

Der Oberbau der Hedjaz-Bahn

Von Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Kurt BECKER, GmbH, München

DK: 625.14(532):625.111(532):625.22(532)

Der seit dreieinhalb Jahrzehnten brachliegende, etwa 840 km lange südliche Teil der Hedjaz-Bahn soll nach Vereinbarung unter den Ländern Syrien, Jordanien und Saudi-Arabien wiederhergestellt werden. Die dafür notwendigen Arbeiten wurden im Dezember 1963 einer englischen Unternehmergruppe übertragen; die Oberbauleitung und die Bauleitung liegen seit Juni 1961 in den Händen der Verfasser der hier folgenden Abhandlung.

In accordance with an agreement reached between Syria, Jordan and Saudi Arabia, the 840-km-long southern section of the Hedjaz Railway is to be rebuilt after having lain derelict for about 35 years. The necessary work was entrusted in December 1963 to a group of British firms. Since June 1961 the responsibility for the construction and permanent way work has been in the hands of the Author of this article.

La partie méridionale de la ligne du Hedjaz, longue de 840 kilomètres et abandonnée depuis trente-cinq ans, doit être reconstruite conformément à un accord conclu entre la Syrie, la Jordanie et l'Arabie Saoudite. Les travaux à effectuer ont été confiés en décembre 1963 à un groupe d'entrepreneurs britanniques; l'auteur de la présente étude assure depuis 1961 la supervision des travaux.

La sección meridional del F.C. del Hejaz, unos 840 km de trayecto fuera de servicio desde hace 35 años, será reacondicionada en cumplimiento de un acuerdo celebrado entre Siria, Jordania y Arabia Saudí. Los trabajos están desde diciembre de 1963 encomendados a un grupo británico, y la dirección de las obras en la vía y generales desde junio de 1961 a los autores del presente informe.

Aufgabenstellung

Die in den Jahren 1900 bis 1908 unter Leitung von Dr.-Ing. E. h. H. A. Meissner-Pascha mit rund 1 300 km Gesamtlänge erbaute Hedjaz-Bahn [1, 2] wurde im Ersten

Weltkrieg durch aufständische Beduinen unter Führung des englischen Obersten Lawrence zerstört. Ihr größerer Südaabschnitt von Ma'an nach Medina (Bild 1) wurde seitdem nicht instand gesetzt. Um ihn wieder in Betrieb

