

Im Jahre 1935 wurden befördert:	
zwischen	Achsen
Stralsund—Altefähr	325407
Saßnitz—Trälleborg	98790
Warnemünde—Gjedser	81098
Swinemünde—Ostswine	15922.

Wenn schon die Fahrverbindungen mit Dänemark und Schweden die nordischen Länder in engere Verbindung mit dem Festlande brachten, so steigerte die fortschreitende Industrialisierung dieser Länder das Bedürfnis zu vermehrtem Gütertausch und erhöhtem Reiseverkehr und förderte Bestrebungen zum Ausbau und zur Verbesserung der bestehenden Verbindungen. Zu den alten Wegen Berlin—Hamburg über Warnemünde—Gjedser nach Kopenhagen und Berlin—Hamburg über Saßnitz—Trälleborg nach Stockholm und Oslo kam

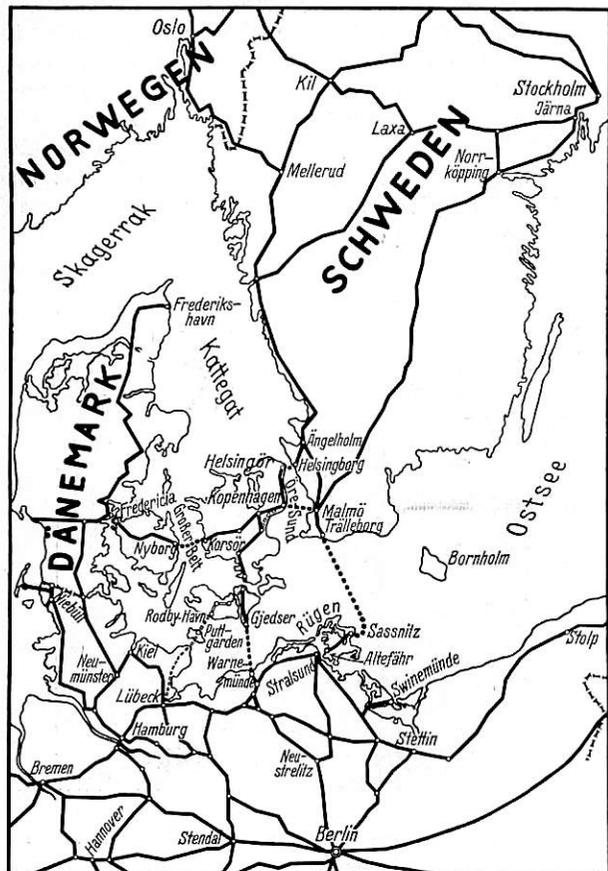


Abb. 3. Eisenbahnverbindungen zwischen Deutschland, Dänemark, Schweden und Norwegen.

als dritter Weg im Jahre 1935 die wichtige Linie Hamburg—Fredericia—Kopenhagen nach Überbrückung des kleinen Belt (Abb. 3).

Diese drei Linien stehen untereinander in scharfem Wettbewerb und versuchen durch z. T. sehr kostspielige Verbesserungen einen möglichst großen Anteil des nordischen Verkehrs an sich zu ziehen. Jede der drei Linien hat oder hatte eine große und eine kleine den Schnellverkehr hemmende Fahrstrecke. Die großen Unterbrechungen sind die Ostsee und der Große Belt, Hindernisse, deren Beseitigung nicht in Frage kommen kann. Dagegen wurde die Beseitigung der kleinen Unterbrechungen von allen beteiligten Ländern eifrig gefördert. Bereits im Jahre 1928 begann Dänemark mit dem Bau der großen Brücke über den Kleinen Belt. Am 15. Mai 1935 befuhr der erste fahrplanmäßige Zug diese Brücke. Nur kurze Zeit später folgt Deutschland mit der Überquerung des Strelasundes, und bald wird auch das letzte kurze Hindernis der drei Wettbewerbslinien, die Fahrstrecke

über den Storström zwischen Gjedser und Kopenhagen der Vergangenheit angehören. Mit großem Kostenaufwand wird der Storström durch eine Hochbrücke mit 26 m lichter Höhe überbrückt.

Durch die großen Brückenbauten über den Kleinen Belt und den Storström gewinnen die dänischen Linien für den Durchgangsverkehr erheblich an Bedeutung. Durch Einsetzen von Triebwagenzügen mit 120 km Höchstgeschwindigkeit beträgt der Fahrzeitgewinn zwischen Hamburg und Kopenhagen über Fredericia eine Stunde, bei einem Nachtzuge sogar drei Stunden. Hierdurch wird Hamburg so früh erreicht, daß der Anschluß an wichtige Verbindungen nach Paris und London gewonnen wird, der über Warnemünde oder Saßnitz nicht möglich ist. Für einen Schnellverkehr von Schweden über Dänemark nach Deutschland besteht aber noch ein sehr bedeutendes Hindernis, Oeresund. Trotz einer Breite von 6 km soll mit einem Kostenaufwand von rund 100 Millionen Kronen eine Brücke zwischen Hälisingör und Hälisingborg hergestellt werden, um Dänemark zum Transitland für den nordischen Verkehr zu machen. Durch Linienverbesserungen und Abkürzungslinien soll ferner bei den bestehenden Bahnen die Geschwindigkeit erhöht und die Fahrzeit verkürzt werden.

Die deutsch-schwedische Linie über Saßnitz—Trälleborg steht in schwerem Wettbewerbskampf. Beide Länder haben wichtige Interessen zu verteidigen, denn die ausreichende Benutzung dieser Linie sichert allein die Wirtschaftlichkeit der kostspieligen Fahrverbindung. Beide Länder sind eifrig bemüht, einer drohenden Abwanderung des Verkehrs entgegenzuwirken. Während in Schweden die Elektrifizierung der Bahn von Stockholm über Malmö nach Trälleborg einen Zeitgewinn von fast zwei Stunden einbringen wird, wird auf deutscher Seite der Rügendamm zur erheblichen Verbesserung und Beschleunigung des Verkehrs beitragen. Die Tatsache aber, daß bereits seit dem Jahre 1863 die verschiedenartigsten Pläne bearbeitet worden sind, Rügen mit dem Festlande zu verbinden, läßt darauf schließen, daß der Wettbewerb nicht die einzige Veranlassung hierzu gewesen sein kann.

Ein jeder Fährbetrieb ist zeitraubend und sehr kostspielig, kostet doch die Beförderung einer Achse durch Fährschiffe fünf- bis zehnmal so viel wie auf dem Schienenwege. Die Kosten werden durch die Länge der Fahrstrecken stark beeinflusst. Auf der nur 2,5 km langen Fahrstrecke zwischen Stralsund und Rügen sind die anteiligen Kosten für die Fährbahnhöfe, die Unterhaltung und Bedienung der Fähranlagen besonders hoch. Während vor dem Kriege mit jeder Fährfahrt im Durchschnitt zwölf Achsen befördert wurden, fällt der Durchschnitt nach dem Kriege auf 10,5 Achsen. Da die Unkosten bei jeder Fährfahrt ziemlich gleichbleibend sind, steigen die Beförderungskosten für jede Achse nicht unerheblich. Im Durchschnitt betragen die Kosten des Fährdienstes 100 000 *R.M.* für einen Monat. Besonders hoch ist der Anteil der Personalkosten. Durch den Bau des Rügendamms werden etwa 170 Beamte und Arbeiter einschließlich des für die Unterhaltung notwendigen Personals erspart.

Mit dem zunehmenden Verkehr zeigte sich in wachsendem Maße die Unzulänglichkeit der Fähranrichtung. Bis zum Jahre 1920 dienten dem Verkehr drei Schiffe mit einer nutzbaren Länge von rund 78 m und ein älteres Schiff von nur 62 m Länge. Mit den längeren Schiffen konnten gerade noch vier D-Zugwagen älterer Bauart umgesetzt werden. Nach dem Kriege wurden bis zu 24 m lange Wagen gebaut, von denen nur noch drei Wagen gleichzeitig übersetzt werden konnten. Hieraus ergaben sich so erhebliche betriebliche Schwierigkeiten, daß 1920 ein weiteres Schiff in Dienst gestellt werden mußte, das trotz des in Aussicht genommenen Dammbaus auf 94,5 m nutzbare Länge im Jahre 1931 verlängert wurde. Da der Verkehr in den Sommermonaten durch den Bäder-

Die neue Fahrrinne durch den Ziegelgraben hat 50 m Sohlenbreite mit 1:5 geneigten Böschungen unter Wasser. Innerhalb des Hafens ist die Fahrrinne auf 60 m verbreitert. Die Hoffnung, einen wesentlichen Teil des Baggergutes für den Dammbau benutzen zu können, hat sich leider nicht erfüllt, da der Untergrund ganz überwiegend aus Schlick besteht. Das beim Ausbaggern der neuen Fahrrinne gewonnene Baggergut wurde am Land aufgespült, und zwar teils am Ufer des Festlandes südlich vom Rügendamm, teils am nördlichen Ende der Insel Dänholm und teils auf der kleinen Halbinsel Drigge auf Rügen. Durch diese Aufspülungen wird etwa 1000 ar sehr wertvolles Neuland gewonnen werden, das in wenigen Jahren für die verschiedensten Zwecke nutzbar gemacht werden kann. Außerdem sind die aufgespülten Massen am Dänholm ein so wirkungsvoller Dammschutz, daß eine besondere Befestigung des Dammfußes hier erspart wird. Der Schifffahrt dient im Ziegelgraben eine Klappbrücke mit 25 m nutzbarer Öffnung. Zwei seitliche Flutöffnungen von je 50 m lichter Weite sollen das Entstehen schädlicher Strömungen in der Schifffahrtsöffnung verhindern.

Im Strelasund wurde eine rund 550 m lange Brücke mit zehn Öffnungen von je 50 m lichter Weite hergestellt, die als Flutbrücke dienen soll, obwohl der Strelasund als Meeresarm nur von den Wasserständen der Ostsee beeinflußt wird. Der Grund für den Bau dieser weit gespannten Brücke sind Sturmfluten, die zwar sehr selten, etwa viermal innerhalb von 100 Jahren, aufgetreten, aber von verheerender Wirkung gewesen sind. Es kommt vor, daß wochenlang in der nördlichen Ostsee das Wasser aufgestaut wird und nach einem plötzlichen Witterungsumschlag verbunden mit heftigem Sturm das aufgestaute Wasser in Form einer Flutwelle sich über die südliche Ostsee ergießt. Erfahrungsgemäß tritt das Hochwasser zunächst aus nördlicher Richtung in den Strelasund. Es würde an einem Damm ohne ausreichende Flutöffnungen ein Hindernis finden, das einen gefährlichen Stau verursachen könnte. Daher forderte die Wasserbauverwaltung Erhaltung des vollen Wasserquerschnitts, der im Zuge des Damms zu 6175 m² bei Mittelwasser und 9570 m² bei höchstem Hochwasser ermittelt war. Durch Vertiefung der Sohle im Zuge der beiden Brücken wird diese Forderung nahezu erfüllt. Die Wasserquerschnitte betragen jetzt 6190 m² bei Mittelwasser und 7740 m² bei Hochwasser. Rechnerisch würde sich also bei den seltenen Sturmfluten noch ein kleiner Stau ergeben. Dieser wird aber zum großen Teil durch höhere Wassergeschwindigkeit in den Flutöffnungen ausgeglichen, so daß der Rest sich bei der großen Länge der Staustufe bis Stralsund nicht mehr auswirken kann.

Der Anschluß des Rügendamms an das Eisenbahnnetz erfordert eine weitgehende Umgestaltung der beiderseitigen Eisenbahnanlagen. Die Fährbahnhöfe Stralsund Hafen und Altefähr, die den Zweck hatten, die ankommenden Züge in einzelne Teile für die Überfahrt aufzulösen und die Zugteile nach der Überfahrt zu Zügen wieder zu vereinigen, werden abgebaut. Auf dem Festland dient am Fuße des Rügendamms ein neuer Bahnhof Stralsund-Rügendamm als Ersatz, der vorwiegend für den Nahverkehr zwischen Stralsund und der Insel Rügen bestimmt ist. Zwischen den Bahnhöfen Rügendamm und dem Hauptbahnhof Stralsund ist eine neue Verbindungsbahn als zweigleisige Hauptbahn gebaut, da die bestehende, mitten in den Bahnhof Stralsund einmündende, Bahn zum Fährbahnhof die Durchführung ganzer Güterzüge von Rügen nach Stralsund nicht gestattet. Diese neue Bahn gibt erwünschte Gelegenheit, durch den Bau einer Verbindungskurve zwischen den aus Richtung Neustrelitz und Pasewalk in Stralsund einmündenden Strecken und dem neuen Bahnhof Stralsund-Rügendamm eine unmittelbare Verbindung aus Richtung Berlin nach dem Rügendamm unter Umgehung des Kopfbahnhofs Stralsund herzustellen, die allerdings nur für

Züge in Frage kommen kann, für die Stralsund als wichtiger Verkehrsknotenpunkt ausscheidet.

Der Bahnhof Altefähr auf Rügen bleibt als kleiner Durchgangsbahnhof, allerdings in neuer hochgelegener Form, bestehen. Altefähr ist Endbahnhof der Kleinbahn Altefähr—Putbus—Göhren. Da der alte und neue Bahnhof sich überschneiden, der alte Fährbahnhof aber bis zum letzten Tag voll betriebsfähig bleiben muß, kann der Bahnhof Altefähr erst nach Einstellen des Fährbetriebes fertiggestellt werden. Vorübergehend wird der Verkehr durch Behelfsanlagen bedient werden.

Wie schon erwähnt, dient der Damm auch zur Herstellung einer Straßenverbindung zwischen Rügen und dem Festland. Dieser Verkehr ist nicht unbedeutend, locken doch die Naturschönheiten Rügens und die bedeutenden zahlreichen Badeorte in stets zunehmendem Maße Kraftfahrer zu Ausflügen nach Rügen.

Nur durch zwei Straßenfähren bei Stralsund und bei Gleiwitz sind die Straßen der Insel mit dem Festlande ganz unzureichend verbunden, so daß an schönen Sommertagen wiederholt Wagen stundenlang auf die Überfahrt warten mußten. Die neue feste Verbindung wird eine starke Steigerung des Autoverkehrs zur Folge haben. Die Fahrstraße erhält eine nutzbare Breite von 6,0 m. Daneben ist ein 2,50 m breiter Fußweg vorgesehen, der auf den Brücken auf 2,25 m eingeschränkt ist.

Verursachten schon die Vorarbeiten große Schwierigkeiten, so schien die Finanzierung des Bauvorhabens wiederholt auf unüberwindliche Schwierigkeiten zu stoßen. Veranschlagt ist das ganze Bauobjekt zu 25,9 Millionen Reichsmark einschließlich der Kosten für Änderung der Bahn- und Straßenanlagen an beiden Enden des Damms; eine hohe Summe in Anbetracht der geringen räumlichen Ausdehnung. Von der Gesamtsumme entfallen auf den Eisenbahnteil 15 Millionen und auf den Straßenteil 10,9 Millionen Reichsmark. Im Hinblick auf die großen Vorteile, die Schweden aus der Beschleunigung des Verkehrs durch den Rügendamm zieht, lag es nahe, daß Schweden sich in Form eines Darlehens an dem Bauvorhaben beteiligte, Schweden war hierzu auch bereit. Der Währungsverfall der Krone verhinderte aber den Abschluß eines Vertrages, und die notwendigen Mittel mußten schließlich vom Reich und von der Reichsbahn im Rahmen der Arbeitsbeschaffungsprogramme aufgebracht werden. Die Finanzierung des Straßenteils bot ebenfalls große Schwierigkeiten, bis schließlich mit Hilfe der Deutschen Gesellschaft für öffentliche Arbeiten in Form von Darlehen an die Provinz Pommern und den preußischen Staat sowie durch Bereitstellung eigener Mittel von Preußen, Pommern, der Stadt Stralsund und dem Kreis Rügen die erforderliche Summe zusammen kam. Ein verlorener Zuschuß für 400 000 Tagewerke wurde von der Reichsanstalt für Arbeitslosenversicherung zur Verfügung gestellt.

