St. Alban-Brücke über den Rhein in Basel

Autor(en): **Oberholzer, O.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75 (1957)**

Heft 34

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-63407

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

c) Regelablauf

In vielen Fällen werden genauere Angaben über den Regelablauf verlangt, da häufig nur auf dieser Grundlage Vorteile und Nachteile von Reglern bei ihrer Verwendung mit einer bestimmten Regelstrecke richtig beurteilt werden können. Die Berechnung des Regelablaufes ist im allgemeinen für sinusförmige Aenderung der Störgrössen oder Störungen in Form des Einheitsstosses verhältnismässig gut möglich. Für beliebige Störfunktionen ist man dagegen praktisch meist auf Differenzenrechnungen angewiesen oder man kann ein Analogie-Gerät verwenden. Tabelle 1 gibt zusammenfassend einen Ueberblick über die verschiedenen wichtigsten Berechnungsmethoden und soll sozusagen als Sprungbrett dienen für weitere Arbeiten über die Anwendung der Laplace-Transformation und der Frequenzgangmethoden, die für den Ingenieur praktische Hilfsmittel zur Lösung komplizierterer Probleme darstellen.

Eine sehr praktische Methode zur Bestimmung des Frequenzganges eines Systems besteht in der in Tabelle 1 unter 1. angeführten Ermittlung der Gangkurven aus den Teilfrequenzgängen. Sehr oft besteht das Uebertragungsverhalten der einzelnen Regelkreisglieder aus Funktionen, deren Formeln für den Frequenzgang der Fachliteratur ohne weiteres entnommen werden können. Für ein bestimmtes ω lassen sich die Phasenwinkel und die absoluten Beträge der einzelnen Vektoren berechnen, möglicherweise bestehen sogar Nomogramme, aus denen diese Werte für ein bestimmtes ω direkt abgelesen werden können. Die Multiplikation oder Addition der einzelnen Vektoren geschieht in einfacher Weise nach den Regeln der Vektorrechnung.

Oft kann auch entsprechend Zeile 2. ein partikuläres Integral der Differentialgleichung eines aufgeschnittenen Regelkreises für eine harmonische Störfunktion gefunden werden, das heisst mit anderen Worten wiederum der Frequenzgang. Für kompliziertere Regelstrecken wie zum Beispiel durchströmte lange Rohrsysteme, bei denen nach dem Frequenzgang der Austrittstemperatur des Mediums in Funktion der Eintrittstemperatur gefragt wird, führt diese Methode in Form einer partikulären Lösung einer partiellen Differentialgleichung zum Ziel.

In sehr komplizierten Fällen leistet die Laplace-Transformation zur Ermittlung des Frequenzganges vorzügliche Dienste. Die Differentialgleichung einschliesslich Rand- und Anfangsbedingung, die letztere in Form einer konstanten Störfunktion, werden in der Zeit t nach Laplace transformiert, was im allgemeinen ohne grössere Schwierigkeiten möglich ist. Die Lösung der Gleichung in der Bildebene der Transformation in t kann nun direkt erfolgen oder durch eine weitere L-Transformation in der zweiten unabhängigen Variablen und anschliessende Rücktransformation.

Multiplikation dieser Lösung mit $i\,\omega$ ergibt den Frequenzgang, welcher somit auch in denjenigen Fällen gefunden werden kann, für die zum Beispiel die Bestimmung eines partikulären Integrals für harmonische Störung ohne Anwendung der L-Transformation nicht ohne grosse Schwierigkeiten möglich ist. Ein Anwendungsbeispiel dieser Art aus dem Gebiet des Maschinenbaues stellt der Wärmeaustauscher im Gegen- oder Gleichstrom dar, bei dem nach den Temperaturschwankungen eines Mediums am Austritt in Funktion der Schwankungen des anderen Mediums am Eintritt gefragt wird.

Die *Uebergangsfunktion* eines Gliedes bzw. einer Reihe von Gliedern lässt sich in einfacheren Fällen direkt durch die Lösung der Differentialgleichung für eine Konstante als Störfunktion finden. In komplizierteren Fällen kann diese Lösung durch Anwendung der L-Transformation erleichtert werden, wobei sich zum Beispiel die Rücktransformation aus dem Bildraum durch graphisch-numerische Methoden bewerkstelligen lässt. Da die Lösung der Differentialgleichung für konstante Störfunktion in der Zeit t nach Laplace transformiert und mit $i\,\omega$ multipliziert den Frequenzgang ergibt, können diese graphisch-numerischen Verfahren zur Lösung des L-Umkehrintegrals auch verwendet werden zur Bestimmung der Uebergangsfunktion aus einem bekannten Frequenzgang.

Die *Stabilität* eines Systems lässt sich anhand der Differentialgleichung des aufgeschnittenen Regelkreises ermitteln, entsprechend Zeile 6. der Tabelle 1. Es existieren verschiedene Kriterien, die anhand der Koeffizienten der Differentialgleichung oder der Wurzeln der charakteristischen Gleichung den Stabilitätsentscheid zu fällen erlauben. Bei Gleichungen höherer Ordnung führen diese Verfahren jedoch auf unübersichtliche numerische Rechnungen. Der Stabilitätsentscheid anhand der Gangkurve des aufgeschnittenen Regelkreises ist oft einfacher und führt insbesondere auch zum Ziel, wenn von einem Glied des Regelkreises nur die Frequenzkurve, nicht aber die Differentialgleichung vorliegt.

Der *Regelablauf* interessiert natürlich besonders für diejenigen Störfunktionen, die in der Praxis an einer bestimmten Regulierung zu erwarten sind. Es kann sich dabei um ein Lastprogramm handeln, welches durch eine Dampfturbine mit angehängtem Dampferzeuger durch dessen Feuerregulierung ausgefahren werden muss, oder ähnliches. Solche Untersuchungen sind im allgemeinen in der Praxis auf Analogieversuche oder Berechnungen mittels Differenzenrechnung oder der Methode der Zeitserien angewiesen.

Oft genügt aber auch die Kenntnis des Regelablaufes für einen Einheitsstoss zur Zeit $t = 0$ als Störgrösse. Es handelt sich dabei also um die Bestimmung der Uebergangsfunktion für den geschlossenen Regelkreis; die Methoden sind somit analog wie bei Zeile 4. und 5. Sie bestehen in der Lösung der Differentialgleichung oder in der Bestimmung der Uebergangsfunktion aus dem resultierenden Frequenzgang durch Anwendung der Laplace-Transformation.

Es ist nicht so, dass die Anwendung dieser Methoden nur mathematisch besonders begabten Ingenieuren vorbehalten bleibt. Mit den gegenwärtig vorhandenen Hilfsmitteln bieten solche Untersuchungen im allgemeinen keine besonderen Schwierigkeiten mehr. Das Problem ist beinahe gelöst, wenn der Schritt vom Regelschema zum Blockschaltbild gemacht ist. Hier liegt auch die Hauptschwierigkeit, wenn das Uebertragungsverhalten komplizierterer Regelstrecken durch die linearisierte Theorie erfasst werden muss. Dieser Schritt wird für Spezialfälle dem mathematisch gut versierten Ingenieur vorbehalten bleiben.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. *J. Kägi* bei Gebr. Sulzer AG., Winterthur

Die St. Alban-Brücke über den Rhein in Basel

Schluss von S. 520 DK 624.65

Dipl. Ing. **O. Oberholzer**, Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt

d) *Die Nietkontrolle* war der Sektion für Brückenbau der Kreisdirektion II der SBB übertragen. Im ganzen wurden 62 380 Nieten, davon 31 100 in den Werkstätten und 31 280 auf der Baustelle kontrolliert. In den Werkstätten wurden die Nieten teils mit pneumatischen Pressen, teils mit pneumatischen Hämmern, auf der Baustelle ausschliesslich mit den letztern geschlagen. Beim ersten Hauptträgerstück mit 1332 Werkstattnieten mussten 17 bis 438, d. h. 1,28 bis 32,9 % ersetzt werden. Vom zweiten Stück an waren jedoch nur noch 0 bis 9,3 %, im Mittel 2,2 % zu beanstanden und neu zu schlagen. Auf der Montage konnten nur noch 332 =1,06 % lose Nieten festgestellt werden. Die anfänglich verhältnismässig häufig auftretenden Fehlnieten waren zum einen Teil auf die mangelnde Uebung der Nieter, zum andern Teil auf ungeeignete Werkzeuge zurückzuführen.

e) Schweissnahtkontrolle

Dieser war im Hinblick auf die grosse Totallänge der Schweissnähte und die Verwendung von St. 52 als Konstruktionsmaterial sehr grosses Gewicht beizumessen. Die gesamte Schweissnahtkontrolle, sowohl von Auge als auch mit Ultraschall-, Röntgen- und Gammastrahlen war den Organen des Schweiz. Acetylenvereins (heute Schweiz. Verein für Schweisstechnik) mit Sitz in Basel übertragen. Dessen Direktor, Dr.

