelstück gleich dem geschlossenen zweiten Mast von nur 40 m und wird im untern Teil durch besondere Portalrahmen auf seine volle Höhe ergänzt. Daß solche Türme zu bedeutenden Eisenbauwerken werden, zeigt die in Abb. 38 dargestellte Rheinkreuzung der Übertragungsleitung Rhina—Villingen mit zwei Drehstromgruppen, ausgeführt durch die Gutehoffnungshütte, Sterkrade. Solche Tragwerke sind reichlich mit Torsionsverbänden auszurüsten, deren Wichtigkeit die bei dem letztgenannten Turm getroffene Anordnung genieteter Verbände zeigt, während sonst alle Verbindungen geschraubt wurden. Bei bedeutenderen Höhen wird die einfache Eckwinkelausbildung nicht mehr möglich, und man muß zu kombinierten Querschnitten übergehen, wie dies in Abb. 39 der von der Firma Friedr. Krupp A.-G. in Essen ausgeführten Elbekreuzung bei Magdeburg durch eine mit neun Stromleitern ausgerüstete 50-kV-Übertragungsleitung mittels 80 m hoher Türme erkenntlich ist. Bei Wahl zusammengesetzter Eckwinkel kann dann die Wandausfachung weitmaschiger gehalten werden. Ein Tragwerk einfachster aber sehr gefälliger Ausführungsform veranschaulicht Abb. 40 in Gestalt einer Oderkreuzung durch eine niedergespannte Leitungsanlage, bei der der Spitzenzug verhältnismäßig gering ist und der Windeinfluß auf das Tragwerk damit entscheidende Bedeutung erhält. Eine bemerkenswerte Lösung zeigt die in Abb. 41 dargestellte durch die Firma Hilgers A.-G. in Rheinbrohl ausgeführte Übertragungsleitung in Holland, bei der das System im unteren Teil als Dreigelenkbogen mit nach oben steigenden Kragarmen anzusprechen ist, auf welchen ein in K-Form ausgefachter Mast-Oberteil aufgesetzt wurde. Solche Türme müssen für die Überwachung der Leiterbefestigung besteigbar gemacht werden, sei es durch einfache Steigeisen

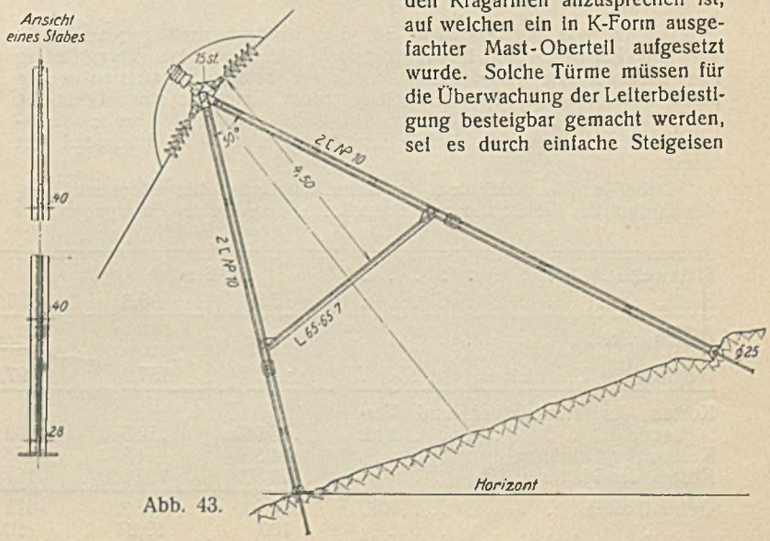

Abb. 43.

mäßigerweise werden solche hohe Flußkreuzungstürme nicht gleich als Abspannpfeiler erstellt, sondern als reine Tragmaste entwickelt, wobei den nächstfolgenden Tragwerken normaler Höhe beider Seiten die Funktion der Abspannung zugewiesen wird. Eine solche Anordnung zeigt