Nach Überwindung aller Schwierigkeiten konnte endlich im Herbst 1932 mit dem Bau begonnen werden. Zwischen dem Provinzialverband Pommern, der federführend für den Straßenteil ist, und der Reichsbahndirektion Stettin wurde ein Vertrag geschlossen, durch den auch der Bau des Straßenteils mit Ausnahme der Herstellung der Straßendecke auf dem Damm und des Ausbaues der Straßenanschlüsse der Reichsbahn übertragen wurde. Leider mußten die Arbeiten bereits nach einigen Monaten wegen des Währungsverfalls der schwedischen Krone wieder eingestellt werden. Erst im Herbst 1933 konnten sie nach Lösung aller Finanzschwierigkeiten wieder aufgenommen werden.

Der Bau der neuen Verbindungsbahn zwischen dem Hauptbahnhof Stralsund und dem Rügendamm und der Teilumbau des Hauptbahnhofs bot keine besonderen Schwierigkeiten. Es war der Bau von acht Brücken auf dem Festland und einer

Brücke auf Rügen erforderlich. Sämtliche eisernen Überbauten sind vollkommen geschweißt. In der Nähe des Bahnhofs konnte Flachgründung gewählt werden, in der Nähe des Strelasundes war Pfahlgründung erforderlich. Größere Schwierigkeiten bereitete der Untergrund im Strelasund. Durch sehr umfangreiche Bohrungen wurde der Baugrund im Bereich des Rügendamms sehr genau ermittelt, und zwar sowohl zur Prüfung der Schüttfähigkeit als Dammaterial, als auch der Standfestigkeit als Fundamentsohle. Den tieferen Untergrund bilden Schichten der Kreideformation. Über der Kreide liegen eiszeitliche Ablagerungen; Geschiebemergel und von Schmelzwassern abgelagerter Sand, Kies und Ton. Der Strelasund lag vor der Eiszeit höher als der Meeresspiegel, er bildete ein unebenes Tal mit einzelnen Buckeln. Nach der Eiszeit begann das Gebiet zu sinken. Ansteigendes Grundwasser versumpfte die Täler, es bildeten sich Moore, deren Reste in dem vielfach erbohrten Torf vorliegen. Als die Täler endgültig vom Meer überflutet wurden, setzte sich Sand und Schlick ab. Die Schichtenfolge von Sand, Schlick, Torf und Geschiebemergel ist daher äußerst mannigfaltig, und schon auf kurze Entfernung wechselt häufig die Schichtung. Für die Aufnahme der Dammast last genügt die Tragfähigkeit des Untergrundes, lediglich der Schlick mußte entfernt werden. Es wurde daher im Zuge des Damms in Breite des Dammfußes eine Rinne gebaggert und diese mit Sand ausgefüllt. Glücklicherweise fanden sich im Strelasund in der Nähe der Rügensch Küste große aus der Ostsee stammende Sand- und Kieslager, die durch Baggerung ausgebeutet und in Klappschuten an Ort und Stelle gefördert wurden. Die Rinne wurde so bis zu etwa 2 m unter Mittelwasser mit Sand aufgefüllt. Soweit die Wassertiefe für die Klappschuten, wie im Ziegelgraben, nicht genügte, wurde der Sand trocken eingebracht. Der ganze Rügendamm ruht also auf einem sehr festen aus Sand bestehenden Fundament (Abb. 1, Taf. 29). Der Damm im Ziegelgraben wurde über Mittelwasser bis zur Krone mit trockenen Bodenmassen geschüttet, die bei der Erweiterung der Hauptbahnhofs und auf der Insel Dänholm gewonnen wurden. Im Strelasund wurde der Damm bis zu einer Höhe von etwa 6,0 m über MW. aufgespült, und der letzte Teil bis zu 9,0 m Höhe trocken aufgebracht.

Zum Schutze des Dammfußes gegen Unterspülung dienen eisernen Spundwände, deren Höhe 2,5 m über Mittelwasser beträgt. Da hierdurch ein ausreichender Schutz auch bei Hochwasser gewährleistet ist, wurde auf weiteren Schutz der Dammböschung verzichtet, die in üblicher Weise 1:1,5 geneigt hergestellt und mit Mutterboden bekleidet wurde.

Die neue Schifffahrtstraße, namentlich die Schifffahrtöffnung im Damm, mußte gegen den Angriff der Wellen gesichert werden. Hierzu wurde zwischen der großen Spülfläche am nördlichen Ende der Insel Dänholm, die Damm- und Schifffahrtstraße sehr wirksam schützt, eine neuartige eisernen Mole hergestellt (Abb. 2, Taf. 29). In Abständen von 9,5 m wurden aus eisernen Spundbohlen rechteckige Pfeiler hergestellt, diese mit Sparbeton und Sand ausgefüllt und die Zwischenräume zwischen den Pfeilern durch waagrecht eingebrachte, aus eisernen Spundbohlen bestehende Wände geschlossen. Zur Verhinderung einer Unterspülung der Bohlenwände dienen Faschinen und Steinpackungen. Eine 100 m weite Öffnung in der Hafeneinfahrt ist offen geblieben zwecks Aufrechterhaltung des Fährdienstes. Ob diese Öffnung ganz oder z. T. geschlossen werden wird, ist aus Gründen der Schifffahrt wie auch der Strömungsverhältnisse im Hafen bei Hochwasser noch nicht entschieden. Wird die Öffnung ganz geschlossen, könnten sich an der nördlichen Hafeneinfahrt für die Schifffahrt sehr ungünstige Strömungen ergeben.

Für den Bau der beiden großen Brücken im Zuge des Damms erwies sich die bereits geschilderte Beschaffenheit des Untergrundes als äußerst ungünstig und gab dadurch Ver-

anlassung zu den verschiedenartigsten Gründungsmethoden. Da der gute Baugrund im Ziegelgraben auf der Stralsunder Seite erst in größerer Tiefe angetroffen wurde, mußte für das Widerlager Pfahlgründung vorgesehen werden. Es wurden bis 30 m lange unten geschlossene stählerne Hülspfähle eingerammt und diese mit bewehrtem Beton ausgefüllt. Die Widerlager wurden in üblicher Weise auf den Pfahlköpfen in Form von Eisenbetonkästen aufbetoniert. Das Widerlager besteht aus zwei Teilen, von denen der am Wasser liegende Teil die Lasten der Brücke übernimmt, während der landseitige Teil zur Aufnahme des Erddrucks bestimmt ist. Auch für die beiden Pfeiler wurden eisernen Pfähle gerammt und diese mit eisernen Spundwänden eingefäßt, dann wurde der auf der Sohle liegende Schlick mit einem Saugbagger entfernt und zur Abdichtung der Sohle nach dem Kontraktorverfahren Schüttbody eingbracht. Der Beton kommt hierbei mit dem Wasser nicht in Berührung und quillt allmählich hoch. Nachdem die Baugruben ausgepumpt waren, wurden die Pfähle über der Sohle abgeschnitten und die Pfeiler im Trockenen hochgeführt. Bei dem Widerlager auf der Dänholmseite konnte des guten Baugrundes wegen auf Pfahlgründung verzichtet werden. Es wurde ebenfalls zwischen Spundwänden Schüttbody unter Wasser eingebracht, und der aufgehende Teil des Widerlagers im Trockenen hergestellt.

Die Brücke über den Strelasund besteht aus zehn Öffnungen von je 54 m lichter Stützweite und 8 m lichter Höhe über MW. Zwei je 270 m lange kontinuierliche Vollwandträger werden von den beiden Endwiderlagern und neun Zwischenpfeilern getragen. Die festen Lager sind auf dem dritten und siebten Zwischenpfeiler angeordnet, während auf den übrigen Zwischenpfeilern die Druckübertragung durch stählerne Pendelrahmen erfolgt. Die Pfeiler 3 und 7 mußten daher besonders stark konstruiert werden. Die Gründung der Pfeiler bot auch im Strelasund große Schwierigkeiten. Das Landwiderlager am Dänholm wurde in gleicher Weise wie am Ziegelgraben zwischen Spundwänden auf einer nach dem Kontraktorverfahren hergestellten Fundamentplatte trocken hochgeführt. Für die Pfeiler 1 bis 7 wurde Luftdruckgründung gewählt, da bis zu einer größten Tiefe von 23 m guter Baugrund angetroffen wurde, und die Luftdruckgründung sich als wirtschaftlichste Gründung unter den gegebenen Verhältnissen erwies. Die Ausführung der Gründung erfolgte auf zwei verschiedenen Arten. Für die Herstellung der Senkkästen der beiden Bremspfeiler wurde der durch die Aufspülung verbreiterte Fuß des Rügendamms am Widerlager der Brücke ausgenutzt. Zunächst wurden die 12 m oder 18 m breiten und 22 m langen, seitlich und oben geschlossenen Arbeitskammern im Trockenen aus Eisenbeton hergestellt und die Umfassungswände mehrere Meter hochgeführt. Der Größenunterschied der Pfeilerfundamente ergab sich aus dem Umstände, daß Pfeiler 7 rund 5 m tiefer gegründet werden mußte als Pfeiler 3. Alsdann wurden die Kästen unter Druckluft bis zur Tauchtiefe abgesenkt, wobei die Druckluft auch zum Ausspülen des Sandes aus dem Arbeitsraum benutzt wurde. Nach Freibaggerung einer Rinne wurden die nunmehr schwimmenden Fundamente an Ort und Stelle geschleppt und zwischen Führungsgerüsten endgültig unter Druckluft abgesenkt (Abb. 5).

Für die übrigen wesentlich kleineren Pfeiler mit 6 . 20 m² Grundfläche wurden mit Hilfe eines im Wasser aufgestellten festen Gerüsts schwimmfähige Fundamentkörper hergestellt, diese an Ort und Stelle geschleppt und dort unter Druckluft abgesenkt (Abb. 6). Die Pfeiler 8 und 9 wurden wie die Pfeiler im Ziegelgraben auf einem Sohlenblock aus Schüttelton nach dem Kontraktorverfahren gegründet. Das Widerlager an der Rügensch Küste wurde auf Pfahlrost fundiert.

Die Überbauten der Ziegelgrabenbrücke bestehen durch-

weg aus Stahl 37. Für den beweglich ausgebildeten Teil wurde eine Wagebalkenbrücke von 29 m Spannweite gewählt (Abb. 3,

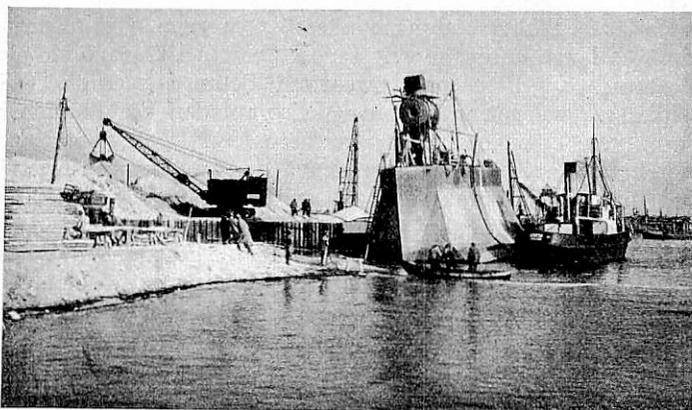


Abb. 5. Bremspfeiler der Strelasundbrücke wird abgeschleppt zur Absenkstelle.

hoch angeordnet, so daß ein möglichst freier Ausblick von beiden Brücken namentlich auf das schön gelegene Stralsund ge-

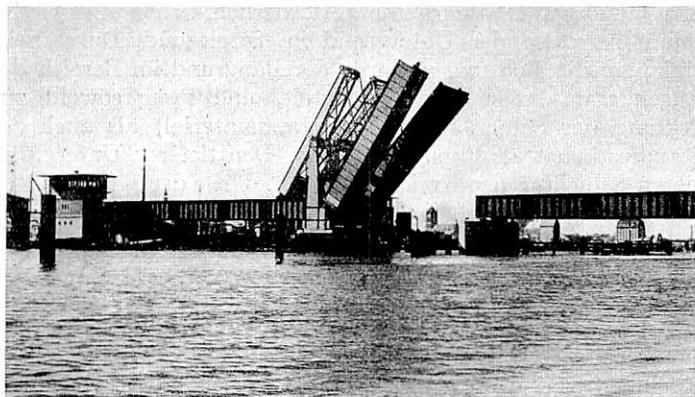


Abb. 8. Ziegelgrabenbrücke. Ansicht der geöffneten Brücke.

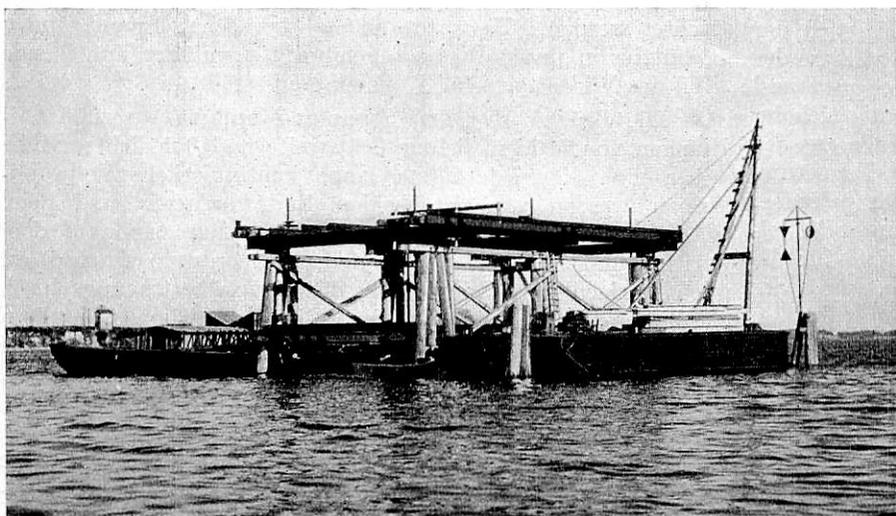


Abb. 6.

Herstellen der Fundamente für die Zwischenpfeiler im Wasser auf festem Gerüst.

Taf. 29 und Textabb. 7 und 8). Die Brücke wird durch den Fahrdienstleiter des Bahnhofs Stralsund Rügendamm von einem gemeinschaftlichen Brücken- und Bahnhofsstellwerk aus bedient. Straßen- und Eisenbahnbrücke werden gleichzeitig geöffnet und geschlossen, um bei schlechtem Wetter Irrtümer

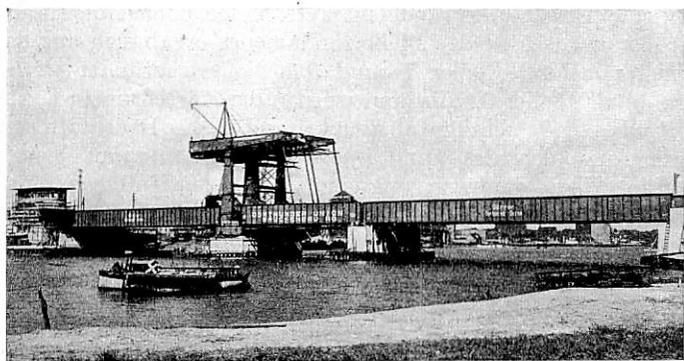


Abb. 7. Ziegelgrabenbrücke. Ansicht der geschlossenen Brücke.

für die Schifffahrt zu vermeiden. Die Straße wird vor dem Öffnen der Brücke von einem besonderen Schrankenwärter durch elektrisch angetriebene Schranken gesperrt. Die Fahrbahnen der Straßen- und Eisenbahnbrücke sind verschieden

währleistet ist. Die eingleisige Eisenbahnbrücke ist durchweg geschweißt, die Straßenbrücke ist dagegen genietet. Die Vollwandträger beider Brücken haben rund 3,80 m Höhe. Bemerkenswert ist die Montage der Eisenbahnbrücke. Die Hauptträger für die einzelnen Öffnungen wurden von der Firma Dörnen in Dortmund in fertiger Arbeit im Werk zusammenschweißt, auf besonders konstruierten Drehschemelwagen auf der Eisenbahn nach Stralsund befördert, mit Hilfe von auf Kähnen montierten Kränen zur Baustelle geschleppt und in wenigen Stunden auf die Widerlager und Pfeiler abgesetzt. Alsdann wurden die vorher ebenfalls fertiggestellten Quer- und Längsträger eingebracht und mit den beiden Hauptträgern verschweißt. Ein Lehrgerüst war somit nicht erforderlich.