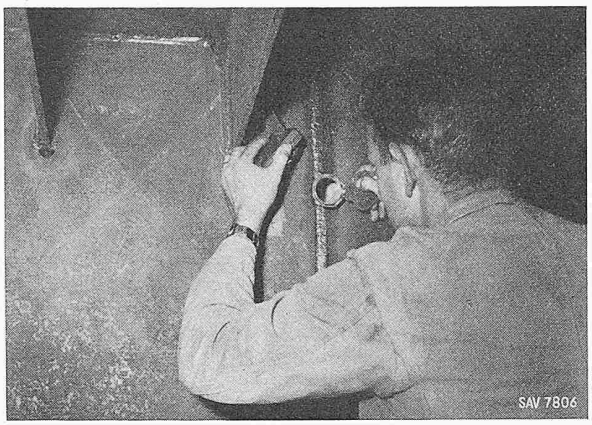


Bild 42. Schweissnahtkontrolle von Auge mit der Lupe

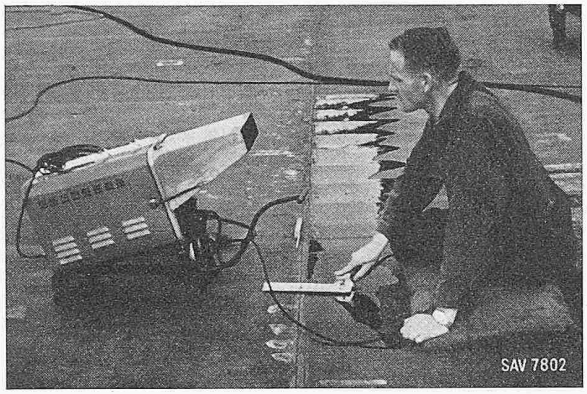


Bild 43. Ultraschallgerät; Schallen einer Deckblech-Quernaht

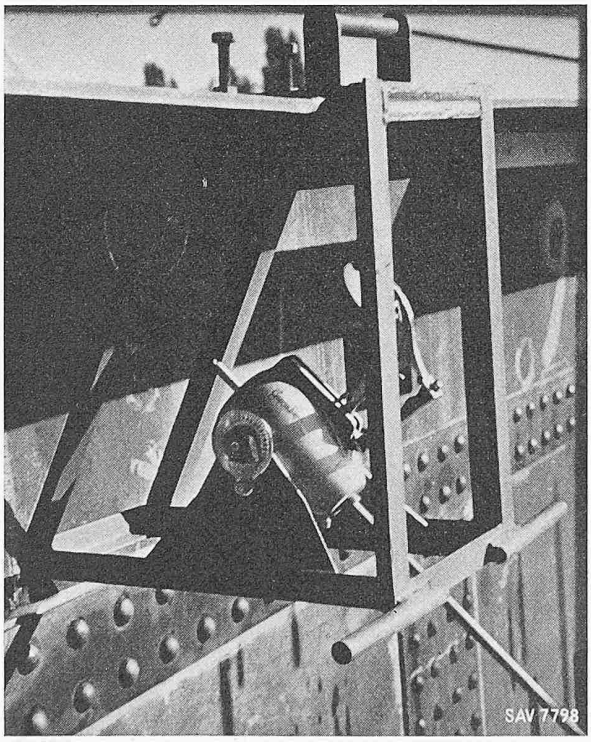


Bild 45. Aufnahmebehälter für eine Gammagraphie-Aufnahme der K-Naht auf Montage, mit Haltevorrichtung (Bilder 42, 43 und 45 Aufnahmen SAV)

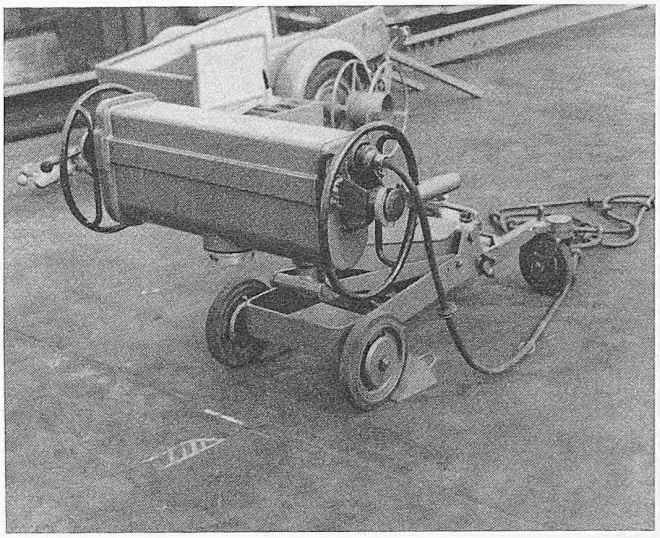


Bild 44. Die transportable Röntgenanlage «Eresco 175 kV» der Firma Seifert beim Röntgen einer Deckblech-Quernaht

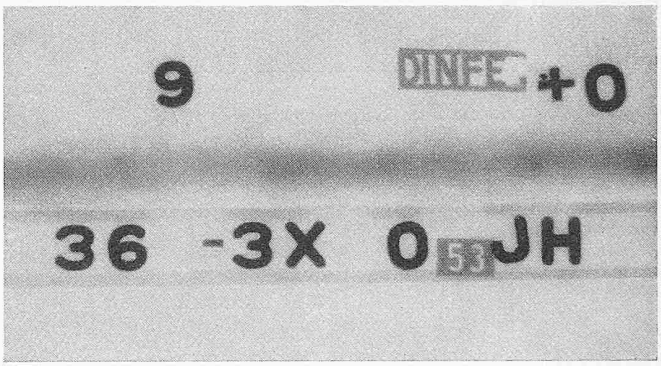


Bild 46. Röntgenaufnahme einer fehlerfreien Schweissnaht: Deckblechstoss quer (auf Cu-Schienen geschweisst, Nahtunterseite blecheben geschmirgelt)

C. G. Keel, stand der Bauleitung zur Beratung in besonderen Fragen zur Seite.

Den Schweissarbeiten am Objekt gingen die Prüfungen der Schweisser voraus. Es waren drei Schweisserkategorien aufgestellt: Kategorie A für alle Schweissarbeiten, einschl. Ueberkopfschweissungen; Kategorie B für horizontale und vertikale Schweissungen; Kategorie C für automatische Schweissung mit Elin-Hafergut-Schweissverfahren, das für die 24 450 m in den Werkstätten gezogenen Kehlnähte für den Anschluss der Längsrippen am Deckblech Verwendung fand.

Die Prüfungen umfassten: Bei der *Kategorie A:* Je eine horizontal und vertikal geschweisste Grundprüfungsplatte nach VSM 14 061, Ueberkopfschweissung, *K*-Nahtschweissung. Bei der *Kategorie B:* Beide Grundprüfungsplatten nach VSM 14 061, *K*-Nahtschweissung. Bei der *Kategorie C*: Die Prüfung wurde durch eine spezielle Instruktion ersetzt.

17 Schweisser bestanden die Prüfung A, zehn die Prüfung B; drei Schweisser bestanden die Prüfungen nicht, und ein Schweisser wurde wegen anderweitiger Verwendung während der Prüfung zurückgezogen. Den Schweissern mit bestandener Prüfung wurde ein Stempel mit ihrem Schweisszeichen ausgehändigt, mit welchem sie die von ihnen gezogenen Schweissnähte zu bezeichnen hatten.

Für die Anwendungen der verschiedenen Prüfverfahren auf die einzelnen Nahtarten wurde von der Prüfstelle zu-

Tabelle 7. Zeitaufwand für Kontrollarbeiten

	Stunden	*Eff. Nahtlänge*	*Relativwerte*			
	h	*m*	*h/m*	*m/h*	*h/Film*	*h/m Film*
Prüfung von Auge	500					
Prüfung mit Ultraschall: K-Nähte in den Werkstätten	150	489	0,307	3,26		
Deckblechquernähte auf Montage	131,5	820	0,160	6,23		
Prüfung mit Röntgen- und Gammastrahlen	2875	821,2*)			0,91	3,50

*) Durchstrahlungslänge. Verwendet wurden 3164 Filme.

