

ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

herausgegeben vom

Deutschen Verein für Vermessungswesen (D. V. W.) E. V.

Schriftleiter: Professor Dr. Dr.-Ing. E. h. O. Eggert, Berlin-Dahlem,
Ehrenbergstraße 21

Heft 23.

1938

1. Dezember

Band LXVII

Der Abdruck von Original-Artikeln ohne vorher eingeholte Erlaubnis der Schriftleitung ist untersagt

Ueber die Ausgleichung großer Dreiecksnetze.

Von Dr. Joh. Nittinger, Vermessungsrat, Bonn.

Eggert hat „Ueber die Ausgleichung großer Dreiecksnetze“ in den Verhandlungen der Baltisch-Geodätischen Kommission (neunte Tagung, Helsinki 1937, Seite 114—119) einen wichtigen Vorschlag und beachtenswerten Beitrag gebracht. Zur vollständigen Beleuchtung und gründlichen Erkenntnis dieses Problems wird die Ableitung des von Eggert gegebenen Formelapparates von einer anderen Seite aus in Angriff genommen.

Aus einem gegebenen großen Dreiecksnetz schneiden wir Dreiecksketten heraus, die wir zunächst für sich allein betrachten. Jede Dreieckskette wird ausgeglichen, in der folgende Bedingungsgleichungen bestehen sollen

$$[a v] + w_a = 0; \quad [b v] + w_b = 0; \quad [c v] + w_c = 0 \quad (1)$$

Nach diesen Vorausgleichungen der Dreiecksketten ersetzen wir diese durch fingierte Beobachtungen von bestimmter Anzahl, die jede Dreieckskette voll und ganz vertreten. Die fingierten Beobachtungen können als Funktion der ursprünglichen Beobachtungen l dargestellt werden. Eine durch die vorläufige Ausgleichung gewonnene Dreieckskette werde durch die Funktionen

$$Z = \frac{[F'' l]}{\sqrt{[F'' F'']}}; \quad Y = \frac{[F' l]}{\sqrt{[F' F' \cdot 1]}}; \quad X = \frac{[F l]}{\sqrt{[F F \cdot 2]}} \quad (2)$$

ausgedrückt. In diesen Gleichungen sind also F , F' und F'' Koeffizienten der ursprünglichen Beobachtungen l , während

$$[F' F' \cdot 1] = [F' F'] - \frac{[F' F'']^2}{[F'' F'']} \quad \text{und} \quad (3)$$

$$[F F \cdot 2] = [F F \cdot 1] - \frac{[F F \cdot 1]^2}{[F' F' \cdot 1]}$$

bedeuten sollen. Es war nicht erforderlich Z , Y , X durch den im Nenner stehenden Ausdruck zu dividieren. Warum wir so verfahren, werden wir später erkennen.

Helmert hat in seinem Werke „Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate“ (3. Aufl.) auf den Seiten 220 und 221 in dem Abschnitt „Freie Funktionen nach T. N. Thiele“ den weiteren Weg zur Lösung

unseres Problems gewiesen. Wir bringen in zusammengedrängter Form die Entwicklungen Helmerts, die wir alsdann auf den vorliegenden Fall in Anwendung bringen. Wir nehmen an, daß wir eine größere Anzahl von ursprünglichen Beobachtungen l durch die Funktionen

$$A = [a l] \quad B = [b l] \quad C = [c l] \quad (4)$$

ersetzen können. Diese Funktionen können in bezug auf Ausgleichung und Berechnung mittlerer Fehler wie direkte Beobachtungen behandelt werden, wenn die Gleichungen (4) gegenseitig frei sind. Wie diese in gegenseitig freie Funktionen zu verwandeln sind, gibt Helmert an. Die Summen $[a l]$, $[b l \cdot 1] = [b' l]$, $[c l \cdot 2] = [c'' l]$ sind gegenseitig frei, da für diese die Voraussetzung der gegenseitigen Freiheit $[a b'] = 0$, $[a c''] = 0$, $[b' c''] = 0$ vorhanden ist. Man erhält die Koeffizienten b' , c'' aus

$$b' = b - a \cdot \frac{[a b]}{[a a]}; \quad c'' = c' - b' \frac{[b' c']}{[b' b]}; \quad c' = c - a \frac{[a c]}{[a a]} \quad (5)$$

Im vorliegenden Falle werden die Funktionen A , B , C durch Z , Y , X und die Koeffizienten a , b , c durch

$$F'' : \sqrt{[F'' F'']}, \quad F' : \sqrt{[F' F' \cdot 1]}, \quad F : \sqrt{[F F \cdot 2]}$$

dargestellt. Als erste freie Funktion setzen wir an

$$L_3 = Z = \frac{[F'' l]}{\sqrt{[F'' F'']}} \quad (6)$$

die das Gewicht 1 hat. Dieses entsteht nur dadurch, weil der Nenner in Z vorhanden ist. Da

$$b' = \frac{F'}{\sqrt{[F' F' \cdot 1]}} - \frac{F'' \cdot [F' F'']}{\sqrt{[F'' F'']} \cdot \sqrt{[F' F' \cdot 1]}} \quad (7)$$

ergibt sich die zweite freie Funktion zu

$$[b' l] = L_2 = \frac{[F' l]}{\sqrt{[F' F' \cdot 1]}} - \frac{[F'' l] \cdot [F' F'']}{\sqrt{[F'' F'']} \cdot \sqrt{[F' F' \cdot 1]}} \quad (8a)$$

mit dem Gewicht 1, das auch hier nur dadurch zustande kam, weil im Nenner von $Y \sqrt{[F' F' \cdot 1]}$ steht. Wir finden aus (8a) noch folgende Beziehung

$$L_2 = Y - L_3 \cdot \frac{[F' F'']}{\sqrt{[F'' F'']} \cdot \sqrt{[F' F' \cdot 1]}} \quad (8b)$$

und hieraus

$$Y = L_2 + L_3 \cdot \frac{[F' F'']}{\sqrt{[F'' F'']} \cdot \sqrt{[F' F' \cdot 1]}} \quad (9)$$

Zum Auffinden der dritten freien Funktion $[c'' l]$ stellen wir auf

$$c' = \frac{F}{\sqrt{[F F \cdot 2]}} - \frac{F''}{\sqrt{[F'' F'']}} \cdot \frac{[F F'']}{\sqrt{[F'' F'']} \sqrt{[F F \cdot 2]}} \quad (10)$$

$$[b' c'] = \frac{[F F' \cdot 1]}{\sqrt{[F F \cdot 2]} \cdot \sqrt{[F' F' \cdot 1]}} [F F' \cdot 1] = [F F'] - \frac{[F F''] [F' F'']}{[F'' F'']}$$

Nach einigen Zusammenfassungen erhält man als dritte freie Funktion mit dem Gewicht 1

$$L_1 = X - L_3 \frac{[F F'']}{\sqrt{[F'' F'']} \cdot \sqrt{[F F \cdot 2]}} - L_2 \frac{[F F' \cdot 1]}{\sqrt{[F' F' \cdot 1]} \cdot \sqrt{[F F \cdot 2]}} \quad (11)$$

und hieraus

$$X = L_1 + L_2 \frac{[F F' \cdot 1]}{\sqrt{[F' F' \cdot 1]} \cdot \sqrt{[F F \cdot 2]}} + L_3 \frac{[F F'']}{\sqrt{[F'' F'']} \cdot \sqrt{[F F \cdot 2]}}$$

Hierunter stellen wir die Gleichungen (6) und (9) (12)

$$\begin{aligned} Y &= \cdot + L_2 & + L_3 \frac{[F' F'']}{\sqrt{[F'' F'''] \cdot [F' F' \cdot 1]}} \\ Z &= \cdot & + L_3 \cdot \end{aligned}$$

Aus diesen Gleichungen finden wir

$$\begin{aligned} \sqrt{[F' F' \cdot 2]} \cdot X &= L_1 \cdot [F F \cdot 2] + L_2 \frac{[F F' \cdot 1]}{\sqrt{[F' F' \cdot 1]}} + L_3 \frac{[F F'']}{\sqrt{[F'' F''']}} \\ \sqrt{[F' F' \cdot 1]} \cdot Y &= \cdot + L_2 \sqrt{[F' F' \cdot 1]} + L_3 \frac{[F' F'']}{[F'' F''']} \\ [F'' F'''] \cdot Z &= \cdot + L_3 [F'' F'''] \end{aligned} \quad (13)$$

Bezeichnen wir die auf der linken Seite sich befindlichen Werte mit X', Y', Z' , so wird, wenn wir für die Koeffizienten von L einfache Bezeichnungen einführen

$$\begin{aligned} X' &= \alpha'_1 L_1 + \alpha'_2 L_2 + \alpha'_3 L_3 \\ Y' &= \cdot + \beta'_2 L_2 + \beta'_3 L_3 \\ Z' &= \cdot + \gamma'_3 L_3 \end{aligned} \quad (14)$$

Stellen wir F dar, durch

$$F = [f l] + [f v] = [f l] + [a f] k_1 + [b f] k_2 + [c f] k_3$$

(siehe Jordan-Eggert I. Bd. 8. Aufl. Seite 142) so ist

$$[F F] = [f f] - \left\{ \frac{[a f]^2}{[a a]} + \frac{[b f \cdot 1]^2}{[b b \cdot 1]} + \frac{[c f \cdot 2]^2}{[c c \cdot 2]} \right\} = [\alpha \alpha]$$

Ebenso kann man setzen für

$$\begin{aligned} [F' F'] &= [f' f'] - \left\{ \frac{[a f']^2}{[a a]} + \frac{[b f' \cdot 1]^2}{[b b \cdot 1]} + \frac{[c f' \cdot 2]^2}{[c c \cdot 2]} \right\} = [\beta \beta] \\ [F'' F''] &= [f'' f''] - \left\{ \frac{[a f'']^2}{[a a]} + \frac{[b f'' \cdot 1]^2}{[b b \cdot 1]} + \frac{[c f'' \cdot 2]^2}{[c c \cdot 2]} \right\} = [\gamma \gamma] \\ [F F'] &= [f f'] - \left\{ \frac{[a f] \cdot [a f']}{[a a]} + \frac{[b f \cdot 1] \cdot [b f' \cdot 1]}{[b b \cdot 1]} + \frac{[c f \cdot 2] \cdot [c f' \cdot 2]}{[c c \cdot 2]} \right\} = [\alpha \beta] \\ [F F''] &= [f f''] - \left\{ \frac{[a f] \cdot [a f'']}{[a a]} + \frac{[b f \cdot 1] \cdot [b f'' \cdot 1]}{[b b \cdot 1]} + \frac{[c f \cdot 2] \cdot [c f'' \cdot 2]}{[c c \cdot 2]} \right\} = [\alpha \gamma] \\ [F' F''] &= [f' f''] - \left\{ \frac{[a f'] \cdot [a f'']}{[a a]} + \frac{[b f' \cdot 1] \cdot [b f'' \cdot 1]}{[b b \cdot 1]} + \frac{[c f' \cdot 2] \cdot [c f'' \cdot 2]}{[c c \cdot 2]} \right\} = [\beta \gamma] \end{aligned}$$

Auf diese Beziehungen und die Gleichungen (13) und (14) hin finden wir

$$\gamma'_3 = [F'' F'''] = [\gamma \gamma]; \quad \beta'_2 = \sqrt{[F' F' \cdot 1]} = \sqrt{[F' F'] - \frac{[F' F'']^2}{[F'' F''']}} =$$

$$\beta'_3 = \frac{[F' F'']}{[F'' F''']} = \frac{[\beta \gamma]}{[\gamma \gamma]} = \sqrt{[\beta \beta] - \frac{[\beta \gamma]^2}{[\gamma \gamma]}}$$

$$\alpha'_3 = \frac{[F F'']}{\sqrt{[F'' F''']}} = \frac{[\alpha \gamma]}{\sqrt{[\gamma \gamma]}} \quad \alpha'_2 = \frac{[\alpha \beta \cdot 1]}{\sqrt{[\beta \beta \cdot 1]}}$$

$$\alpha'_1 = \sqrt{[\alpha \alpha \cdot 1] - \frac{[\alpha \beta \cdot 1]^2}{[\beta \beta \cdot 1]}} \quad \text{wobei}$$

$$[\alpha \alpha \cdot 1] = [\alpha \alpha] - \frac{[\alpha \gamma]^2}{[\gamma \gamma]}$$

$$[\alpha \beta \cdot 1] = [\alpha \beta] - \frac{[\alpha \gamma] \cdot [\beta \gamma]}{[\gamma \gamma]}$$

$$[\beta \beta \cdot 1] = [\beta \beta] - \frac{[\beta \gamma]^2}{[\gamma \gamma]}$$

Wir stellen hiermit fest, daß die Koeffizienten der fingierten Beobachtungen L mit dem Gewicht 1 identisch mit denen in den entsprechenden Gleichungen von Eggert sind, die unter (9) in seiner Abhandlung gebracht werden. Wir sind auf einem anderen Wege zu dem Eggertschen Ergebnis gekommen. Die hier angewandte Ausgleichungsmethode gilt nicht nur für die Ausgleichung großer Dreiecksnetze, sondern kann immer Anwendung finden.

Für jede Dreieckskette können wir nach dem angegebenen Verfahren fingierte Beobachtungen X', Y', Z' ermitteln, mit denen nicht weitergearbeitet werden darf, sofern sie nicht gegenseitig frei sind. Bestehen Bedingungen von der Art

$$\begin{aligned} p_1' X' + p_2' Y' + p_3' Z' + p_1'' X'' + p_2'' Y'' + p_3'' Z'' + \dots w_{p'} &= 0 \\ q_1' X' + q_2' Y' + q_3' Z' + q_1'' X'' + q_2'' Y'' + q_3'' Z'' + \dots w_{q'} &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

so sind in diesen die fingierten Beobachtungen $X', Y', Z', X'', Y'', Z''$ durch die freien Funktionen L (Gleichung 14) zu ersetzen. In den Bedingungsgleichungen kommen dann nur noch die wie ursprüngliche Beobachtungen zu behandelnden fingierten Beobachtungen L vor.