Die Strelasundbrücke überführt ebenfalls eine eingleisige Eisenbahn und eine Straße (Abb. 4 und 5, Taf. 29). Die Straßenbrücke wurde in üblicher Weise auf der Baustelle aus

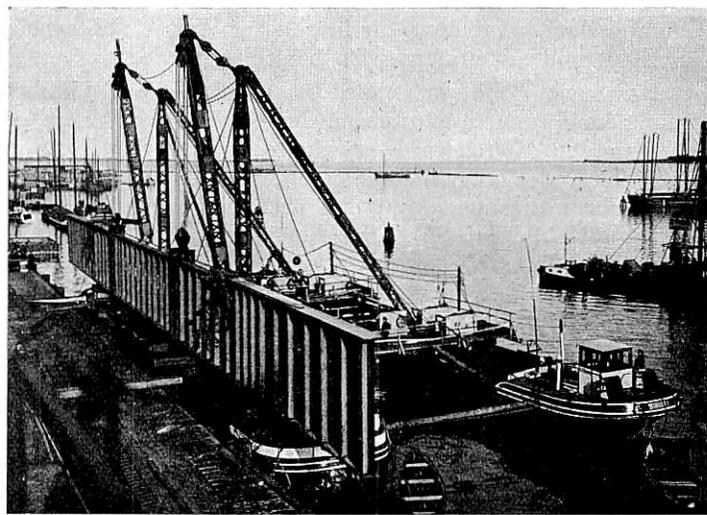


Abb. 9. Ziegelgrabenbrücke. Ein Hauptträger wird im Hafen von Stralsund von der Eisenbahn auf einen Doppelkahn umgeladen.

einzelnen Teilen zusammengenietet, wobei als Lehrgerüst eiserne Fachwerkträger dienten, die auf Kähnen in die Öffnungen zwischen den Pfeilern eingeschwommen und auf diesen gelagert

wurden. Es genügten für den Bau der ganzen Brücke zwei Lehrgerüste. Die Montage ging glatt und schnell vorwärts.

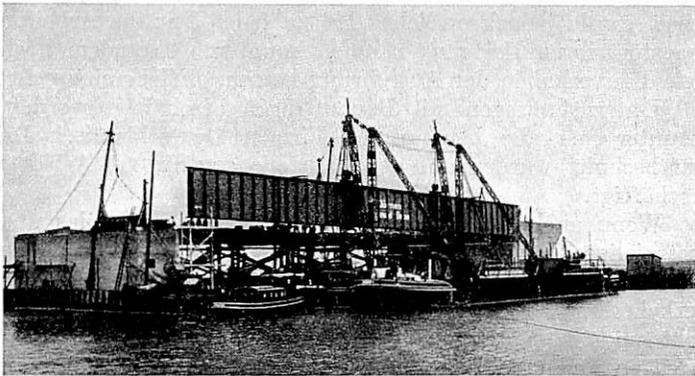


Abb. 10. Der Hauptträger wird auf die Fundamente aufgebracht.

Die Bauausführung war der Firma Gollnow, Stettin übertragen (Abb. 11 und 12).

Die Eisenbahnbrücke wurde durchweg geschweißt. Sie ist bisher die größte geschweißte Brücke und besteht aus zwei durchlaufenden Vollwandträgern von je 270 m Länge.

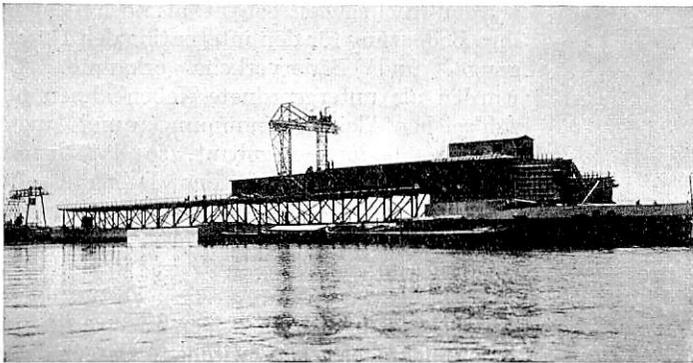


Abb. 11. Montage der Straßenbrücke über den Strelasund mit Hilfe einer eisernen Rüstung.

Die beiden Brückenzüge sind über dem mittleren Pfeiler auf einem gemeinsamen Lager beweglich gelagert. Je eine Hälfte der Brücke führten die Firmen Krupp in Essen und Dörnen in Dortmund aus. Jede Firma wählte eine besondere Montage-

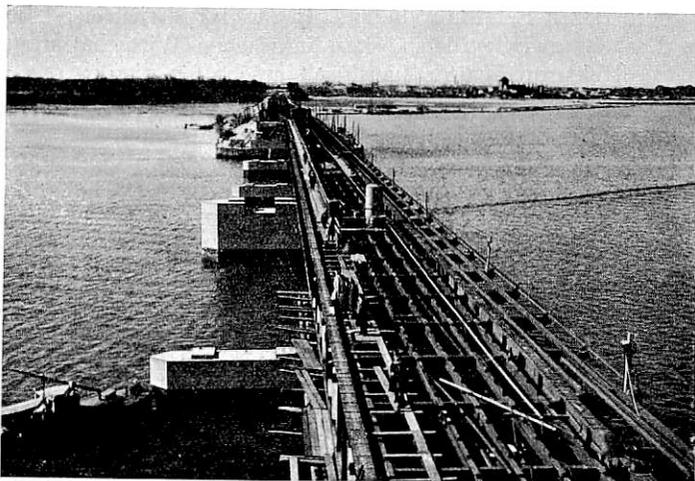


Abb. 12. Blick auf die Straßenbrücke.

art. Dörnen blieb der bei der Ziegelgrabenbrücke erprobten Bauweise treu. Die im Werk vollständig fertiggeschweißten Hauptträger wurden in Längen bis zu 64 m mit der Bahn

nach Stralsund befördert. Nachdem sie einzeln auf die Unterstützungen aufgebracht waren, wurden sie durch Schweißen

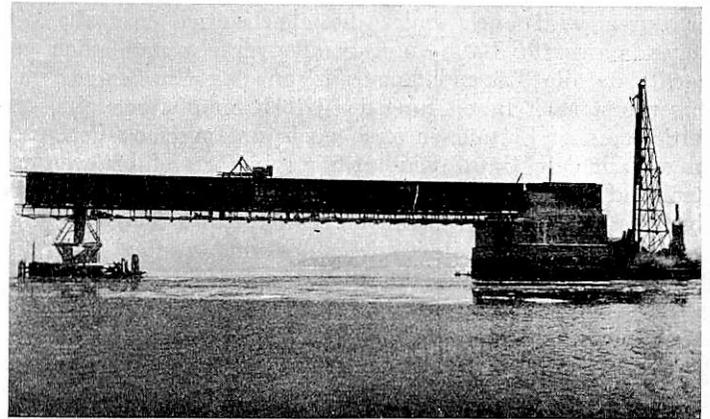


Abb. 13. Strelasundbrücke. Beginn der Montage.

miteinander und mit den Quer- und Fahrbahnträgern verbunden (Abb. 13 und 14). Die Hauptträgerstücke waren verschieden lang, da für die Stöße der Hauptträger die Nullpunkte der Momentenlinie gewählt wurden.

Ganz anders montierte die Firma Krupp. Der gesamte 270 m lange Brückenteil wurde unmittelbar vor dem Widerlager auf dem Rügendamm unter Benutzung einer radartigen Drehvorrichtung zusammengeschweißt, die ermöglichte, die Schweißung der Trägerstöße in der jeweils günstigsten Lage auszuführen. Alsdann wurden die Quer- und Längsträger mit den Hauptträgern verbunden und der fertige 270 m lange und 1200 t schwere Brückenträger auf Rollböcken montiert, die auf Schienen liefen (Abb. 15). Mit Hilfe von zwei kräftigen Winden wurde dann der Träger langsam über das Widerlager und die Pfeiler vorgeschoben. Das bis zu 54 m lange, einer Brückenöffnung entsprechende Brückende wurde während des Vorschubens nicht unterstützt, es schwebte frei in der Luft und wurde nach Erreichung des Widerlagers um das Maß der Durchbiegung angehoben und behelfsmäßig unterstützt. Nach dem Hinüberschieben wurde die Brücke ganz allmählich und gleichmäßig, um jede schädliche Spannung zu vermeiden, auf die Lager- und Pendelstützen um rund 2,0 m abgesenkt. Über alle Einzelheiten der gewählten Konstruktionen und der Bauausführung werden ausführliche Veröffentlichungen folgen.

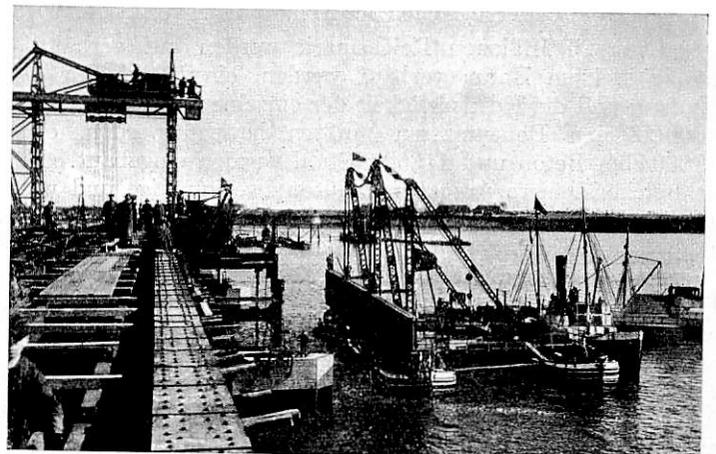


Abb. 14. Einbringen des Schlußstücks.

Mit der Aufnahme des Betriebes über den Rügendamm ist keineswegs eine Fertigstellung des Baues verbunden. Auf Bahnhof Altefähr muß zunächst eine Zwischenlösung geschaffen

werden, da der alte Fährbahnhof und der zukünftige Bahnhof sich überschneiden, der Fährbahnhof aber als Zugbildungsbahnhof bis zur letzten Stunde voll betriebstüchtig bleiben muß. Hierdurch wird auch leider die gleichzeitige Freigabe des Rügendamms für Bahn- und Straßenverkehr unmöglich gemacht, da die Rügendammsstraße an das Straßennetz auf Rügen erst nach Beseitigung des Fährbahnhofs angeschlossen werden kann. Es müssen auch noch umfangreiche Verbesserungen auf dem Hauptbahnhof Stralsund ausgeführt werden. Stralsund ist teils Kopfbahnhof für die Richtungen Berlin über Neubrandenburg, Berlin und Stettin über Pasewalk und nach Rügen und teils Durchgangsbahnhof für Richtung Rostock und Barth mit den Darßbädern. Während der Sommermonate herrscht ein überaus lebhafter Übergangsverkehr sowohl von Reisenden als auch von Durchgangswagen. Um diesen Übergang zu erleichtern und zu beschleunigen, wird ein neuer Durchgangsbahnsteig hergestellt, der die Vereinigung sowie die Trennung und Verstärkung der Züge in kürzester Frist ermöglicht. Außerdem wird zur Entlastung des Hauptbahnhofs eine besondere Güterzugeinfahrt am südlichen

Erschwert wurde die Bauausführung dadurch, daß zwei Bauherren, Reichsbahn und Provinzialverwaltung gleichberechtigt nebeneinander standen. In vorbildlicher Zusammenarbeit wurde jedoch erreicht, daß zu jeder Zeit die Arbeiten ungestört ihren Fortgang nehmen konnten. Trotzdem noch viele Bauvorhaben der Ausführung harren, sind bereits gegen 100 Unternehmungen mit Bauaufträgen beschäftigt worden, darunter fast alle bekannteren Firmen Deutschlands. Im Durchschnitt wurden auf der Baustelle gegen 1000 Arbeiter beschäftigt.

Wenn auch der Rügendamm ein äußerst störendes und kostspieliges Verkehrshindernis beseitigt, so wird er allein nicht genügen, die auf der dänischen Linie zu erwartende Verkehrsbeschleunigung auszugleichen. Durch den in Aussicht genommenen Bau einer Verbindung zwischen den Berliner Strecken und dem Bahnhof Stralsund-Rügendamm kann für schnellfahrende Durchgangszüge ein erheblicher Zeitgewinn erzielt werden. Der Bahnhof Rügendamm erhält in diesem Fall Einrichtungen, für einen Anschlußverkehr nach dem Hauptbahnhof. Für den Ortsverkehr werden der Bahnhof und das Empfangsgebäude weitgehenden Ansprüchen gerecht werden. Aber auch auf Rügen lassen sich durchgreifende Verbesserungen schaffen. Die Eisenbahnen auf Rügen wurden in einer Zeit gebaut, als noch niemand ihre Bedeutung für den internationalen Durchgangs- und Bäderverkehr erkannte. Sie wurden als untergeordnete Nebenbahnen mit zahlreichen kleinen Krümmungen und langen starken Steigungen gebaut, so daß bereits 1897 mit Einführung des D-Zugverkehrs durchgreifende Verbesserungen in Aussicht genommen wurden. Zunächst wurde die Strecke Altfähr—Bergen begradigt und z. T. zweigleisig ausgebaut. Die Fertigstellung wurde leider bis zum heutigen Tage durch den Krieg lahmgelegt. Zwischen Bergen und Saßnitz ist alles beim alten geblieben, große Schwierigkeiten verhinderten bisher eine durchgreifende Verbesserung. Hoffentlich wird der Bau der Bäderbahn Lietzow—Mukran—Binz die gewünschte Gelegenheit zur Fortführung der Bahn nach Saßnitz Hafen bieten und damit der langjährige Wunsch einer durchgehenden schlanken Verbindung zwischen Bergen und



Abb. 15. Strelasundbrücke. Montage einer 270 m langen Hälfte der Eisenbahnbrücke auf der Dammkrone am Widerlager.

Bahnhofsende hergestellt, wodurch das zeitraubende Abschleppen der Güterzüge nach der Ablaufanlage vermieden wird.

Etwa 26 Millionen Reichsmark werden auf verhältnismäßig kleinem Raum verbaut werden, ein Beweis für den Umfang und die Kostspieligkeit der einzelnen Bauteile. Rund 4 000 000 cbm Bodenmassen mußten bewegt werden, etwa 48 000 cbm Beton und 11 800 t Stahl wurden eingebaut. Für zahlreiche kleinere Aufgaben mußten zweckmäßige und wirtschaftliche Lösungen gesucht werden. So wurden für die zahlreichen Kabel durch den Ziegelgraben nicht Rinnen gebaggert, sondern die Kabel nach einem neuartigen, von der Firma Harmsdorf in Hamburg entwickelten Verfahren in einem Arbeitsvorgang eingespült. Hierbei wurde durch ein am Ende eines Kahns befestigtes Stahlrohr Druckwasser bis 4 m Tiefe in den Untergrund gepreßt, wodurch eine etwa 0,4 m breite Rinne entstand, in die das Kabel gleichzeitig abrollte. Die Rinne schloß sich von selbst unmittelbar nach dem Einbringen des Kabels. Das Verfahren ist sehr wirtschaftlich, eignet sich aber nur für schlackige Bodenarten. In gleicher Weise wurde eine Wasserleitung aus einem gepanzerten Bleirohr von 10 cm lichtigem Durchmesser eingespült.

Saßnitz Hafen Erfüllung finden. Ein weiteres wichtiges Glied im Verkehr zwischen dem skandinavischen Wirtschaftsraum und Mitteleuropa würde hierdurch geschaffen werden.

Die Landungsbrücken der Fähranlagen und die meisten Fährschiffe befinden sich in einem noch sehr guten Zustande, ihre Weiterverwendung an anderer Stelle ist daher eine äußerst wirtschaftliche Maßnahme. Hierzu bietet sich in Swinemünde sehr günstige Gelegenheit, da dort die Fähranlage nicht nur abgängig, sondern auch völlig unzureichend ist. Mit der vorhandenen Fähre können nur Güterwagen übergesetzt werden, die Reisenden müssen aufs Schiff gehen. Bei Störungen, die schon des öfteren eingetreten sind, wird der ganze Fährdienst lahmgelegt; die Wagen müssen um das ganze Haff über Stettin umgeleitet werden. Die Verlegung der Stralsunder Fähranlage nach Swinemünde ist daher bereits eingeleitet, mit dem Bau wird in kurzer Zeit begonnen werden. Nach Fertigstellung der neuen Fähranlage wird dort der Personenverkehr eine sehr wesentliche Verbesserung erfahren, da dann die Fährn zwischen den Inseln Usedom und Wollin auch eine durchgehende Personenzugverbindung ermöglichen. So überträgt sich der Einfluß, den der Bau des Rügendamms ausübt, auch auf entfernter liegende Verkehrsgebiete.