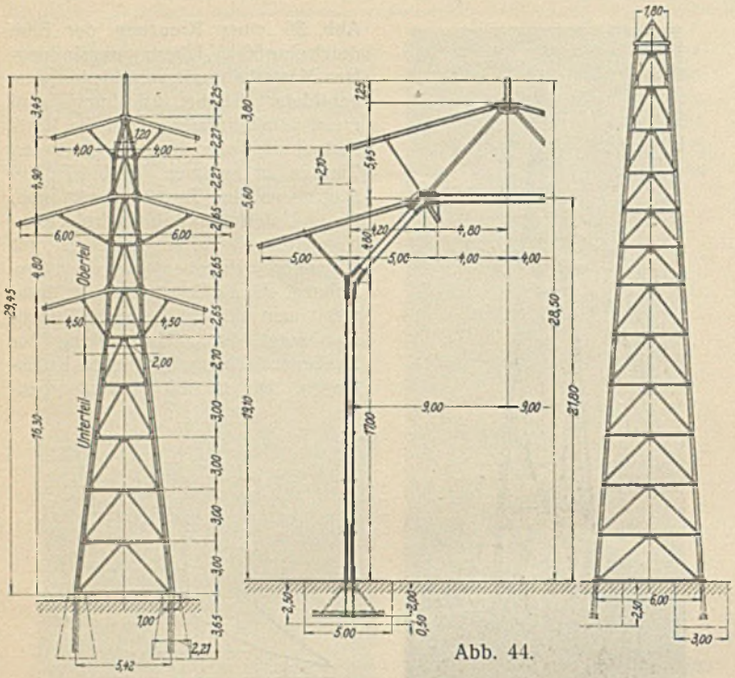

Abb. 44.

oder durch Steigleitern mit Geländern wie in Abb. 39. Im Mastschaft sind Ruhepodeste einzuschalten und die Ausleger mit Laufstegen auszurüsten, um von der Mastschaftspitze zur Leiterbefestigung gelangen zu können.

Während die Überkreuzung von Hindernissen mit großen Spannfeldweiten in der Ebene zu hohen Kreuzungstragwerken führt, kann man im Gebirge zur Stützung von großen Spannweiten über Tobel und Schluchten im allgemeinen mit Tragwerken normaler Höhe auskommen, indem bei geschickter Wahl des die Spannweite begrenzenden Tragwerkes der Leiterdurchhang in die Schlucht einfallen kann. In solchen Fällen wird die Größe der Spannweite nurmehr eine Funktion des für die Leiter verwendeten Werkstoffes, indem die Festigkeit der beiden angrenzenden Tragwerke ohne Schwierigkeit und besondere Kosten erreicht wird. Dagegen bleibt solchen Weitspannfeldern die Bedingung des großen Leiterabstandes, so daß man im Gebirge zur Vermeidung großer Ausleger recht häufig auf die Einzelabspannung jedes Leiters auf eigenem Tragwerk greift. Solche Einzeltragwerke können nach Abb. 42 u. 43 zu besonderer Formgebung führen, wie es die durch die Firma Buss A.-G. in Basel ausgeführte Überwindung des Südabfalles der Gemmiwand der Berner Alpen durch eine 55-kV-Übertragungsleitung aus dem Wallis in das Berner Oberland zeigt: Einfache Abspannböcke in viereckiger Form, im Fels verankert, tragen an ihrer Spitze die beidseitigen Leiter mittels einfacher Abspannketten, wobei die Strombrücke durch Stützisolator über die Bockspitze geführt wird. Wie auch auf Einheitstragwerken die durch große Spannweiten bedingten weiten Leiterabstände, aufgenommen werden können, zeigt Abb. 44. Ein Portalrahmen von 18 m Weite und 21,8 m Höhe trägt zwei Drehstromgruppen, wobei beiderseits je zwei Leiter in dachförmig angesetzten vollwandigen Auslegern aufgehängt werden, während der dritte Leiter der Gruppe am oberen Knickpunkt des Rahmengebildes selbst seine Aufhängung erfährt. Der Aufbau über dem Portalrahmen trägt auf vertikalem Aufsatz das Erdungsseil.

In der dargelegten Mannigfaltigkeit der Mastsysteme wird stets eine klare konstruktive Anpassung an die statische Funktion des Tragwerkes angestrebt. In Türmen und Sondermasten können sich solche zu sehr bedeutenden Ingenieur-Bauwerken entwickeln.

Verschiedenes.