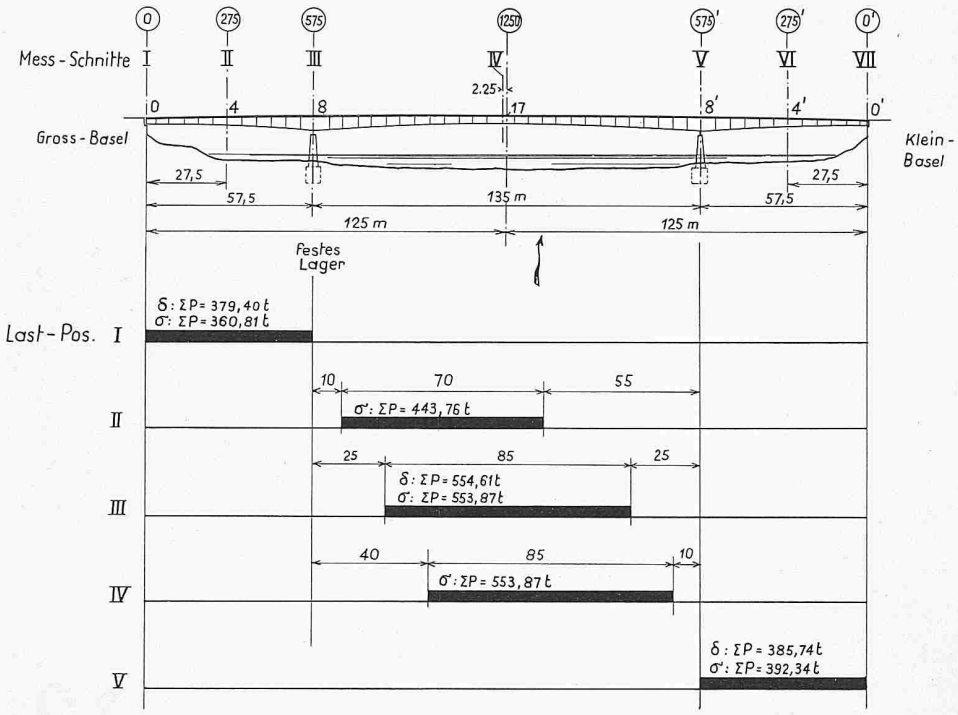


Bild 47. Mess-Schnitte und Lastpositionen

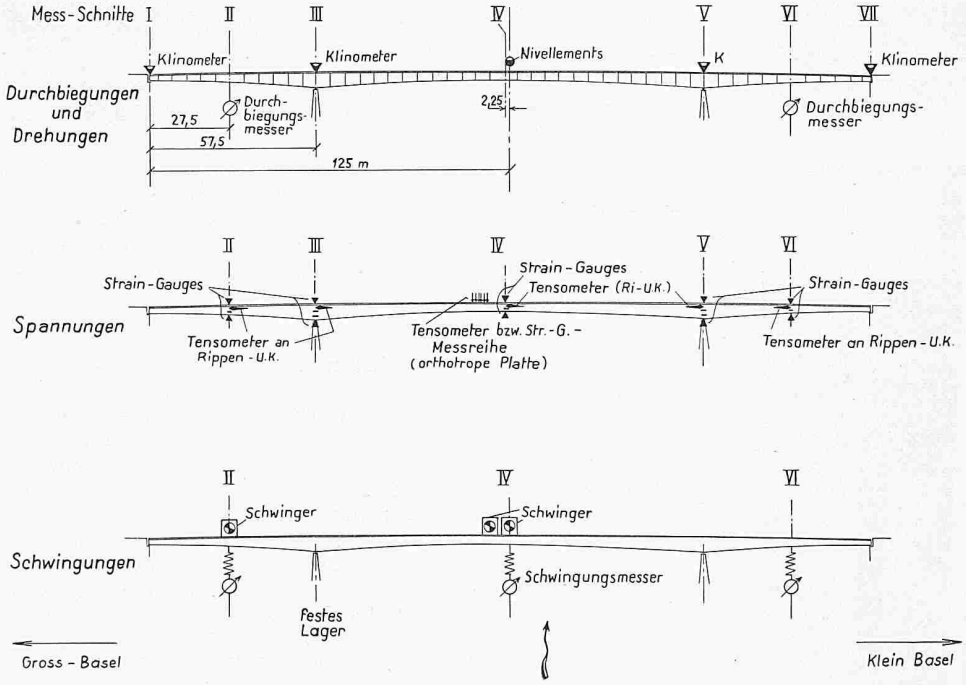


Bild 48 (oben). Messinstrumente

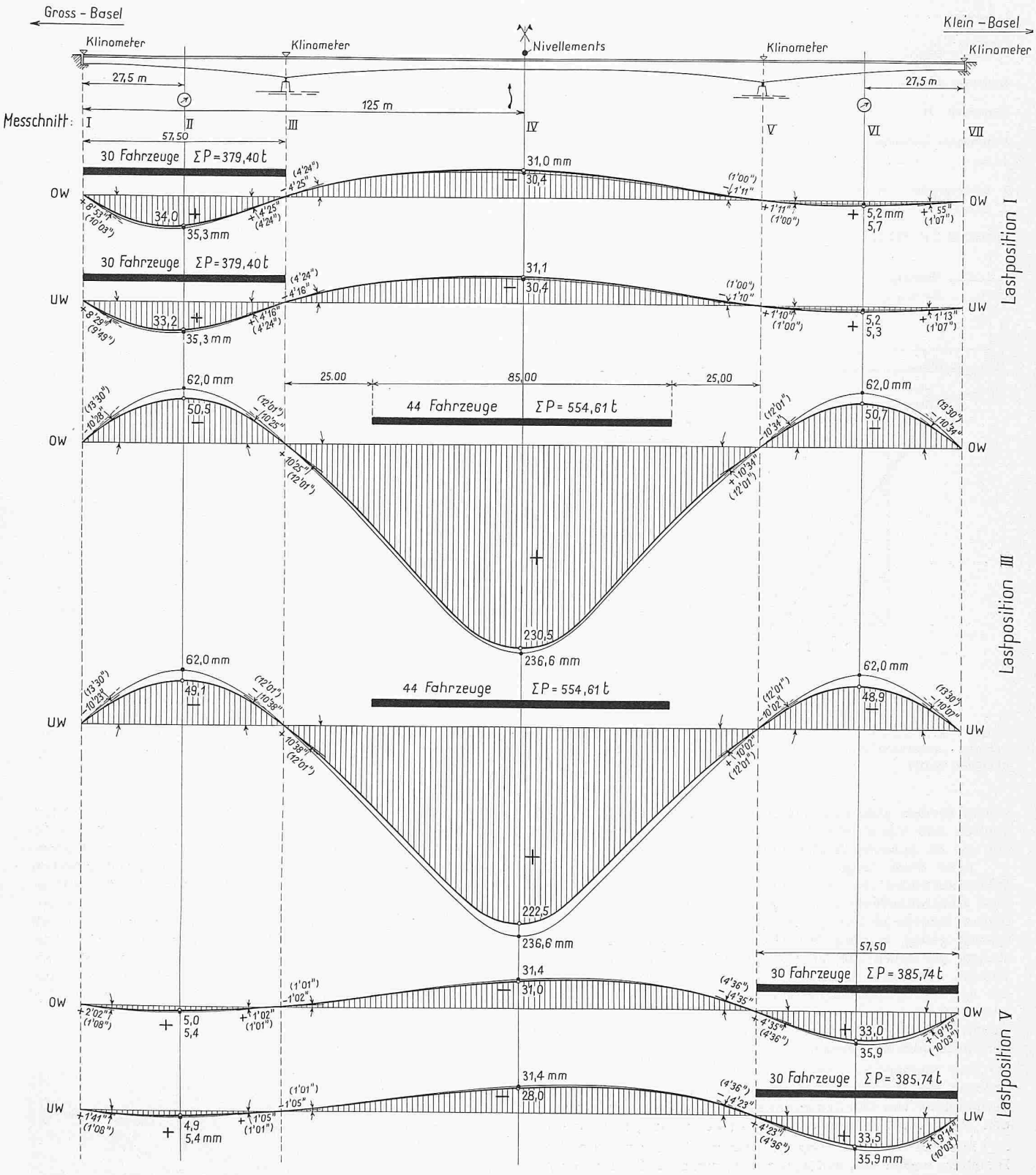
Bild 49 (links). 44 Last- und Tankwagen, total 553,87 t, Lastposition III

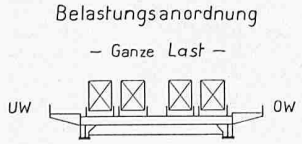
sammen mit der projektierenden Firma und der Bauleitung eine Klassifizierung vorgenommen. Für jede Nahtkategorie wurde ein bestimmter Prozentsatz festgelegt, mit welchem die betreffenden Nähte zu durchstrahlen waren. Von Anfang an bestand die Absicht, diese zum voraus bestimmten Prozentsätze im Laufe der Arbeiten den gemachten Erfahrungen und Bedürfnissen anzupassen. Einzelheiten gibt Tabelle 6 (Seite 544).

