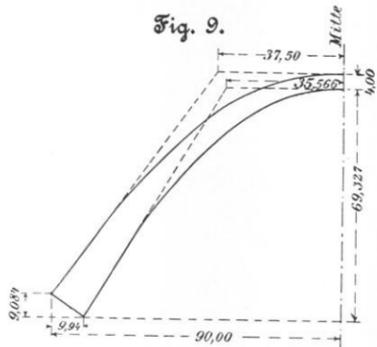


oberen und unteren Auflagern. Die Lagerpunkte sind nicht durch Riegel verbunden.

Die Gerüstpfeiler, sowohl jene an den Thalwänden als die über den Bogenwiderlagern, haben um $\frac{1}{7}$ gegen das Lot geneigte Längswände mit 5 m oberem Querabstand; die senkrechten Querwände sind 15 m von einander entfernt. Die Geschosshöhen sind normal 11,0 bis 12,0 m, richten sich aber im übrigen, insbesondere in den unteren Teilen, nach der Bodengestaltung.



Sowohl Längs- als Querwände haben neben den wagerechten Riegeln doppelte Diagonalausfüllung. Die Auflager sind ebenso wie bei dem Bogen nicht durch Quer- oder Längsriegel verbunden. In der Ebene der Horizontalriegel sind Horizontalverbände angeordnet.

Die beiden äußersten Pfeiler No. 2 und 7 (je gegen Solingen und Remscheid) sind als Ankerpfeiler besonders ausgebildet. Mit ihnen sind die über mehrere Felder durchlaufenden Obergurte der Gerüstbrücke fest verbunden.

Die Säulen der Pendelpfeiler, die sich mit Flachgelenken auf den Bogen stützen, liegen in der Bogenebene und sind durch feste Querrahmen so ausgebildet, dass sie Querkräfte von der Fahrbahn und der Gerüstbrücke auf den Bogenwindträger zu übertragen vermögen.

Sämtliche Lagerpunkte des Bogens und der Gerüstpfeiler sind den Bedürfnissen entsprechend mit den Mauerkörpern fest verankert.

Die Gerüstbrücken mit 15, 30 und 45 m Stützweite haben senkrechte Tragwände von 6,0 m Höhe mit 5,0 m gegenseitigem Mittelabstand und einfache Dreiecksausfüllung mit Fachen von durchgehend 7,5 m Weite. Der Haupthorizontalverband ist in der Obergurtebene und ohne Zuhilfenahme der Fahrbahnkonstruktion gebildet. In den Feldern von 30 und 45 m haben auch die Untergurte einen Windverband. In der Ebene der Endvertikalen sind Querrahmen zur Uebertragung der Auflagerkräfte des oberen Windverbandes auf die Lager vorhanden.

Die Gerüstbrücke läuft, wie schon angegeben, über die ganze Brückenlänge in genau gleicher grundsätzlicher Anordnung durch. Ueber dem Bogen sind die Stützweiten 30 und 15 m, und die Trägerlager auf den Pendelpfeilern sind so eingerichtet, dass statische Unsicherheit nicht entsteht; es sind also die Trägeruntergurte an die Pendelstützen nur mittels Schlitzlochverbindung angeschlossen, während die Träger in den oberen Knotenpunkten mittels Bolzenlager auf den Pendelsäulen gelagert sind.

Die Gerüstbrücken haben über den Gerüstpfeilern und Widerlagern ausschliesslich Rollenlager.

Die Obergurte gehen je über die sämtlichen Seitenfelder und Gerüstpfeiler auf Solinger und Remscheider Seite und ebenso über die ganze Bogenlänge durch und sind mit den Ankerpfeilern 2 und 7 und mit dem Bogenscheitel zur Aufnahme von Längskräften, die in der Fahrbahn auftreten, fest verbunden. Ueber den Querwänden der Gerüstpfeiler sind die durchgehenden Obergurte als Flachgelenke konstruiert, damit durch die Einbiegung der Gerüstträger keine Nebenspannungen entstehen.

Die so gebildeten drei Gruppen Träger sind über den inneren Querwänden der Pfeiler 4 und 5 getrennt, indem die dort angeordneten Verbindungen grössere Längenänderungen für jede der zusammenstossenden Trägergruppen zulassen.