Vorschlag zur Verlegung eines Langschienengleises.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Hermann Meier, Berlin*).

Langschienenoberbau?

Die Einführung des 30 m-Schienengleises, von der Deutschen Reichsbahn vor rund neun Jahren beschlossen, wird allgemein als ein großer Fortschritt in der Entwicklung des Eisenbahnoberbaues betrachtet. Heute nun erhebt sich schon die Frage, ob man sich damit begnügen soll oder ob nicht im Interesse eines noch besseren Fahrens versucht werden soll, die Zahl der Schienenstöße weiter zu vermindern oder sogar gänzlich auszuschalten. Diese Frage wird im Hinblick auf den jetzt immer mehr einsetzenden Schnellverkehr in Zukunft wohl noch öfter und eindringlicher gestellt werden. Sie wird auch z. Z. von der Deutschen Reichsbahn eingehend geprüft. Die Erwartung, daß sich bei Einführung sehr langer Schienen die laufenden Unterhaltungskosten des Oberbaues wesentlich senken lassen, unterstützt dieses Bestreben. Bekanntlich sind es die Schienenstöße, die am meisten Arbeit verschlingen. Daß auch die Wagenbauer den Wegfall der harten Stöße sehr begrüßen würden, ist bekannt. Steigerung der Fahrnehmlichkeit und Ersparnis an den laufenden Ausgaben für die Unterhaltung sind zwei gewichtige Antriebe, die es als lohnenswert erscheinen lassen, die Bekämpfung vorhandener Schwierigkeiten in Angriff zu nehmen. Ob die Einführung sehr langer Schienen wirklich so große Vorteile bringt, wie man sich mancherorts aus einem fortschrittsmutigen Optimismus heraus erhofft, oder ob dabei Nachteile auftreten, die sich nur mit hohen Kosten vermeiden lassen oder gar unüberwindlich sind, ist vorerst noch schwer zu sagen.

Die großen Axialkräfte.

Wichtig ist bei Einführung des Langschienengleises vor allem die Frage der Sicherheit im Bestand der Fahrbahn. Diese wird in der Hauptsache bestimmt: erstens durch den Größtwert der Spannungen in der Schiene, der sich bekanntlich aus verschiedenen Anteilen zusammensetzt, und zweitens durch die Größe der Axialkräfte in der Schiene (Zug und Druck), die hingegen vornehmlich durch Temperaturänderung allein erzeugt werden. Die Axialkräfte gelten bei den Sicherheitsbetrachtungen als die gefährlicheren.

In einem Aufsatz „Kräfte und Spannungen im Langschienengleis**“ wurde die Steigerung der Schienenbeanspruchung bei Verlängerung der Schienen von 15 auf 30, 60 und 90 m untersucht. Es ändern sich bei Verlängerung der Schienen lediglich die Axialkräfte. Das Anwachsen der Druckkräfte bei gleichen Verlegungsverhältnissen wird meist überschätzt. Die Zugkräfte dagegen nehmen stark zu. Der Aufsatz brachte das bemerkenswerte Ergebnis, daß sich beim 90 m-Schienengleis, sofern die jetzt übliche Verlegungsmethode hinsichtlich Temperatur und Stoßlückenbemessung verwendet wird, die Schienenmitte wie bei einem durchgehend geschweißten Gleis verhält (größtmöglicher Axialkraftunterschied). Beim 60 m-Schienengleis ist in Schienenmitte der Einfluß der Stoßlücke noch feststellbar (geringe Herabminderung der Größtwerte der Axialkräfte).

Vom Reichsbahn-Zentralamt für Bau- und Betriebstechnik Berlin wurden praktische Versuche unternommen, die Frage des Längsverschiebungswiderstandes des Gleises zu klären. Es wurde ein 120 m langes durchgehend geschweißtes Gleis mit freiliegenden Enden benutzt, und zwar Oberbau B auf Eisenschwellen mit der gewöhnlichen Einschotterung; es hat sich herausgestellt, daß auch bei größten Temperatur-

unterschieden nur die Enden atmen. Bewegungen wurden nur bis rund 40 m vom Ende herein gemessen. Die Mitte bleibt bewegungslos liegen.

Dieser Versuch sowohl, als auch die oben genannten theoretischen Betrachtungen zeigen, daß bei Verwendung von Schienenlängen über 80 m (gewöhnliches Gleis vorausgesetzt) die Anordnung von Stoßlücken mit Atmungsmöglichkeit ihren Hauptsinn verliert. In der Gleismitte treten die Axialkräfte in voller Größe auf. Die Stoßlücke soll aber eine Axialkraftsenkung erreichen. Sie erfüllt diese Forderung nur dann, wenn sich die angestrebte Wirkung in merkbarer Weise über die gesamte Schienenlänge erstreckt. Vorschläge, bei großen Schienenlängen an Stelle der üblichen Stoßverlaserung Dehnungsstöße mit großem Auszugsvermögen zu verwenden, können, wie leicht einzusehen, in dieser Hinsicht auch keine Verbesserung bringen.

Bei einem Gleis mit Schienenlängen über 80 m muß man also genau wie bei einem durchgehend geschweißten Gleis mit dem Auftreten des größtmöglichen Axialkraftunterschiedes in der Schiene rechnen. Inwieweit bedeutet dies eine Gefahr? Welche Maßnahmen sind zur Erhaltung genügender Sicherheit zu treffen? Die Spanne zwischen größter Druckkraft und größter Zugkraft ist durch die Grenztemperaturen der Schiene (+60° und -30°) gegeben. Die positiven und negativen Größtwerte der Axialkräfte selbst sind von der dem Gleis zugrundegelegten „Neutralen Temperatur*“ abhängig. Hierunter ist diejenige Schientemperatur zu verstehen, bei der die Schiene von Temperaturspannungen frei ist. Es ist grundsätzlich anzustreben, den Größtwert der in Rechnung zu stellenden Axialkräfte möglichst klein zu halten, d. h. den Schwankungsbereich der positiven und negativen Spitzenwerte weitestgehend zu verringern. Dies kann nur erreicht werden durch genaue Festlegung und strenge Beachtung der neutralen Temperatur. Für die Festlegung der neutralen Temperatur sind nun folgende Überlegungen maßgebend: Hohe Druckkräfte bringen bei den jetzigen Oberbauarten die Gefahr einer Gleisverwerfung mit sich. Diese wird jedoch mit Sicherheit beseitigt, wenn man den Gleisrost mit einem hohen Trägheitsmoment gegen waagerechte Verbiegung ausrüstet**. Das hohe Trägheitsmoment wird erreicht entweder durch winkelsteife Verbindung zwischen Schiene und Schwelle oder auch durch Ausfachung der Schwellen mit Kreuzstreben und ähnlichem. Theoretische Ermittlungen haben ergeben, daß ein hochgradig rahmensteifes Gleis selbst in scharfen Krümmungen, ohne Einschotterung, also bei sehr geringem Seitenverschiebewiderstand für die praktisch möglichen Schienendruckkräfte noch sehr verwerfungssicher ist. Die Verwendung hochgradig rahmensteifer Oberbauformen würde also, sofern sich nicht andere Mängel zeigen, alle Bedenken hinsichtlich der hohen Druckkräfte aufheben. Die Wirkung großer Zugkräfte bei Schienenbruch wäre noch zu ermitteln. Nach dem Gefühl geurteilt, scheint es zweckmäßig, Vorkehrungen zu treffen, um die Zugkräfte klein zu halten. Auch Betrachtungen über die Höchstspannungen in der Schiene lassen es geboten erscheinen, die Zugkräfte klein zu halten. Hier müssen vor allem folgende Tatsachen festgehalten werden:

1. Die Beanspruchung der Schiene durch Verkehrslast kann im Winter, wo im Gleis bereits starke Zugkräfte herrschen,

*) In früheren Veröffentlichungen des Verfassers wurde der Ausdruck „Einbautemperatur“ benutzt. Da dieser Ausdruck zu falschen Vorstellungen Veranlassung geben könnte, scheint es besser, an seiner Stelle den Ausdruck „Neutrale Temperatur“ zu setzen.

**) VDI 1934, S. 1153 und Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, S. 148.

*) Diese Frage wurde vom Verfasser während seiner Tätigkeit an der von Reichsbahnoberrat Dr. Bäsel geleiteten Forschungsstelle des Reichsbahn-Zentralamtes München bearbeitet.

**) VDI 1935, S. 380.

durch Auftreten von sogenannten Frostbeulen in der Bettung, größer werden. Festgefrorene Bettung hat geringere Nachgiebigkeit. Schläge wirken sich daher stärker aus.

2. Untersuchungen über Eigenspannungen in normalen Schienen haben ergeben, daß im Scheitel des Schienenkopfes (von der sich im Laufe der Zeit ergebenden dünnen Kaltwalzzone kann abgesehen werden) und in Schienenfußmitte ganz erhebliche Zugspannungen vorhanden sind. Diese Eigenspannungen bauen sich nicht ab, sondern sind auch nach langer Betriebszeit in gleicher Größe feststellbar*).

3. Die Überlagerung der ungünstigsten Werte aus Eigenspannung, Einzwängspannung (das sind Spannungen in der unbelasteten, elastisch verbogenen und im Gleisrost festgehaltenen Schiene) und aus Betriebsspannungen liefert im Schienenfuß eine weitaus höhere Zugspannung gegenüber der größtmöglichen Druckspannung im Schienenkopf. Wenn man außerdem noch den nachteiligen Einfluß der Kälte auf die Kerbzähigkeit des Schienenwerkstoffes berücksichtigt, scheint es durchaus angebracht, die zu den angeführten drei Spannungsanteilen noch hinzukommenden und aus Temperaturänderung erzeugten Spannungen so zu regeln, daß die Zugspannung möglichst gering bleibt. Eine Festlegung der neutralen Temperatur auf $+5^{\circ}\text{C}$, also um 10° unter der mittleren Schienentemperatur scheint praktisch noch durchführbar. Für die Gesamtspannungen allerdings wirkt sich diese Herabsetzung, wie leicht nachzurechnen, nicht allzu wesentlich aus. Aber die Axialzugkräfte sind es, die durch die Herabsetzung der neutralen Temperatur auf $+5^{\circ}$ weitgehend verringert werden. Ihr bestimmender Einfluß darf nicht unterschätzt werden. Die entstehenden größeren Axialdruckkräfte hingegen können wie schon gesagt, durch ein hochgradig rahmensteifes Gleis leicht aufgenommen werden.

Die hinsichtlich der Sicherheit erforderlichen Maßnahmen sind also die Verwendung eines hochgradig rahmensteifen Oberbaues und die genaue Einhaltung einer bestimmten neutralen Temperatur, die zweckmäßig bei $+5^{\circ}\text{C}$ liegt.

Fragestellung und Lösungsvorschlag.

Wir nehmen an, es läge bereits ein Oberbau vor, der sich im Betriebe bewährt hat und der die verlangten Eigenschaften hinsichtlich der Sicherheit besitzt. Es erhebt sich nun eine Reihe von Fragen: Soll man das Gleis gleich auf möglichst große Längen lückenlos zusammenschweißen oder soll man sich mit der Verlegung langer Schienen von beispielsweise 100, 150 oder 200 m begnügen? Nach welchem Verfahren soll der Einbau erfolgen? Wie geht man vor, um bei einem unter Spannung stehenden Gleis eine Schienenauswechslung rasch und einfach durchzuführen?

In den bisher bekannten Fällen, wo man den Schritt zum lückenlosen Gleis wagte, ist man folgendermaßen vorgegangen:

Eine genaue Festlegung und Beachtung einer neutralen Temperatur unterblieb bisher. Man hat bei Temperaturen von 20 bis 30° die Schienen lediglich aneinandergereiht und sie ohne Verspannung nach dem bewährten aluminothermischen, sogenannten kombinierten Verfahren zusammenschweißt. Der bei dieser Verlegungsart sich ergebende hohe mittlere Wert für die neutrale Temperatur wurde begrüßt. Man hat bei Sicherheitsüberlegungen das Augenmerk ausschließlich auf die Druckkräfte gerichtet, was auf Grund der Erfahrungen über Gleisverwerfungen bei nicht hochgradig rahmensteifen Oberbauarten durchaus verständlich ist. Geringe Druckkräfte, aber sehr hohe Zugkräfte sind das kennzeichnende Ergebnis dieses Verfahrens. Es wäre aufschlußreich, nachzuforschen, wie diese Gleise einen sehr kalten Winter überstehen und ob das geringe Sicherheitsmaß hinsichtlich der Zugbeanspruchung ausreicht.

*) Ein Aufsatz über Eigenspannungen in Eisenbahnschienen ist im Heft 15 dieser Zeitschrift erschienen.

Eine andere, bereits angewandte Verlegungsart für das lückenlose Gleis, wo am Schluß die Verhältnisse im Grunde genau so liegen wie eben beschrieben, war diese: Zunächst wurden dicht neben dem Gleis — zur Ermöglichung einer raschen Auswechslung — vier 30 m-Schienen zu einer 120 m-Schiene nach dem kombinierten Verfahren in Ruhe zusammenschweißt. Die Schiene wurde bei passender Temperatur rasch eingebaut und die Stöße wurden dann sofort nach dem Zwischengußverfahren verschweißt. Bei diesem Schweißverfahren ist eine bestimmte Stoßlänge vorgeschrieben, die nur geringe Schwankungen zuläßt (Stoßlänge 8 bis 12 mm). Es ist hier zu bemerken, daß sich die nach dem kombinierten Verfahren hergestellten Gleisstöße besser und haltbarer erwiesen haben als die nach dem Zwischengußverfahren durchgeführten Schweißungen. Die neutrale Temperatur bei dieser Verlegungsmethode entspricht ungefähr der Einbautemperatur und diese wurde aus den oben erwähnten Sicherheitsbetrachtungen meist mit rund 25° gewählt.

Wattmann, ein bekannter Vorkämpfer in der Frage des lückenlosen Gleises, hat in einem Aufsatz*) die neutrale Temperatur mit $+15^{\circ}$ vorgeschlagen und ist nachdrücklich für ihre genaue Einhaltung eingetreten. Um unabhängig von der herrschenden Temperatur arbeiten zu können, schlägt er ferner vor, Pressen zu verwenden und damit den Schienen je nach Abweichung von der gewählten neutralen Temperatur Vorspannungen zu geben. Zunächst sollen 60 m-Schienen nach den jetzt gültigen Verlegungsvorschriften eingebaut werden. Die Verlegungslücke beträgt bei $+15^{\circ} = 8$ mm. Geschweißt werden soll nach dem kombinierten aluminothermischen Verfahren. Das hierbei übliche Stauchmaß von 9 mm wird beibehalten. Das bis jetzt sehr bewährte Weicheiseneinsatzstück im Schienenkopf von 9 mm Stärke muß man nach dem Vorschlag Wattmann nun allerdings auf $8 + 9 = 17$ mm vergrößern. (Bei Zugrundelegung einer neutralen Temperatur von 5° wäre die Verlegungslücke 15 mm und das Weicheiseneinsatzstück 24 mm.) Es steht zu vermuten, daß die Güte der Schweißung durch diese starke Abweichung von der bewährten Norm leidet.

Da entsprechende Erfahrungen über Schweißung unter Vorspannung fehlen, können auch hierüber nur Vermutungen ausgesprochen werden. Die Pressen müssen während der ganzen Dauer der Abkühlung an der Schiene angeschlossen bleiben, um die Schrumpfung des Schweißstoßes durch Anspannen oder Nachlassen der Schrauben ausgleichen zu können, eine Arbeit, die viel Genauigkeit und Gewissenhaftigkeit erfordert, da sonst leicht schwere Schädigungen entstehen, deren nachträgliche Überprüfung unmöglich ist. Da aber die Schweißstelle auch bei bester Ausführung an sich schon als ein schwacher Punkt im lückenlosen Gleis angesehen werden muß, ist eine Güteminderung tunlichst zu vermeiden.