Die lückenlose Kontrolle der Nähte mit dem mit einer Lupe bewaffneten Auge bezweckte das Auffinden von Rissen, Oberflächenporen, unverschweissten Stellen, fehlerhaften Schweissnahtansätzen und Elektrodenantupfstellen. Sie war zugleich eine Vorprüfung derjenigen Nähte, die mit Röntgen- oder Gammastrahlen durchleuchtet werden sollten (Bild 42).

Eine äusserst wertvolle Vorprüfung der Montage-Quernähte im Fahrbahndeckblech (*R* 3) und der Werkstatt-*K*-Nähte zwischen Hauptträgerstegblech und Fahrbahndeckblech (*R* 10) ermöglichte die Verwendung des Ultraschallgerätes (Bild 43). Diese beiden Nahtarten wurden auf deren ganzen Länge, d. h. also 100 %ig geschallt. Auf Grund der Ultraschallprüfung wurden diejenigen Schweissnahtstellen ausgewählt, von denen Aufnahmen mit dem Röntgen- bzw. Gammastrahlengerät gemacht werden sollten. Auf diese Weise konnten bei den Schweissnähten *R* 3 und *R* 10 die geschätzten Durchstrahlungslängen von 155,2 auf 90,67 bzw. von 161,6 auf 16,56 m reduziert werden, was einer ganz namhaften Zeit- und Kostenersparnis gleichkommt.

Die Prüfarbeiten an der St. Alban-Brücke liessen sehr deutlich die Vor- und Nachteile der Verfahren mit Röntgen- bzw. Gammastrahlen aus radioaktivem Iridium 192 erkennen (Bilder 44 und 45). Wohl liefert das Röntgen-Verfahren kontrastreichere Filme und braucht kürzere Belichtungszeiten als das Durchstrahlen mit radioaktiven Isotopen. Die Apparaturen haben jedoch Ausmasse und Gewichte, die sich besonders auf der Montage nicht überall verwenden lassen. An winkligen und mit schweren Geräten schlecht zugänglichen Bauteilen bietet das kleine Ausmass und das relativ geringe Gewicht des Aufnahmebehälters des Gammagraphie-Verfahrens fast unbeschränkte Anwendungsmöglichkeiten. Der an und für sich geringere Kontrast-Reichtum dieser Aufnahmeart kann durch die Wahl entsprechender Filme und langer Aufnahmezeiten weitgehend ausgeglichen werden. Beide Verfahren haben





Legende:

Durchbiegungen in mm
+ = Senkung – = Hebung
o——— Messung
o——— Rechnung

Drehungen in Winkelminuten und Sekunden
.... Messung (...) Rechnung

Bild 50. Biegelinien der Hauptträger, Belastungsversuche vom 26. 3. 1955. Masstab der Längen 1:1500, der Biegelinien 1:6

gegenüber der Prüfung von Auge und mit dem Ultraschallgerät den sehr bedeutungsvollen Vorteil, dass mit dem Film jederzeit ein Dokument über den Zustand der betreffenden Nahtpartie zur Verfügung steht.

Der Film stellt zugleich ein sehr wichtiges Mittel zur Erziehung der Schweisser dar. Begangene Fehler können dem Schweisser anhand der Filmbilder eindeutig nachgewiesen werden. Gute Filme ermutigen sie zum Durchhalten. Diese sorgfältig und konsequent angewandte Erziehungsmethode führte im Verlaufe der Arbeiten zu ausgezeichneten Resultaten. Die ständige Kontrolle mit Hilfe der Durchstrahlungsverfahren gibt dem Schweisser das stete Bewusstsein der strengen und gerechten Kontrolle. Wenn von seiten der ein-

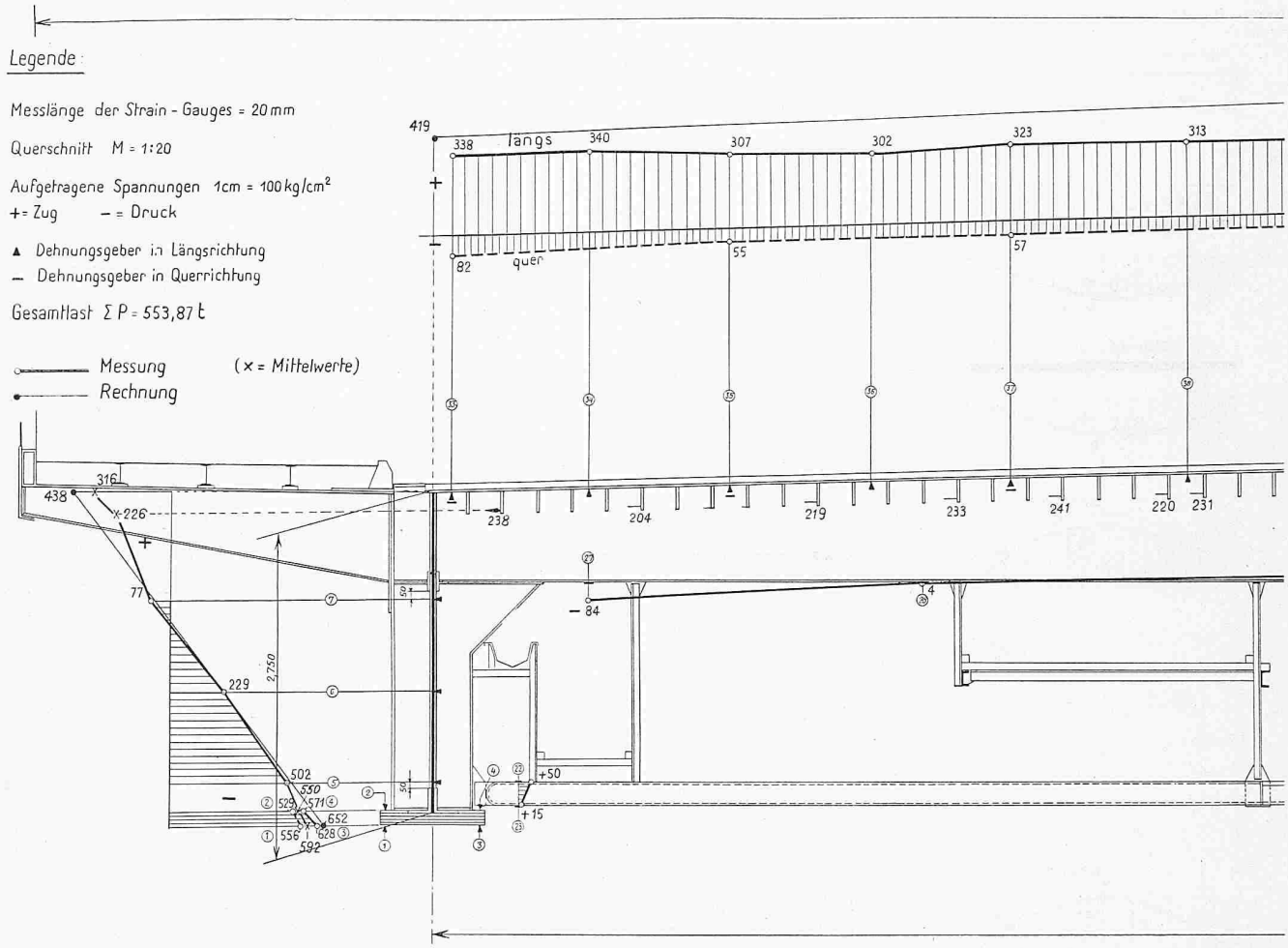


Bild 51. Mess-Schnitt II, Lastposition III, errechnete Spannungen in kg/cm² (E angenommen zu 2 100 000 kg/cm²) aus den gemessenen Dehnungen der Belastungsversuche vom 29. 3. 1955. Masstab der Längen 1:60, der Spannungen 1 mm = 30 kg/cm². (Fortsetzung des Bildes auf der nächsten Seite)

zelnen Firmen gute Leistungen mit Prämien belohnt wurden, stellten sich eigentliche Wettbewerbe unter den Schweissern ein, die zu ausgezeichneten Leistungen führten.

Jeder Film trägt eine Bezeichnung, die jederzeit das Wiederauffinden der Aufnahmestelle am Objekt selbst und eine Kontrollaufnahme am genau gleichen Ort erlaubt. Zu diesem Zwecke ist auf die Brücke ein dreiaxiges Koordinatensystem gelegt worden. Mit Hilfe von Bleizahlen und -buchstaben, die neben die zu durchstrahlende Nahtpartie gelegt wurden, sind die Längen-, Breiten- und Tiefenkoordinaten, die Art der Schweissnaht, der Röntger und die ausführende Firma festgehalten worden (Bild 46). Die Abbildung des Penetrameters liess ferner die Fehlererkennbarkeit in Prozent der Materialdicke ablesen.