Das Fahrbahngerippe besteht aus Quer- und Schwellenträgern und eisernen Querschwellen, die ausser auf den Schwellenträgern für jedes Gleis noch auf 3 sogen. Entgleisungsträgern gelagert sind. Die Querträger sind über den oberen Knotenpunkten der Gerüstträger in Tangentiallagern gelagert und durch Coupillen gegen Längs- und Querverschiebung gesichert. Die Bremskräfte und alle übrigen längs der Fahrbahn wirkenden Kräfte werden in jedem Fache durch die äusseren, über den Tragwänden der Gerüstträger gelagerten Schwellenträger unmittelbar auf die Obergurte der Gerüstträger übergeführt. Die wagerechten Querkräfte werden durch die zwischen den Schwellenträgern befindliche Horizontalverspannung auf die Querträger und durch diese auf den oberen Verband der Gerüstbrücken übertragen. Ueber den 2 Trennungspunkten (Pfeiler 4 und 5) der 3 Trägergruppen bezüglich der Längskräfte sind die Schwellenträger längsverschieblich und Schienenauszugsrichtungen angeordnet. Eine Längenänderung bis zu 200 mm ist möglich.

Die Fufswege und der Streifen zwischen den beiden inneren Entgleisungsträgern sind mit Riffelblech abgedeckt.

b) Begründung der gewählten Anordnung.

Der Bogen mit breiter Flächenlagerung entstand aus der Ueberlegung, dass es wegen der wagerechten Quer- und Längskräfte zweckmässig sein müsse, die für die Thalhänge ökonomischen Gerüstbrücken in der Weise über der eigentlichen Thalsohle, wo die Pfeiler ausserordentlich hoch werden, fortzusetzen, dass man für eine große Mittelöffnung von den hochgelegenen Thalwänden aus zwei Pfeiler thunlichst rechtwinklig zu den Thalwänden stellt und sie vermittels geringer Krümmung zu einem Bogen mit sehr grosser Pfeilhöhe ausbildet. Diese Anordnung hat zunächst für die Montirung, die ja ohne Gerüst erfolgen musste, den grossen Vorteil, dass die grössten Eisenquerschnitte, also die Haupteisener Mengen, an den Auflagern erforderlich sind, während die Querschnitte gegen die Mitte zu sich verkleinern. Nach den Höhenlagen der Thalwände ergab eine Untersuchung verschiedener Stützweiten, insbesondere von 160 und 180 m, die Weite von 170 m mit $\frac{1}{7}$ Neigung der Tragwände als die zweckmässigste und wirtschaftlichste.

Mit der gewählten Anordnung werden auch die in den felsigen Thalwänden gegebenen grossen Vorteile voll ausgenutzt. Es brauchen die Auflagerkörper nicht grösser zu sein, als die erforderlichen Verankerungen und die Druckverteilung bedingen.

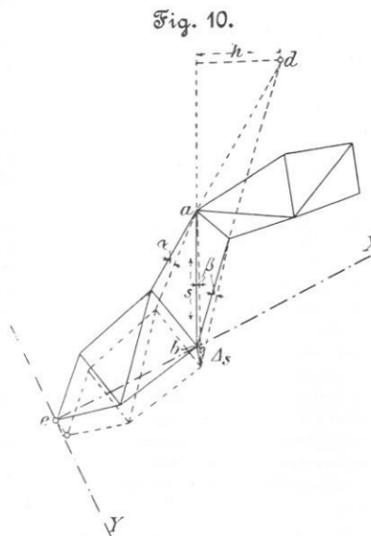
Die einfache Dreiecksausfüllung für die Bogenwände wurde genommen, um einerseits das Trägersystem rechnerisch thunlichst durchsichtig zu gestalten, und andererseits erschien es richtig, dem Bauwerk seinem grossen Charakter entsprechend mit einfachen Linienzügen ein schönes Aussehen zu geben. Die Anordnung eines über dem Bogen durchlaufenden Fachwerkträgers ergab sich von selbst als notwendig und ist nicht weiter zu begründen. Ebenso erschien es aus konstruktiven und Schönheitsrücksichten erforderlich, die Fachtelung für Bogen und Fachwerkträger gleich zu gestalten. Die senkrechte Stellung der Fachwerkträger gegenüber der notwendigen Schrägstellung der Bogenträger und Pfeilerlängswände wurde wegen einfacherer Gestaltung der Plattform und der oberen Horizontalverbände als zweckmässig erachtet. Der Windverband des Bogens wurde in die Fläche des Untergurtes gelegt, weil dort der gegenseitige Abstand der Gurtungen grösser ist als in der Obergurtofläche und weil die Untergurtquerschnitte grösser sind als die oberen. Die Teilung des Verbandes bei Punkt 1 gegen ∞ und 0 (vergl. Fig. 8) wurde angeordnet, damit bei Entlastung des einen dieser beiden Punkte durch Temperatur-, Wind- oder Bremskraft der andere immer genügende Auflagerung des Windträgers giebt. Eine gleichzeitige Entlastung der Punkte ∞ und 0 einer Tragwand tritt, wie sich aus den Rechnungen ergab, nicht ein. Es war deshalb ursprünglich auch die Absicht gewesen, die Bogenauflegerpunkte nicht zu verankern. Für diese Anordnung wären natürlich die Riegel $\infty - 0$ in