Der 9 mm-Stauchprozeß bedeutet ferner eine erhebliche Mehrleistung der zum Ansatz gebrachten Pressen. Man kann als Zuschlag zu der die Temperatur ausgleichenden Grundleistung, die selbst nur von der als zweckmäßig angenommenen, von der neutralen Temperatur abweichenden Arbeitsspanne abhängig ist, ungefähr mit 20 bis 25 t auf jede Schiene rechnen. Ein ganz erheblicher Zuschlag!

Diese Verlegungsverfahren für das durchgehend geschweißte Gleis, seien sie nun schon einmal „mit Erfolg“ durchgeführt worden oder vorerst nur als Vorschlag empfohlen, sind alle mit Mängeln behaftet, über deren jeweiliges Gewicht die Meinungen freilich noch etwas auseinandergehen mögen.

Wir wollen nun zunächst alle Forderungen zusammenstellen, die für den Bau eines lückenlosen Gleises als notwendig erscheinen:

*) Bahningenieur 1935, Heft 38.

1. Verwendung eines hochgradig rahmensteifen Oberbaues. Die Bauart soll so beschaffen sein, daß die Verbindung zwischen Schiene und Schwelle rasch und einfach hergestellt oder gelöst werden kann.

2. Genaue Einhaltung der neutralen Temperatur auf $+5^{\circ}\text{C}$.

3. Weitestgehende Unabhängigkeit der Bauarbeiten von der herrschenden Temperatur. Diese Forderung wird durch die Tiefflegung der neutralen Temperatur schwierig und verlangt die Verwendung von Pressen (vergl. Vorschlag Wattmann).

4. Für die Schweißstöße wird nur das bestbewährte Verfahren verwendet, das ist das kombinierte aluminothermische Verfahren. Keine Verspannung beim Schweißprozeß und nur 9 mm Weicheisenblech als Einsatz im Schienenkopf!

5. Rasche Entspannungsmöglichkeit des Gleises bei Schienenauswechslungen.

Die letzte Forderung wurde bis jetzt überhaupt noch nicht beachtet. Ist bei einem auf Zug oder Druck gespannten, durchgehend geschweißten Gleis eine Schienenauswechslung plötzlich nötig, so muß man beide Schienen des Gleises aufschneiden, also auch die gesunde, und dann erst kann man mit Hilfe von Klemmpressen die Entspannung des Gleises durchführen. Das Aufschneiden einer mit hohen Axialkräften vorbelasteten Schiene bedeutet für den Arbeiter eine nicht geringe Gefahr; sie muß unbedingt vermieden werden. Die Wiedereinschweißung und genaue Einhaltung der neutralen Temperatur bereitet erhebliche Schwierigkeiten.

Der beschriebene Vorgang ist möglich, seine Durchführung ist aber umständlich. Die Forderung 4 kann allerdings nicht erfüllt werden. Der ganze Arbeitsvorgang kann durchaus nicht als reizvoll und der Idee des lückenlosen Gleises förderlich bezeichnet werden.

Wollte man an Stelle des durchgehend geschweißten Gleises nur sehr lange Schienen verlegen und diese mit gewöhnlicher Verlaschung versehen, so zeigt eine kurze Überlegung bereits, daß dies eine praktisch kaum lösbare Aufgabe darstellt. Die Stoßlücke ist begrenzt (höchstens 2 cm). Einige Grade Temperaturunterschied genügen bei sehr langen Schienen, um die 2 cm Stoßlücke aufzubrechen. Für die Axialkräfte gelten selbstverständlich dieselben Betrachtungen, wie sie oben bei Festlegung der „neutralen Temperatur“ angestellt wurden.

Die Verlegung langer Schienen unter Verwendung sogenannter Dehnungsstöße ist unabhängig von der Temperatur möglich. Der Sicherheitsgrundsatz zwingt aber auch hier zur Beachtung der neutralen Temperatur. Dehnungsstöße sind jedoch eine sehr umständliche und kostspielige Angelegenheit und kommen deshalb praktisch nicht in Frage.

All diese Erkenntnisse geben Veranlassung, nach anderen Möglichkeiten Ausschau zu halten, die diese Schwierigkeiten beseitigen. Im folgenden wird nun ein Vorschlag zur Aussprache gestellt, der auf einfache Weise eine Lösung zu bieten verspricht. Es wird vorgeschlagen, zunächst auf das durchgehend geschweißte Gleis zu verzichten und dafür einen Langschienenoberbau zu verlegen, bei dem keinerlei Atmungs-möglichkeit besteht, bei dem die Schienenenden stumpf, ohne Lücke, jedoch unter Einschaltung eines kleinen Einsatzstückes aneinandergestoßen werden und dann eine starke, genau gearbeitete Verlaschung erhalten. Die „neutrale Temperatur“ läßt sich sehr gut festlegen. Zug- und Druckpressen werden verwendet.

Im folgenden sei der Vorschlag zunächst für das 120 m-Gleis beschrieben.

Das Einbauverfahren.

Abb. 1 zeigt für die 120 m lange, spannungsfreie Schiene die Längenunterschiede für die tatsächlich in Frage kommenden Temperaturunterschiede. Die großen Längenunterschiede be-

deuten dann keine Schwierigkeiten in der Verlegung und der Grundsatz, möglichst unabhängig von der Temperatur arbeiten zu können, läßt sich dann leicht einhalten, wenn man dazu übergeht, am Stoß (und zwar bei der endgültigen Stoßausbildung) ein kleines Einsatzstück anzubringen. Für die Δl

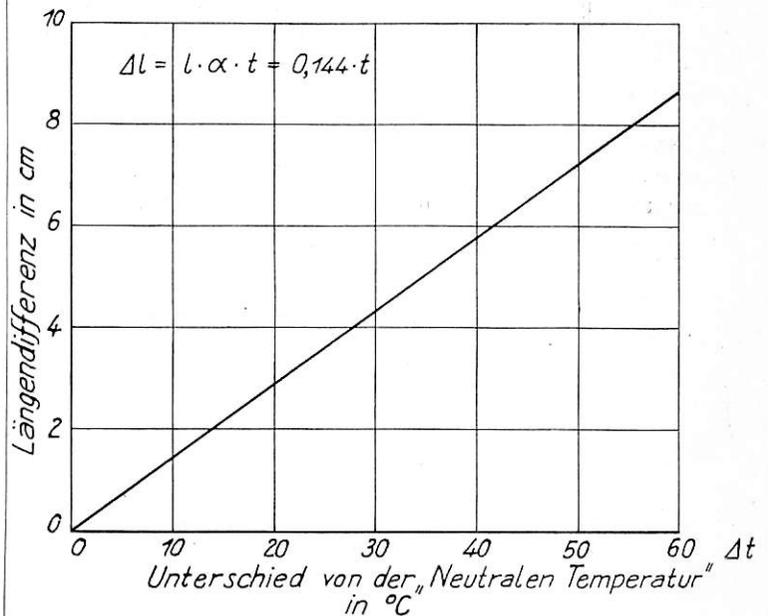


Abb. 1.

Einschaltung dieses Einsatzstückes wird beim Verlegen der 120 m-Schiene vorerst eine der Temperatur entsprechende Lücke ausgespart. Die Länge dieses Einsatzstückes wird bestimmt durch die Bedingung, daß auch bei höchster Temperatur

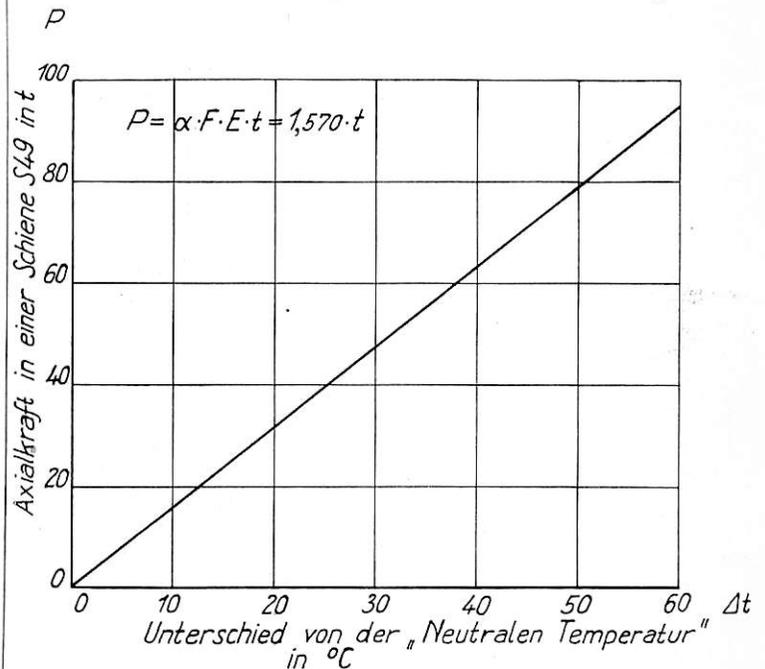


Abb. 2.

($+60^{\circ}$) für den Fall einer notwendigen Schienenauswechslung durch Ausbau des Einsatzstückes eine völlige Entspannung der Schiene möglich wird. Dies ergibt für die 120 m lange Schiene eine Einsatzstücklänge von 8 cm. In Abb. 2 ist die Beziehung zwischen Temperatur und Axialkraft in der Schiene aufgezeichnet. Sie ist wichtig für die Bemessung der Zug- und Druckpressen, die für die Ein- und Umbauarbeiten des Langschienenoberbaues nach diesem Vorschlag notwendig sind.

Der Verlegungsvorgang unseres 120 m-Schienengleises spielt sich nun folgendermaßen ab.

1. Vier Stück 30 m-Schienen werden seitlich zusammengeschweißt. Die Schienen müssen nachher genau abgelängt werden (in Gleisbogen Ausgleichschienen).

2. Nach Vorbereitung der Bettung und Verteilung der Schwellen werden die 120 m langen Schienen aufgelegt. Die Schientemperatur ist genau festzustellen und der Verlegungstafel entsprechend eine Verlegungslücke d einzuhalten. Zweckmäßige Vorrichtungen zum Messen und Aussparen der Verlegungslücke sind leicht herstellbar. Die Verlegungstafel ist so aufgestellt, daß rechnermäßig bei jeder Temperatur die Verlegung der Schiene möglich ist. Tatsächlich liegen die Verlegungsgrenzen wohl zwischen -10° bis $+45^{\circ}$.

Verlegungstafel für das 120 m Schienengleis.

Neutrale Temperatur 5° — Einsatzstück 8 cm

Schienen-temperatur t	Verlegungs-lücke d in cm	d ist Differenz von 8 cm — Lücke
41 bis 46	3,5	4,5
36 „ 41	4,0	4,0
32 „ 36	4,5	3,5
28 „ 32	5,0	3,0
24 „ 28	5,5	2,5
20 „ 24	6,0	2,0
16 bis 20	6,5	1,5
11 „ 16	7,0	1,0
8 „ 11	7,5	0,5
3 bis 8°	8	0
-1 bis 3	8,5	0,5
-6 „ -1	9,0	1,0
-10 „ -6	9,5	1,5
-13 bis -10	10,0	2,0
-18 „ -13	10,5	2,5
-22 „ -18	11,0	3,0
-26 „ -22	11,5	3,5

} Schließbereich

3. Die aufgelegten Schienen werden zunächst nur in der Gleismitte endgültig befestigt (z. B. durch Verkeilen) und die Schwellenfächer dort eingeschottert. Dadurch erhält man eine Art Festpunkt in der Mitte. Nach beiden Seiten kann die Schiene frei atmen. Die Schiene bleibt dadurch stets spannungslos. Der Längswiderstand der frei aufliegenden Schiene ist sehr klein und kann unbedenklich vernachlässigt werden. Bis hierher können die Arbeiten bei jeder Temperatur ausgeführt werden.

4. Für das Schließen des Gleises, d. h. für das Einbringen des Einsatzstückes und die Verlaschung sei ein zulässiger Temperaturbereich von -10 bis $+20^{\circ}$ angenommen (siehe Verlegungstafel). Die Erfahrungen bei der Ausübung werden vielleicht zu Änderungen führen. Steht in Aussicht, daß diese Temperaturspanne auf längere Zeit vorhanden bleibt, dann wird man zunächst das Gleis sauber ausrichten, die Schiene auf die ganze Länge endgültig befestigen und die Schwellenfächer des Gleises mit Schotter einfüllen. Ist jedoch in einer bestimmten Zeit (z. B. in 2 Std.) eine Überschreitung des Schließtemperaturbereichs erfahrungsgemäß zu erwarten, sei es steigend oder fallend, so wird man diese Arbeit nur so weit in Angriff nehmen, daß die Beendigung, d. h. die Schließung des Gleises in der zulässigen Temperaturspanne bewältigt werden kann (vergl. die Verlegungstafel). Zur ordnungsgemäßen Herstellung der Schienenstoßverbindung ist die Verwendung von Pressen

erforderlich. Man wird die Pressen an beiden Schienen des Gleisstoßes gleichzeitig betätigen, ein Gesichtspunkt, der besonders für das rahmensteife Gleis wichtig erscheint. Durch Zug oder Druck je nach den vorhandenen Temperaturen wird die ausgesparte Verlegungslücke auf 8 cm gebracht. Das genaue Einpassen des Einsatzstückes und das Anbringen der Verlaschung bieten keine Schwierigkeiten. Aus der Verlegungstafel ist zu entnehmen, daß für den Schließtemperaturbereich größte Abweichungen $\Delta d = 2$ cm von der 8 cm-Lücke zu erwarten sind. Aus Abb. 3 ist des weiteren angenähert zu entnehmen, daß zur Beseitigung dieser Abweichung für eine Schiene eine Axialkraft von rund 40 t erforderlich ist. Die dadurch verursachte Axialkrafthäufung am Schienenstoß widerspricht zunächst dem Grundsatz der genauen Einhaltung der neutralen Temperatur. Wohl kann man damit rechnen, daß die Walkarbeit des Zuges hinsichtlich der Axialkraftverteilung im Laufe der Zeit ausgleichend wirkt, aber es wird doch zweckmäßig sein, sobald Schientemperaturen nahe der neutralen Temperatur eintreten, die Schienen über den gesamten Gleisrost zu lösen, also zu entspannen und gleich wieder zu befestigen.

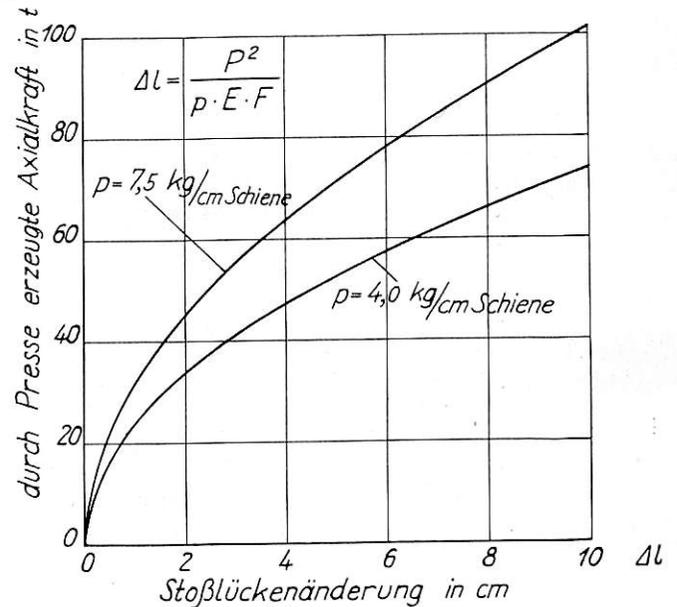


Abb. 3.

5. Überschreitet die Schientemperatur den Schließbereich, dann muß zur Beibehaltung klarer Verhältnisse in der Mitte des letzten Rostes eine Belastung (am zweckmäßigsten eine Lokomotive oder ein schwerer Wagen) aufgebracht werden, die dann als fester Punkt wirkt. Die fertiggestellte eine Seite des Gleisrostes wird festgehalten, während auf der anderen Seite die Atmung möglich ist.

Wenn diese Arbeiten mit hinreichender Sorgfalt ausgeführt werden, dann dürfte aller Voraussicht nach die Verlegung ohne besondere Schwierigkeit ausführbar sein. Daß die Verlegung teurer kommt als die Verlegung eines 30 m-Schienengleises, stört in Anbetracht der in Aussicht stehenden Vorteile nicht. Auch handelt es sich dabei um eine einmalige Ausgabe.

Gleisauwechslungen.