Anstelle der Funktionen (2) kann man auch andere fingierte Beobachtungen als Ausgangswerte ansetzen. Wählen wir z. B. für

$$Z = [F'' l] \quad Y = [F' l] \quad X = [F l]$$

so erhalten wir als gegenseitig freie Funktionen

$$L_3 = Z = [F'' l] \text{ mit dem Gewicht } 1: [F'' F'']$$

$$L_2 = [F' l] - [F'' l] \frac{[F' F'']}{[F'' F'']} = Y - L_3 \frac{[F' F'']}{[F'' F'']}$$

mit dem Gewicht 1: $[F' \cdot F' \cdot 1]$

$$L_1 = X - L_3 \frac{[F F'']}{[F'' F'']} - L_2 \frac{[F' F'' \cdot 1]}{[F' F' \cdot 1]} \text{ mit dem Gewicht } 1: [F F \cdot 2]$$

und hieraus

$$\begin{aligned} X &= L_1 + L_2 \frac{[F' F'' \cdot 1]}{[F' F' \cdot 1]} + L_3 \frac{[F F'']}{[F'' F'']} \\ Y &= \cdot + L_2 \quad \quad \quad + L_3 \frac{F' F''}{[F'' F'']} \\ Z &= \cdot \quad \quad \quad + L_3 \end{aligned} \quad (16)$$

oder auch

$$\begin{aligned} X = X' &= L_1 + L_2 \frac{[\alpha \beta \cdot 1]}{[\beta \beta \cdot 1]} + L_3 \frac{[\alpha \gamma]}{[\gamma \gamma]} \\ Y = Y' &= \cdot + L_2 \quad \quad \quad + L_3 \frac{[\beta \gamma]}{[\gamma \gamma]} \\ Z = Z' &= \cdot \quad \quad \quad + L_3 \end{aligned} \quad (17)$$

Durch diese Gleichungen sind uns andere Beziehungen zwischen den angesetzten fingierten Beobachtungen X, Y, Z und den gegenseitig freien Funktionen L gegeben, die nicht mehr gleiches Gewicht haben.

Eggert hat in seiner Arbeit das weitere Verfahren bei der Ausgleichung angegeben, sodaß es sich erübrigt, näher darauf einzugehen. Bei jeder Ausgleichung ist es möglich, eine Anzahl von Beobachtungen zu einer Funktion zusammenzubringen, die als Ausgang für weitere Ausgleichungen dienen

kann. Voraussetzung ist, daß sie bei der Behandlung als direkte Beobachtung gegenseitig frei von allen anderen vorhandenen direkten und fingierten Beobachtungen ist. Es wäre sehr interessant und bedeutungsvoll, wenn nach dieser Ausgleichungsmethode größere Dreiecksnetze bearbeitet würden, um auch einmal praktisch feststellen zu können, inwieweit eine Einschränkung der Rechenarbeit in Frage kommt.

Messungstechnische Aufgaben beim Bau großer Brücken.

Von Paul Haag, Oberlandmesser, Berlin.

An den gewaltigen Aufgaben, die der Führer durch sein Aufbauwerk und in besonderen durch den Bau der Reichsautobahn der Technik gestellt hat, nimmt auch die Messungstechnik eine hervorragende Stelle ein.

Zwar ist von jeher bei jeder technischen Aufgabe gemessen worden. Der Ingenieur, der Physiker, der Chemiker, der Handwerker: alle besitzen Zollstöcke, Rechenschieber oder Raumlehren, Gewichte, also Werkzeuge, die sie bei den verschiedenen Messungsarten anwenden müssen. Auch beim Bau von großen Brücken sind verschiedene messungstechnische Aufgaben zu erfüllen. Der Geologe mißt durch Bohrungen in die Tiefe und untersucht den Baugrund, der Physiker macht dieselben Untersuchungen durch Messen von künstlich erzeugten Erdwellen. Der Bauingenieur mißt in den 3 Dimensionen die einzelnen Bauteile, wie auch der Maschineningenieur in der Werkstatt und bei der Montage genaue Längen, Stärken und Höhen seiner Stahlkonstruktion laufend feststellen muß.

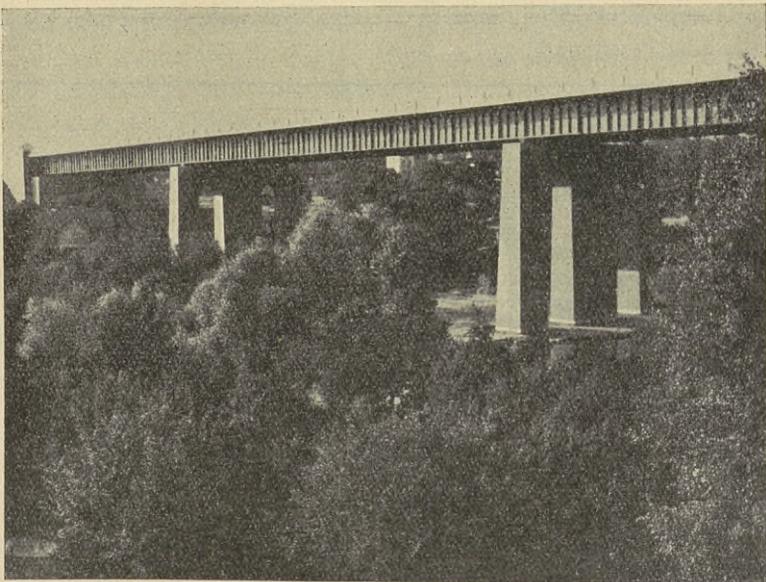


Abb. 1.
Teil der Rüdersdorfer Brücke.

Aber gerade heutzutage ist durch die besondere, auf Einsparung von Material abzielende, und aus statischen Gründen verlangte Konstruktion großer Bauwerke auch der Vermessungsfachmann selbst berufen, sein rein fachmännisches Können in den Dienst zu stellen und dort mitzuwirken, wo geodätische Aufgaben von außerordentlicher Genauigkeit und Prüfungsmessungen besonderer Art verlangt werden.

Der Bau großer Brücken im Reichsautobahnbezirk Berlin hat an den Vermessungsingenieur Aufgaben gestellt, die in Fachkreisen von allgemeinem Interesse sein dürften und in folgendem geschildert werden sollen.

Im Berliner Ring befinden sich 2 große Brückenwerke; das eine am Talübergang bei Rüdersdorf im Osten von Berlin rd. 1000 m, d. h. 750 und 250 m lang, das andere im Westen über die Havel ca. 3 km unterhalb von Werder mit einer Länge von 704 m (s. Abb. 1 u. 2).

Bei Frankfurt a. O. wird z. Zt. eine ca. 900 m lange Brücke über die Oderniederung vorbereitet. Die Konstruktionsarten solcher großer Brücken können sehr verschieden sein. Die fertige Rüdersdorfer Brücke sowie die im Bau befindliche Havelbrücke bestehen aus je vier parallel nebeneinander liegenden zusammengeschweißten Stahlblechträgern von 2,80 bis 3 m Höhe, die von einer Anzahl schmaler Pfeiler mit Pendelstützenlagern im Abstand von 50—60 m getragen werden.

Diese Träger sind der Länge nach so zusammengeschweißt, daß zusammenhängende Stücke von 350 bzw. 400 m Länge entstanden sind; sie ruhen in der Mitte der Brücke auf festem Lager, auf allen anderen Pfeilern bis zu den Widerlagern auf beweglichen, den sog. Pendelstützen, so daß sie mit den Temperaturkräften spielen können. Sie alle tragen die sog. Fahrbahndecke aus Eisenbeton.

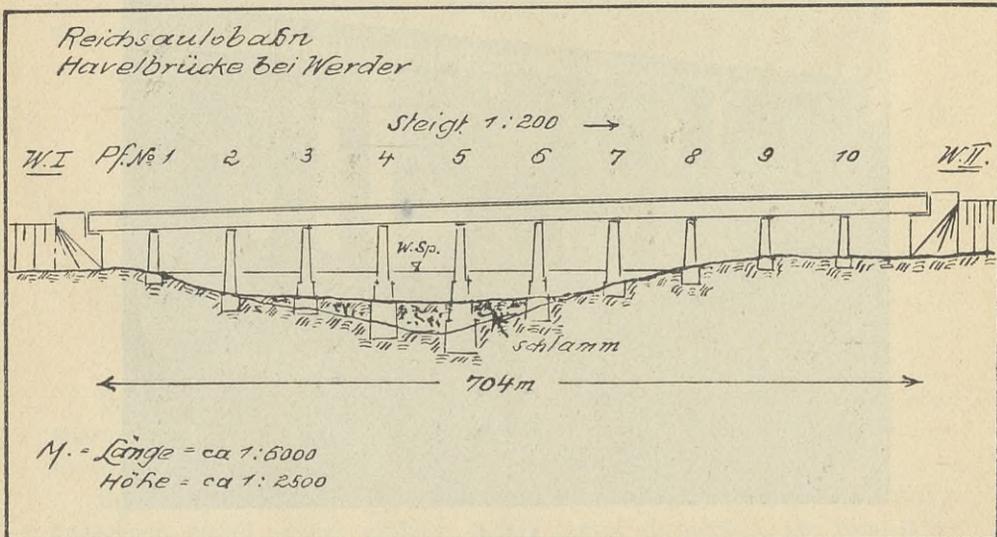


Abb. 2.

Die Bauart von Brücken mit derartigen langgeschweißten Trägern stammt aus Amerika. Bei uns in Deutschland wird erst seit wenigen Jahren so gebaut; Erfahrungen über die Sicherheit sind noch nicht genügend vorhanden, weshalb die oberste Bauleitung äußerste Vorsicht während des Baues verfügt und auch den Vermessungs-Ingenieur zu weitaus größerer und vielseitiger Tätigkeit herangezogen hat, als dies sonst beim Bau von Brücken bis jetzt der Fall war.

Wir können die messungstechnischen Aufgaben in 4 Abschnitte einteilen:

1. Die Festlegung der Brücke, also von Pfeilern und Widerlagern, im Gelände nach Lage und Höhe.
2. Die Prüfungsmessungen während des Bauens der Pfeiler und Widerlager, also bautechnische Messungen.
3. Die Feinmessungen am Stahlüberbau.
4. Die Feinmessungen beim Aufbringen der Fahrbahndecke.

I.

Die Festlegung der Brücke im Gelände dürfte wohl als die Hauptaufgabe für den Verm.-Ingenieur anzusprechen sein. Auf diesem Gebiet hat uns die Brücke über die Havel sehr interessante Aufgaben gestellt.

Stellen wir uns vor, wir stehen an deren Ufer in der hüben und drüben durch 2 Pfähle festgelegten Reichsautobahnachse. Die beiden Ufer trennt eine 450 m breite Wasserfläche. Wir erhalten die Zeichnung der Brücke mit 10 Pfeilern, davon 6, die ins Wasser fallen, und 2 Widerlagern (Länge der Brücke 704 m von Auflager zu Auflager) mit dem Auftrage, die einzelnen Brückenteile mit Millimetergenauigkeit ins Gelände zu übertragen. In diesem Auftrage liegt also schon die Frage beantwortet, die wir uns in erster Linie zu stellen haben: Die Frage nach der Genauigkeit.

Die oberste Bauleitung verlangte Millimetergenauigkeit, weil die Pfeiler aus architektonischen und wirtschaftlichen Gründen sehr schmal gehalten waren, und die statische Berechnung für geschweißte Brücken nur eine geringe Differenz zuließ. Auf den Einwand, daß es mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln und Geräten nicht möglich sei, eine Länge von 700—800 m auf Millimeter zu garantieren, lautete der Auftrag, die bestmögliche Genauigkeit anzustreben. Gesetzlich erlaubte Fehlergrenzen fallen also ganz weg.

Unser Meßgerät besteht aus einem Theodolit mit Sekundenablesungsmöglichkeit und optischem Lot, einem Paar 5 m Präzisions-Schneidelatten, Rollmeßband, Fluchtstäben, Loten, Nivellier-Instrument usw.

Zuerst gilt es nun, alle die Punkte zu schaffen, die wir brauchen, um direkt, oder meistens indirekt, die für den Bau notwendigen Pfeilerachsen festzulegen. Die Aufgabe, theoretisch gedacht, bietet für den Fachmann nichts Neues. Mit Hilfe einer dem Flußufer entlang gemessenen Basis wird in einem Dreieck durch Winkelmessung und Berechnung nach dem Sinus-Satz die Entfernung zwischen Punkten des einen und anderen Ufers bestimmt.

Von größter Wichtigkeit ist jedoch das Bestreben, die geforderte Genauigkeit zu erlangen; hierbei sind folgende messungstechnische Gesichtspunkte zu beachten:

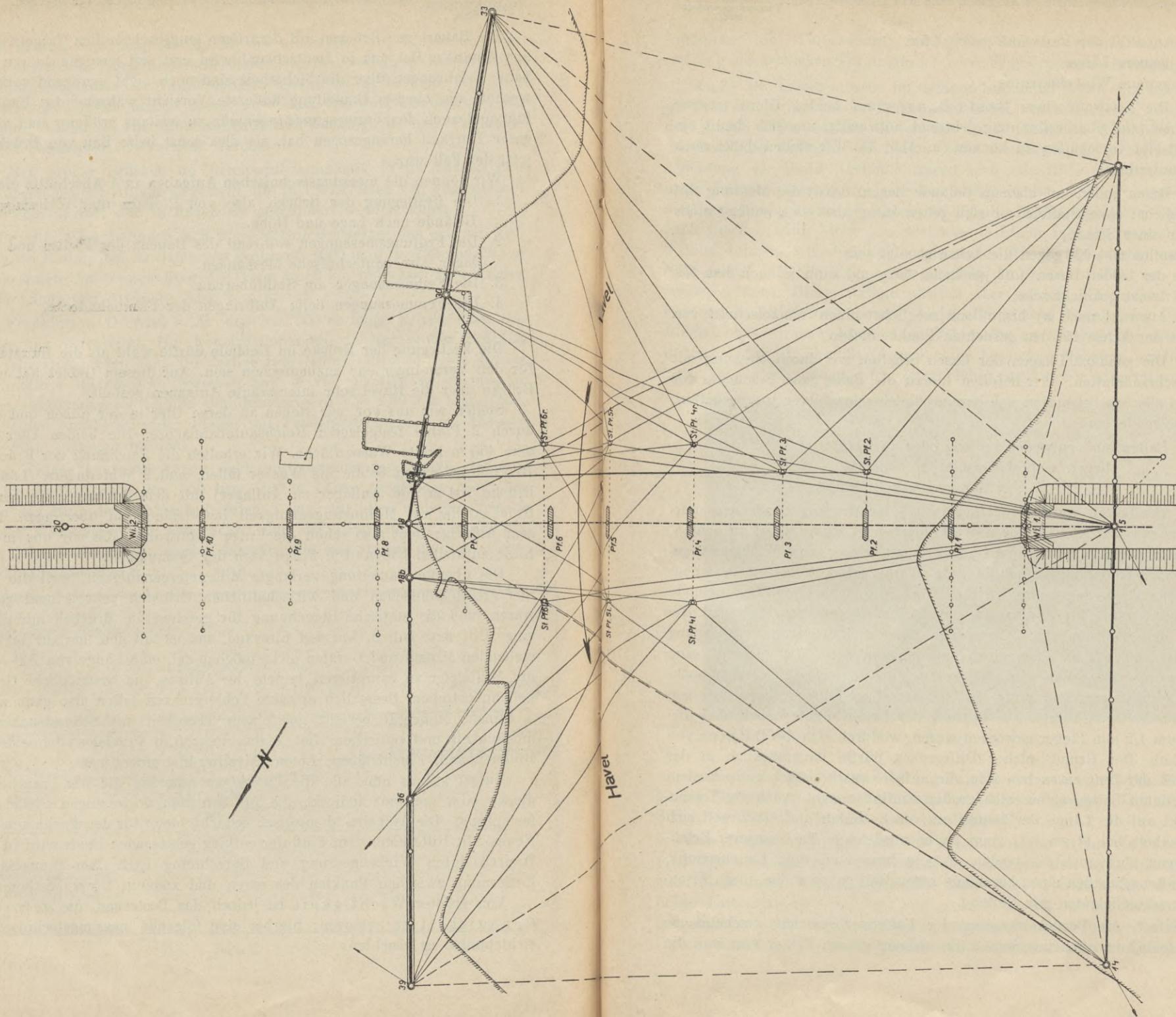


Abb. 3.