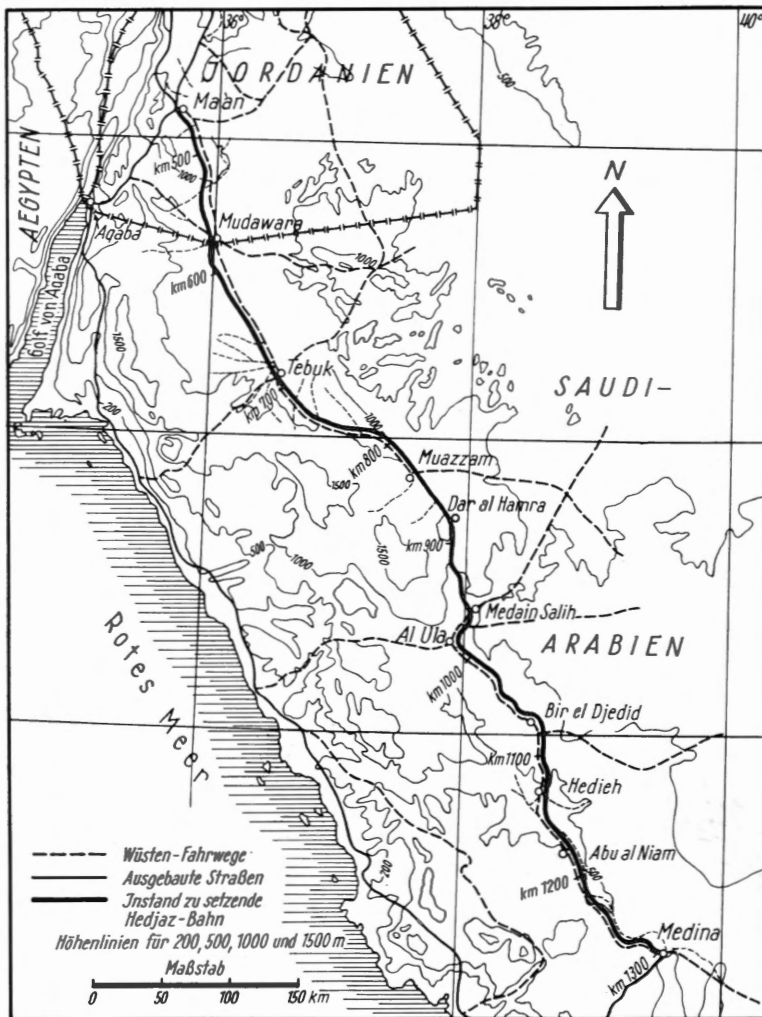


Bild 1: Lageplan des Abschnittes Ma'an-Medina der Hedjaz-Bahn.

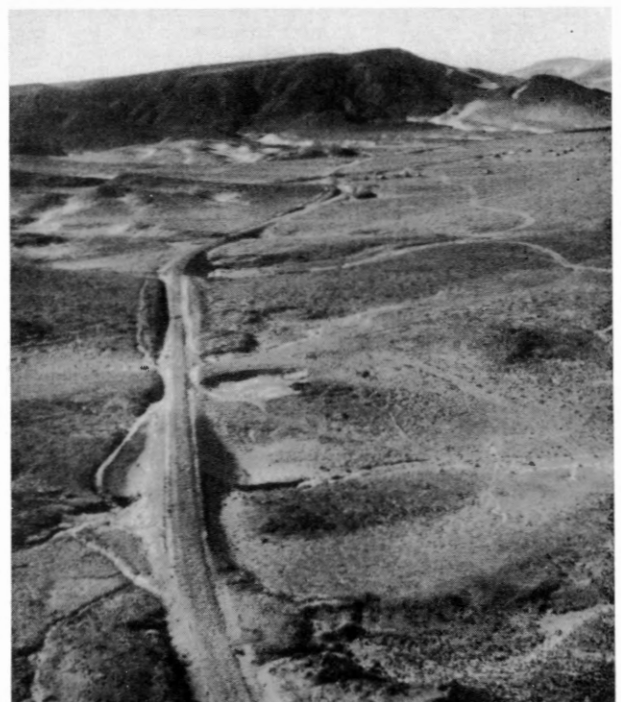
zu nehmen, haben sich die beteiligten Länder Syrien, Jordanien und Saudi-Arabien 1955 im „Executive Committee for the Recommissioning of the Hedjaz Railway Line“ zusammengeschlossen; dieses hat Ende 1963 den Wiederaufbau der Strecke vergeben.

Als Grundlage für die Ausschreibung der Arbeiten war zunächst eine Vermessung und Bestandsaufnahme der Strecke erforderlich gewesen. Die damit beauftragte amerikanische International Resources Engineering and Exploration Group (IREX) legte im April 1957 ein Gutachten vor, in dem über die Streckenführung durch Meissner-Pascha (Bild 2) folgendes zusammenfassendes Urteil enthalten war:

„Allgemein gesprochen erweist sich die Ingenieurplanung und deren Durchführung, wie sie seinerzeit beim Bau der Linie vorgenommen wurde, als sehr gut, wenn man die damals üblichen Planungsmethoden in Betracht zieht. Es wurde eine für jene Zeit erstaunlich und ungewöhnlich gute Absteckung vorgenommen, trotz der Geländeverhältnisse, die in einigen Abschnitten große Schwierigkeiten bereiten. Ein sorgfältiges Studium dieser Absteckung führte uns zu der Überzeugung, daß keinerlei Änderung der Trasse ins Auge gefaßt werden kann, die ohne erhebliche zusätzliche Kosten die Streckenführung verbessern wird.“