Bei Gleisauwechslungen soll unterschieden werden zwischen gewöhnlichen Auswechslungen, die nach Ablauf einiger Jahre, z. B. wegen zu starker Abnutzung des Schienenkopfes, erforderlich werden und zwischen ungewöhnlichen Auswechslungen, die durch irgend einen Unfall, z. B. Schienenbruch, plötzlich notwendig sind.

Bei den gewöhnlichen Auswechslungen wird man selbstverständlich einen Zeitpunkt auswählen, bei dem eine Tem-

peratur herrscht, die nicht zu stark von der „neutralen Temperatur“ abweicht, also z. B. denjenigen Temperaturbereich, den wir für das Schließen des Gleises aufgestellt haben.

Die ungewöhnlichen Gleis- oder Schienenauswechslungen sollen weiter unterteilt werden in solche Fälle, bei denen die Auswechslung sehr eilig durchgeführt werden muß, da die Strecke z. B. sehr stark belegt ist und Umleitungen betriebliche Schwierigkeiten verursachen, und dann in Fälle, bei denen die Auswechslung nicht so drängt, bei denen z. B. einleiger Betrieb auf längere Zeit möglich ist.

Haben wir im ersten Fall bei einer Grenztemperatur einen Schienenbruch, so wird man nach vorschriftsgemäßer betrieblicher Sicherung des Gleises folgendermaßen vorgehen: Man wird die Pressen an beiden Schienen des Gleisstoßes anbringen und die Axialkraft der Pressen gleichzeitig so lange steigern, bis der überbrückte Schienenstoß entspannt ist. Dadurch wird erreicht, daß das Einsatzstück und die Verlaschung ohne Gefahr entfernt werden können. Nun wird man in beiden Pressen gleichzeitig die Axialkraft langsam herabmindern und die

Temperatur“ entsprechend, unter Zuhilfenahme der Pressen und des 8 cm-Einsatzstückes das Gleis schließen.

Hat man es mit einer Gleisstrecke zu tun, bei der die Behebung eines Schienenbruches nicht sehr eilig ist, weil eine Außerbetriebsetzung des Gleises möglich ist, so wird man den Gleisabschnitt lediglich entspannen und die Ausbesserung zu einem geeigneten Zeitpunkt, wie oben beschrieben, vornehmen, jedoch ohne vorher einen Zwischenzustand einschalten zu müssen.

Die Ausbildung des Schienenstoßes.

Das Grundsätzliche am Schienenstoß ist die Anordnung des 8 cm langen Einsatzstückes, das, wie schon gesagt, dazu dient, den Ein- und Umbau des Langschienengleises bei hohen Temperaturen wesentlich zu erleichtern; ferner ist grundlegend die Tatsache, daß auf jegliche Atmung verzichtet wird. Die Stoßlücken sind bei jeder Temperatur gleich Null.

Was die bauliche Gestaltung des Schienenstoßes betrifft, so bereitet die einwandfreie Übertragung der Druckkräfte keine Schwierigkeiten. Die Stirnflächen des Einsatzstückes

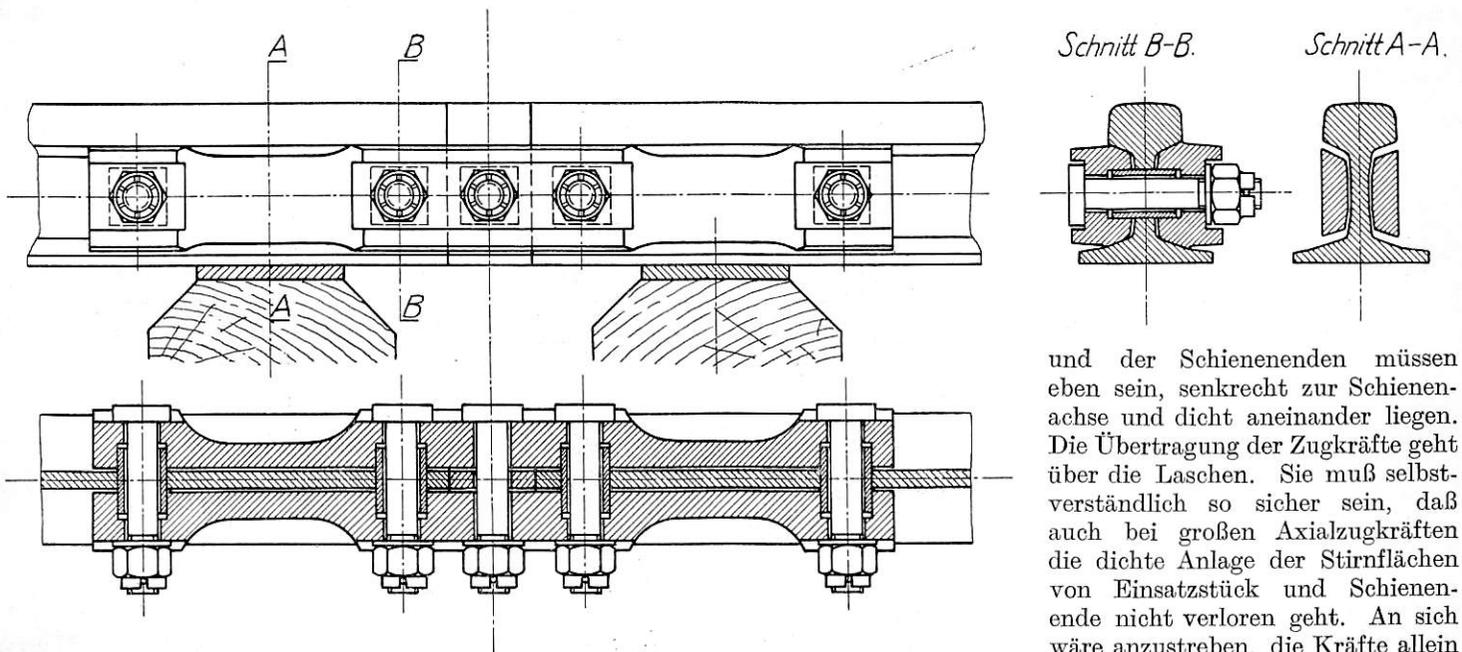


Abb. 4.

Schienen sich entspannen lassen. Dies muß am vorderen und am hinteren Gleisstoß des 120 m langen Gleisrostes gemacht werden. Mit der Schienenauswechslung kann dann begonnen werden. Ein Lösen der Befestigung zwischen Schiene und Schwelle wird meist notwendig sein, dieser Vorgang hat sich selbstverständlich vom Schienenende nach der Schienenmitte zu abzuspielen. Man wird nun an der Bruchstelle das beschädigte Stück herauschneiden, durch ein gesundes Schienenstück ersetzen, eine Notverlaschung anbringen, am Stoß für kurzfristige Befestigung geeignete Hilfsmittel (Ersatzzwischenstücke und Ersatzlaschen) verwenden und ohne Pressewirkung das Gleis wieder schließen. Der Gleisrost ist so gut wie ganz ohne Längskraft. Die bisher beschriebene Arbeit ist verhältnismäßig rasch durchführbar und erlaubt damit die baldige Wiederaufnahme des Betriebes, wenn auch mit geminderter Geschwindigkeit. Der Zustand des Gleises stellt allerdings nur einen Notbehelf dar. Um den Schaden endgültig zu beheben, wird man eine längere Betriebspause abwarten, um an Stelle der nur notverlaschten Ersatzschiene ein in der Länge genau abgepaßtes Stück in den Schienenstrang einzuschweißen. Bei Eintritt einer günstigen Schienentemperatur (Schließungsbereich) wird man — genau wie bei der Gleisverlegung — der festgesetzten „neutralen

und der Schienenenden müssen eben sein, senkrecht zur Schienenachse und dicht aneinander liegen. Die Übertragung der Zugkräfte geht über die Laschen. Sie muß selbstverständlich so sicher sein, daß auch bei großen Axialzugkräften die dichte Anlage der Stirnflächen von Einsatzstück und Schienenende nicht verloren geht. An sich wäre anzustreben, die Kräfte allein durch Laschenreibung aufzunehmen.

Die Lasche wird man am besten aus hochwertigem Stahl herstellen. Eine entsprechende Bearbeitung der Schienenenden zum Ausgleich der Querschnittstoleranzen ist notwendig. Hierdurch wird ein genauer Paßsitz der Lasche erreicht. Da die Atmung wegfällt, ist ein Verschleiß in der Laschenkammer kaum zu erwarten. Dies kann nicht stark genug betont werden. Die Atmung ist es, die bei den gewöhnlichen Schienenstoßverlaschungen zunächst und unter allen Umständen Verschleiß erzeugt. Erst bei genügendem Spielraum zwischen Schienenende und Lasche kommt eine dynamische Wirkung beim Darüberrollen der Last hinzu, der dann ein rasches Ausschlagen der Laschenkammer, eine Senkung des gesamten Schienenstoßes durch erhöhte Rüttelbeanspruchung der Bettung usw. verursacht. Der Wegfall der Atmung ist für die Lebensdauer der hier vorgeschlagenen Stoßverbindung von außerordentlicher Wichtigkeit.

Die Laschenbolzen sind fest anzuziehen und zu sichern. Da es noch ungewiß ist, ob die Laschenreibung zur Aufnahme der Zugkräfte genügt, hat Ing. Schrott, München einen Stoß entworfen (Abb. 4), bei dem zur Unterstützung der Laschenreibung Schubringe (Schubbüchsen) angeordnet sind. Dadurch soll vermieden werden, daß die schon sehr stark auf

Zug beanspruchten Laschenbolzen noch zusätzlich auf Biegen und Abscheren beansprucht werden. Diese Stoßform erfordert genaue Vorbearbeitung nach der Art der Formgebung im Maschinenbau; er kommt daher im Vergleich zu einer gewöhnlichen Verlaschung wesentlich teurer. Bei der Durchbildung der Lasche ist zwischen den Anlagepunkten an jedem Schienenende auf Schwächung des Laschenquerschnittes Wert gelegt worden, um bei starken Krümmungen kleine waagerechte Verbiegungen der Laschen zu ermöglichen. Die Aufnahme der senkrechten Biegemomente und Querkräfte ist Aufgabe der Laschen. Eine sehr wirksame Unterstützung wäre die Anordnung einer Fußplatte (ähnlich dem Melaunstoß). Wahrscheinlich kann man jedoch darauf verzichten.

Die Haltbarkeit des Schienenstoßes ist der entscheidende Punkt des ganzen Vorschlages. Die dauerhafte Überbrückung des Einsatzstückes stellt ohne Zweifel eine Schwierigkeit dar; jedoch scheint sie lösbar durch genaue Bearbeitung der Verlaschung. Je genauer diese Stoßform bearbeitet ist, desto klarer und günstiger ist die Verteilung des Kraftflusses bei ihrer Beanspruchung, desto geringer der Verschleiß. Verschleiß entsteht durch Bewegung, durch Reib- und Abschleifarbeit. Nimmt man dem Zwischenstück durch genaues Verpassen die Möglichkeit, sich in waagerechter wie in senkrechter Richtung gegenüber den Schienenenden und der Verlaschung zu bewegen, so muß allem Ermessen nach ein Verschleiß unterbunden sein.

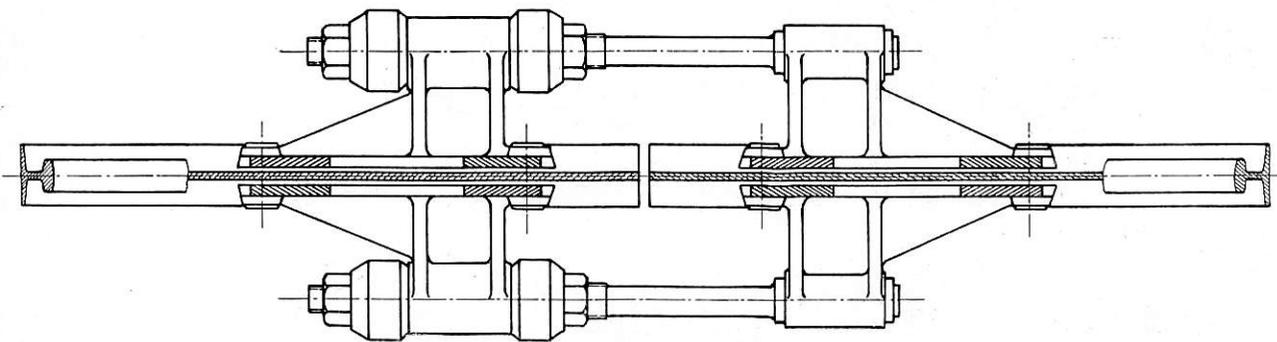


Abb. 5.

Die Länge des Einsatzstückes ist selbstverständlich von großem Ausschlag. Die angegebenen 8 cm gelten für den Fall der völligen Entspannung des 120 m-Gleises bei höchster Temperatur, und zwar am Stoß von zwei Seiten her. Nimmt man zur Grundlage, daß nur eine Seite zur völligen Entspannung (Lösen der Schiene von der Schwelle) gelangt, der anderen Seite sich jedoch der Längsverschiebungswiderstand des Gleises entgegenstemmt, so genügen schließlich 6 cm Einsatzstücklänge.

Im übrigen ist die Einsatzstücklänge durch Änderung der Schienenlänge regelbar.

Wie in so vielen Dingen, dürfte auch hier der Versuch die beste Antwort geben.

Sollte das kleine Einsatzstück tatsächlich unvermeidbare Nachteile mit sich bringen, so wäre denkbar, ein größeres Einsatzstück von ungefähr 2 m Länge zwischen die 120 m langen Schienen einzuschalten. Die hier auftretende Schwierigkeit liegt darin diese große Strecke mit den Pressen zu überbrücken. Man muß dann die Pressen so gestalten, daß neben dem Einsatzschienenstück Träger von genügender Stärke gelegt werden, die in der Lage sind, die hohen Druck- und Zugkräfte sicher aufzunehmen. Man erhielte dann zwei dicht hintereinanderliegende, stumpfe Stöße, die je eine gesonderte starke Verlaschung erhalten. Das kleine Einsatzstück entfällt dann.

Die Druck- und Zugpressen.

Wie schon beschrieben, müssen bei diesem Vorschlag zur Verlegung eines Langschienengleises Druck- und Zugpressen

verwendet werden. Sie machen die Verlegungsarbeit von der herrschenden Temperatur unabhängig. Die Längenunterschiede der Schienen gegenüber den Verhältnissen bei der „neutralen Temperatur“ werden durch künstliche Vorspannungen beseitigt. Durch die Festlegung eines Temperaturbereiches für die Schließung des Gleises kann die von den Pressen aufzuwendende Axialkraft verhältnismäßig klein gehalten werden. Es ist klar, daß die Pressen bei Aufwendung geringerer Axialkräfte sicherer zu handhaben sind. Die Höchstwerte, die unter diesen Umständen beim Verlegen für eine Schiene aufgebracht werden müssen, sind ± 40 t. Wie schon erwähnt, kann der Gebrauch der Pressen nur geschehen bei gleichzeitiger Beanspruchung beider Schienen. Beide Pressen müssen an dem fertig verspannten Gleisrost im gleichen Takt bedient werden. Bei Druckbeanspruchung verhindert das hohe Trägheitsmoment des Gleisrostes ein Ausknicken, was bei Druckbeanspruchung einzelner Schienen nicht der Fall wäre.

Im Gegensatz zur Gleisverlegung müssen bei der Gleis- auswechslung die Pressen mit wesentlich höheren Kräften eingesetzt werden. Da es sich jedoch hier nur um eine Entspannung handelt, dürfte der Vorgang in seiner Handhabung einfacher sein als der Vorgang beim Schließen des Gleises. Die erforderlichen Kräfte der Pressen bei der Entspannung richten sich nach den auftretenden Axialkräften der Schienen.

Der Einsatz der Größtwerte wird nur in den seltensten Fällen nötig werden. Diese sind rechnermäßig bei Druck 86,3 t, bei Zug 55 t in jeder Schiene. Die Firma Elektro-Thermit G. m. b. H. Berlin hat vor einiger Zeit eine Schienenpresse auf den Markt gebracht, die Zug- und Druckkräfte bis zu 50 t aufnehmen kann (Abb. 5). Für die beschriebenen Verhältnisse würde eine kleine Verstärkung dieser Bauart genügen.

Erweiterter Vorschlag.