1. Die Auswahl der Basis auf jedem Ufer,
2. ihre genaue Länge,
3. eine genaue Winkelmessung.

Zu 1. Die Auswahl eines Basis-Paares auf beiden Ufern ist zur Kontrolle bzw. zur Überbestimmung dringend notwendig, um sich damit ein Genauigkeitsbild verschaffen zu können (s. Abb. 3). Wir stellen dabei noch folgende Forderung:

a) die Basen sollen auf ebenem Gelände liegen, damit die Messung mit Latten möglichst ohne Staffeln vor sich gehen kann, also etwa entlang eines Weges oder einer Straße;

b) sie sollen 60—90° gegen die Achse geneigt sein;

c) jede der beiden Basen muß genügend lang und kann je nach dem Gelände auch leicht geknickt sein;

d) die Auswahl nach a) bis c) soll möglichst einen Winkelschnitt von ca. 45° mit der Achse für den gesuchten Punkt ergeben.

Zu 2.: Die genauen Längen der Basen erhalten wir durch Messung mit Präzisionsschnidelatten. Wir bereiten hierzu die Basis ganz besonders vor und suchen alle uns bekannten sich hereinschleichenden Fehler auszuschalten, die etwa folgende sind:

a) Die Latten sind entweder zu lang oder zu kurz,

b) „ „ liegen nicht horizontal im Gelände,

c) „ „ „ „ in der genauen Richtung.

Zu a) Die Latten werden vor und nach jeder Messung mindestens morgens und abends am Komparator geprüft; hierbei ist streng dabei zu achten, daß der Komparator einwandfrei montiert ist. Unser von Wichmann gelieferter hat erst dann gleichmäßig gute Werte geliefert, als er in einem trocknen Raum eine feste, massive Bohle als Unterlage erhielt. Die laufende Prüfung der Latten am Komparator ergab das interessante Bild, daß die Latten in den verschiedenen Jahreszeiten einer viel größeren Veränderung unterworfen sind, als im allgemeinen angenommen wird. Als wir z. B. eine im Sommer gemessene Basis (rd. 360 m lang) im November, Dezember nochmals nachgeprüft hatten, war ihr Maß bei derselben Lattenverbesserung wie im Sommer um 9 cm kürzer. Die Prüfung der Latten ergab jedoch, daß dieselben je um 1,2 mm länger geworden waren, wodurch sich die Differenz von 9 cm aufhob. Der Grund solcher Differenzen dürfte hauptsächlich in der Feuchtigkeit der Luft zu suchen sein, die auf die aus künstlich getrocknetem Holz gefertigten Latten einen solch großen Einfluß ausübt. Auch die Temperatur wirkt auf die Länge der Latten ein; nach Jordan und Gauß soll sich das Tannenholz bei 1° um $\frac{4}{1000}$ mm pro m ausdehnen. Nach unserer Erfahrung bringen aber auch die beiden je $\frac{1}{2}$ m langen eisernen Lattenschuhe, die den Lattenschneiden einen besonders guten Halt geben sollen, ihren Eisenausdehnungskoeffizienten zur Geltung.

So einfach die Berücksichtigung der Lattenverbesserung erscheint, so kommen doch hier erfahrungsgemäß die meisten groben Fehler vor, weil die

Vorzeichen der Verbesserung leicht verwechselt werden. Selbst bei Benutzung des amtlichen Formulars ist Vorsicht und genaue Überlegung geboten.

Zu b) Die Latten müssen im Gelände horizontal liegen. Um solche Fehlerquellen, die immer ein zu langes Maß geben, zu eliminieren, schlagen wir der ganzen Basis entlang 60—80 cm lange Pfähle in Abständen, die ein gleichmäßiges Auflegen der Latten, ohne einzuschlagen, ermöglichen (siehe Abbildung 4). Diese Abstände lassen sich mit Hilfe des Lattengewichtes unter Berücksichtigung der eisernen Lattenschuhe nach der statischen Momentengleichung genau berechnen, so daß die Durchbiegung der Latten praktisch gleich 0 wird. Nicht ganz festsitzende Pfähle müssen verstrebt werden. Sodann bringen wir die Pfähle mit einem Nivellierinstrument auf gleiche Höhe, wobei wir allerdings einige Staffeln, an denen zu loten ist, nicht vermeiden können. Diese Staffeln müssen aber auf ein Mindestmaß reduziert werden; es ist deshalb besser, kleine Bergrücken abzuheben, Dämme zu durchstechen, Gräben durch einen Bohlensteg zu überbrücken usw. An der Havel mußten wir über 3 Wasserbuchten besondere Meßstege aus Bohlen anlegen, zu deren Befestigung 5 m lange Pfähle von 5 zu 5 m eingerammt wurden.

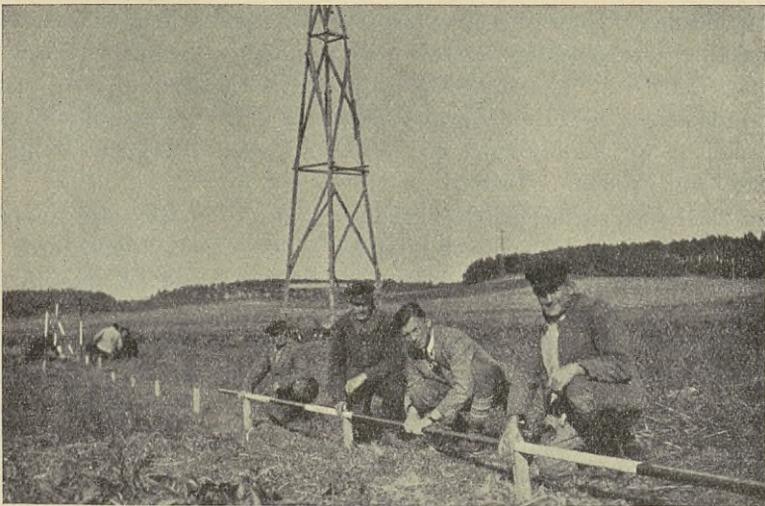


Abb. 4.

Zu c) Um eine genaue Richtung zu erzielen, weisen wir die Pfähle mit einem Theodolit ein und markieren die Linie auf jedem Pfahl mit einem Strich, der für die Lage der Latte maßgebend ist.

Zur Messung benötigen wir 4 Mann. Je 2 Mann halten eine Latte, während der verantwortliche Techniker das Anlegen der Latten besorgt und zwar nicht durch Anstoßen, sondern durch leichtes Einschieben der beweglichen Latte von der Seite oder von oben — an die auf den beiden Pfählen festgehaltene Latte. Auf diese Weise messen wir eine Strecke 6—8 mal an verschiedenen, jedoch nur trockenen Tagen bei verschiedenen Temperaturen.

Bei solchen Messungen erhielten wir auf unseren 3—400 m langen Basen einen mittleren Fehler von 1 bis 2 mm, aber wohlgerne der eigenen Messung und nicht im Vergleich zum absoluten Maß. Ich möchte diese Tatsache ganz besonders betonen, weil der Irrtum entstehen könnte, daß wir mit den vorhandenen Mitteln eine Genauigkeit von 1 mm des absoluten Maßes erreichen könnten. Dies läßt schon die Prüfung der Latten nicht zu. Vom Staatsarchiv ist die Länge der Normalmeter nur mit $\frac{1}{100}$ mm Genauigkeit angegeben. Die Abnutzung der Lattenschneiden, der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit machen sich so verschieden bemerkbar, daß für jede Latte mit einem Fehler von $\frac{1}{10}$ mm also bei 100 m mit 2 mm gerechnet werden muß.

Steht ein Komparator nicht zur Verfügung, so wird es dringend notwendig sein, die Meßwerkzeuge mit denen der Maschinenfabrik, die den Stahlüberbau herstellt, zu vergleichen, damit größere Differenzen vermieden werden.

Zu 3) Winkelmessung: Weil unser Theodolit eine Ablesemöglichkeit von 1 Sekunde a. T. (sogar $\frac{1}{10}$ durch Schätzung) besitzt, ist es von größter Wichtigkeit, auf 2 Fehlerquellen zu achten, nämlich den Zentrierungsfehler und den Zielfehler, wobei wir voraussetzen, daß sich die durch den Theodolit sich ergebenden Fehler durch entsprechende Handhabung eliminieren.

Den Zentrierungsfehler verkleinern wir durch wiederholte Prüfung des optischen Lotes mit dem hängenden Lot bei windstillem Wetter, versehen uns aber trotzdem noch mit einem Windschutz aus 3—4 m langem und 2 m hohem Leinen auf Holzrahmen und gehen mit ganz besonderer Sorgfalt an diese wichtige Forderung heran.

Den Zielfehler suchen wir zu eliminieren durch Anzielen des Fußpunktes und Schaffung eines hellen Hintergrundes in der Zielrichtung durch weiße Tafeln. Wo der Fußpunkt ausnahmsweise nicht zu sehen ist, hängen wir an einem Stativ unter Zuhilfenahme des Windschutzes ein Lot auf und zielen dessen Faden am Aufhängepunkt vor einem dunklen Hintergrund an, nachdem wir den Zielfaden selbst noch mit weißer Kreide bestrichen hatten.

Wir erreichten bei solchen Winkelmessungen einen mittleren Fehler von weniger als einer Sekunde a. T. und Dreieckabschlüsse von 0—3 Sekunden — bei Richtungsbeobachtungen nach 3 Sätzen.

Bei der Berechnung der gesuchten Entfernung aus 4 Dreiecken haben wir zur Vergleichung zwei Wege eingeschlagen:

1. den einfachen der Einzelberechnung in den 4 Dreiecken, also der direkten Ausgleichung, und sodann
2. den der Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen, also nach der Methode der kleinsten Quadrate.

Das Ergebnis war insofern äußerst interessant, als beide Rechnungen gleiche Resultate mit fast gleichen mittleren Fehlern zeigten: an der Havel 465 m \pm 5 mm, an der Oder 700 m \pm 4 mm. Wir können daraus schließen, daß bei solchen genauen Messungen die einfache Ausgleichung vollauf genügen dürfte, und die zeitraubende Rechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate bei den sehr kleinen Widersprüchen erspart bleiben kann.

Wir hängen nun sämtliche Punkte, also die Achspunkte, die Basis-Enden und was noch besonders zu erwähnen ist, die auf den Basen eingewiesenen und mitgemessenen Zwischenpunkte, in einem Koordinatensystem zusammen, wobei die Brückenachse (Autobahnachse) in Richtung der Stationierung als Achse mit dem Nullpunkt der Stationierung angenommen werden kann. Damit werden sämtliche Punkte, die mit Nummern, auch örtlich, bezeichnet sind, durch ihre Koordinaten festgelegt und in einem Verzeichnis aufgenommen. Sie sind das Gerippe unserer weiteren Messungen zur Absteckung der einzelnen Landpfeiler und zur Bestimmung der Lage der Wasserpfeiler.

Die Absteckung der Landpfeiler, deren Achse durch die im Entwurfsplan festgesetzte Stationierung gegeben ist, geht nun von den neu bestimmten Hauptpunkten aus. Wir setzen von ihnen aus in der Brückenachse die ermittelten Abstandsmaße nach derselben Meßmethode ab, wie bei der Basismessung, (horizontale Meßbahn, Lattenverbesserung, Temperaturberücksichtigung) und erhalten so die Pfeilermittelpunkte, auf denen winkelrecht die Pfeilerachsen nach beiden Seiten mit dem Theodolit abgesteckt und durch Pfähle vermarkt werden.

Darauf sichern wir diese Pfeilerachsen auf jeder Seite in Abständen von 40, 70 und 100 m durch 1,30—1,50 m lange Zementsteine mit Bolzen; letztere sind ja die Hauptpunkte, die der Bauunternehmer täglich braucht. Weil sie aber durch den Baubetrieb stets äußerst gefährdet sind, ist der Befestigung und Umwehrung dieser Punkte wie auch sämtlicher anderer Basispunkte eine ganz besondere Beachtung zu schenken. Es wäre verfehlt, nach den mit viel Mühe, Zeit und Geld ausgeführten Messungen an der Vermarkung zu sparen. Auf eine sichere zuverlässige Haltbarkeit der Punkte während des über einen langen Zeitraum sich hinziehenden Bauens müssen wir den allergrößten Wert legen. Schwache Holzpfähle genügen hier nicht. Zur weiteren Sicherheit messen wir auf den äußersten Punkten der Pfeilerachsen Winkel nach gut sichtbaren hochgelegenen Punkten wie Kirchtürmen, Schornsteinen usw. und legen damit für den Fall, daß die dem Bauplatz näher liegenden Achspunkte verletzt oder vernichtet würden, die Richtung der Pfeilerachsen fest; eine Maßnahme, die sich besonders bei der Rüdersdorfer Brücke sehr gut bewährt hat. Außer den Pfeilerachsen sichern wir aber auch die Brückenachse selbst zwischen den Pfeilern durch 2—3 Festpunkte, damit beim Aufbau der Pfeiler, die eine Durchsicht verhindern, jederzeit die Achse angegeben werden kann (s. Abbildung 3).