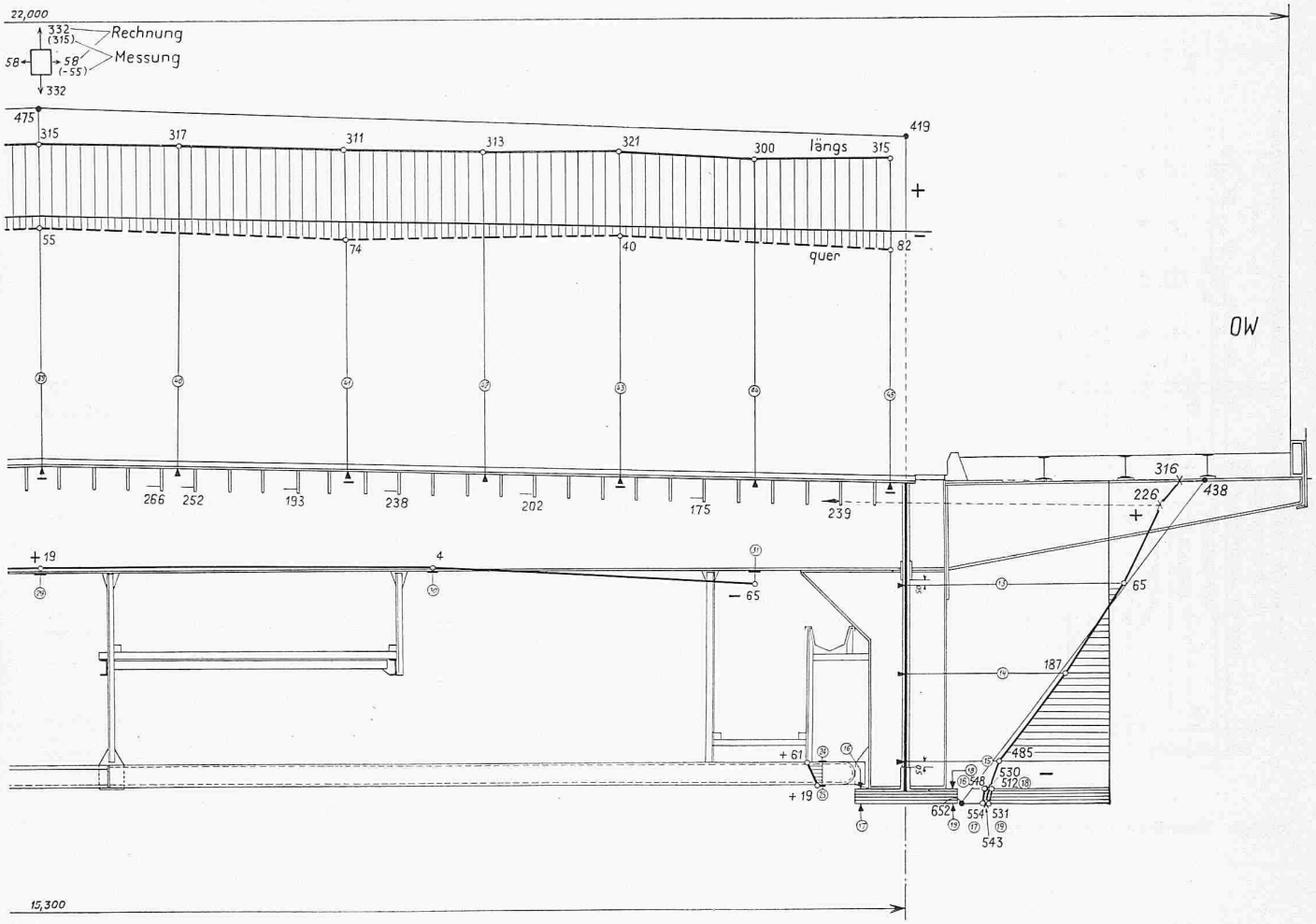
Der Bauherr kam für alle Kosten auf, die mit der Ueberprüfung der Schweissnähte zusammenhingen. Lediglich Wiederholungen von Durchstrahlungsarbeiten infolge Mängeln an den Nähten waren von den betreffenden Firmen zu tragen.

Mit den Kontrollarbeiten in den Werkstätten und auf der Baustelle waren von seiten der Prüforgane Zeitaufwände gemäss Tabelle 7 (Seite 539) verbunden.

Der zeitliche Ablauf der Werkstattarbeiten und der Montage bedingte den vollen persönlichen Einsatz aller an den Kontrollarbeiten Beteiligten. Dies kommt darin zum Ausdruck, dass ungefähr 13 % aller geleisteter Stunden als Ueberstunden und beinahe 16 % als Nacht- und Sonntagsarbeiten geleistet werden mussten. In den Stundenzahlen der Tabelle 7 ist die für die Organisation, Korrespondenz, Beurteilung und Besprechung der Filme sowie für die Arbeiten in der Dunkelkammer benötigte Zeit nicht berücksichtigt.

Die beschriebenen Schweissnahtkontrollen wurden noch durch eine ganze Reihe weiterer Untersuchungen ergänzt. Für die Feststellung der Qualität von Schweissnähten wurden Plattenansätze an Werkstücken angeheftet und die zu prüfenden Schweissnähte auf diese Plattenansätze ausgedehnt. Auf diese Weise entstanden 4 K-Nahtprüfungen, 6 Stossnahtprüfungen an Abschnitten von Fahrbahnplatten und 4 Stossnahtprüfungen an Abschnitten von Hauptträgerstegblechen. Ferner wurden über 200 Elektrodenprüfungen, Härte-, Mikro-, Makrountersuchungen, Faltbiegeproben, gewöhnliche Qualitätszerreissversuche, umfassende Zugversuche und Zugermüdungsversuche, Kerbschlaguntersuchungen, chemische Analysen und weitere verschiedene Untersuchungen, unter anderem zur Abklärung der Ursachen von Rissbildungen ausgeführt. Diese Untersuchungen an Probeplatten wurden fast ausschliesslich von der EMPA vorgenommen.

Bild 52. Einzellast von 12 t



Dr. *C. G. Keel* und *H. P. Siegenthaler* berichten sehr eingehend über die Prüfung der Schweissnähte der St. Alban-Brücke in Nr. 9, 10 und 11, Jahrgang 1955, der «Zeitschrift für Schweisstechnik».

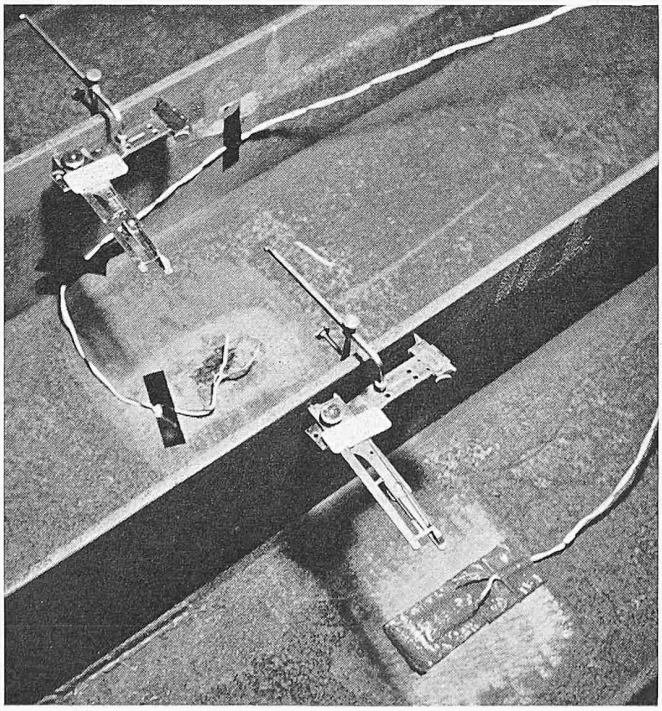


Bild 54. Untersicht der Fahrbahnplatte: Strain-Gauges am Deckblech und Tensometer an den Längsrippen Photo Balzer, Basel

Bild 53. Belastung mit der Vorderachse eines mit einer 6-t-Platte belasteten Kranwagens