Die IREX hatte bei der Ausschreibung des Oberbaues noch mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 40 km/h gerechnet. Aufgrund einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Ingenieurbüros Becker beschloß das Hedjaz-Komitee jedoch die höhere Ausbaugeschwindigkeit von 70 km/h, damit in der Pilgerzeit täglich fünf Zugpaare mit einer Fahrzeit von 16 Stunden auf der 843,2 km langen Strecke zwischen Ma'an und Medina verkehren können. Das Ingenieurbüro Becker stand damit vor einer schwierigen Aufgabe, weil dieses Ziel ohne wesentliche Erhöhung der veranschlagten Baukosten erreicht werden sollte. Da aufgrund der vorzüglichen Streckenführung durch Meissner-Pascha bei der Erbauung Kurvenverbesserungen nur in beschränktem Umfang und in verhältnismäßig eng begrenzten Räumen in den Gebirgsabschnitten (Bild 3) und auch dann nur mit einem hohen Kostenaufwand möglich sind, konnte eine höhere Ausbaugeschwindigkeit nur durch eine Modernisierung des Oberbaues erreicht werden. Die begrenzten finanziellen Mittel zwangen dabei vielfach dazu, den Wunsch nach besten technischen Lösungen nur im Rahmen des noch vertretbaren Aufwandes in teilweise erheblich eingeschränktem Umfang zu erfüllen. Als Ergebnis dieser Studien wurde dem Hedjaz-Komitee die „Standard-Regulation — Rehabilitation of the Hedjaz-Line“ vorgelegt; als deren Grundlage dient ein Obergutachten von Professor Dr.-Ing. Hermann Meier der Technischen Hochschule München.

Bild 2: Luftaufnahme der Trasse der Hedjaz-Bahn im Gebirgsabschnitt südlich Ma'an. Das Gleis ist entfernt.



Der zu verwendende Oberbau

Auf etwa 410 km sind die von Meissner-Pascha gewählten 21,5-kg/m-Schienen noch brauchbar. Bei der Erbauung war das ganze Gleis auf Stahlschwellen verlegt worden (Bild 4). Auch von diesen ist ein erheblicher Teil noch verwendbar und soll wieder eingebaut werden. Für mehr als 400 km sind die Schienen entweder für andere Zwecke abgebaut worden oder durch Korrosion in der Salzwüste zerstört (Bild 5). Für diese Streckenteile müssen also neue Schienen geliefert werden. Gewählt wurde dazu eine Schiene S 30 mit einem Metergewicht von 30,1 kg.

Als Ersatz der nicht mehr verwendbaren Schwellen sind nach genauer Prüfung der Anschaffungskosten und der Wirtschaftlichkeit Holzschwellen aus Jarraholz vorgesehen.

Zu verlegen sind deshalb

1. alte Hedjaz-Schienen auf Stahlschwellen auf etwa 410 km,
2. alte Hedjaz-Schienen auf Holzschwellen auf etwa 52 km und
3. neue Schienen S 30 auf Holzschwellen auf etwa 382 km der wieder instandzusetzenden Strecke.

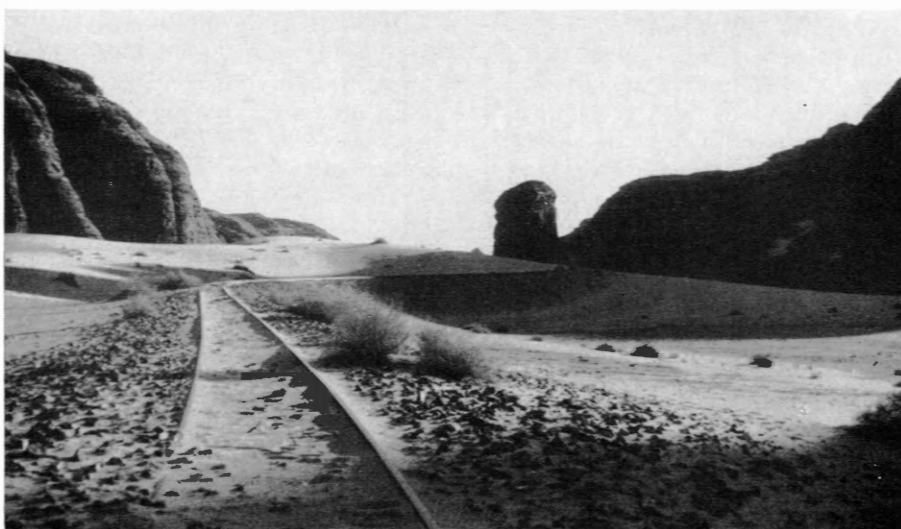


Bild 3: Gefällstrecke bei km 937 zwischen Muazzam und Al Ula mit Sandverwehungen.