Zu diesen horizontalen Meßaufgaben kommen nun noch die vertikalen, also die Höhenmessungen, die Schaffung von Höhenfestpunkten. Ein durchgehendes Feinnivellement ist bereits im Zuge der Trassierung der R.A.B. ausgeführt. Da aber an der Havel auf 450 m über das Wasser nur auf einfache Weise mit einem Zeiß II nivelliert wurde, haben wir mit einem sehr feinen Nivellierinstrument (Nagra von Breithaupt, Libellenempfindlichkeit 4 Sekunden) an verschiedenen Tagen jeweils um die Mittagszeit ein Feinnivellement nach dem System der Gegenzielung durchgeführt. Wir wählten die Mittagszeit, weil hier der Einfluß der Refraktion am kleinsten ist.

Durch die Gegenzielung, d. h. durch gleichzeitige Zielung mit zwei gleich guten Instrumenten, auf beiden Ufern einander gegenübergestellt, wobei das eine zum diesseitigen Punkt ganz kurz (3 m), zum jenseitigen Punkt lang (450 m) zielt, heben sich bekanntlich Ziellinienfehler, Erdkrümmung und Refraktion heraus; das Mittel beider so erhaltener Höhenunterschiede ergibt das richtige Maß. (Vgl. Mitteilungen des R.A. für L.A. 1932/33 S. 114.)

Wir verwendeten hierzu Präzisionswendelatten, auf denen jedoch eine genaue Ablesung nicht mehr möglich war. Deshalb benützten wir eine sogenannte Mire, einen Schieber in Form eines Rahmens in Breite der Latte mit einem 2 cm breiten weißen Feld zwischen 2 je 2 cm breiten schwarzen Streifen, der an der Latte auf- und abgeschoben wurde. Da das weiße Feld deutlich sichtbar war, konnte die Mire in vertikaler Richtung bei ein spielender Libelle genau eingewiesen werden, und ein Techniker las die Höhe ab. Leider stand uns nur ein einziges Instrument zur Verfügung; wir waren dadurch gezwungen, die Messungen hintereinander durchzuführen. Das Resultat mehrerer an verschiedenen windstillen Tagen ausgeführter Messungen war sehr gut und wies einen mittleren Fehler von ± 2 mm auf. Gegenüber dem früher mit dem einfachen Zeiß II ausgeführten Nivellement zeigte sich eine Abweichung von 10 mm. Nach der Messung des Höhenunterschiedes auf beiden Ufern stellten wir noch die Höhe einer Reihe von Basis- und Pfeilerachspunkten durch weitere Nivellements fest. Die so erhaltenen Höhenfestpunkte in der Nähe der Landpfeiler und Widerlager dienten als Anschluß für alle weiteren Höhenmessungen.

Damit ist die Absteckung der Brücke abgeschlossen.

Der Bau kann beginnen. Die Baufirmen ziehen auf, richten ihre Baustellen ein. Die abgesteckten Achsen, Höhenpunkte und Sicherungen werden der Bauleitung und den Firmen übergeben gegen schriftliche Anerkennung und der Verpflichtung, die Punkte zu schonen und die notwendigen Sichten nicht durch Baubuden usw. zu verdecken. Hierzu erhält die Firma einen Plan über das gesamte Streckenmeßgelände, in dem die frei zu lassenden Zielsichten eingetragen sind. Nach diesem Plan hat die Firma ihre Baustelle einzurichten.

Es gilt nun, den Firmen die Lage der Wasserpfeiler zu bestimmen, wozu es verschiedene Methoden des Anschneidens gibt. Wir sehen vom Anschneiden der Punkte auf den Bagerüsten oder gar auf den verankerten Schiffen ab, weil dieser Weg mit nur einem Theodolit sehr unsicher ist und jeglicher Kontrolle entbehrt, und entscheiden uns nach Rücksprache mit der Bauleitung und den Baufirmen für Meßstandpunkte 60 m links und rechts der Brückenachse. Es werden an jedem Standpunkt, der mit der Meßleine vorher roh abgemessen wird, Pfahlbündel, bestehend aus 3—20 bis 25 m langen starken Pfählen, sogenannten Dückdalben (nach dem Herzog von Alba) gerammt, die oben fest zusammengezogen werden und eine Tribüne mit Treppen erhalten, auf welcher der Achspunkt durch eine Schraube gekennzeichnet wird. Von 4—6 Basispunkten aus schneiden wir diese Schraube an und ermitteln hieraus als Vorwärtseinschnitt die Koordinaten des Punktes. Dies

scheint im ersten Augenblick unverständlich und zeitraubend; aber gerade das Gegenteil ist der Fall, weil bei den mindestens 10mal sich wiederholenden Prüfungen des Wasserpunktes jede weitere Rechnung wegfällt; denn wir müssen damit rechnen, daß diese Punkte durch Schiffsanstoß, Wellenschlag usw. sich verändern können! Wir bestimmen ein einziges Mal die Näherungskoordinaten, berechnen danach die Azimute, zeichnen sie mit dem Transporteur in einem Achsensystem mit dem Näherungspunkt als Nullpunkt auf, schreiben Azimut und Entfernung an den entsprechenden Strahl und machen uns auf dem Nebenblatt ein Formular für die Berechnung der auf mm lautenden Abweichung des gemessenen Strahls vom Sollstrahl. In kürzester Zeit haben

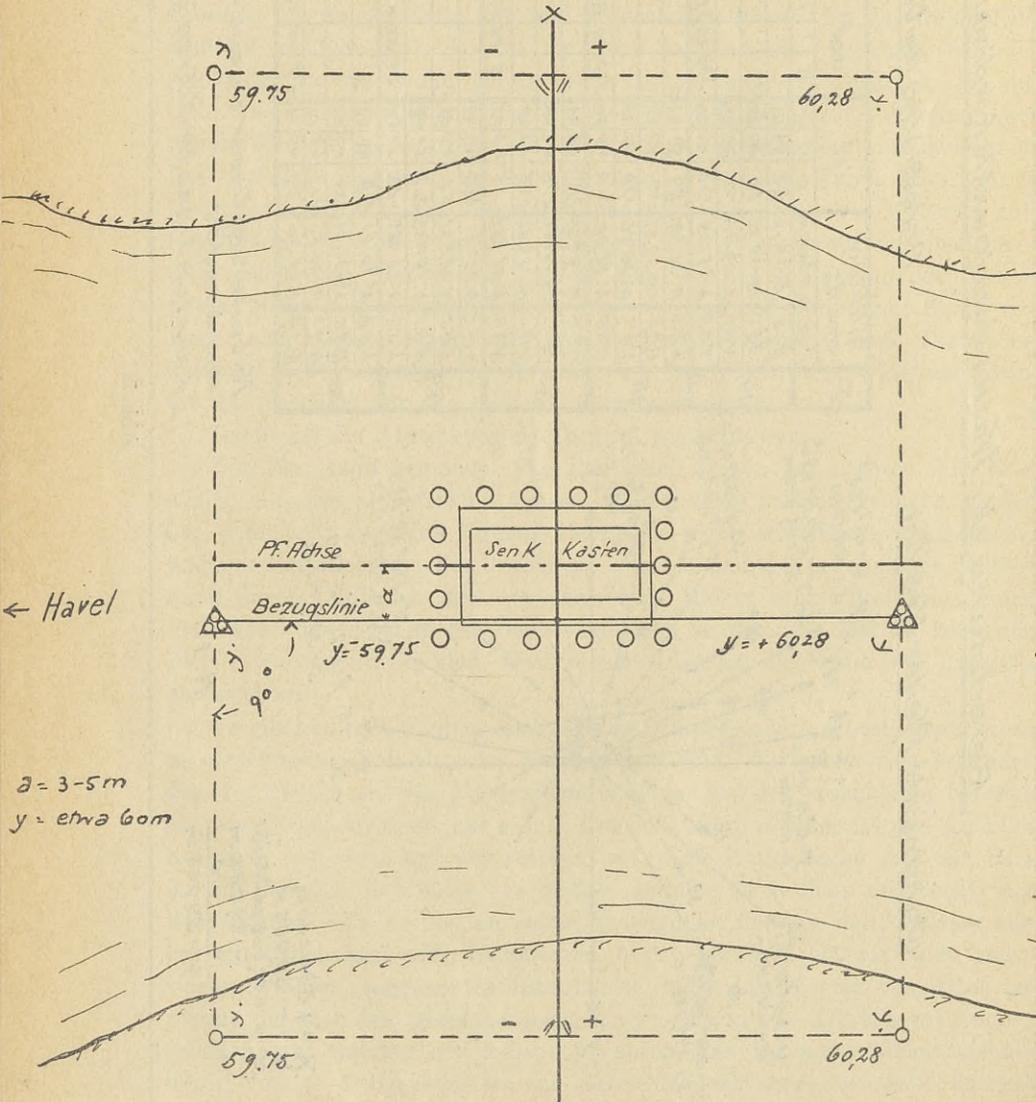


Abb. 6.

wir durch paralleles Abtragen der linearen Verbesserung $\frac{\delta'' \cdot 0,48 \cdot s}{100}$ mm vom Näherungswert im Maßstab 1:1 eine aus den gemessenen 4—6 Strahlen sich bildende, fehlerzeigende Figur, wobei wir die + Werte im Uhrzeigersinn vorwärts, die — Werte entgegengesetzt in die Figur eintragen. Durch Schätzung und gefühlsmäßige Berücksichtigung von Gewichten nach der Länge des Strahls erhalten wir die Koordinaten des Wasserpunktes mit einer Genauigkeit, die bei unsern Messungen innerhalb des Schraubenkopfes liegt, also $\pm \frac{1}{2}$ cm (s. Abb. 5). Von diesem beispielsweise links der Brücke so festgestellten Wasserpunkt ausgehend, richten wir auch auf der rechten Seite der Brücke einen für die Pfeilerachse notwendigen zweiten Punkt ein, dessen Abszissen mit dem ersten Punkt möglichst übereinstimmen, indem wir einen Winkel von 90° zu der durch die Ordinaten dieses Punktes auf beiden Ufern abgesteckten Achsenparallelen absetzen und den Punkt auf der zweiten Meßtribüne ebenfalls durch eine Schraube markieren. Die Ordinate dieses rechts stehenden Punktes braucht, absolut genommen, mit der des linksstehenden nicht übereinzustimmen; beide sollen etwa 60 m lang sein, damit die Meßstandpunkte vom Baubetrieb genügend weit entfernt sind (s. Abb. 6). Wir ermitteln nun auch von diesem Punkt durch Vorwärtseinschnitt und durch graphische Ausgleichung die Koordinaten und finden als Kontrolle die Übereinstimmung der Abszissen beider Punkte auf wenige mm. Die Verbindung beider Wasserpunkte für je einen Pfeiler bildet nun die Bezugslinie zur Pfeilerachse, die 3—5 m je nach Breite des Pfeilers parallel zur letzteren verlaufen kann. Zusammen mit der Brückenachse selbst, die auf beiden Ufern mit hohen Signalen auf Dämmen oder Bergrücken markiert ist, haben wir auf diese Weise die Grundlage für den Bauunternehmer zur Anlegung des Pfeilerfundaments geschaffen, das nach dem Trockenverfahren innerhalb eingerammter Spundwände oder nach dem Luftdruckverfahren durch Absenken einer Art Taucherglocke (Senkkasten oder Caisson) je nach der Tiefe des tragbaren Bodens errichtet wird (s. Abb. 7).

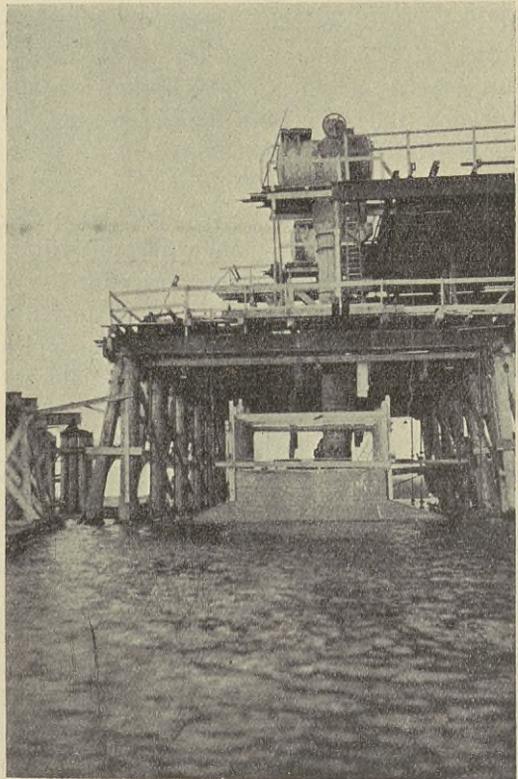


Abb. 7.

II.

Wenn wir bis hierher in unseren messungstechnischen Aufgaben eine rein landmesserische, also geodätische Tätigkeit zu entfalten hatten, so kommen wir jetzt zum 2. Abschnitt: zu den Prüfungsmessungen.

Diese genau so verantwortungsvolle Tätigkeit liegt mehr in der Zusammenarbeit mit dem bauleitenden Tiefbau-Ingenieur. Sie ist von der obersten Bauleitung (O.B.R.) durch Verfügung verankert und ausschließlich dem Verm.-Ing. übertragen, der hier weitgehend auch tiefbautechnische Kenntnisse und Erfahrungen besitzen muß. Die O.B.R. hat dem Vermessungsamt und damit dem von ihm beauftragten Beamten die Aufgabe gestellt, während der ganzen Bauzeit sämtliche Arbeiten in Bezug auf entwurfsgemäße, dimensionale Ausführung nachzuprüfen und etwaige Mängel dem Bauleiter und der O.B.R. sofort zu melden.