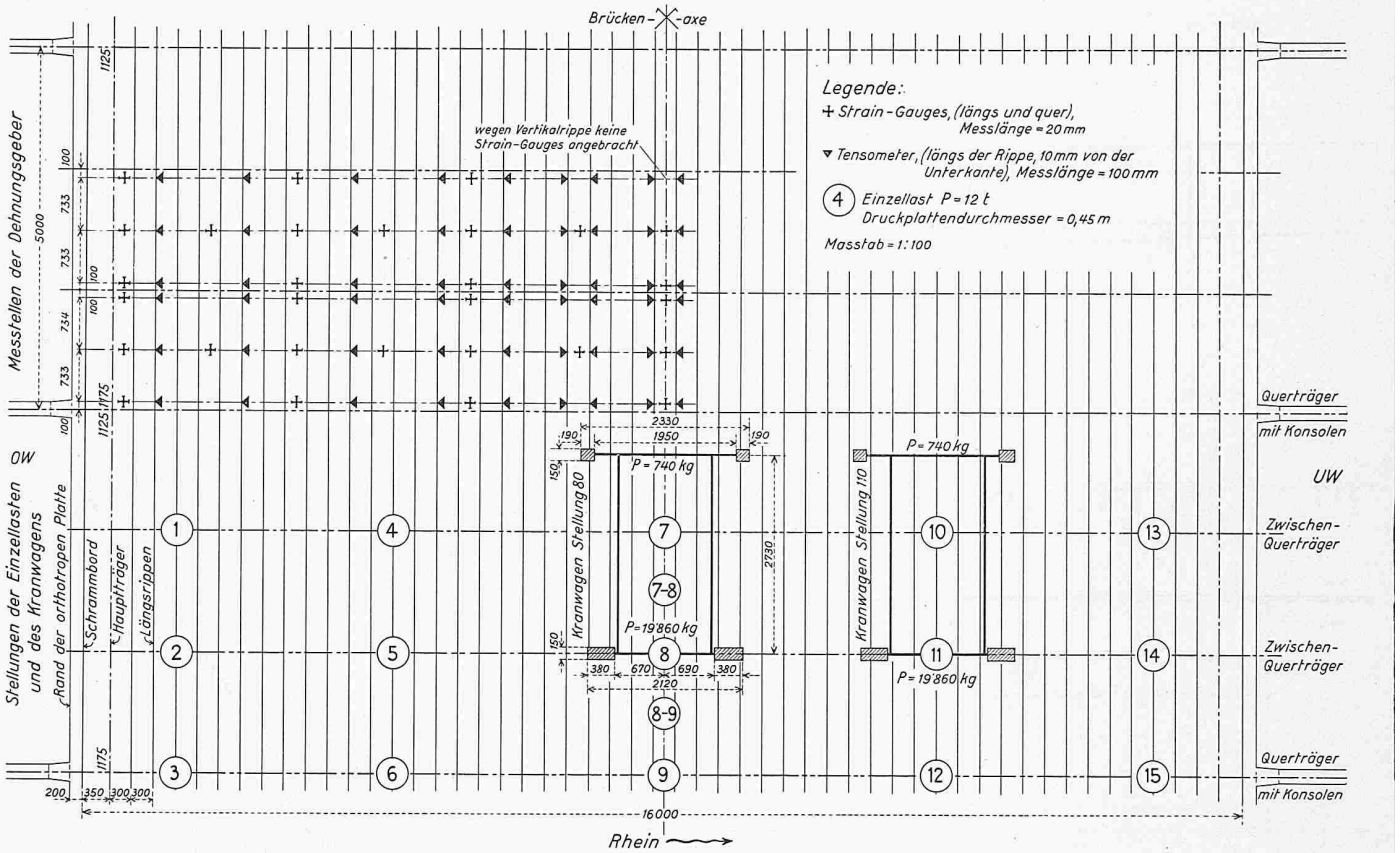


Bild 55. Mess-Stellungen der Dehnungsgeber und Stellungen der Einzellasten und des Kranwagens. Masstab 1:100

Tabelle 6. Angewendete Schweiss- und Prüf-Verfahren beim Bau der St. Alban-Brücke in Basel

Pos.	Schweissnaht Lage	Art	Totale Nahtlänge in m	Vorgesehene Durchstrahlung m	Vorgesehene Durchstrahlung %	Effektive Durchstrahlung m	Effektive Durchstrahlung %	Effektive Durchstrahlung Anzahl Filme	Wiederholungen	Kontrolle 1)	Schweissnaht 2)
R 2	Querträger-Lamellen-Stösse	V - Naht	30,4	30,4	100	32,1	100	309	73	R	W
R 3	Fahrbahndeckbleck-Stösse, quer	V - Naht auf Cu-Schienen	820,0	155,2	18,9	90,67	11,1	331	63	US + R	M
R 4	Längsrippen-Stösse	X - Naht	500,0	117,0	23,4	147,8	29,6	739	54	G	M
R 5	Hauptträgerstegblech-Stösse, oben	»	68,3	31,8	46,5	34,3	50,2	98	3	R + G	M
R 6	Querträgerstegblech-Stösse	»	124,94	60,8	48,7	61,6	49,3	176	28	R + G	W
R 7	Fahrbahndeckblech-Stösse, längs	»	1253,75	105,2	8,4	107,1	8,55	306	28	R	W
R 8	Hauptträgerstegblech-Stösse, längs	»	453,60	45,4	10	61,6	13,6	176	25	R	W
R 9	Hauptträgerstegblech-Stösse, quer	»	38,34	10,4	27	9,1	23,7	26		R	W
R 10	Anschluss Hauptträgerstegblech an Fahrbahndeckblech	K - Naht	501,50	161,6	32,2	16,56	3,30	48	4	US + G	W + M
R 11	Anschluss Querträgerstegblech an Querträgerlamelle	Kehl-Naht	4651,2	93,0	2	85,4	1,84	244	1	G	W
R 12	Anschluss Querträgerstegblech an Fahrbahndeckblech	»	3511,2	70,2	2	42,0	1,20	120		G	W
R 13	Anschluss Längsrippen an Fahrbahndeckblech	»	24450	0	0	0	0			A	W
R 14	Anschluss Längsrippen an Fahrbahndeckblech	»	625	0	0	0	0			A	M
R 15	Anschluss Querträgerstegblech an Hauptträgerstegblech	»	407,4	8,2	2	9,8	2,40	28		G	W
R 16	Anschluss Längsrippen an Querträgerstegblech	»	5168	104	2	100,0	1,94	500	22	G	W
R 17	Anschluss der Verankerungsplatten am Hauptträgerstegblech	X - Naht	4,3	2,15	50	1,575	36,5	9		R	W
R 18	Anschluss der Aufhängelaschen an den Fahrbahnplatten	Kehl-Naht	10,8	10,8	100	21,6	100	54	10	G	W
R 19	Gehwegplatte	»	7634,50	0	0	0	0	0		A	W + M
20	Gehwegkonsolen	»	5353	0	0	0	0	0			W
21	Gehwegrandträger	»	3010	0	0	0	0	0			W
	Total Pos. 2 ÷ 21		58616,23								
	Total Pos. 2 ÷ 12, 15 ÷ 18		17543,73	1006,15	5,735	821,205	4,68	3164	311 = 9,83 %		

davon von Hand 34056,73 m
EHV-Verfahren 24450 m
in der Werkstatt 50961,93 m
auf Montage 7654,30 m geschweisst

1) Verfahren: R Röntgen, US Ultraschall, G Gammastrahlen, A von Auge
2) W = Werkstatt-, M = Montageschweissung

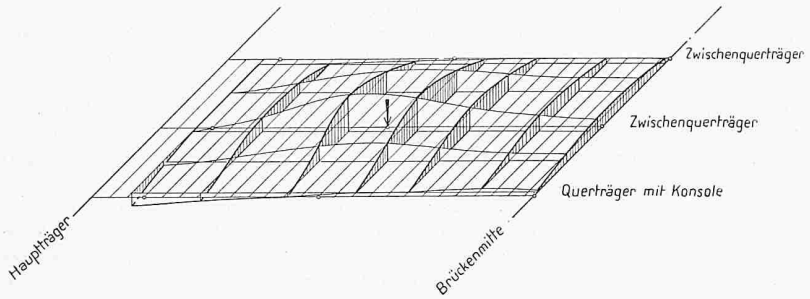


Bild 56. Lastposition 5, P = 12 t; Spannungsfläche für Rippen-Unterkante, 1 cm = 500 kg/cm²

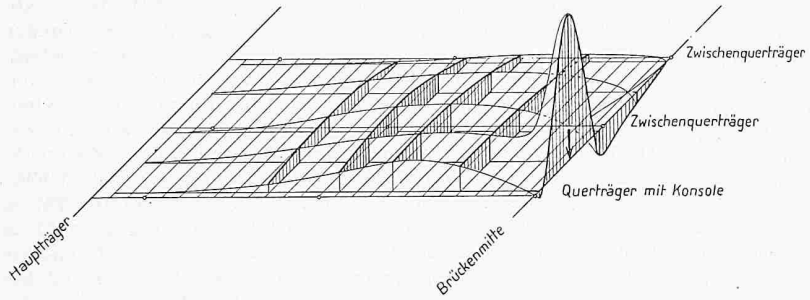


Bild 57. Lastposition 8-9, P = 12 t; Spannungsfläche für Rippen-Unterkante 1 cm = 500 kg/cm²