Die Wirtschaftlichkeit der Balkenbrücken mit über den Stützen herabgezogenem Untergurt. Die zurzeit in Rußland gültigen Bestimmungen für den Bau von Brücken sehen vor, daß über schiffbaren Flüssen der Untergurt im allgemeinen nur in den mittleren beiden Dritteln der Stützweite wagerecht liegen soll und an den Enden herabgezogen werden soll, um dadurch an Pfeilermauerwerk zu sparen. Diese Bestimmung führt für einfache Balken auf die Form der Abb. 1, für durchlaufende Balken auf die Form der Abb. 2. Ob bei einfachen Balken eine Ersparnis durch diese Form zu erzielen ist, erscheint zweifelhaft. Zur Klärung dieser Frage hat Prof. Patton in Kiew für eine eingleisige Eisenbahnbrücke eingehende Vergleichsrechnungen angestellt, und zwar wurden Entwürfe mit Stützweiten von 87,6 m, 105,24 und 176 m durchgerechnet mit geradem Untergurt und mit herabgezogenem Untergurt. Bei den beiden größeren

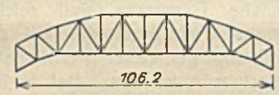

Abb. 1.

Abb. 2.

Stützweiten war mit Rücksicht auf die Standsicherheit gegen Kippen für die Entwürfe mit herabgezogenem Untergurt eine Vergrößerung der Brückenbreite erforderlich. Für diese beiden Stützweiten wurde dann auch die des Entwurfs mit geradem Untergurt sowohl für die an sich erforderliche Breite wie für diese vergrößerte Breite durchgerechnet, so daß acht Vergleichsentwürfe eingehend durchgearbeitet wurden.

Dabei wurde außer dem der lotrechten Lasten besonders sorgfältig der Einfluß der Windkräfte und Bremskräfte untersucht. Es ergaben sich die in der untenstehenden Zusammenstellung angegebenen Gewichte und Kosten der verschiedenen Entwürfe.

Da das Herabziehen des Untergurtes z. T. schwierigere Knotenpunkte zur Folge hat, wird sich vielleicht für diese Form noch ein höherer Einheitspreis, also ein noch etwas höherer Preis ergeben. Auf jeden Fall sind die Unterschiede unwesentlich. Bei zweigleisigen Brücken wird eine Verbreiterung aus Rücksicht auf den Winddruck entbehrlich, auch ist der Einfluß der Windkräfte kleiner, so daß sich bei diesen die trapezförmigen Untergurte wohl etwas günstiger zeigen werden.

Ganz anders liegen dagegen die Verhältnisse bei durchlaufenden Balken. Wo solche in Frage kommen, wird nicht nur die Zahl der Auflager im Vergleich zu einfachen Balkenträgern verringert und der Vorteil erreicht, daß die Pfeiler nur in der Mitte belastet werden, sondern es werden durch das Herabziehen des Untergurtes außer an Pfeilerkosten auch an Kosten für die Eisenkonstruktion gespart, da gerade an den Stellen des größten Momentes auch die größte Trägerhöhe zur Verfügung steht. Allerdings steht ja der Verwendung durchlaufender Träger oft das Bedenken entgegen, daß durch das unvermeidliche, aber in seiner Größe schwer abzuschätzende Setzen der Pfeiler übergroße Beanspruchungen in den Trägern entstehen.

Da nun besonders bei größeren Brücken ein sehr wesentlicher Teil der Belastung des Pfeilers aus der ruhenden Belastung besteht, wird der größte Teil dieser Pfeilersenkungen alsbald nach dem Absetzen der Brücke auf die Pfeiler auftreten. Schaltet man also zunächst über dem Pfeiler ein Gelenk ein, so kann die Brücke den Pfeilersenkungen vom Eigengewicht folgen, ohne daß dadurch Überbeanspruchungen hervorgerufen werden: die beiden Brückenhälften wirken als einfache Balken. Wird dann nachträglich, z. B. durch Vernietung eines zunächst als Blindstab eingesetzten Gurtstabes, die Gelenkwirkung aufgehoben, so sind die Beanspruchungen aus Verkehrslast genau die gleichen, wie bei einem von vornherein durchlaufend hergestellten Träger. Der Gesamtbedarf an Eisen in einem solchen „halbkontinuierlichen" Träger ist freilich größer als bei einem „vollkontinuierlichen" Träger, der auch für das Eigengewicht statisch unbestimmt ist.