Die Arbeiten beginnen mit den Fundamenten. Soweit sie als Trockenfundamente am Ufer und auf dem Land in Betracht kommen, erstreckt sich unsere Tätigkeit auf die Prüfung der Lage zu den Achsen, also auf die Nachprüfung der Schnurböcke oder auch der Spundwände, auf denen die Achsen eingefeilt werden, sodann auf die ausgehobene Fundamentgrube und schließlich auf die eingebrachten Betonmassen und die genaue Anbringung des Granitsockels nach Länge, Breite und Höhe. Mehr Arbeit und eine weitaus größere Verantwortung bringt die Fundierung der Wasserpfeiler nach dem Druckluftverfahren. Wenn ich erwähne, daß 2 von den 4 mit Hilfe von Druckluft errichtete Pfeiler soviel kosten wie alle anderen Pfeiler zusammen (ca. 1 Million RM), so kann man ermessen, welche Bedeutung auch den messungstechnischen Aufgaben zukommt. Bohrungen haben ergeben, daß 2 Pfeiler ca. 10 m, einer 23 m, ein weiterer 26—28 m tief gegründet werden müssen. Das ist die tiefste Gründung, die bis jetzt in Deutschland vorgekommen ist. Solche können nur mit Hilfe einer Taucherglocke oder besser gesagt, eines Senkkastens ausgeführt werden. Derartige Senkkästen, in unsrem Fall 27 m lang, 11 m breit und 5 m hoch, werden für große Tiefen außerhalb der Brücke in einem besonders hierfür gebauten Dock aus Eisenbeton hergestellt, also zuerst eingeschalt, armiert und dann betoniert. Hierbei ist zu prüfen, ob die Schalung nach den vorgeschriebenen Maßen ausgeführt, ob die windschiefe Lage vermieden, und ob die Waage eingehalten ist. Nach dem Betonieren muß der fertige Baukörper von neuem nachgeprüft und ein Pegel mit dem Nullpunkt an den sogenannten Schneiden der Unterkante des Kastens angebracht werden. Der Pegel dient dazu, daß jederzeit die Tiefe und die Schrägstellung bzw. die Waage des Senkkastens am Wasserspiegel abgelesen werden kann. Weil sich die Anbringung des Pegels mit Farbe wegen des Fließens nicht bewährt hat, verwenden wir 20 cm lange Holzleistchen, die jeden Halbmeter markieren und das Aufhalten einer Meßplatte auch noch unter der Wasserfläche ermöglichen. Nach dem Ablassen ins Wasser und Aufhängen an den beiden besonders hierzu konstruierten Schiffen mittels Spindeln wird der Kasten an seinen Platz in der Brückenachse geschleppt. Die genaue Lage wird von den Meßständen aus angegeben. Ein

neuer Bauteil wird aufgeschalt, die Schalung geprüft und nach dem Betonieren auch der Baukörper nachgemessen. Der Pegel wird verlängert und die Absenkung beginnt. Der unter dem Kasten befindliche Arbeitsraum wird unter Druckluft gesetzt, und die darin befindlichen Schlammassen werden durch mechanische Spülung solange herausgeschafft, bis ein Grund erreicht ist, auf dem Menschen arbeiten können. Arbeiter steigen ein, lassen sich durch eine Schleuse langsam unter den für die jeweils vorhandene Tiefe notwendigen Luftdruck setzen und schaffen Schlamm und die Sandmassen über die Schleusen heraus. Im selben Tempo, wie man unter dem Fundament abgräbt, wird über dem Wasser aufgebaut, geprüft und abgesenkt. Bei jeder Absenkung ist zu prüfen, daß der Kasten mit seinen Aufbauten in seiner Achslage verbleibt. Der Bauingenieur steht ständig in Verbindung mit dem Verm.-Ing., der ihm die nicht zu vermeidenden Abweichungen mündlich und schriftlich mitteilt. Die Richtigstellung des Kastens in die Sollage ist dann Sache des Bauingenieurs. Vor der letzten Absenkung stellt der Verm.-Ing. die Lage des Kastens auf der Sohle, also im Arbeitsraum, und die Höhe über N.N. fest, um sich zu vergewissern, daß die Achsen über dem Wasser und im Arbeitsraum im wesentlichen übereinstimmen. Zu dieser Feststellung müssen aber zwei Schleusen zur Verfügung stehen, die zusammen die Bildung der Basis beim Herunterloten der über dem Wasser festliegenden Achse ermöglichen. Etwaige größere Differenzen (1 bis 2 cm) werden bei der letzten Absenkung möglichst ausgeglichen. Bezüglich der Genauigkeit bei solchen Messungen sei noch erwähnt, daß während der Absenkung die Messungen auf 1—2 cm genügen, bei der letzten Absenkung jedoch eine Genauigkeit von 0,5—1 cm einzuhalten ist. — Wir stehen nun vor der letzten Absenkung. Über dem Wasser wird der Granitsockel, das stets sichtbare unterste Gemäuer, aufgemauert, welches nach endgültiger Absenkung vom Wasser seitlich umspült werden soll. Mit besonderer Sorgfalt muß der Aufriß des Sockels, sein Anzug und die Lage zu den Achsen geprüft und die Höhe der Oberkante festgestellt werden. Mit der letzten Absenkung ist dieser Granitsockel über Wasser nach der Länge, Breite und Höhe in seine Soll-Lage einzurücken: Bauleiter, Baufirma und Vermessungsingenieur arbeiten hierbei eng zusammen, die einen über Wasser, die anderen 28 m unter Wasser und suchen der schwierigsten aller Senkungsarbeiten Herr zu werden. Die nicht zu vermeidenden Differenzen von wenigen cm zwischen Soll und Ist werden in Kauf genommen und bei der Auflagerplatte in der Pfeileroberkante berücksichtigt. Um ein richtiges Bild über die Lage des Pfeilerfundaments zu erhalten, verlangt die Bauleitung eine genaue Aufnahme, zuerst in Sockelhöhe und sodann in Schneidhöhe d. h. in Höhe der Unterkante des Fundaments, also 28 m unter Wasser, mit Angabe der Soll- und Ist-Achsen und der Höhe über N.N. Die Aufgabe ist in derselben Art zu lösen, wie oben vor der letzten Absenkung bereits erwähnt.

Bei der dauernden Prüfung der Achslage haben sich die Meßstandpunkte vorzüglich bewährt und ein genaues Arbeiten ermöglicht (s. Abb. 8). Wir haben auf diese Weise für die Achsangabe eine Genauigkeit von Zentimeterbruchteilen erreicht, wie die späteren Messungen auf dem Montagegerüst erwiesen haben.

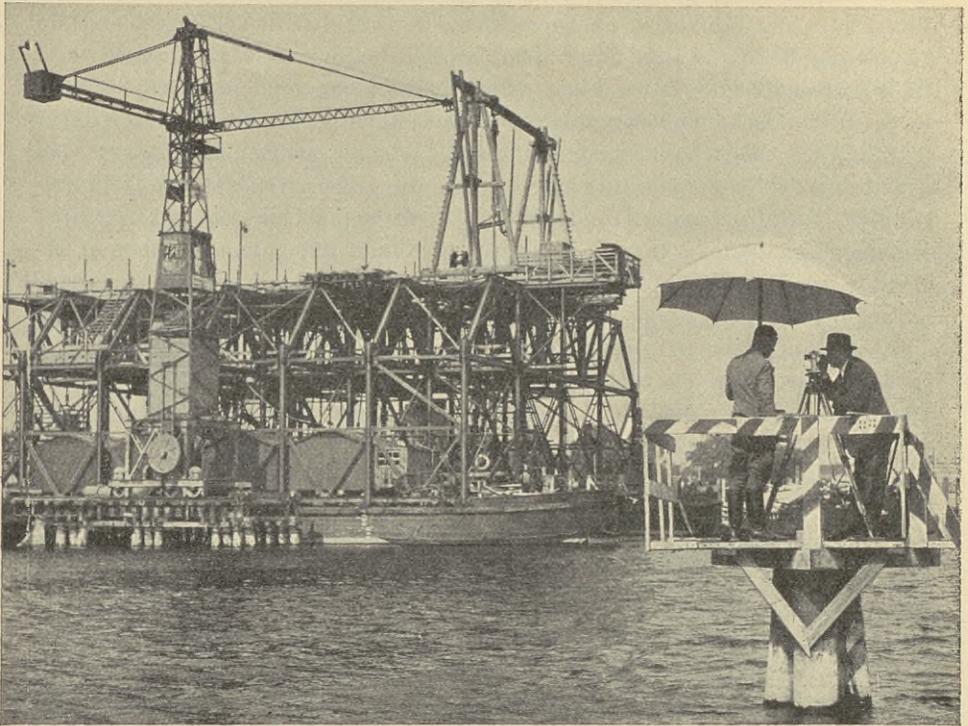


Abb. 8.

Photo Bildverlag.

Das Fundament ragt nun mit seinen Granitsteinsockeln aus dem Wasser, und wir sind mit dem Bau genau so weit wie bei den Trockenfundamenten auf dem Ufer. Der Aufbau des sichtbaren Teils der Brückenpfeiler beginnt, und wiederum ist der Verm.-Ing. zur Stelle, um von seinen Sicherungspunkten Längs- und Querachsen zu prüfen und die Höhen über N.N. festzulegen. Die Schalung des Pfeilerschaftes geht rasch vor sich, und ehe betoniert wird, muß die Schalung auf ihre dimensionale Richtigkeit abgenommen werden (s. Abb. 9). Diese Prüfungen erstrecken sich bei allen Pfeilern bis zum Oberkante-Auflager, d. h. bis zu der Stelle, wo die Auflagerplatten des Stahlüberbaues auf den Eisenbetonplatten des Pfeilers aufliegen, bei den Widerlagern außerdem noch auf die Stirn- und Flügelwände. Nach seiner Entschalung wird der freistehende Baukörper nachgemessen und geprüft, ob die Schalung während des Betonierens nicht nachgegeben hat; ein etwaiges Nachgeben muß dann bei der sogenannten Verblendung d. h. bei der Verkleidung des Betonkörpers mit einer Backsteinschicht, berücksichtigt werden. Auch bei dieser Anlage prüft der Verm.-Ing. die Verschnürung und die richtige Einhaltung des Anzugs d. h. der Verjüngung von unten nach oben an Hand des Planes.

Zu weiteren Aufgaben gehört das Peilen, nämlich die Feststellung der Bodenhöhe über N.N. im Wasser in der Nähe der Pfeiler für Abrechnungszwecke oder zur Erhaltung eines Wasserwegs für durchfahrende Schiffe. Das

Peilen geschieht entweder mit einer 5—8 m langen Peillatte mit Teller oder einem Peil-Lot mit Meßzeichen versehen. Die Höhen werden am Wasserspiegel abgenommen, dessen N.N.-Höhe an einem Pegel abgelesen wird. Zu allen Messungen werden Feldbücher mit einem Durchschlag für die Bauleitung angefertigt.

Die wichtigste Tätigkeit des Verm.-Ing. an Pfeilern und Widerlagern ist die periodische Beobachtung ihrer Setzungen. Um Berlin herum wird durchweg nur auf Sand gebaut. Der Geologe hat zwar durch Bohrungen den Untergrund festgestellt, auch den Bodendruck errechnet; der verantwortliche Bauingenieur will aber wissen, wie der Untergrund während des Aufbringens der Gewichtsmassen und nach der Fertigstellung des Gesamtpfeilers reagiert. Das Maß der Reaktion ist das Sicherheitsthermometer für den Bauingenieur, und dieses Maß festzustellen ist Sache des Verm.-Ingenieurs. Die Messung beginnt nach der Fertigstellung des Pfeilerfundaments; jeder Fundamentteil, der für sich betoniert wird, erhält an den äußeren Ecken Stifte einbetoniert, deren Höhen alsbald von einem Höhenfestpunkt aus mit einem Nivellierinstrument von 20" bis 30" Libellenempfindlichkeit bestimmt werden. Nach jedem weiteren Aufbau, mindestens aber alle 14 Tage erfolgt ein zweites Nivellement, ein drittes und so fort, dessen Ergebnis mit dem vorhergehenden und mit dem ersten verglichen wird. Die genauen periodischen Aufschriebe ergeben, als Diagramm aufgezeichnet, ein ausgezeichnetes Bild über Druckfestigkeit des Bodens, aber auch über gewisse Kräfte im Pfeiler selbst. An der Havel haben wir Setzungen z. B. bei Uferpfeilern von 5—10 mm, bei einem Wasserpfeiler bis zu 60 mm, bei einem andern bis zu 25 mm. Nehmen die Setzungen größere Ausmaße an, wie bei dem mit 60 mm, so setzen wir die Beobachtungen solange fort, bis der Pfeiler zur Ruhe gekommen ist, d. h. bis mehrere Beobachtungen keine Veränderung mehr zeigen.

Diese periodischen Beobachtungen werden nicht nur während des Bauens, sondern noch jahrelang nach Fertigstellung des Bauwerks, jedoch in größeren Zeiträumen durchgeführt. Auf die Genauigkeitsfrage möchte ich weiter unten zurückkommen.

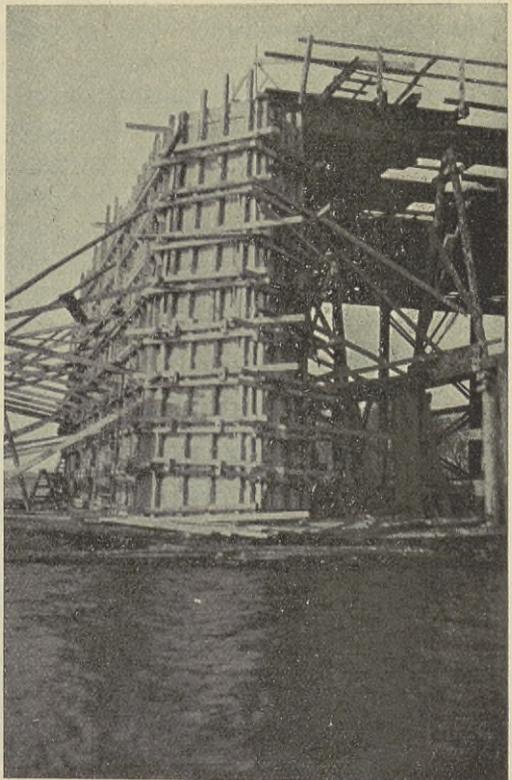


Abb. 9.

III.

Feinmessungen am Stahlüberbau.

Während bei den Tiefbauarbeiten, bei den Messungen von Baukörpern nach stereometrischen Grundsätzen die Genauigkeit nach Zentimetern genügt, wird bei der Stahlkonstruktion durchweg nach mm gearbeitet, sodaß sämtliche Prüfungsmessungen ebenfalls auf mm auszuführen sind.