Eine naheliegende Erweiterung des bisher beschriebenen Vorschlages für das 120 m-Langschienengleis sei zum Schluß noch angeführt. Es ist dies die Unterteilung in Sommer- und Winterverhältnisse und die entsprechende Verwendung zweier Einsatzstücke. Das Sommer- und Winterhalbjahr erhielte je eine bestimmte neutrale Temperatur und die Axialkräfte würden auf diese Weise wesentlich geringere Höchstwerte erhalten (Druck 58 t und Zug 43 t). Kleinere Abmessungen der Pressen und die günstigere Lagerung des Temperaturschließbereiches wären außerdem vorteilhafte Folgen.

Die Auswechslung der Einsatzstücke erfordert jedoch, wie leicht einzusehen, einen erheblichen Kostenaufwand, der insofern stark ins Gewicht fällt, als die Arbeiten jährlich zweimal durchzuführen sind. Die Verwirklichung dieses „erweiterten Vorschlages“ wird also in der Hauptsache eine Frage des Kostenvergleiches sein. Wahrscheinlich lassen sich die Kosten durch die Vorteile nicht rechtfertigen. Es kommt weiter verteuern hinzu, daß die Einsatzstücke selbstverständ-

lich die Abnutzungsform der Schiene erhalten müssen und daß, um dies zu erreichen, oft Abschleifarbeit nötig ist.

Zusammenfassung.

Die kennzeichnenden Eigenschaften des Vorschlages für das 120 m-Langschienengleis sind der Schienenstoß, bei dem auf jegliche Atmung verzichtet wird und bei dem zwischen den stumpf, ohne Lücke gestoßenen Schienen ein kleines Einsatzstück eingelegt ist, ferner die Verwendung von Pressen, durch die man künstliche Vorspannungen erzeugt. Man ist dadurch

Der bestmögliche Ausgleich der bei Gleisbogenvermarkungen gemessenen Pfeilhöhenfehler.

Von techn. Reichsbahninspektor Adolf Warnick, Nürnberg.

A. Vorbemerkungen.

Bei der Deutschen Reichsbahn werden die durchgehenden Hauptgleise nach der Absteckung in Richtung und Höhe durch Gleisfestpunkte*) versichert. Ihre Nachprüfung in bezug auf Gleisrichtung wird in Bogen mittels Pfeilhöhenmessung über je drei benachbarte Festpunkte durchgeführt. Fest vorgeschrieben ist dies jedoch bis jetzt nicht. Bei den nach dem Evolventen-, Winkelbild- oder Biegeverfahren von Nalenz-Höfer-Schramm**) abgesteckten Gleisbogen wird diese Prüfung der Vermarkung jedoch fast allgemein vorgenommen. Die gemessenen Pfeilhöhenfehler versuchte man bisher durch Probieren auszugleichen oder so weit abzuschwächen, daß ein bestimmtes Höchstmaß nicht überschritten wurde. Man erreichte dadurch bei einem nach dem Winkelbildverfahren unter Benutzung eines optischen Pfeilhöhenmessers sachgemäß abgesteckten Bogen und genau nach der Absteckung hergestellten Vermarkung auch meist eine für die Praxis genügende Genauigkeit. Anders ist es aber, wenn Gleisvermarkungen mit zahlreichen größeren Richtungsfehlern berichtigt werden sollen. In einem solchen Falle hängt es meist vom Zufall, von der Geduld und von der Geschicklichkeit des Absteckbeamten ab, ob und in welcher Zeit ein befriedigender Fehlerausgleich erzielt wird. Den bestmöglichen Ausgleich wird man auf diese Art wohl selten erhalten. Der Grund hierfür liegt darin, daß bei Änderung eines Punktes zwecks Verbesserung der dort gemessenen Pfeilhöhe sich die an den beiden Nachbarfestpunkten gemessenen Pfeilhöhen auch in einem bestimmten Verhältnis ändern (Abb. 1).

Durch praktische Versuche wurde festgestellt, daß bei mangelhaften Meßstreifenergebnissen des Oberbaumeßwagens der Deutschen Reichsbahn (bezüglich der Gleisrichtung) fast immer eine fehlerhafte Vermarkung vorhanden war. Häufig wurden bei der Pfeilhöhenmessung seitliche Abweichungen von 2 cm festgestellt, nicht selten waren sogar größere Fehler gefunden worden. Die Ursache der Festpunktveränderung ließ sich nicht immer genau feststellen. Viel öfter, als man angenommen hatte, waren die Gleisfestpunkte beim Gleis- oder Weichenumbau durch äußere Ursachen in ihrer Lage verschoben worden. Bei einigen Fällen lag der Grund der Festpunktveränderungen in Bewegungen des Erdkörpers. Dies konnte besonders dann festgestellt werden, wenn die Festpunkte auf der Außenseite des Bahnkörpers standen und nach der Vermarkung eine größere Gleisverschiebung durchgeführt wurde, so daß sich der Bahnkörper erst der neuen Belastung anpassen mußte. Gleisvermarkungen in der Doppelbahnachse waren durchschnittlich weniger verändert. Um schnell und sicher den

*) Als Gleisfestpunkte werden 1,50 m lange Schienenstücke in 1,75 oder 2,0 m Abstand von der Gleisachse senkrecht einbetoniert. Die genaue Gleisrichtung wird durch eine oben an der Festpunktschiene angebrachten Kerbe angegeben.

**) Höfer: „Die Absteckung von Gleisbogen aus Evolventenunterschieden“. Berlin: Julius Springer 1927. — Schramm: „Das Winkelbildverfahren in der Praxis“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1932, Heft 22.

beim Bau der Gleisanlage in hohem Maße von der Temperatur unabhängig. Bei Gleisauswechslungen kann das Gleis rasch entspannt und dadurch die Arbeit gefahrlos gestaltet werden. Bei diesem Vorschlag ist der Gesichtspunkt der Sicherheit im Bestand der Fahrbahn vorangestellt, die Erkenntnisse, besonders hinsichtlich der „neutralen Temperatur“, sind verwertet. Versuche im Betriebe wären naturgemäß sehr wünschenswert, um über manche Vorgänge, die in ihrem notwendigen Aufwand und in ihrer Wirkung nur gefühlsmäßig geschätzt werden konnten, Klarheit zu schaffen.

bestmöglichen Ausgleich der Pfeilhöhenfehler zu erreichen, wurde ein Verfahren angewendet, das in den folgenden Abschnitten B und C beschrieben ist. Die Versuche haben ergeben, daß es möglich ist, mit dem Ausgleichverfahren nicht nur die größeren, sondern auch die kleineren Abweichungen im Meßstreifen (bezüglich der Gleisrichtung) wesentlich zu verbessern. Die von Reichsbahnrat Leisner in seinem Aufsatz „Die Geometrie des Gleisbogens für hohe Geschwindigkeiten*)“ gemachten Ausführungen wurden durch die Ergebnisse der praktischen Versuche voll bestätigt. Leisner weist dort nach, daß für eine gute Gleislage nicht allein die Größe der einzelnen, oder die durchschnittliche Größe der Pfeilhöhenfehler wichtig ist, sondern daß es noch wichtiger ist, diese in Anpassung an die Geschwindigkeit auf möglichst große Länge auszugleichen.

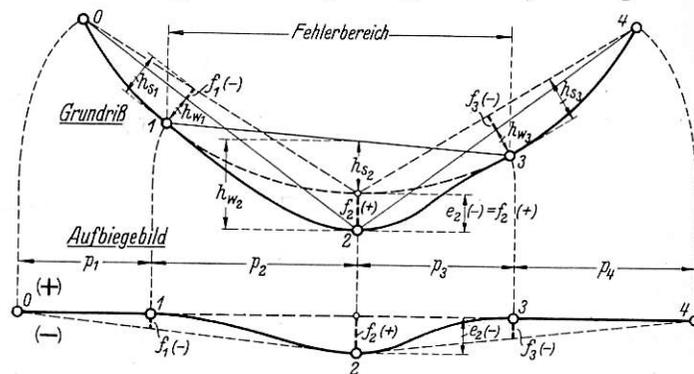


Abb. 1.

Die Erfüllung dieser Bedingung ist aber praktisch nicht durch ein Probiervorgehen, wohl aber auf die nachfolgend beschriebene Art möglich.

B. Beziehungen des fehlerfreien Bogens zum abgesteckten fehlerhaften Bogen.

Bei dem Evolventen-, Winkelbild- oder Biegeverfahren von Nalenz-Höfer-Schramm wird der fehlerhafte Bogen auf Grund der gemessenen Pfeilhöhen zu einer Geraden aufgebogen und zu dem neu abzusteckenden (gesuchten) fehlerfreien Bogen in Beziehung gebracht. Da jedoch bei Neuabsteckungen Lage und Größe des neuen Bogens zunächst unbekannt sind, muß man in diesem Falle aus den gemessenen Pfeilhöhen zuerst das Winkelbild berechnen und auftragen; erst dann kann man nach richtiger Wahl der Entwurfslinie das Summenbild (Aufbiegebild) zeichnen.

Will man bei einem bereits abgesteckten Bogen die Bogenvermarkung berichtigen, so kann man ebenfalls auf Grund der Pfeilhöhenmessung das Aufbiegebild und somit die Beziehung des fehlerfreien zum fehlerhaften Bogen ermitteln. Der fehlerfreie Bogen ist dann aber schon vorher genau bekannt, da er ja schon abgesteckt war. Man kann also sofort die Sollpfeilhöhen

*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Heft 5.

errechnen und durch Vergleich mit den an der Vermarkung gemessenen Pfeilhöhen die Pfeilhöhenfehler feststellen. Es ist deshalb nicht mehr notwendig, das Winkelbild zu zeichnen, sondern man kann das Aufbiegebild (auch bei ungleichen Festpunktabständen) unmittelbar aus den Pfeilhöhenfehlern berechnen. Der Beweis hierfür ist aus Abb. 1 zu ersehen.

Es ist dort bei einem fehlerfreien Bogen der Punkt Nr. 2 um das Maß e_2 nach außen versetzt. Während im Grundriß die wirklichen Pfeilhöhen h_w , die Sollpfeilhöhen h_s und die Pfeilhöhenfehler f ersichtlich sind, erscheinen in dem darunter gezeichneten Aufbiegebild nur noch die Pfeilhöhenfehler. Man kann also auch umgekehrt aus den Pfeilhöhenfehlern das Aufbiegebild errechnen.

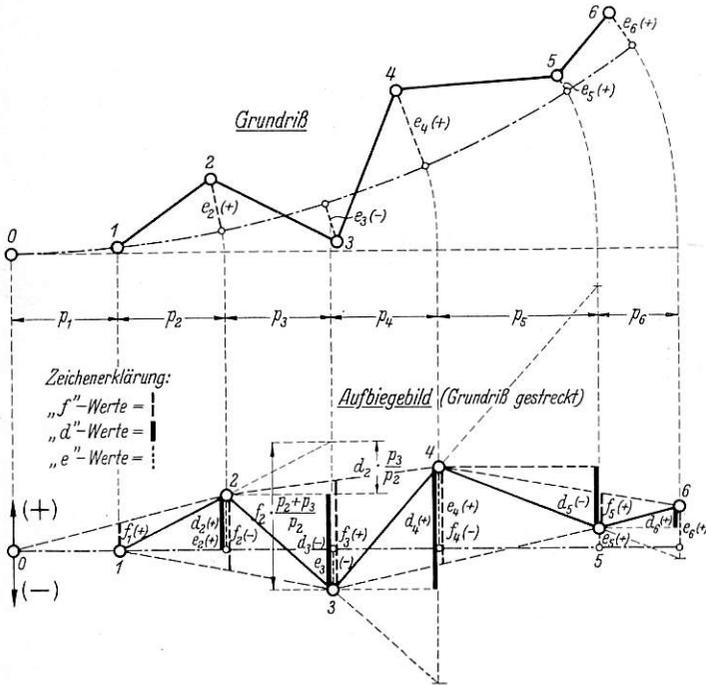


Abb. 2.

In Abb. 2 ist im Grundriß neben einem fehlerfreien ein fehlerhafter Bogen gezeichnet. Die dort angegebenen Werte bedeuten:

- p = Gleisfestpunktabstand,
- f = Pfeilhöhenfehler, der berechnet wird nach Formel

1) $f = h_w - h_s$;

in dieser Formel ist

- h_w = wirkliche (gemessene) Pfeilhöhe und
- h_s = Sollpfeilhöhe.

Die Punkte 0 und 1 liegen richtig, während die Punkte 2, 3, 4, 5 und 6 um die Maße e_2, e_3, e_4, e_5 und e_6 vom fehlerfreien Bogen entfernt sind. Es entsteht nun die Aufgabe, aus den Pfeilhöhenfehlern „ f “ die e -Werte für das in Abb. 2 unter dem Grundriß gezeichnete Aufbiegebild zu berechnen. Man berechnet zunächst die Höhenunterschiede „ d “ der einzelnen Punkte im Aufbiegebild. Wenn man die Werte „ f “ mit ihren richtigen Vorzeichen (wie in Abb. 2 in Klammer angegeben) einsetzt, so ergibt sich:

Höhenunterschied im Aufbiegebild zwischen den Punkten 0 und 1

$$d_1 = 0.$$

Höhenunterschied zwischen den Punkten 1 und 2

$$d_2 = f_1 \frac{p_1 + p_2}{p_1}$$

Höhenunterschied zwischen den Punkten 2 und 3, 3 und 4, 4 und 5 usw.

$$d_3 = d_2 \frac{p_3}{p_2} + f_2 \frac{p_2 + p_3}{p_2};$$

$$d_4 = d_3 \frac{p_4}{p_3} + f_3 \frac{p_3 + p_4}{p_3};$$

$$d_5 = d_4 \frac{p_5}{p_4} + f_4 \frac{p_4 + p_5}{p_4};$$

$$d_6 = d_5 \frac{p_6}{p_5} + f_5 \frac{p_5 + p_6}{p_5}.$$

Die allgemeine Formel lautet demnach

2) $d_n = d_{n-1} \frac{p_n}{p_{n-1}} + f_{n-1} \frac{p_{n-1} + p_n}{p_{n-1}}$.

In Abb. 2 ist $p_1 = p_2 = p_3 = p_4$. Es ist deshalb in diesem Falle

$$d_2 = 2 f_1;$$

$$d_3 = d_2 + 2 f_2 = 2 \cdot (f_1 + f_2);$$

$$d_4 = d_3 + 2 f_3 = 2 \cdot (f_1 + f_2 + f_3).$$

Bei gleichen Festpunktabständen lautet die Formel

3) $d_n = d_{n-1} + 2 f_{n-1}$;

oder

4) $d_n = 2 \cdot \sum_1^{n-1} f$.

Die Abstände „ e “ der fehlerhaften Punkte vom fehlerfreien Bogen ergeben sich aus der algebraischen Summe der Werte „ d “.

5) $e_n = \sum_1^n d$.

Ein kurzes Beispiel zeigt im nächsten Abschnitt C die höchst einfache Verwendung der vorstehenden Formeln.

C. Praktische Anwendung.

In dem hier abgedruckten Gleisfestpunkt- und Pfeilhöhenverzeichnis sind die Spalten 1—8 bekannt. In Spalte 8 die Pfeilhöhenfehler nach Formel 1) aus den in den Spalten 6 und 7 angegebenen Werten berechnet. Bei Punkt 0 (ÜBA) wurde keine Pfeilhöhe gemessen, da Punkt 1 (wie in der Praxis üblich) bei Nachprüfung der vorhergehenden Geraden von dieser aus (vor der Pfeilhöhenmessung) berichtigt wurde, also der Pfeilhöhenfehler $f_0 = 0$ ist.

Man berechnet und zeichnet nun das Aufbiegebild. Nach Formel 4) sind die Werte „ d “ bei gleichen Festpunktabständen gleich der doppelten Summe der Werte „ f “. Der Einfachheit halber rechnet man zunächst die einfache Summe „ f “ und erhält deshalb die Werte „ $\frac{d}{2}$ “. Bis Punkt 4 sind gleiche Festpunktabstände vorhanden. Die Werte „ f “ werden deshalb bis zu der im Verzeichnis mit starkem Strich angegebenen Grenze unmittelbar summiert, um die Werte in Spalte 9 zu erhalten.