Stützweite	87,6 m		105,24 m			176 m		
Breite	5,8	5,8	6,2	7,7	7,7	7,6	9,6	9,6
Untergurtform	gerade	herab-gezogen	gerade	gerade	herab-gezogen	gerade	gerade	herab-gezogen
Gewicht der Hauptträger in t	144,2	157,2	197,6	195	217,5	669,6	645,2	678,2
Kosten der Hauptträger und Verbände Rbl.	146 940	159 570	202 600	199 000	221 350	672 900	650 100	686 400
Kosten der Fahrbahn „	44 860	44 860	58 500	65 100	65 100	117 100	131 400	131 400
Kosten der Pfeiler „	125 800	112 660	151 590	158 420	132 430	233 620	250 060	219 830
Gesamtkosten Rbl.	317 600	317 090	412 690	422 520	418 880	1 023 620	1 031 560	1 037 630
„ %	100	99,84	100	102,38	101,50	100	100,79	101,44

Abb. 3.

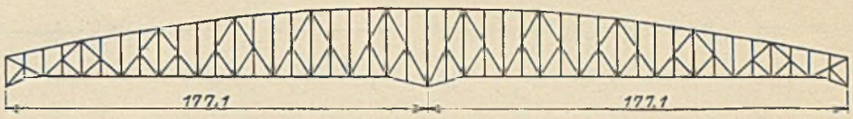

Abb. 4.

Um ein Bild über den Eisenbedarf solcher Brücken zu gewinnen, hat Prof. Patton an der Technischen Hochschule in Kiew als Diplomarbeit durch zwei Studierende, die Herren Gai und Mindjuk, für die Stützweiten von 106,2 m und 177,1 m die theoretischen Gewichte ermitteln lassen

1. für zwei einfache Balkenträger,
2. für durchlaufende Träger mit Montagegelenk,
3. für voll durchlaufende Träger.

Einer Mitteilung von Herrn Prof. Patton und Ing. Gai in den Wissenschaftlich-Technischen Mitteilungen[1]) entnehmen wir mit freundlicher Erlaubnis der Verfasser die folgenden Angaben. Die untersuchten Träger von 106,2 m Stützweite hatten die Formen der Abb. 1 u. 2, die von 177,1 m die der Abb. 3 u. 4. Beides sind zweigleisige Eisenbahnbrücken; die Belastung entsprach der russischen Belastungsvorschrift von 1923 (Abb. 5). Bestimmt wurden die Stabkräfte aller Stäbe aus ruhender Last und Verkehr.

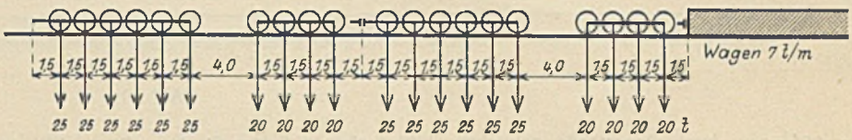

Abb. 5. Der russische Lastenzug von 1923.

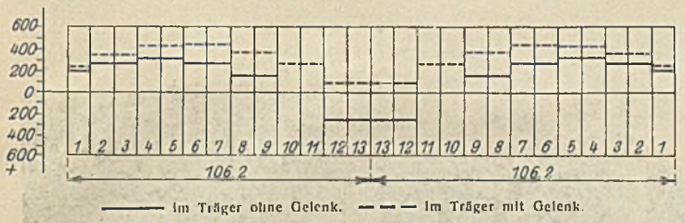

Abb. 6. Obergurtkräfte aus Eigengewicht.

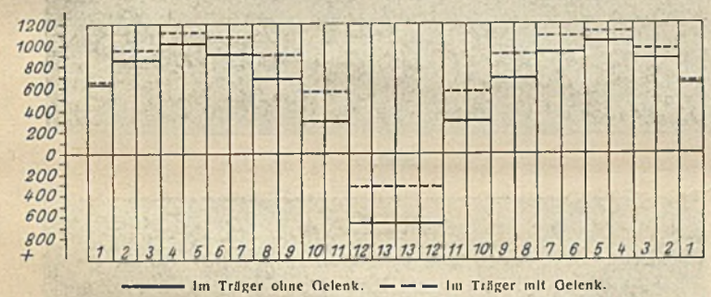

Abb. 7. Obergurtkräfte aus Eigengewicht und Verkehr.