die Längswände einzuschalten gewesen, und der Bogen hätte bei Entlastung eines Lagerpunktes als Zweigelenkbogen gewirkt. Die Eisenbahndirektion bestimmte jedoch in Rücksicht auf die immerhin grosse Länge des Riegels von 12,5 m und die damit gegebene nicht unbedeutende Längenänderung durch Temperaturunterschiede den Wegfall der Riegel und die Anwendung von kräftigen Ankern mit starken Flächenrostern.

Bei den Gerüstpfeilern wirkt in hohem Mafse gewicht- und kostenmehrend die Bremskraft. Diese nimmt aber nur auf die Länge der 3 Lokomotiven = $3 \cdot 15,6 = 46,8$ m mit der Belastungslänge stetig zu oder ab; auf grössere Belastungslängen ist die Zunahme der Bremskraft nurmehr gering, da nur jeder dritte Wagen als Bremswagen gedacht ist. Es erscheint deshalb vorteilhaft, die Bremskraft auf möglichst grosse Längen immer nur in je einem Punkt aufzunehmen; daher wurde für die Gerüstbrücken links und rechts und für die Fachwerkbrücke über dem Bogen je ein Lagerpunkt geschaffen. Bei den Gerüstbrücken hat man selbstverständlich die niedrigsten Pfeiler No. 2 und 7 und für die Bogenstrecke den Bogenscheitel als Lagerpunkt gewählt. Diese Anordnung hat es auch ermöglicht, den Gerüstpfeilern nur 15 m Längsbreite zu geben und Gerüstbrücken bis 45 m Weite zu nehmen. Die grosse Fachweite von 7,5 m war zweckmässig wegen gleichmässiger Ausbildung der Gerüst- und Bogenträger und um die Schwellen- und Querträger, die unmittelbare Belastungen aufzunehmen haben, kräftig zu erhalten. Eine engere Fachtelung hätte zwar etwas geringere Eisengewichte ergeben, allein gegenüber den erwähnten Vorteilen schien diese Ersparnis nicht von Belang.

c) Kurze Erläuterung der statischen Berechnung.
a) Bogen.

Verlängert sich in einem aus aneinandergereihten Dreiecken bestehenden Stabnetz, Fig. 10, ein beliebiger Stab ab von der Länge s um das Maf Δs , so machen die zu beiden Seiten des Stabes ab befindlichen Teile des Stabnetzes eine relative Bewegung gegen einander. Denkt man sich den



einen Teil des Netzes in seiner Anfangslage verblieben, so dreht sich der andere Teil um den sogenannten Drehpunkt des Stabes, den man dadurch erhält, dass man durch den Stab einen Schnitt legt, welcher nur noch zwei andere Stäbe trifft, und diese beiden durch Verlängerung zum Schnitt bringt. Das Maf der Drehung ist

$$\Delta \delta = \frac{\Delta s}{h}$$

Ein Punkt e des Netzes macht nach zwei auf einander senkrechten, aber sonst beliebigen Richtungen X und Y die Bewegungen:

$$\Delta x = y_a \cdot \Delta \delta = \frac{\Delta s \cdot y_a}{h}$$

$$\Delta y = x_a \cdot \Delta \delta = \frac{\Delta s \cdot x_a}{h}$$

wobei x_a und y_a die Koordinaten des Stabdrehpunktes d bezug auf das Achsensystem XY bedeuten.