Die Werte $\frac{d_5}{2}$ und $\frac{d_6}{2}$ müssen jedoch wegen der ungleichen Festpunktabstände wie folgt nach Formel 2) berechnet werden.

$$\frac{d_5}{2} = \frac{d_4}{2} \cdot \frac{p_5}{p_4} + f_4 \cdot \frac{p_4 + p_5}{2 p_4} =$$

$$= + 0,95 \frac{15}{10} + \left(- 0,90 \frac{10 + 15}{2 \cdot 10} \right) = + 0,30 \text{ cm.}$$

$$\frac{d_6}{2} = \frac{d_5}{2} \cdot \frac{p_6}{p_5} + f_5 \cdot \frac{p_5 + p_6}{2 \cdot p_5} =$$

$$= + 0,30 \frac{20}{15} + \left(- 1,00 \frac{15 + 20}{2 \cdot 15} \right) = - 0,75 \text{ cm.}$$

Von Punkt 5 an sind die Abstände der Gleisfestpunkte wieder gleich. Man kann deshalb von der durch einen zweiten starken Strich im Verzeichnis angegebenen Grenze ab die Werte für Spalte 9 durch einfaches addieren der „ f “-Werte in Spalte 8 nach Formel 3) erhalten.

$$\frac{d_7}{2} = \frac{d_6}{2} + f_6 = - 0,75 + 1,25 = + 0,50 \text{ cm.}$$

$$\frac{d_8}{2} = \frac{d_7}{2} + f_7 = + 0,50 - 0,25 = + 0,25 \text{ cm.}$$

usw.

Gleisfestpunkt- und Pfeilhöhen-Verzeichnis.

Punkt Nr.	Bezeichnung des Punktes	Halbmesser m	Kilometer km	Zwischenabstände P m	Pfeilhöhenmessung			Pfeilhöhenausgleich					
					Soll-Pfeilhöhen h _s cm	wirkliche Pfeilhöhen h _w cm	Pfeilhöhenfehler f cm	$\frac{d}{2}$ cm	$\sum \frac{d}{2} = \frac{e}{2}$ cm	$\sum d = e$ cm	Verschiebungen der Punkte nach außen innen cm cm		Pfeilhöhen nach Ausgleich cm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	ÜBA	∞	1,105				f ₀ = 0						
				p ₁ = 10				$\frac{d_1}{2} = 0$					
1			1,115		h _{s1} = 0,60	h _{w1} = 0,85	f ₁ = + 0,25		0	e ₁ = 0	—	—	0,60
				p ₂ = 10				$\frac{d_2}{2} = + 0,25$					
2			1,125		h _{s2} = 1,25	h _{w2} = 0,25	f ₂ = - 1,00		+ 0,25	e ₂ = + 0,50	0,50	—	1,27
				p ₃ = 10				$\frac{d_3}{2} = - 0,75$					
3			1,135		h _{s3} = 1,90	h _{w3} = 3,60	f ₃ = + 1,70		- 0,50	e ₃ = - 1,00	—	1,05	1,90
				p ₄ = 10				$\frac{d_4}{2} = + 0,95$					
4	ÜBE	2000	1,145		h _{s4} = 3,60	h _{w4} = 2,70	f ₄ = - 0,90		+ 0,45	e ₄ = + 0,90	0,80	—	3,63
				p ₅ = 15				$\frac{d_5}{2} = + 0,30$					
5		2000	1,160		h _{s5} = 7,50	h _{w5} = 6,50	f ₅ = - 1,00		+ 0,75	e ₅ = + 1,50	1,25	—	7,55
				p ₆ = 20				$\frac{d_6}{2} = - 0,75$					
6		2000	1,180		h _{s6} = 10,0	h _{w6} = 11,25	f ₆ = + 1,25		0	e ₆ = 0	—	0,60	10,03
				p ₇ = 20				$\frac{d_7}{2} = + 0,50$					
7		2000	1,200		h _{s7} = 10,0	h _{w7} = 9,75	f ₇ = - 0,25		+ 0,50	e ₇ = + 1,00	—	—	10,05
				p ₈ = 20				$\frac{d_8}{2} = + 0,25$					
8		2000	1,220		h _{s8} = 10,0	h _{w8} = 10,00	f ₈ = 0		+ 0,75	e ₈ = + 1,50	—	—	10,00
				p ₉ = 20				$\frac{d_9}{2} = + 0,25$					
9		2000	1,240						+ 1,00	e ₉ = + 2,00			

Durch Summierung der Werte $\frac{d}{2}$ in Spalte 9 bekommt man nach Formel 5) in unserem Falle die Werte $\frac{e}{2}$ in Spalte 10. Die benötigten Werte „e“ in Spalte 11 erhält man durch verdoppeln der Werte in Spalte 10. Das Aufbiegebild in Abb. 3 erhält man nun durch Auftragung der Werte „e“ auf Millimeterpapier, wenn möglich im Maßstab 1:1 bei einem Längenmaßstab 1:1000. In der Praxis genügt es, wenn man die Werte $\frac{e}{2}$ im Maßstab 1:1 aufträgt und dann die Verschiebungen im Maßstab 1:2 erhält.

Wollte man nun den fehlerhaften Bogen so verbessern, daß ein vollkommen fehlerfreier Bogen entstehen würde, so müßte man die Bogenpunkte um die Maße „e“ verschieben. Dies ist jedoch in fast allen Fällen unmöglich, da man am Ende eines Bogens (oder in unserem Falle bei den Punkten 7, 8 und 9) Verschiebungen bekäme, die nicht erwünscht sind und auch meist wegen der anschließenden Geraden nicht durchgeführt werden könnten. Man wird deshalb zwischen den richtig liegenden Punkten am Anfang und Ende der Pfeilhöhenmeßstrecke eine Bezugslinie einlegen, die aus möglichst flachen Bogenteilen besteht. Von den im Aufbiegebild aufgetragenen Punkten kann man nun aus ihren Abständen zur Bezugslinie die zum Pfeilhöhenausgleich notwendigen Verschiebungen unmittelbar ablesen. Es ergeben die auf der + -Seite der Bezugslinie gelegenen Punkte Verschiebungen nach außen (vom Bogenmittelpunkt weg), die auf der - -Seite gelegenen

Punkte Verschiebungen nach innen. Wenn man wie beim Winkelbildverfahren bei einem Linksbogen die + -Werte nach oben aufträgt, so erhält man ein der Wirklichkeit ent-

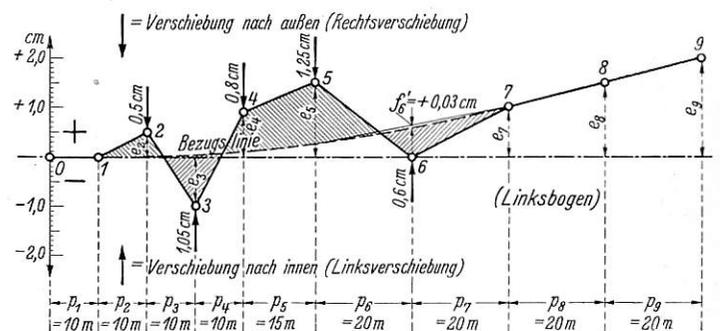


Abb. 3.

sprechendes Aufbiegebild und kann (wie in Abb. 3) Rechts- und Linksverschiebungen unterscheiden. Rechtsverschiebungen ergeben dann die im Aufbiegebild oberhalb der Bezugslinie gelegenen Punkte. Im Beispiel wurde im Aufbiegebild (Abb. 3) zwischen der Anfangsrichtung der Punkte 0 und 1 und der Endrichtung der Punkte 7, 8 und 9 eine flache Kurve als

Bezugslinie eingelegt. Diese Bezugslinie bewirkt, da die Konkavseite auf der $+$ -Seite liegt, eine geringe Vergrößerung der Sollpfeilhöhen. Den nach dem Ausgleich noch vorhandenen Pfeilhöhenfehler kann man sofort im Aufbiegebild aus der Krümmung der Bezugslinie feststellen, wenn man an die Bezugslinie über drei benachbarte Punkte eine Sehne zieht und beim mittleren Punkt die Pfeilhöhe abliest. In Abb. 3 wurde von Punkt 5 bis Punkt 7 an die Bezugslinie eine Sehne angelegt und ein noch bei Punkt 6 vorhandener Pfeilhöhenfehler von $f_6' = +0,03$ cm festgestellt. Im Beispiel müssen nach dem Aufbiegeplan die Punkte 2, 4 und 5 (wie in Spalte 12 des Verzeichnisses angegeben) nach außen und die Punkte 3 und 6 nach innen verschoben werden (Spalte 13 des Verzeichnisses). Aus den in den Spalten 12 und 13 angegebenen Verschiebungen und den in Spalte 7 angegebenen Pfeilhöhen h_w wurden zur Kontrolle in Spalte 14 die nach dem Ausgleich vorhandenen Pfeilhöhen nach bekannter Art errechnet.

Bei langen Bogen kann man die Bezugslinien auch aus verschiedenen und auch entgegengesetzt gekrümmten Kurven zusammensetzen. Im allgemeinen genügt es, wenn man die Bezugslinie mit Hilfe eines biegsamen, hochgestellten eisernen Lineals einzeichnet. Man kann das Lineal dann so biegen, daß die Verschiebung der einzelnen Punkte möglichst gering ist und doch die Pfeilhöhenfehler zügig ausgeglichen werden. Wenn nach dem Ausgleich noch größere gleichmäßige Pfeilhöhenfehler vorhanden sind, so ist dies an und für sich nicht nachteilig für eine gute Gleislage. Da jedoch beim Ausrichten des Gleises zweckmäßig weitere Richtungspunkte zwischen den Festpunkten (nach dem Sollhalbmesser des Bogens) mittels Pfeilhöhenberechnung eingeschaltet werden, sollen trotzdem auch die gleichmäßig vorhandenen Fehler nicht zu groß sein. Es ist dabei zu beachten, daß ein in der Vermarkung vorhandener gleichmäßiger Pfeilhöhenfehler von 4 mm bei der Einschaltung weiterer Richtungspunkte in der Mitte zwischen den Festpunkten (bei gleichmäßiger Bogenkrümmung) nur 1 mm Fehler ergibt. Daher ist anzustreben, nach Ausgleich bei der Vermarkung keine größeren Pfeilhöhenfehler als 4 bis 5 mm zu bekommen, was sich (wie die Versuche zeigten) auch fast immer erreichen läßt. In den Fällen, bei

denen dies nicht erreicht werden kann, empfiehlt es sich, aus dem gemessenen Pfeilhöhenmittel den Bogenhalbmesser neu zu bestimmen und daraus die zum Ausgleich benötigten Sollpfeilhöhen zu rechnen. Im allgemeinen wird es die Aufgabe sein, bei einem durchschnittlich richtig liegenden Bogen die einzelnen unrichtigen Bogenpunkte zu berichtigen. Auch bei mehreren fehlenden Punkten der Absteckung kann man, wenn man diese Punkte zunächst schätzungsweise durch Pflöcke ersetzt und dann die Pfeilhöhenmessung durchführt, auf die beschriebene Art die richtige Lage ermitteln. Durch entsprechende Einzeichnung der Bezugslinie kann man auch erreichen, daß bei bestimmten Punkten (Weichen, Brücken usw.) beim Ausgleich keine oder nur geringe Verschiebungen notwendig sind.

Die Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens ist sehr groß und man kann damit besonders bei trigonometrischen Absteckungen den Mangel an Genauigkeit (der zweifellos besteht) beheben. Auch der oft beschriebene fehlerhafte Anschluß der (bei trigonometrischer Absteckung) als kubische Parabeln abgesteckten Übergangsbogen an den Kreisbogen läßt sich auf diese Art sicher ausgleichen. Da das Aufbiegebild vollkommen berechnet wird, ist die Genauigkeit des Verfahrens größer, als dies praktisch nötig wäre. Die Anwendung des Ausgleichverfahrens erfordert sehr wenig Zeit und kann unter Umständen an Ort und Stelle vorgenommen werden. Die vorhandenen Festpunkte können fast immer beibehalten werden. Man braucht nur die Richtungskerbe zu verändern. Auch bei größeren Richtungsveränderungen können an die Festpunkte Flacheisen angeschraubt und darauf die neuen Kerben angebracht werden.

Es könnte eingewendet werden, daß eine allzugroße Genauigkeit für die Praxis nicht nötig ist, da das Gleis im Bogen nicht immer in der Lage liegen bleibt, wie es verlegt wird. Darauf kann aber erwidert werden, daß sich ein Gleis im Bogen um so weniger verfährt, je gleichmäßiger es gekrümmt ist. Und es ist doch wohl besser, wenn ein ursprünglich richtig liegendes Gleis sich nur um ein bestimmtes Maß verfahren hat, als wenn zu einer nach der Vermarkung vorhandenen Abweichung nun auch noch das Maß hinzukommt, um das sich das Gleis verfährt.

Bücherschau.

Der Kampf des Ingenieurs gegen Erde und Wasser im Grundbau.
Von Prof. Dr. Ing. A. Agatz, Berlin. Berlin: Julius Springer 1936. Preis geb. 26,40 *R.M.*

Das durchweg eigenschöpferische Buch macht die neuzeitliche Baugrundforschung und Bodenmechanik dem Grundbau dienstbar. Der Verfasser hat seine reichen Erfahrungen der Fachwelt zur Verfügung gestellt, Befunde und Fehlschläge an anderen, älteren Bauten sind gleichfalls als Erkenntnisquelle verwertet.

Die Stoffeinteilung steht ganz unter dem Bilde von Angriff und Abwehr und behandelt zuerst den „Gegner Erde“, sodann den „Gegner Wasser“, diesen vorwiegend als den stillen, aber zähen Gegner, den das Grundwasser im Flachland und im Küstengebiet darstellt. Bei Erde und Wasser steigt die Behandlung von gründlichen Vorerhebungen — namentlich Bohrungen — zu den Berechnungsmöglichkeiten auf. Das Haupt- und Mittelstück führt die Bezeichnung „Feststellung der eigenen Verteidigungsstellung“ und enthält Erfahrungsregeln sowie Berechnungen für Spundwände, Pfahlroste und Massivgründungen. Ein kurzes, zusammenfassendes Schlußkapitel weist u. a. darauf hin, daß die bisherigen Erfahrungen noch durch jahrelange Beobachtung fertiger Bauwerke verbreitert und gesichert werden müssen.

Das anregende, auf hoher Warte stehende Buch kann Ingenieuren des Tiefbaues bestens empfohlen werden. Auch dem Eisenbahn-Bauingenieur bietet es viel. Der Verlag hat es mit gewohnter Sorgfalt vorbildlich ausgestattet. Dr. Bloss.

Stahlbau-Kalender 1936. Herausgegeben vom Deutschen Stahlbau-Verband, Berlin, bearbeitet von Prof. Dr. Ing. Unold, Chemnitz. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1936.

Der Stahlbau-Kalender stellt ein Hilfsbuch für den entwerfenden Ingenieur dar, und zwar für Stahlhochbauten und Stahlbrücken. Die Hilfswissenschaften (Mathematik, Allgemeine Statik, Elastizität und Festigkeit, Baustatik) sind in erfreulich knapper, zielsicherer Auswahl behandelt, in der Baustatik sind Rahmentragwerke nach Gebühr stark betont. Den größten Teil des Buches nehmen die Vorschriften für den Stahlhochbau und den Stahlbrückenbau ein, wobei die Industrienormen und die behördlichen Vorschriften in das Gebiet der Anwendung und Ausführung weisen. Zahlreiche Behördenvorschriften des Auslandes wollen offenbar dem Ausfuhrbestreben der deutschen Industrie dienen. Die Schweißtechnik ist ihrer gestaltenden und wirtschaftlichen Bedeutung entsprechend anregend dargestellt.

Auf diese Weise ist ein für Entwurfszwecke sehr brauchbares Hilfsbuch entstanden. Da der Kalender — er liegt erst im zweiten Jahrgang vor — noch im Auf- und Ausbau steht, sei die Anregung gestattet, auch kurze Ausführungen über Schwingungs- und Meßtechnik mit aufzunehmen. Beide spielen ja nicht nur für den Entwurf, sondern auch für die Abnahme und Nachprüfung der fertiggestellten Bauwerke eine wichtige Rolle, die sich zwar erst in der Zukunft voll entfalten wird, aber immerhin schon anwendungsreife Ergebnisse zu verzeichnen hat. Dr. Bloss.

„Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.“

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.