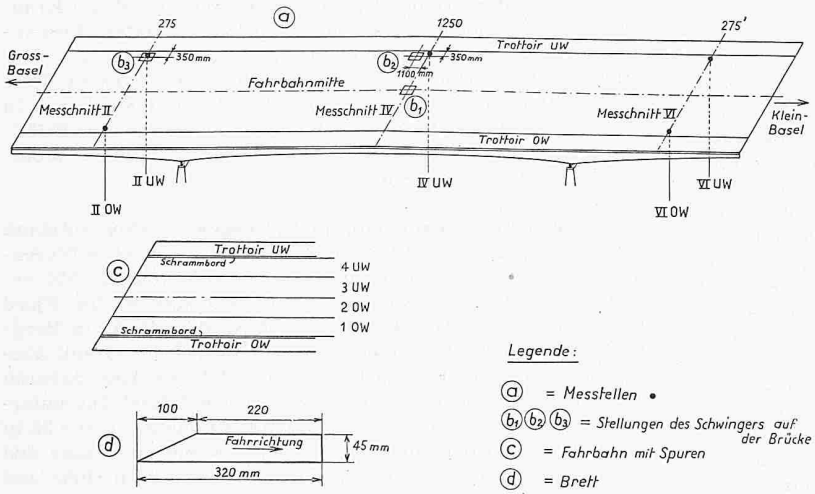


Bild 58. Dynamische Messung, schematische Uebersicht

f) Die Belastungsproben

Vor der Uebergabe der Brücke an den Verkehr wurde diese unter der Oberleitung von Prof. Dr. *M. Ros* einer umfassenden Belastungsprobe unterworfen. An der Vorbereitung und Durchführung der Messungen waren unter der persönlichen Leitung von Dr. *Staffelbach* Ingenieure der EMPA, der Brückenbauabteilung der SBB, des baustatischen Institutes der ETH, der Firma Buss AG., des Vermessungsamtes Basel-Stadt und der Bauleitung beteiligt.

Tabelle 8. Eigenschwingungs-Amplituden in mm und Frequenzen in Hertz für die verschiedenen Stellungen der Schwingungsmaschine

Schnitt	*Stellung* b_1		b_2		b_3	
	Ampl. mm	*Frequenz Hertz*	*Ampl. mm*	*Frequenz Hertz*	*Ampl. mm*	*Frequenz Hertz*
II W	0,89	2,9	0,32	3,1	0,91	3,1
II UW	0,82	2,9	0,36	5,05	1,38	3,2
IV UW	0,73	4,3	1,06	5,05	0,68	2,7
VI OW	1,0	2,9	0,35	3,1	1,0	2,7
			0,23	5,05	1,23	3,1
					0,74	3,8
VI UW	0,76	2,9	0,44	3,1	1,1	2,7
			0,26	5,05	0,79	3,8

In der ersten Etappe wurden Deformationen und Spannungen im Haupttragsystem infolge von einseitig und symmetrisch aufgefahrenen Lastwagenzügen mit Hilfe von Nivellements, Durchbiegungsmessern, Klinometern, Tensometern und Strain-Gauges gemessen. Die Messchnitte und Lastpositionen gehen aus Bild 47 hervor. Bild 48 vermittelt einen Ueberblick über die angebrachten Instrumente.

Die aufgestellten symmetrischen Lastpositionen bestanden aus vier Reihen im Mittel rd. 12,6 t schweren Last- und Tankwagen und entsprechen — auf die ganze Nutzbreite von 22,0 m verteilt — der für die statische Berechnung vorgeschriebenen gleichmässig verteilten Last (Bild 49). Die gemessenen Durchbiegungen und Verdrehungen zeigen gegenüber den von Prof. Roš auf Grund der Einflusslinien ermittelten Biegelinien Abweichungen von geringem und allgemein üblichem Ausmass (Bild 50). Aus den Spannungsmessungen geht allgemein eine sehr gute, gleichmässige Mitarbeit der Fahrbahnplatte als Bestandteil des Haupttragwerkes hervor (Bild 51).

Die zweite Messetappe umfasste Spannungsmessungen in der oberwasserseitigen Hälfte des Feldes 1175 bis 1225 der Fahrbahnplatte unter einer 12 t-Einzellast, bestehend aus zwei Bleiplatten von je 6 t Einzelgewicht, unter welche eine kreisförmige Stahlplatte von 450 mm Durchmesser (0,158 m²) gelegt wurde. Zwischen Stahlplatte und Unterlage herrschte demnach eine mittlere Pressung von 7,6 kg/cm². Ausserdem wurden Messungen angeordnet unter der Belastung durch den Kran, der dem Transport der Bleiplatten diente. Dessen Vorderaxe wog 19,86 t, die Hinteraxe 0,74 t; der Axabstand mass 2,73 m (Bilder 52 und 53).

Der zweiaxige Spannungszustand im Deckblech wurde mit Strain-Gauges mit 20 mm Messlänge in der Längs- und Querrichtung gemessen (Bild 54). Mit Hilfe von Tensometern (Messlänge 100 mm) konnten die Längsspannungen in der Nähe der Unterkante der Längsrippen festgestellt werden. Bild 55 zeigt die Messtellen der Dehnungsgeber und die Stellungen der Einzellasten und des Kranwagens. Die Bilder 56 und 57 zeigen den Spanungsverlauf in den Rippenunterkanten für die Laststellungen 5 und 8 bis 9. Im ganzen wurden 5640 Messpositionen aufgenommen, ausgewertet und graphisch verarbeitet.

In der dritten und letzten Etappe folgten dynamische Belastungsversuche. Erstens wurden Schwingungen der Brücke durch Befahren mit Lastwagen von 13,26 und 13,60 t sowie mit einem Kranwagen von 14,6 t Gewicht erzeugt. Messungen fanden statt für die Schnitte II, IV und VI bei folgenden Fahrten:

Normale Fahrt mit einem Fahrzeug;
Gegenfahrt von zwei Fahrzeugen;
Gegenfahrt von zwei Fahrzeugen mit plötzlichem Bremsen in Brückenmitte;
Fahrt mit Sprung über ein 45 mm dickes Brett, ein Fahrzeug;
Fahrt mit Kranwagen.

Bei den gefahrenen Geschwindigkeiten von 15÷35 km pro Stunde liessen sich Stosszuschläge als Verhältnis der dynamischen Amplitude zur statischen Durchbiegung von 8÷66 % und maximale Amplituden bis 1,7 mm feststellen.

Für die Erzeugung von Eigenschwingungen wurde eine Schwingungsmaschine «Losenhausen» mit einem zweiteiligen, 1270 kg schweren Schwinger herangezogen. Ihre Stellungen sind in Bild 58 dargestellt (s. auch Tabelle 8). Die erzeugte Fliehkraft wächst mit dem Quadrat der Drehzahl und kann überdies durch gegenseitiges Verdrehen der beiden Schwungmassen verändert werden. Bei der gewählten Einstellung und bei 4 Hz beträgt sie 1150 kg. Die kritische Eigenschwingungsfrequenz konnte mit der verwendeten Maschine nicht festgestellt werden; sie wird jedoch bei 2,0 Hertz liegen.

Schlusswort

Nachdem die Bauarbeiten einen glücklichen Abschluss gefunden haben und das Bauwerk der Oeffentlichkeit übergeben ist, hat die Bauleitung das Bedürfnis, allen jenen ihren aufrichtigen Dank abzustatten, die zum glücklichen Gelingen des Werkes beigetragen haben.

Es braucht von allen irgendwie an der Schaffung des Werkes Beteiligten eine Einordnung in den vorgezeichneten Arbeitsprozess. Für viele ist der vorbehaltlose persönliche Einsatz unerlässlich, wenn die Arbeiten innert einer gegebenen, meist kurzen Frist zu Ende geführt werden müssen, ohne dass die Qualität der Arbeiten unter dem Arbeitstempo leiden darf. Die rechtzeitige Fertigstellung der Pfeiler, Widerlager und Zufahrten vor der Anlieferung der schweren Werkstücke, dann das Einhalten des fast auf Stunden genau festgelegten Anlieferungsprogrammes der Brückenteile durch die fünf verschiedenen Lieferfirmen zeugten von gutem Willen und straffer Disziplin der Leitungen, deren Mitarbeiter und Arbeiter aller beteiligten Unternehmungen.

Mit besonderer Genugtuung soll festgehalten werden, dass die Freude am vollendeten Bauwerk auch nicht durch einen einzigen Unfall getrübt wird, der dem Betroffenen einen bleibenden Nachteil gebracht, geschweige denn das Leben gekostet hätte.