In Abb. 6 sind die Stabkräfte der kleineren Brücke aus Eigengewicht für den Obergurt der durchlaufenden Träger mit und ohne Gelenk, in Abb. 7 die gesamten Obergurtkräfte der beiden Fälle dargestellt. Die folgende Zusammenstellung gibt die ermittelten Gewichte.

Theoretische Gewichte in t

Stützweite	177,1 m			106,2 m		
System	einfache Balkenträger	durchlaufende Träger mit Montagegelenk	durchlaufende Träger ohne Montagegelenk	einfache Balkenträger	durchlaufende Träger mit Montagegelenk	durchlaufende Träger ohne Montagegelenk
	Gewicht in t					
Obergurte	235,3	204,98	170,68	80,2	64,02	56,86
Untergurte	238,7	192,78	164,89	73,5	59,26	54,11
Diagonalen	161,5	221,18	235,82	50,9	76,50	80,93
Vertikalen	80,5	61,52	59,73	28,4	22,92	24,52
Gesamtgewicht in t	716	680,5	631,1	233	222,7	216,4
In % des Gewichtes der einfachen Träger	100	95	88,2	100	95,6	93
Ersparnis gegen die einfachen Träger in %	—	5	11,8	—	4,4	7

Während also in den Gurten die Stabkräfte durch die Einführung des Gelenkes größer werden, werden sie bei den Diagonalen dadurch herabgesetzt. Im ganzen ergibt sich, daß für die kleinere Spannweite der Mehraufwand an Eisen infolge der Einführung von Montagegelenken etwas kleiner ist (7 — 4,4 = 2,6 %) als bei großer Spannweite (11,6 — 5 = 6,8 %). μ.

[1]) Monatsschrift der techn. Sektion d. wissenschaftl. Ges. in Charkow, März 1927.

Geschäftshausneubau der Firma Hermann Wronker in Hanau. An der Ecke Platz der Republik und Sternstraße in Hanau a. M. errichtet die Hermann Wronker A.-G. einen modernen Geschäftshausneubau, dessen Tragkonstruktion als Stahlskelett ausgeführt wurde. Da im Frankfurter Bezirk und in Süddeutschland bei Architekten und Bauherren noch vielfach die Ansicht besteht, daß Geschäfts- und insbesondere Kaufhäuser mit ihrer geringen Aussteifung durch Zwischenwände vorteilhaft nur in Eisenbeton ausgeführt werden können, möge im folgenden kurz auf die Ausführung eingegangen werden:

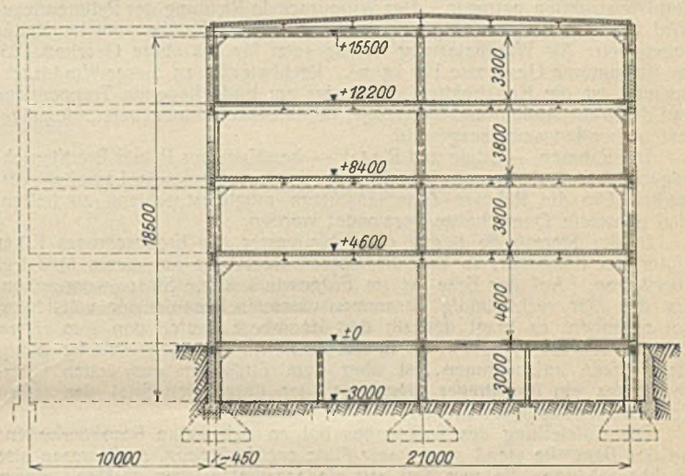

Abb. 1.