Ändern statt nur eines Stabes mehrere Stäbe ihre Länge, so sind die vorstehenden Ausdrücke für die einzelnen Stäbe aufzustellen und zu summieren. Man erhält folgende Gesamtdrehung und Verschiebungen des Punktes e :

$$\delta = \sum \left(\frac{\Delta s}{h} \right)$$

$$\Sigma (\Delta x) = v = \Sigma y \left(\frac{\Delta s}{h} \right)$$

$$\Sigma (\Delta y) = w = \Sigma x \left(\frac{\Delta s}{h} \right)$$

Werden die Verlängerungen Δs durch Spannungen hervorgerufen, die durch äussere Belastungen verursacht sind, so ist für einen bestimmten Stab

$$\Delta s = \frac{\hat{M} s}{h F E}$$

worin für den betreffenden Stab \hat{M} das Moment der äusseren Kräfte in bezug auf den Stabdrehpunkt und F die Querschnittsfläche bedeutet.

Dann lauten die Gleichungen:

$$\delta = \sum \frac{\hat{M} s}{h^2 F E}$$

$$v = \sum \left(y \frac{\hat{M} s}{h^2 F E} \right)$$

$$w = \sum \left(x \frac{\hat{M} s}{h^2 F E} \right)$$

Der gelenklose Fachwerkbogen mit einfacher Ausfüllung ist nichts anderes als ein Stabgebilde der vorbeschriebenen Art, das an seinen Enden zwischen Mauerwerk eingespannt ist. Denkt man sich das eine Ende dieses Bogens am Mauerwerk festgehalten und das andere Ende vorläufig freigemacht, so wird letzteres unter dem Einfluss irgend einer Belastung eine Bewegung machen, die sich mit Hilfe der vorhin aufgestellten Formeln genau bestimmen lässt. Umgekehrt kann man mit Hilfe derselben Formeln eine Kraft R von solcher Grösse und in solcher Lage ermitteln, dass sie die Bewegung des freien Endes rückgängig macht. Nennt man die

in den Formeln vorkommenden Ausdrücke $\left(\frac{s}{h^2 F E} \right)$ »elastische Gewichte« und belastet die »Drehpunkte« aller Stäbe mit den ihnen zukommenden elastischen Gewichten, die senkrecht zur Trägerebene gerichtet sein mögen, so kann man die Zentrallellipse dieses Kräftesystems zeichnen. Kennt man nun für gewisse Belastungsfälle, z. B. für Temperatur und Ausweichen der Widerlager, von vornherein die Bewegungen, welche der freihängende Bogenkämpfer machen würde, und kann man also auch den Punkt angeben, der den Mittelpunkt für die Drehung bildet, als welche die Bewegung angesehen werden kann, so ist die gesuchte Reaktion die Antipolare jenes Bewegungsmittelpunktes in bezug auf die vorbezeichnete Zentrallellipse und kann demnach in vielen Fällen schon aus der Anschauung heraus ohne weiteres ihrer Lage nach angegeben werden.

Vorteilhaft zerlegt man zum Zweck der analytischen Bestimmung R an einer beliebigen Stelle in eine lotrechte und eine wagerechte Seitenkraft (V und H), Fig. 11, und betrachtet die beiden letzteren sowie etwa den Abstand y zwischen H und der X -Achse als die gesuchten Grössen. Man nimmt sie einstweilen als bekannt an, berechnet für jeden Stab das Moment \hat{M} der gesamten äusseren Kräfte, setzt die Werte für alle Stäbe in die 3 Grundgleichungen ein und erhält somit 3 Gleichungen zwischen den 3 Unbekannten V , H und y , die zu ihrer Bestimmung genügen. R ist nichts anderes als die Reaktion des dreifach statisch unbestimmten gelenklosen Bogens in seinem einen Auflager; die andere ergibt