Adresse des Verfassers: Ing. *O. Oberholzer*, Schalerstrasse 9, Basel

MITTEILUNGEN

Das österreichische Bauzentrum in Wien hat seine ständige Baumusterschau am 12. Juli 1957 eröffnet. Es setzt sich die Herstellung eines direkten Kontaktes zwischen Bauindustrie, Gewerbe, Bauwilligen und öffentlichen Institutionen zum Ziel. Der Form nach ist es eine Vereinigung, der jeder Bauschaffende beitreten kann. Die materielle Grundlage bilden die Gründungsbeiträge der Verbände sowie die Unkostenbeiträge aus der Baumusterschau und aus Sonderveranstaltungen. Durch die Wahl des Palais Liechtenstein als Sitz des Oesterreichischen Bauzentrums wurde auch ein kultureller Beitrag geleistet: Das Palais, früher eine berühmte Kunstgalerie, war völlig verwahrlost und hatte nach Kriegsbeginn nur gelegentlich als Ballsaal, Tagungsort, Büro gedient. Im Erdgeschoss, dessen Säulenhalle mit den herrlichen Stuckdecken und Fresken berühmter Künstler wiederhergestellt wurde, war ein Holzlagerplatz untergebracht. Nun wird unter grossem Kostenaufwand das Palais seinem neuen Zweck entsprechend ausgestaltet. Unter den Ausstellerfirmen wurde eine strenge Auswahl getroffen, da nur wirklich erstklassige Erzeugnisse und leistungsfähige Betriebe in die Baumusterschau Eingang finden. Die Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der österreichischen Bauwirtschaft hat ein «Austria»-Gütezeichen geschaffen, das hochwertigen Produkten verliehen wird. Um ein möglichst einheitliches Gesamtbild der Ausstellung zu erreichen, wurde eine einheitliche Beschriftung der Ausstellungsräume durchgeführt. Diese Schriftbänder sind in verschiedenen Kennfarben für die einzelnen Fachgebiete gehalten und diese wieder in Raumgruppen zusammengezogen. Der Besucher, der am Pult des Informationsdienstes einen individuellen Wegweiser durch die Baumusterschau erhält und im Anschluss an die Besichtigung die Prospekte der für ihn in Frage kommenden Firmen ausgefolgt bekommt, kann sich mühelos orientieren. Bereits wird eine Sonderausstellung «Denkmalpflege in Europa» und die Wiederherstellung kriegszerstörter Kulturdenkmäler gezeigt, im September wird der Informationsdienst (Auskunft, Beratung, Vortrags- und Kinosaal, Konferenzräume) eröffnet, und 1958 die Fachbibliothek und Zeitschriftensammlung.

Schweiz. Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz. Anlässlich der Versammlung vom 25. Juni in Lausanne berichtete Präsident Ing. *E. H. Etienne* über den Verlauf der Teiltagung, welche soeben in Belgrad zu Ende gegangen war, und an der sich 830 ausländische (davon vier schweizerische) und 400 jugoslawische Fachleute beteiligt hatten. Deren Thema, die Rolle der Energie für die Entwicklung wirtschaftlich unterentwickelter Länder, wurde von Sir Harold Hartley, dem vor kurzem zurückgetretenen Präsidenten der WPC, sehr realistisch betrachtet mit dem Ergebnis, dass wenig Aussicht bestehe, allen Erdbewohnern einen ähnlichen Lebensstandard zu verschaffen. Gunnar Myrdal, der bisherige Exekutivsekretär der europäischen Wirtschaftskommission der UNO in Genf, vertrat den entgegengesetzten Standpunkt mit Schlussfolgerungen mehr theoretischer Art. Besonders interessant waren auch die Ausführungen von M. Sauvy, directeur de l'Institut national d'études démographiques in Paris, über die Zusammenhänge zwischen Technisierung, Bevölkerungszunahme und Investitionsbedarf. — Sodann wurde der Wunsch nach starker schweizerischer Betätigung an der Teiltagung in Montreal 1958 ausgedrückt, die interessante Besichtigungen bietet. Eine Teiltagung in der Schweiz ist für 1964 vorgesehen. Als neues Mitglied des Nationalkomitees beliebte die Reaktor AG. in Würenlingen, als neuer Sekretär Ing. *R. Saudan*, SVE, Zürich.

Der Funkmast in Oldenburg. Vor etwa einem Jahr wurde der 298 m hohe Fernseh- und UKW-Mast des NWDR, ein abgespannter Stahlmast, fertiggestellt. Folgende Forderungen waren zu erfüllen: Geringster Winddruck und somit kleinstmöglicher Material- und Kostenaufwand für Mast, Abspannseile und Fundierung, Mast möglichst hoch hinauf durch windgeschützten Lift befahrbar, witterungsgeschützte Führung der Hochfrequenzkabel, möglichst glatte, abgerundete Konstruktion mit kleiner Anstrichfläche, Zugänglichkeit zu den UKW-Antennen über der obersten Abspannung. Die unteren 267 m des Mastes haben Rohrform, die letzten auskragenden 31 m bestehen aus einem Fachwerk von quadratischem Grundriss entsprechend den vier Antennenrichtungen. Der Rohrteil besitzt 2 m Durchmesser bei 6 bis 10 mm Wanddicke; daraus ergeben sich vier Abspannungen übereinander nach drei Richtungen. Der Fachwerkteil ist als Gitterwerk aus Rundstählen mit 1,46 m Systembreite ausgebildet. Der Mast trägt am Kragarm 48 UKW-Dipole, zwischen den beiden obersten Abspannungen 16 Fernsehantennen von 9,2 × 4,5 m Fläche. «Der Stahlbau» 1956, Heft 10, bringt ausführliche Angaben über statische Berechnung, konstruktive Details und Montage. In Europa wird dieses Bauwerk an Höhe nur noch vom Eiffelturm (300 m) übertroffen, während der Funkmast Montgomery in den USA 562 m hoch ist.

Ein Kavernen-Warenhaus in Norwegen. In Oslo entstand in den Jahren 1953 bis 1956 ein grosses unterirdisches Warenhaus, dessen Bau in «Civil Engineering» vom Januar 1957 beschrieben wird. Der gewachsene Fels fällt steil in den Fjord ab, nur Bahn und Strasse verlaufen längs der Küste im Berganschnitt. Für das Warenhaus wurden 153 000 m³ Granit ausgesprengt und an der Küste angeschüttet, so dass dadurch Platz für Anschlusstrasse und Anlegequai entstand. Die unterirdische Anlage besteht aus zwei Zugangstunneln von je 8,55 m Breite, 9,75 m Höhe und 160 m Länge sowie quer dazu aus sechs grossen Kammern von je 14 m Breite, 9,15 m Höhe und 193 m Länge, welche die eigentlichen Lagerräume bilden. Wände und gewölbte obere Decke bestehen aus unterirdisch vorfabrizierten, grossflächigen, vakuumbehandelten Betonelementen. Die Anlage ist zweigeschossig ausgebildet, das obere Geschoss bleibt stützenfrei, die Zwischendecke und ihre Stützen bestehen aus Ortbeton. Insgesamt wurden 10 000 m³ Beton und über 1000 t Betoneisen benötigt. Die Felsüberdeckung der Kammern beträgt 25 bis 80 m. Strasse und Bahn werden von den Zugangstunneln unterfahren.

Gebläse für das «Centre d'Etudes pour les Applications de l'Energie Nucléaire» in Mol. Diese Versuchsanstalt ist vor einiger Zeit dem Betrieb übergeben und inzwischen auch durch den König der Belgier offiziell eingeweiht worden. Sie besteht im wesentlichen aus einem zylinderförmigen Reaktor von 5,2 m Durchmesser und 5 m Länge, der mit natürlichem Uran als Brennstoff und mit Graphit als Moderator betrieben wird. Zum Kühlen dient Gas, das den Reaktor durchströmt, nachher durch besondere Filter von Radioaktivität gereinigt und dann von vier Radialgebläse-Gruppen, die von der Maschinenfabrik Oerlikon geliefert wurden, abgesogen und einem 60 m hohen Kamin zugeleitet wird. Es sind einstufige, doppelflutige Maschinen mit der charakteristischen Anordnung der Diffusoren. Jedes Gebläse fördert 35 m³/s bei einem Druckanstieg von 0,83 auf 1,03 ata. Der Antrieb erfolgt durch vier Oerlikon-Asynchronmotoren von je 1120 PS und 2970 U/min. Die Unempfindlichkeit gegen Verschmutzen und pumpfreies Arbeiten dank der Oerlikon-Pumpverhütungseinrichtung gewährleisten eine hohe Betriebssicherheit.