Das Gebäude hat bei rd. 36,5 m Länge eine Tiefe von rd. 21,7 m, die später um weitere 10,0 m auf rd. 32,0 m erweitert werden soll. Vorhanden sind Keller-, Erd- und drei Obergeschosse (Abb. 1). Die Decken bestehen aus Bimsbeton zwischen Trägern in etwa 1,0 m Abstand, haben Fußbodenbelag aus Linoleum und unter den Trägern Putz. Das Deckeneigengewicht einschließlich der Deckenträger stellt sich auf 360 kg/m², die Nutzlast ist mit 500 kg/m², die gesamte Dachlast mit 500 kg/m² angenommen einschließlich einer Nutzlast von 125 kg/m². Das Gebäude ist von der Sternstraße bis zum gegenüberliegenden Treppenhaus ohne

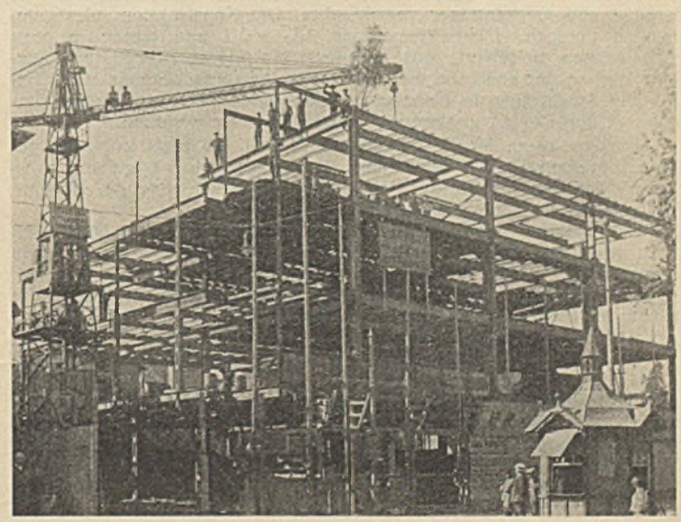

Abb. 2.

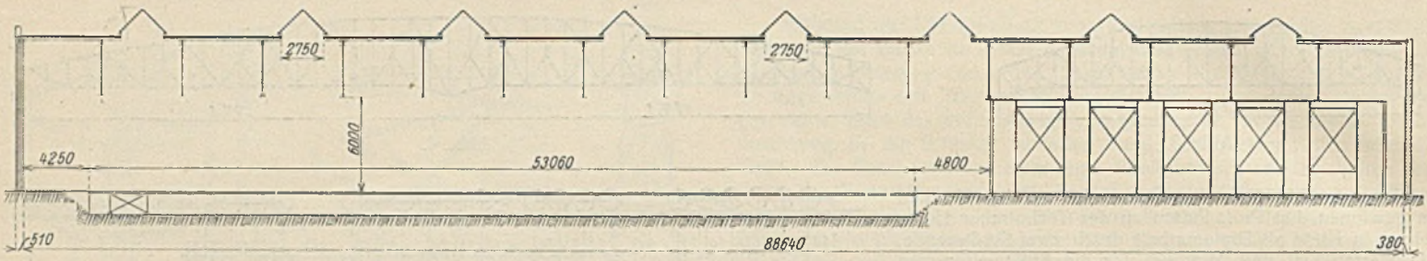

Abb. 1.

Aussteifungen durch Querwände geblieben, bildet also in jedem Stockwerk einen einzigen hohlen Raum mit Mittelstützen.

Das Stahltragwerk geht von Keller bis Dachgeschoß (Abb. 1) und besteht aus übereinandergestellten Zweigelenkrahmen von 21 m Stützweite mit Pendelzwischenstützen. Um an Höhe zu gewinnen, sind im Keller unter den Rahmen drei Zwischenstützen angeordnet. Die Rahmen stehen in Abständen von 8,70 m und sind durch Unterzüge zur Aufnahme der Deckenträger miteinander verbunden. Im Kellergeschoß sind in der Mitte zwischen den Rahmen Unterzüge eingeschaltet, die mit den Rahmenriegeln parallel laufen und auf fünf Stützen aufliegen. Zwischen diesen Unterzügen und den Rahmen liegen die Deckenträger. Das Mauerwerk der Fassaden und auch der Hofwand, die nach Ausführung der geplanten Erweiterung später wieder herausgenommen werden soll, wird von der Stahlkonstruktion getragen. Der Winddruck in Richtung der Rahmenriegel wird von den Rahmen aufgenommen und an die Fundamente im Keller abgegeben: Als Windbelastung ist angesetzt für das obere Geschoß 125, für die unteren Geschosse 100 kg/m². Rechtwinklig zu dieser Winddruckrichtung ist die Konstruktion durch das am Ende liegende Treppenhaus und durch die Außenwand-Unterzüge, die mit den Rahmenstielen biegungsfest verbunden sind, ausgesteift.