Die Träger, Auflagerstützen, Verstrebungsteile werden in der Werkstatt der Stahlbaufirma angefertigt, und zwar in einer Länge, daß sie mit Bahn und Schiff transportiert werden können (ca. 30 m lang). Zu gleicher Zeit wird an der Brücke selbst zwischen den fertigen Pfeilern ein sogen. Montagegerüst aus Stahl errichtet, das die einzelnen Trägerteile vor ihrer Schweißung aufnehmen und tragen soll (s. Abb. 10). Die Stahlbaufirma verlangt die Angabe der Achsen für ihre Montage, nämlich die Brückenachse, die einzelnen Pfeilerachsen und die dazu notwendigen Höhen. Sie sind schon zum Teil bei Fertigstellung der Pfeiler durch einbetonierte Bolzen markiert, die ihrerseits auch einnivelliert, also der Höhe nach bekannt sind.

Weitere notwendige Marken und Bolzen werden angebracht und mit dem Theodolit genau festgelegt. Die Nivellements müssen wegen der vorkommenden Setzungen wiederholt werden. Das Montagegerüst ist auf seine Tragfähigkeit zu prüfen, sämtliche Stützen desselben sind vor der Belastung auf ihre Geradheit und ihre lotrechte Stellung zu prüfen und ihre Stützpunkte zu nivellieren, und bei eingehängten Gerüsten die Durchbiegung oder Überhöhung festzustellen. Während der zunehmenden Belastung durch die Hauptträgerteile wiederholen wir diese Messungen, um festzustellen, ob das Montagegerüst für die verschiedenen Lasten die nötige Sicherheit bietet.

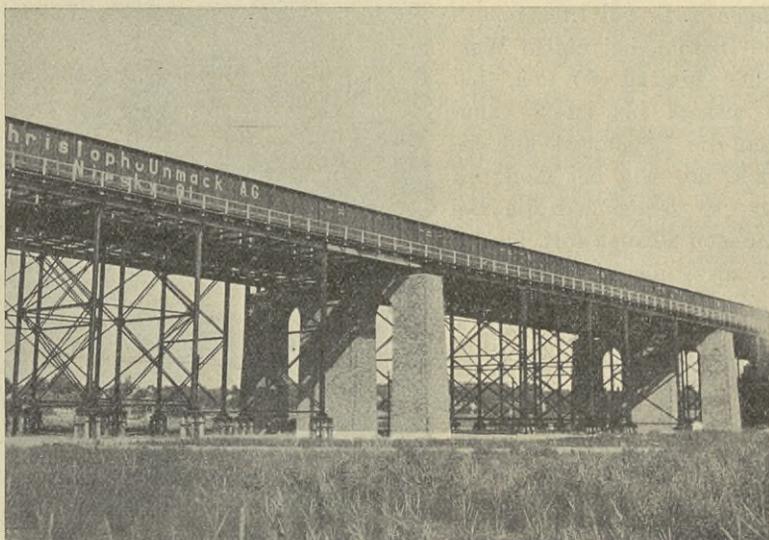


Abb. 10.

Rüdersdorfer Brücke mit Montagegerüst.

Überhöhung der Träger während der Montage

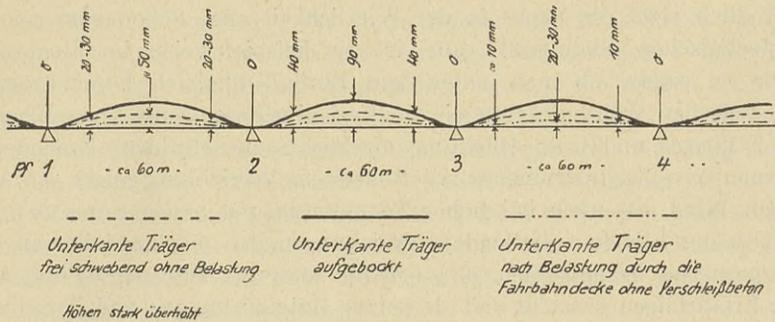


Abb. 11.

Nach diesen vorbereitenden Arbeiten kommen wir zu den Prüfungs-
messungen bei der Montage der Brücke selbst. Jeder Pfeiler erhält seine
Auflagerstützen, die mit mm-Genauigkeit in die Achsen eingewiesen und in
die vorgeschriebene Höhe gebracht werden. Die einzelnen Trägerteile werden
angefahren, auf dem Montagegerüst vorläufig zusammengestellt und
aufgebockt. Wir müssen uns nun vorstellen, daß die Träger bei einer Span-
nung von 60 m bei voller Belastung im Aufriß eine gerade Linie bilden
sollen, folglich unbelastet eine Überhöhung, d. h. ein Bogenpfeilmaß haben
müssen (s. Abbildung 11). Dieses Bogenpfeilmaß rechnet der Statiker für
jeden ca. 6 m langen Trägerstoß aus, und wir unterscheiden zwischen sogen.
Werkstattstößen (sie sind in der Werkstatt schon geschweißt worden) und
den Montage- oder Baustößen, die erst an Ort und Stelle geschweißt werden.
Sind nun die einzelnen Trägerteile aufgebockt, so müssen sie, ehe geschweißt
wird, in ihrer richtigen, vorausgerechneten Überhöhung liegen; dieses festzu-
stellen ist die Hauptprüfungsaufgabe des Vermessungsbeamten während der
Brückenmontage. Kein Baustoß darf geschweißt werden, wenn nicht das
schriftliche Resultat der Höhenprüfung des Verm.-Beamten, anerkannt von
Baufirma und Bauleitung, vorliegt. Solche Arbeiten sind langwierig und zeit-
raubend, weil es selten vorkommt, daß ein Baustoß bei der ersten Prüfung
schon stimmt; es ist notwendig, daß mehrere Baustöße eines Längsträgers zu-
sammen erfaßt werden, weil die Hebung des einen unter Umständen die Sen-
kung des anderen herbeiführen kann. Maßgebend bei allen Höhenmessungen
ist die Unterkante der Untergurt. Auch bei diesen Messungen kann es Wider-
sprüche geben; die Ist-Höhe wird sich nicht immer mit der Soll-Höhe restlos
decken lassen; die fertigen, zur Baustelle gebrachten Werkstattstöße zeigen
Differenzen, und das Nivellieren kann auch nicht fehlerfrei vor sich
gehen, sodaß bei solchen verantwortlichen Messungen die Frage der Fehler-
grenze in erster Linie aufgeworfen werden muß. Man kam mit der Bauleitung
überein, daß die Differenzen, auf 3—4 Baustöße ausgeglichen, nicht mehr
als 3 mm gegenüber dem Soll betragen dürfen; gibt es größere Abweichungen,

so sind sie auf schnellstem Wege der Bauleitung mitzuteilen, die darüber entscheidet, ob der Träger trotzdem zugelassen wird oder ausgewechselt werden muß. So einfach dies mit wenigen Worten hier gesagt werden kann, so umständlich sieht die Sache in der Wirklichkeit aus. Schon vom rein messungstechnischen Standpunkt aus ist es beispielsweise im Hochsommer schwer zu sagen, ob man unter dem Einfluß ungleich hereinströmender Hitze zwischen 2 Eisenträgern einwandfrei nivellieren kann trotz Benutzung eines Schirmes und trotz Abhaltung direkter Sonnenstrahlen. Besonders die modernen Nivellier-Instrumente mit Koinzidenz-Vorrichtung zeigen sowohl bei starkem Wind, als auch bei hoher Temperatur und beim genauen Einspielen der Libelle auffallende Abweichungen. Ich möchte daher an dieser Stelle gerne die Frage stellen, ob auch von anderer Seite auf diesem Gebiet schon Erfahrungen gemacht und ob genaue Untersuchungen und Forschungen, sowie Versuche der Eliminierung unternommen worden sind. Die Prüfungsarbeiten beim Stahlüberbau bestehen in der Hauptsache aus dem Nivellieren, und dies sollte bei den Bauverhältnissen an Brücken zu jeder Tageszeit und bei jeder Witterung einwandfrei möglich sein. Die gleiche Betrachtung gilt auch für die Setzungsbeobachtungen der Pfeiler, wo es mitunter im Sommer vorkommen kann, daß sich, laut Nivellement, ein Pfeiler nicht gesetzt, sondern gehoben hat, was aber in der Regel unwahrscheinlich ist, und der Grund beim Nivellieren zu suchen sein wird. Unter solchen Gesichtspunkten ist die Fehlergrenze von 3 mm oft sehr klein; und der verantwortliche Verm.-Ingenieur kann trotz größter Sorgfalt beim Messen auf größere Differenzen stoßen, die nicht immer bei der Montage zu liegen brauchen.

Ist die Schweißung eines Längsträgers durchgeführt, so wird er abgebockt, d. h. die Stützen auf dem Montagegerüst fallen weg, und der Träger ruht mit seinem Eigengewicht auf den Pendelstützen der Pfeiler; der Träger spielt. Er ist durch sein Eigengewicht zusammengesunken, d. h. die ursprüngliche Überhöhung ist kleiner geworden. Der Statiker erwartet ein gleichmäßiges Reagieren oder Spielen des Trägers, der Verm.-Ingenieur nimmt den Träger von neuem auf und zeichnet das Ergebnis in den Längenschnitt 1:200 mit Höhen 1:2, den sogenannten Ordinatenplan, ein, der die Sollhöhen der Bau- und Werkstattstöße bereits enthält. Dies mit verschiedenen Farben gezeichnet, gibt eine Art Diagramm, ein Bild über die statische Eigenschaft des Trägers, in dem dann später auch die Linie nach dem Aufbringen der Fahrbahndecke eingetragen wird.

Weitere Prüfungsmessungen erstrecken sich auf die Geradlinigkeit der Träger mit dem Theodolit und auf die Einhaltung der genauen Maße der Querträger, zu deren Ermittlung das Meßband benützt wird.

IV.

Feinmessungen beim Aufbringen der Fahrbahndecke.

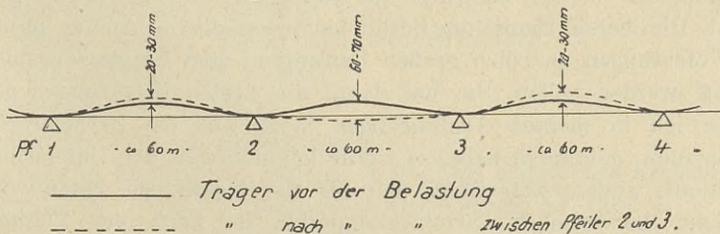
Auf die parallel laufenden Stahlträger ist zum Abschluß die Fahrbahndecke aus Eisenbeton zu bringen. Diese Decke stellt für jede Fahrbahnseite eine Reihe von hintereinander angeordneten Eisenbetonkörpern von 20 bis

30 m Länge, 11,3 m Breite und eine ungleiche durchschnittliche Stärke von 0,35 m dar, von denen jeder auf 2 Trägern für sich eingeschalt und einzeln betoniert wird. Ein laufender Meter hat also ein Volumen von 4 cbm und somit ein Gewicht von 9,6 t, der ganze Körper also 200—300 t; ein ganz gewaltiges Gewicht! Diese Ausmaße hat der Statiker genau berechnet; sie müssen bei der Ausführung eingehalten werden; sie dürfen nicht kleiner wegen der Sicherheit, aber auch nicht größer sein wegen des Übergewichts. Daraus erwächst die messungstechnische Aufgabe, die Schalung der Decke vor dem Betonieren auf ihre entwurfsgemäße Herstellung zu prüfen, was mit dem Nivellierinstrument geschieht. Von 3 zu 3 m werden Querschnitte der Schalung aufgenommen und zu den Trägeroberkanten in Beziehung gebracht; größere Differenzen als 1 cm dürfen nicht vorkommen und müssen vom Unternehmer verbessert werden.

Eine zweite ebenso wichtige Aufgabe ist die Beobachtung des Spiels der Träger während des Aufbringens der Betonmassen. Für den Statiker wie für den bauleitenden Ingenieur ist es von größter Wichtigkeit, zu erfahren, wie die einzelnen Durchgangsteile der Träger mit der Zunahme der Last reagieren, d. h. um welches Maß der Träger im belasteten Teil sich senkt und im unbelasteten Teil sich hebt, und ob dieses Maß sich in den zulässigen Grenzen bewegt (s. Abbildung 12). Mit dieser Aufgabe ist die Feststellung einer der bedeutendsten Sicherheitsfaktoren des ganzen Brückenbaus in die Hand des Verm.-Ingenieurs gelegt. Die Messung geschieht ebenfalls mit dem Fein-Nivellierinstrument, das unabhängig von den belasteten Trägern, also entweder auf den benachbarten Trägern, oder über einem Pfeiler aufgestellt und an einen beliebigen, aber während der Messung und Betonierung gleichbleibenden Festpunkt angeschlossen wird. In dem zu belastenden Feld sind auf den Trägern von 6 zu 6 m $\frac{1}{2}$ m lange Eisenrohre senkrecht befestigt, deren oberstes Ende nivelliert, also zu dem Festpunkt in Beziehung gebracht wird. Der Beton wird nun gleichmäßig eingebracht, der Träger also nach und nach belastet. Von Stunde zu Stunde stellt der Beobachter durch Aufhalten der Nivellierlatte auf die Röhre den Höhenunterschied zwischen diesem und dem Festpunkt her und erhält damit durch Vergleich mit der vorhergehenden Messung das Millimetermaß, um das der Träger nachgegeben hat, also gesunken ist.

Wir haben an der Rüdersdorfer Brücke Absenkungen bis zu 10 cm festgestellt. Von großer Wichtigkeit ist aber nun zu erfahren, wie sich die Träger

Reaktion des Längsträgers bei einseitiger Belastung



Höhen stark überhöht.

Abb. 12.

zwischen den benachbarten Pfeilern verhalten, um welchen Betrag sie sich gehoben haben. Ein Nivellement am Trägeruntergurt entlang, und die Aufzeichnung der so erhaltenen Höhenunterschiede zu der vor der Belastungsveränderung gemachten Höhenaufnahme der nämlichen Punkte zeigt uns diesen Betrag an. Die meßtechnische Aufgabe besteht auch hier fast ausschließlich im Nivellieren, bis der letzte Abschnitt des Fahrbahndeckenkörpers betoniert ist. Sind die Träger statisch richtig berechnet, müssen sie auch jetzt noch eine, wenn auch kleine Überhöhung zeigen, die erst dann gleich Null sein soll, wenn der sog. Verschleißbeton, aufgebracht ist; das ist die ca. 16 cm starke oberste Betonschicht, welche die eigentliche Fahrbahnoberkante darstellt. Diese Schicht muß auf der ganzen Länge der Brücke in einer Ebene liegen, ihr Längenschnitt also eine Gerade bilden; die Überhöhung muß ausgeschaltet sein, denn letztere würde sich beim Befahren mit großen Geschwindigkeiten als Wellenlinie recht unangenehm bemerkbar machen.