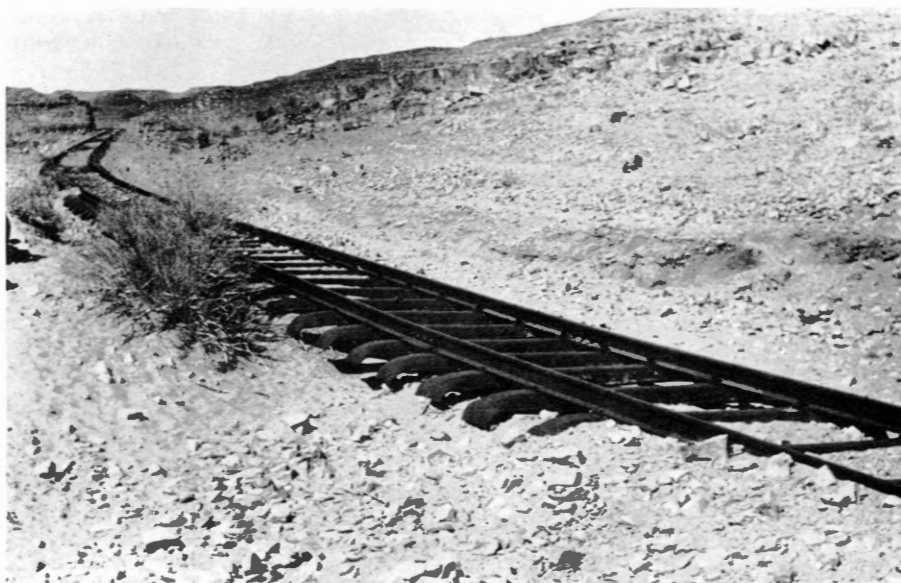


Bild 4: Streckenabschnitt zwischen Tebuk und Muazzam bei km 767. Ein neben dem Bahnkörper entstandener Bachlauf hat das Gleis unterspült.

Bild 5: Durch Erosion und Korrosion stark zerstörter Streckenabschnitt bei Abu Taka.



Schienen

Der Schiene S 30 wurde wegen ihrer etwas größeren Lauffläche und Fußbreite gegenüber der BS 60 lbs der Vorzug gegeben, obwohl diese ein etwas größeres Widerstandsmoment aufweist.

Bei der gewünschten Ausbaugeschwindigkeit von 70 km/h ergab sich bei der Spannungsberechnung für die Schiene S 30 ein Schwellenabstand von 65 cm. Unter den alten Hedjaz-Schienen von 21,5 kg/m wird der ursprüngliche Schwellenabstand von 70,4 cm auf 60 cm verringert. Nach Härteprüfungen weisen vor allem die von Meissner-Pascha neben anderen vorwiegend verwendeten GHH-Schienen noch eine Mindestfestigkeit $\sigma_B = 70 \text{ kp/mm}^2$, im Durchschnitt jedoch etwa 80 kp/mm^2 auf.