Die Rahmen — Stiele und Riegel — bestehen aus Peiner Breitflanschträgern und sind, soweit erforderlich, durch aufgenietete Lamellen verstärkt. Um die Rahmen-Zwischenstützen möglichst schlank zu halten, sind genietete Querschnitte verwendet worden.

In der Sternstraße liegen die Schaufenster des Erdgeschosses 1,0 m hinter der Bauflucht, so daß die oberen Geschosse um dieses Maß frei überstehen. Auf der Ecke ist im Erdgeschoß keine Stütze vorgesehen, um die hier rechtwinklig zusammenstoßenden Schaufenster vollständig frei zu haben, es kragt deshalb dort der obere Bauteil von dem ersten Rahmen aus um 4,0 bezw. 5,0 m frei vor. Um die ansehnliche Belastung dieser Ecke aufzunehmen, ist über dem Fußboden des ersten Obergeschosses ein Blechträger eingebaut, der durch den Stiel des ersten Rahmens hindurchgesteckt ist.

Die Aufstellung des Tragwerkes bot an sich keine Besonderheiten: An der Baustelle stand sehr wenig Platz zur Verfügung, auch waren alte Nachbargebäude, die zum Teil erst niedergelegt werden mußten, einem glatten Durcharbeiten hinderlich. Abb. 2 zeigt die Aufstellungsarbeiten kurz vor Vollendung des letzten Geschosses. Dicht an der Breitseite des Gebäudes läuft eine Straßenbahn, die später verlegt werden soll, deren Betrieb aber noch nicht gestört werden durfte, so daß diese Seite für den Aufbau der Konstruktion nicht in Frage kommen konnte. Die Anfuhr konnte nur durch die verhältnismäßig sehr schmale Sternstraße an der Schmalseite des Baues erfolgen. Rasches Entladen und — da auf der Straße nirgends gelagert werden konnte — auch rasches Hochschaffen war bei den Aufstellungsarbeiten unbedingt notwendig: Es wurde deshalb in der Sternstraße ein Turmdrehkran (Fabrikat Wolff-Heilbronn (aufgestellt, der die ihm zugedachten Entlade- und Förderarbeiten zur größten Zufriedenheit verrichtete und außerdem bei der Aufstellung des vorderen Teiles mit gutem Erfolg herangezogen werden konnte.

Rahmenecken und Stöße wurden abgenietet, die Anschlüsse der Unterzüge und Deckenträger verschraubt. Die Konstruktion wiegt einschließlich Vordach, Lichtreklame usw. rd. 360 t und wurde in etwa 26 Arbeitstagen aufgebaut, was in Anbetracht der sehr beengten Platzverhältnisse an der Baustelle als hochwertige Leistung bezeichnet werden muß. Die Ausführung in Eisenbeton wäre unter den obwaltenden Umständen vermutlich auf unüberwindbare Hindernisse gestoßen.

Außerdem waren für die Ausführung in Stahl die dabei möglichen geringen Abmessungen der einzelnen Bauglieder ausschlaggebend, insbesondere die Querschnitte der Rahmen und Decken-Unterzüge, die eine bedeutend bessere Raumausnutzung ermöglichten.

Die Aufstellung des Gesamtentwurfes und die Bauleitung lag in den Händen von Regierungs-Baumeister Fritz Nathan, Architekt B. D. A., in Frankfurt a. M.

Die Aufstellung des Entwurfes der Stahlkonstruktion sowie die Lieferung und Aufstellung derselben erfolgte durch die Firma Michael Lavis Söhne, Eisenbau, in Offenbach a. M.

Oberingenieur R. Moosbrucker, Offenbach.