Um diese Gerade zu erreichen, rechnet der Statiker aus der vom Verm.-Ingenieur festgestellten Reaktion der einzelnen Träger den Betrag aus, um den sich die Träger durch das Gewicht des Verschleißbetons durchbiegen wird; dieser Betrag ist bei der Angabe der Fahrbahnhöhe als Überhöhung zu berücksichtigen, die dann mit der Aufbringung des Verschleißbetons auf Null zurückgehen wird. Als letzte messungstechnische Tätigkeit wird noch mit dem Theodolit die Bahnachse auf der Brücke genau angegeben, damit die sichtbaren Teile auf der Fahrbahn, wie Mittelstreifen, Randstein und Geländer gerade ausgerichtet werden können und dem Beschauer und Bewunderer der Brücke den verdienten guten Eindruck hinterlassen.

Vor Übergabe an den Verkehr werden auf der Fahrbahndecke Höhenmarken angebracht, einnivelliert, und die Höhen in einem Verzeichnis festgelegt; periodische Beobachtungen (alle $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Jahr) über diese Höhenmarken durch Feinnivellement sollen und werden zeigen, ob die Brücke die an sie gestellten Forderungen bei unregelmäßiger Belastung durch den Verkehr und bei den verschiedenen Schwankungen erfüllt.

Irgend welche Veränderungen, wie Durchbiegungen und Setzungen müssen in enger Zusammenarbeit mit der für die Unterhaltung verantwortlichen Stelle der obersten Bauleitung gemeldet werden. Auch diese Beobachtungen geben, graphisch aufgetragen, ein Bild der Sicherheit, sowohl für die Bauleitung als auch für die Autofahrer, welche die Brücke benutzen.

Ich habe nun ein Bild von der Tätigkeit des Verm.-Ingenieurs auf einem Gebiet entrollt, das vielfach dasjenige des Bauingenieurs berührt oder gar überschneidet. Die oberste Bauleitung Berlin hat jedenfalls von Anfang an erkannt, daß alle Messungen an solch großen Bauwerken vom Vermessungsfachmann ausgeführt werden sollen. Sie hat damit die besten Erfahrungen gemacht.

Wenn ich in meinen Ausführungen meist nur die Berufsbezeichnung Verm.-Ingenieur gebraucht habe, so wollte ich einerseits den Unterschied zum Bauingenieur, andererseits auch den für die Messungen verantwortlichen Berufsträger hervorheben. Selbstverständlich ist auch der Vermessungstechniker bei diesen Messungen in weitgehendstem Maße herangezogen worden, der, hierfür ausgebildet, hervorragende Leistungen vollbracht hat.

Einfache Tafeln zur Umwandlung neuer Winkelteilung in alte Winkelteilung.

Von Vermessungsrat Gelbke in Luckau N/L.

Entsprechend der vom Verfasser in Heft 12 dieser Zeitschrift vom 15. Juni 1938 angegebenen Tafel zur Umwandlung alter in neue Winkelteilung, wurde eine Tafel zur Umwandlung neuer in alte Winkelteilung entworfen, da auch diese Rückumwandlung in Zukunft vielfach wird ausgeführt werden müssen.

Wie bei allen bisher erschienenen Umwandlungstafeln, so ist auch hier das Endergebnis nicht direkt abzulesen. Die anzubringenden Zu- und Abschläge können aber ohne Mühe der Tafel entnommen werden und sind so klein, daß nur Kopfrechnung erforderlich ist.

Für die Umwandlung empfiehlt sich folgender Weg:

Mit der gegebenen Minutenzahl n. T. als einem Argument und der Endziffer der gegebenen Gradzahl n. T. als zweitem Argument gehe man in Tafel 2 ein und entnehme dort im Treffpunkt der beiden Argumentwerte die Minuten und ganz rechts daneben die Sekunden a. T., zu denen noch die aus Tafel 3 zu entnehmenden Sekunden a. T. zu addieren sind. Die Summe wird sofort als endgültiges Ergebnis der Minuten und Sekunden niedergeschrieben. Schließlich bestimmt man aus Tafel 1 durch Subtraktion einer der Zahlen 0 bis 40 von der gegebenen Gradzahl n. T. die Grade a. T., zu denen dann 1° zu addieren ist, wenn der Treffpunkt der Argumentwerte in Tafel 2 im umrahmten Teil lag.

Einige Beispiele zeigen anschaulicher den einfachen Gang der Umwandlung. Hierbei sind lediglich zur Erläuterung Zwischenwerte angegeben, die man bei der praktischen Umwandlung nicht niederschreiben braucht.

1. $245^{\circ} 23^{\circ}$ sei umzuwandeln in a. T..

Tafel 2: Argumente: 23° und 5° (Endziffer der Gradzahl)

Direkte Ablesung: $42' 25,2''$ als endgültiges Ergebnis der Minuten und Sekunden schon jetzt niederschreiben.

Tafel 1: $245 - 25 = 220^{\circ}$

Mithin Lösung: $220^{\circ} 42' 25,2''$

2. $287^{\circ} 73^{\circ} 50^{\circ}$ sei umzuwandeln.

Tafel 2: Argumente: 73° und 7° : $57' 25,2''$

hinzu aus Tafel 3 neben 50° : $16,2''$
Summe $57' 41,4''$ schon jetzt niederschreiben.

Tafel 1: $287 - 29 = 258^{\circ}$

Lösung: $258^{\circ} 57' 41,4''$

3. $95^{\circ} 71^{\circ} 71^{\circ}$ sei umzuwandeln.

Tafel 2: $8' 20,4''$ } Summe $8' 43,4''$ als endgültiges Ergebnis nieder-
Tafel 3: $23,0''$ } schreiben vor Eingang in Tafel 1

Tafel 1: $95 - 10 + 1 = 86^{\circ}$

Lösung: $86^{\circ} 8' 43,4''$

Umwandlung neuer Winkelteilung

Tafel 2.

Tafel 1

g	-	g	-
0		20	
1		200	
10		270	
20		220	
30		230	
40		240	
50		250	
60		260	
70		270	
80		280	
90		290	
100		300	
110		310	
120		320	
130		330	
140		340	
150		350	
160		360	
170		370	
180		380	
190		390	
200		400	
g	-	g	-

	0g	1g	2g	3g	4g	5g	6g	7g	8g	9g	
c											"
0	0	54	48	42	36	30	24	18	12	6	00,0
1	0	54	48	42	36	30	24	18	12	6	32,4
2	1	55	49	43	37	31	25	19	13	7	04,8
3	1	55	49	43	37	31	25	19	13	7	37,2
4	2	56	50	44	38	32	26	20	14	8	09,6
5	2	56	50	44	38	32	26	20	14	8	42,0
6	3	57	51	45	39	33	27	21	15	9	74,4
7	3	57	51	45	39	33	27	21	15	9	46,8
8	4	58	52	46	40	34	28	22	16	10	19,2
9	4	58	52	46	40	34	28	22	16	10	51,6
10	5	59	53	47	41	35	29	23	17	11	24,0
11	5	59	53	47	41	35	29	23	17	11	56,4
12	6	60	54	48	42	36	30	24	18	12	28,8
13	7	7	55	49	43	37	31	25	19	13	01,2
14	7	7	55	49	43	37	31	25	19	13	33,6
15	8	2	56	50	44	38	32	26	20	14	06,0
16	8	2	56	50	44	38	32	26	20	14	38,4
17	9	3	57	51	45	39	33	27	21	15	10,8
18	9	3	57	51	45	39	33	27	21	15	43,2
19	10	4	58	52	46	40	34	28	22	16	15,6
20	10	4	58	52	46	40	34	28	22	16	48,0
21	11	5	59	53	47	41	35	29	23	17	20,4
22	11	5	59	53	47	41	35	29	23	17	52,8
23	12	6	0	54	48	42	36	30	24	18	25,2
24	12	6	0	54	48	42	36	30	24	18	57,6
25	13	7	1	55	49	43	37	31	25	19	30,0
26	14	8	2	56	50	44	38	32	26	20	02,4
27	14	8	2	56	50	44	38	32	26	20	34,8
28	15	9	3	57	51	45	39	33	27	21	07,2
29	15	9	3	57	51	45	39	33	27	21	39,6
30	16	10	4	58	52	46	40	34	28	22	12,0
31	16	10	4	58	52	46	40	34	28	22	44,4
32	17	11	5	59	53	47	41	35	29	23	16,8
33	17	11	5	59	53	47	41	35	29	23	49,2
34	18	12	6	0	54	48	42	36	30	24	21,6
35	18	12	6	0	54	48	42	36	30	24	54,0
36	19	13	7	1	55	49	43	37	31	25	26,4
37	19	13	7	1	55	49	43	37	31	25	58,8
38	20	14	8	2	56	50	44	38	32	26	31,2
39	21	15	9	3	57	51	45	39	33	27	03,6
40	21	15	9	3	57	51	45	39	33	27	36,0
41	22	16	10	4	58	52	46	40	34	28	08,4
42	22	16	10	4	58	52	46	40	34	28	40,8
43	23	17	11	5	59	53	47	41	35	29	13,2
44	23	17	11	5	59	53	47	41	35	29	45,6
45	24	18	12	6	0	54	48	42	36	30	18,0
46	24	18	12	6	0	54	48	42	36	30	50,4
47	25	19	13	7	1	55	49	43	37	31	22,8
48	25	19	13	7	1	55	49	43	37	31	55,2
49	26	20	14	8	2	56	50	44	38	32	27,6
50	27	21	15	9	3	57	51	45	39	33	00,0
c											"
	0g	1g	2g	3g	4g	5g	6g	7g	8g	9g	

Bei Benutzung
 des umrahm-
 ten Teiles
 + 1°

in alte Winkelteilung.

Tafel 2.

	0§	1§	2§	3§	4§	5§	6§	7§	8§	9§	
50	27	21	15	9	3	57	51	45	39	33	00,0
51	27	21	15	9	3	57	51	45	39	33	32,4
52	28	22	16	10	4	58	52	46	40	34	04,8
53	28	22	16	10	4	58	52	46	40	34	37,2
54	29	23	17	11	5	59	53	47	41	35	09,6
55	29	23	17	11	5	59	53	47	41	35	42,0
56	30	24	18	12	6	0	54	48	42	36	74,4
57	30	24	18	12	6	0	54	48	42	36	46,8
58	31	25	19	13	7	1	55	49	43	37	79,2
59	31	25	19	13	7	1	55	49	43	37	51,6
60	32	26	20	14	8	2	56	50	44	38	24,0
61	32	26	20	14	8	2	56	50	44	38	56,4
62	33	27	21	15	9	3	57	51	45	39	28,8
63	34	28	22	16	10	4	58	52	46	40	07,2
64	34	28	22	16	10	4	58	52	46	40	33,6
65	35	29	23	17	11	5	59	53	47	41	06,0
66	35	29	23	17	11	5	59	53	47	41	38,4
67	36	30	24	18	12	6	0	54	48	42	10,8
68	36	30	24	18	12	6	0	54	48	42	43,2
69	37	31	25	19	13	7	1	55	49	43	75,6
70	37	31	25	19	13	7	1	55	49	43	48,0
71	38	32	26	20	14	8	2	56	50	44	20,4
72	38	32	26	20	14	8	2	56	50	44	52,8
73	39	33	27	21	15	9	3	57	51	45	25,2
74	39	33	27	21	15	9	3	57	51	45	57,6
75	40	34	28	22	16	10	4	58	52	46	30,0
76	41	35	29	23	17	11	5	59	53	47	02,4
77	41	35	29	23	17	11	5	59	53	47	34,8
78	42	36	30	24	18	12	6	0	54	48	07,2
79	42	36	30	24	18	12	6	0	54	48	39,6
80	43	37	31	25	19	13	7	1	55	49	72,0
81	43	37	31	25	19	13	7	1	55	49	44,4
82	44	38	32	26	20	14	8	2	56	50	16,8
83	44	38	32	26	20	14	8	2	56	50	49,2
84	45	39	33	27	21	15	9	3	57	51	27,6
85	45	39	33	27	21	15	9	3	57	51	54,0
86	46	40	34	28	22	16	10	4	58	52	26,4
87	46	40	34	28	22	16	10	4	58	52	58,8
88	47	41	35	29	23	17	11	5	59	53	37,2
89	48	42	36	30	24	18	12	6	0	54	03,6
90	48	42	36	30	24	18	12	6	0	54	36,0
91	49	43	37	31	25	19	13	7	1	55	08,4
92	49	43	37	31	25	19	13	7	1	55	40,8
93	50	44	38	32	26	20	14	8	2	56	73,2
94	50	44	38	32	26	20	14	8	2	56	45,6
95	51	45	39	33	27	21	15	9	3	57	18,0
96	51	45	39	33	27	21	15	9	3	57	50,4
97	52	46	40	34	28	22	16	10	4	58	22,8
98	52	46	40	34	28	22	16	10	4	58	55,2
99	53	47	41	35	29	23	17	11	5	59	27,6
c											
	0§	1§	2§	3§	4§	5§	6§	7§	8§	9§	

Tafel 3.

cc	"	cc	"
0	0,0	50	76,2
1	0,3	51	76,5
2	0,6	52	76,8
3	1,0	53	77,2
4	1,3	54	77,5
5	1,6	55	77,8
6	1,9	56	78,1
7	2,3	57	78,5
8	2,6	58	78,8
9	2,9	59	79,1
70	3,2	60	79,4
11	3,6	61	79,8
12	3,9	62	20,1
13	4,2	63	20,4
14	4,5	64	20,7
15	4,8	65	21,1
16	5,2	66	21,4
17	5,5	67	21,7
18	5,8	68	22,0
19	6,2	69	22,4
20	6,5	70	22,7
21	6,8	71	23,0
22	7,1	72	23,3
23	7,4	73	23,7
24	7,8	74	24,0
25	8,1	75	24,3
26	8,4	76	24,6
27	8,8	77	24,9
28	9,1	78	25,3
29	9,4	79	25,6
30	9,7	80	25,9
31	10,0	81	26,2
32	10,4	82	26,6
33	10,7	83	26,9
34	11,0	84	27,2
35	11,3	85	27,5
36	11,7	86	27,9
37	12,0	87	28,2
38	12,3	88	28,5
39	12,6	89	28,8
40	13,0	90	29,2
41	13,3	91	29,5
42	13,6	92	29,8
43	13,9	93	30,1
44	14,3	94	30,5
45	14,6	95	30,8
46	14,9	96	31,1
47	15,2	97	31,4
48	15,6	98	31,8
49	15,9	99	32,1
50	16,2	100	32,4
cc	"	cc	"

In diesem Falle war zu dem Ergebnis nach Tafel 1⁰ zu addieren, weil der Treffpunkt der Argumentwerte in Tafel 1 im umrahmten Teil lag. Die Entscheidung, ob zu dem Umwandlungsergebnis nach Tafel 1 noch 1⁰ zu addieren ist, ist bei der vorliegenden Tafel deswegen besonders leicht zu treffen, weil man in Tafel 1 erst eingeht, nachdem die Umwandlung gemäß Tafel 2 abschließend ausgeführt ist.