Die Straßenbahnwagenhalle in Essen-Schonnebeck. Das in den nebenstehenden Abbildungen dargestellte Bauwerk ist — ebenso wie eine demnächst zu behandelnde Halle gleicher Zweckbestimmung in Bochum — von der Vereinigte Stahlwerke A.-G. in Dortmund für die Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahn A.-G. in Essen im Frühjahr 1925 ausgeführt. Einzelheiten und Abmessungen dieser Ausführung sind allerdings nicht unerheblich von jener verschieden. Die Schonnebecker Halle hat eine Länge von 89 m und eine Breite von 24 m, die überdeckte Fläche beträgt somit insgesamt 2070 m². Abb. 1 zeigt einen Längsschnitt durch die Mitte der neuen Halle, Abb. 2 die neue — an die bestehende angebaute — Halle. Wie aus ihr hervorgeht, sind die Binder als Bogen

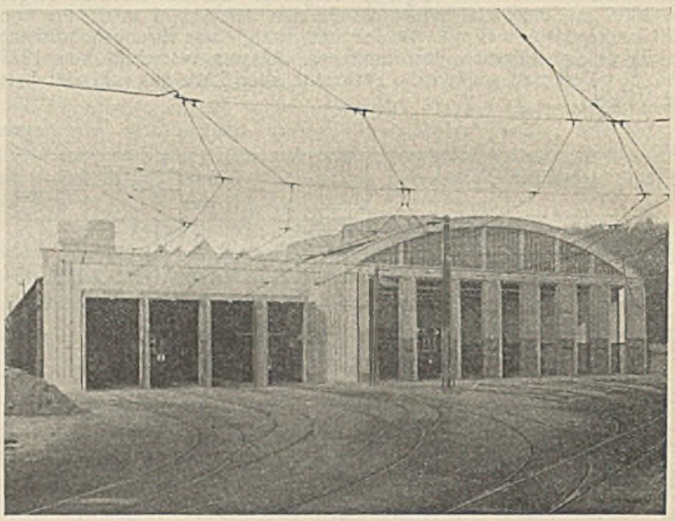

Abb. 2.

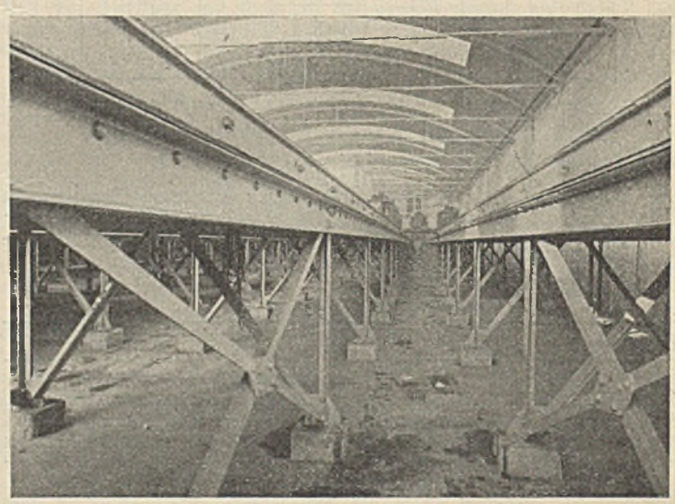

Abb. 3.

mit Zugband ausgebildet (Abb. 3), ihre Stützweite beträgt 23,50 m, der Binderabstand 5,13 m. Die Dacheindeckung besteht wie bei der Bochumer Halle aus Stegzementdielen, für die Belichtung dienen Raupenoberlichter. die in jedem zweiten Feld auf 16 m Länge quer über das Dach laufen, Abb. 3 zeigt die Ausbildung der für die Reinigung und Unterführung der Wagen dienenden Revisionsgruben.

Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion beträgt 138 t.

INHALT: Ein moderner Stahlskelett-Hochbau in München. — Rostschutz und schwerrostende Stähle. — Die Formgebung stählerner Tragwerke für Leitungen zur Übertragung elektrischer Energie (Schluß). — Verschiedenes: Wirtschaftlichkeit der Balkenbrücken mit über den Stützen herabgezogenem Untergurt. — Geschäftshausneubau der Firma Hermann Wronker in Hanau. — Straßenbahnwagenhalle in Essen-Schonnebeck.

Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W 8.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.

Ende des Jahrgangs 1928.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA Biblioteka Główna