4. 389^g 97^c 95^{cc} sei umzuwandeln.

Tafel 2: 58' 22,8" } Summe 58' 53,6" als endgültiges Ergebnis nie-

Tafel 3: 30,8" } derschreiben, ehe man in Tafel 1 eingeht.

Tafel 1: 350⁰

350⁰ 58' 53,6"

Bücherschau.

Große Mathematiker. Eine Wanderung durch die Geschichte der Mathematik vom Altertum bis zur Neuzeit. Von Dr. Gerhard K o w a l e w s k i, ord. Professor an der Technischen Hochschule in Dresden. Mit 35 Textfiguren und 16 Kunst-drucktafeln. 300 S. 8⁰. J. F. Lehmanns Verlag, München/Berlin 1938. Geh. RM. 10.20, Lwd. RM. 11.60.

Was ist Mathematik? Auf diese einfach gestellte Frage gibt die Literatur der Mathematik und ihrer Angrenzgebiete die verschiedenartigsten Antworten. Die einfachste, schulmäßige Formulierung „Mathematik ist die Wissenschaft von den Größen“ kann als erstes Glied einer Definitionsreihe angesetzt werden, die etwa mit der tiefgreifenden Formulierung des mathematischen Philosophen Bernhard Bolzano (1781—1848) „Mathematik ist die Wissenschaft von den hypothetischen Notwendigkeiten“ schließt. Dazwischen liegt die Definition der universellen wissenschaftlichen Persönlichkeit, dessen Bild den Umschlag des oben angezeigten Werkes ziert, Gottfried Wilhelm Leibniz (1646—1716) „Mathematik ist die Wissenschaft vom Vorstellbaren“. Fügen wir den Ausspruch eines modernen Mathematikers an,*) „daß die Mathematik immer noch die unpopulärste aller Wissenschaften ist“, dann haben wir den Platz gewonnen, von dem aus der Verfasser sein Buch gewürdigt sehen will, „das nicht nur den Bedürfnissen der Fachmathematiker, sondern auch dem weiten Kreise aller derer etwas bieten soll, die um die grundlegende Bedeutung der Mathematik für die moderne Kulturentwicklung wissen“. Ein Lehrbuch, das System und Anwendbarkeit der Mathematik in möglichst „nähtefreier“, dem gegenwärtigen Stand entsprechender Darstellung bringen muß, darf die Sprachgewänder der aus den verschiedenen Entwicklungsperioden stammenden Teile, die von mannigfaltiger Buntheit sind, nicht mehr erkennen lassen. Demgegenüber ist es die Aufgabe einer geschichtlichen Darstellung, die schöpferischen Quellen und die Entwicklung des großen Stromes mathematischer Erkenntnis aus den verschiedenen Gebieten und Zeiten hervortreten zu lassen. Welche Lebendigkeit die Darstellung gewinnt, wenn Leistungen und Lebensschicksale der schöpferischen Mathematiker in den Vordergrund der Darstellung gerückt werden, zeigt das vorliegende Buch. — Nach einem Rückblick auf das Altertum und Mittelalter (Thales von Milet 640—550 v. Chr. . . ., Pythagoras 570—496 v. Chr. . . ., Euklid um 300 v. Chr. . . ., Diophant Ende des 3. Jahrh. n. Chr.) setzt die Schilderung des mathematischen Aufschwungs durch die Renaissance und Reformation (Cardano 1501—1576 . . ., Napier 1550—1617 . . ., Briggs 1556—1630) ein, geht über die Vorläufer (Descartes 1596 bis 1650 . . ., Galilei 1564—1642 und Huygens 1629—1695) zu den Begründern der Infinitesimalrechnung (Newton 1642—1727 und Leibniz 1646—1716) und schließt mit dem Ausbau der höheren Analysis („die Bernoullis“ von 1623—1790 . . ., Euler 1707—1783 . . ., Lagrange 1736—1813, Laplace 1749—1827 . . ., Gauß 1777—1855, Cauchy 1789—1857). Anziehend sind besonders die letzten beiden Abschnitte, in denen die Arbeiten und Bemühungen der großen Mathematiker um die schwierig-

*) A. V o s s, Ueber das Wesen der Mathematik, S. 2 B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1913.

sten Aufgaben der höheren Analysis anschaulich geschildert werden. Dabei wird in lehrreicher Weise auch auf Irrtümer, falsche Auffassungen und erst späterhin gewonnene einwandfreie Lösungen dieser Probleme hingewiesen, was auf weitgehende Beherrschung dieses Gebietes und vielseitige historische Kenntnisse des Verfassers schließen läßt. Hierdurch wird das Buch für den Fachmathematiker besonders wertvoll, während der Laie auch „darin lesen“ kann, indem er die ausgesprochen mathematischen Abschnitte überschlägt und sich mehr durch das „Drum und Dran“ fesseln läßt. Auf die eingangs gestellte Frage, was Mathematik angesichts der Verschiedenartigkeit der vorliegenden Definitionen und Aufgaben eigentlich sei, läßt sich nur der Hinweis geben, daß man eine Antwort nur dann erhalten kann, wenn man sich mit ihren großen Problemen, so wie sie im vorliegenden Buch geschildert werden, eingehend beschäftigt hat. Wer dann die weitere „Entwicklung der Mathematik“ im 19. Jahrhundert verfolgen will, sei auf die eindrucksvollen Vorlesungen hierüber hingewiesen, die Felix Klein an seinem Lebensabend an der Göttinger Universität gehalten hat. Diese und weitere Literatur- sowie Quellenangaben und ein Namens- und Sachverzeichnis bilden den Schluß des gut ausgestatteten Bandes.

E. Brennecke.

Mathematische Raumbilder von O. Köhler—U. Graf—C. Calov. Vierundzwanzig Plastoreoskopdrucke (nach patentiertem Verfahren hergestellt) mit erklärendem Text und mit einer Einleitung. Dreyer & Co. Buchdruckerei und Verlagsgesellschaft mbH. Berlin SW 61, Yorckstr. 59. 1938. 66 S., mit einer Farbfilterbrille, in Ganzleinen 4.— RM.

Der Beruf des Vermessungsingenieurs fordert bereits von dem angehenden Geodäten ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen. Zur Erlangung desselben bieten ihm die als Anaglyphen gefertigten 24 Stereogramme eine recht willkommene Hilfe. Diese Plastoreoskopbilder sind in Anschaulichkeit jedem Flachbild weit überlegen; zudem gewähren sie gegenüber den eigentlichen Körpermodellen noch manche Vorteile, wie z. B. die vollständige Durchsichtigkeit und die stets sichtbare Beschriftung.

Um über den Inhalt des „Modellschranks im Buch“ einiges zu sagen, so erwähnen wir, daß neben den regelmäßigen Körpern die räumliche Entstehung der Kegelschnitte und der Sinuslinie, der Cavalierische Grundsatz, der Rauminhalt der Pyramide und der Kugel, das Hyperboloid, sphärische Figuren (Dreieck, Großkreise, Breitenparallele, Loxodrome), der Deutsche Pavillon in Paris u. a. m. hervorragend dargestellt sind und an räumlicher Wirkung nichts zu wünschen übrig lassen. Von Interesse ist weiterhin auch z. B. der äußerst einfache raumbildmäßige Beweis der Formel $(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$.

Eine besondere Tönung der Bildebenen trug wesentlich zur einwandfreien Ausführung linearer Stereogramme als störungsfreie Anaglyphen bei. Sämtliche Bilder sind mit ausreichendem Begleittext versehen, in dem auf eine innige Durchdringung der Ebenen und der räumlichen Geometrie großer Wert gelegt wurde. Die Bildunterschriften sind außer in Deutsch in Englisch, Französisch, Italienisch und Spanisch angegeben. Wir erwähnen auch, daß man durch Bewegung der Betrachtungslage zu affin veränderten Modellen gelangt, deren Erzeugung den Geodäten beachtenswert sein wird. Schließlich dürfte noch die gleichzeitige Betrachtung eines Photos (Halbtou-Anaglyphen, Blick vom Obersalzberg) mit dem zugehörigen Geländemodell und dem Meßtischblatt das besondere Interesse des Geodäten beanspruchen. Jeder, der sich der Geometrie des Raumes als Grundlehre seines Fachgebietes zu widmen hat, wird die durch die Plastoreoskopbilder vermittelte Belehrung mit wahrer Freude aufnehmen.

Schmehl (Berlin).

Rechenkniife, lustiges und vorteilhaftes Rechnen. Ein Lehr- und Handbuch für das tägliche Rechnen. Von Karl Menninger. Vierte ergänzte Auflage. Ferdinand Hirt in Breslau, Königsplatz 1. 1938. 96 S. In Leinen 2.50 RM.

Das Buch verdankt seine Entstehung dem Wunsche des Verfassers, die Zahlenangst bei vielen Menschen überwinden zu helfen und zu zeigen, daß Rechnen sogar eine Freude sein kann. Folgende Gebiete gelangen zur Darstellung: 1. Rechenproben, 2. Vorteile in den vier Rechenarten, sog. Rechenkniife, 3. Überschlagsrechnungen, 4. Prozentrechnung. Da es an dieser Stelle unmöglich ist, die zahlreichen Rechenvorschriften, Hinweise und Regeln zu besprechen, die der Verfasser in

äußerst anregender und doch systematischer Weise übersichtlich zusammengestellt hat, so möge statt dessen die Angabe einiger einfacher Beispiele genügen, die den Inhalt des Buches charakterisieren dürften.

Ist $4827 \cdot 512 = 2470424$? — Nein; bildet man nämlich die Quersummen der Faktoren und des Produktes (und zwar gegebenenfalls wiederholt, bis sie einstellig werden), so ergibt sich einerseits $Q(4827) = 3$, $Q(512) = 8$ und $Q(3 \cdot 8) = 6$, andererseits $Q(2470424) = 5$. Die Verschiedenheit der beiden Ergebnisse 5 und 6 zeigt an, daß das Produkt falsch berechnet ist; der richtige Wert ist 2471424, $Q(2471424) = 6$. Die „Neunerpäckchen“ $2 + 7 = 9$, $4 + 1 + 4 = 9$ kann man beim Bilden der Quersumme unberücksichtigt lassen!

Um zu entscheiden, ob eine Zahl (z. B. 53081) durch 7, 11 oder 13 teilbar ist, wendet man die „märchenhafte“ 1001-Regel an: „Spalte die Zahl von rechts her in Dreiergruppen; ziehe stufenweise die vordere Gruppe von der hinter ihr stehenden ab und prüfe den Rest auf die Teilbarkeit.“ Beispiel: $53|081$

— 53

28 teilbar durch 7, nicht

teilbar durch 11 und 13. Der Beweis der Regel folgt aus $7 \cdot 11 \cdot 13 = 1001$.

Kennt man die Quadrate der Zahlen von 1 bis 25 auswendig, so kann man leicht die Quadrate der Zahlen 26 bis 125 bilden. z. B. scharen sich die Mittelquadrate der Zahlen 25 bis 75 um die Zahl 50 und sind nach der Regel: „Zähle die Abweichung von 50 zu der Zahl 25 und hänge hieran das Quadrat der Abweichung“ leicht zu berechnen. Beispiel: $57^2 = ?$; $25 + 7 = 32$; anhängen $7^2 = 49$; Ergebnis 3249.

Jedem, der sich das alltägliche Rechnen erleichtern will oder Freude am vereinfachten lustigen Zahlenrechnen hat oder gelegentlich einmal als Rechenkünstler auftreten möchte, kann das Studium des Buches sehr empfohlen werden. Auch der Geodät wird ihm manche wertvolle Anregung entnehmen können.

Schmehl (Berlin).

Mitteilungen der Geschäftsstelle.

Reichsdienst. Ernann: Amtsgem. Rat Dr. Dahl zum Oberreg. Rat b. Reichsamt f. Landesaufnahme. — **Beauftragt:** K. u. Verm. Rat Ellerhorst v. d. HW. IV in Potsdam mit d. Leitg. d. Grenzvermessungsabtlg. bei d. HW. II in Breslau. DRK. Bäckisch v. Bad. Fin. u. Wirtsch. Min. mit d. Leitg. d. Hauptverm. Abt. XII in Stuttgart.

Ernann. Verm. Assessor Dipl. Ing. Hane, Fachlehrer f. Verm. Wesen a. d. Höh. Techn. Staatslehranstalt für Hoch- u. Tiefbau, Berlin-Neukölln, 3. Studienrat.

Preußen. Wasserbauverwaltung. Ernann: 3. Verm. Räten die Reg. Landm. Pohl, Magdeburg u. Wollen, Schweidnitz/Schles.

Bayern. Ernann: 3. Verm. Assessoren die Dipl. Ing. Griesmayer bei d. Zweigstelle d. Oberfinanzpräf. Nürnberg, in Ansbach, Weigand b. Landesverm. Abtlg. München u. Zigmann b. Verm. Amt Wunsiedel. — **Versezt:** Reg. Verm. Rat 1. Kl. Lorenz v. Mess. Amt München II als Mess. amtsdir. a. d. Mess. Amt Traunstein.

Hessen. Entlassung auf Nachsuchen erhielt: Verm. Assessor Ohl b. Landesverm. Amt Darmstadt.

Inhalt:

Wissenschaftliche Mitteilungen: Ueber die Ausgleichung großer Dreiecksnetze, von Nittinger. — Messungstechnische Aufgaben beim Bau großer Brücken, von Haag. — Einfache Tafeln zur Umwandlung neuer Winkelteilung in alte Winkelteilung, von Gelbke.

Bücherschau. — Mitteilungen der Geschäftsstelle.