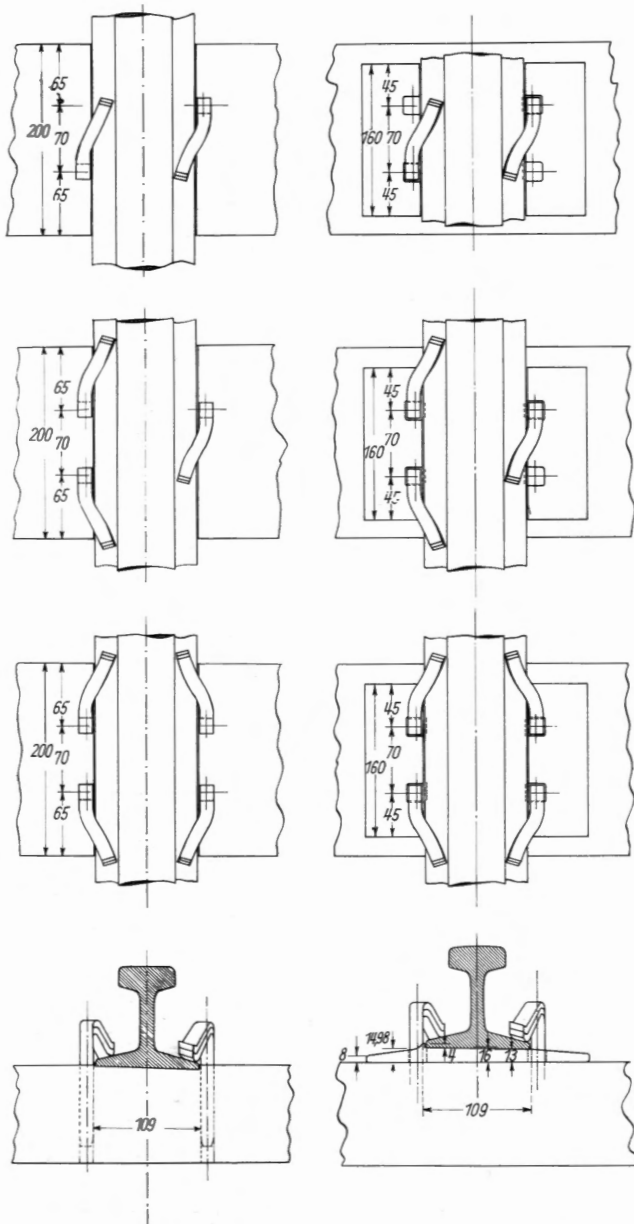


Bild 6: Befestigung der 30,1-kg/m-Schienen mit zwei, drei oder vier Federnägeln auf Holzschwellen ohne und mit Unterlagsplatten.

Schwellen

Aus der Vielzahl von Schwellenarten wurde an Hand einer ausführlichen Wirtschaftlichkeitsberechnung nach dem Verfahren Schramm eine australische Jarrah-Hartholzschwelle gewählt, die ungetränkt zum Einbau kommt. Sie eignet sich wegen ihrer Zähigkeit, Dichtigkeit und geringen Anfälligkeit gegen Reißen besonders für die trockenen Wüstengebiete.

Die vorhandenen Stahlschwellen können fast zur Hälfte wiederverwendet werden. In besonders korrosionsgefährdeten Strecken in der Salzwüste sollen neben der grundsätzlichen Verwendung von Holzschwellen die Schienen und Kleinteile einen besonderen Rostschutz erhalten. Erwogen wurde auch die Anwendung von Spannbetonschwellen, die sicherlich noch besser als Holzschwellen für das Wüstenklima geeignet gewesen wären. Die hohen Kosten für die Anschaffung dieser

Schwellen und für die Schienenbefestigung, der zu erwartende geringe Verkehr, die bei Beginn der Schwellenherstellung sicherlich zu befürchtenden Schwierigkeiten sowie die beabsichtigte kurze Bauzeit sprachen jedoch gegen ihre Verwendung.

Schienenbefestigung

Die alte Schienenbefestigung besteht aus Hakennasenplatten und Klemmplatten. Die T-Bolzen und Schraubenmuttern dazu müssen meist erneuert werden. Verstärkt wurde diese Schienenbefestigung durch einen doppelten Federring Fe 8, um einen halbelastischen Charakter der Schienenbefestigung zu erreichen.

Für die Befestigung der neuen Schienen wurden Rümping-Schrägnägel der Typen T₃ bzw. T₄ gewählt (entsprechend FS 16) (Bild 6), und zwar

zwei Federnägel ohne Unterlagsplatten in Geraden und in Krümmungen von mehr als 1 000 m Halbmesser,

drei Federnägel ohne Unterlagsplatten in Krümmungen von 1 000 bis 501 m und mit Unterlagsplatten in solchen von 500 bis 75 m Halbmesser.

Die kleinsten Krümmungshalbmesser sind mit 300 m geplant. Allerdings werden die in Gebirgsstrecken vorhandenen kleineren bis herunter zu $R = 125$ m kaum verbessert werden können.

Den Lieferungen der Federnägel wurden die Gütebedingungen der Deutschen Bundesbahn zugrunde gelegt. Außerdem wurde gefordert, daß die Stahlgüte 55 Si 7 gemäß DIN 17 221 entsprechen, also — am Probestab gemessen — eine Zugfestigkeit von 130 bis 150 kg/mm² aufweisen müsse. Das Einspannmoment soll zwischen 1,5 und 3,0 tcm liegen. Der Anpreßdruck soll größer als 700 kg und der Federweg etwa 10 mm sein.

Zweifelloos wäre die Anwendung eines ES-Nagels noch vorteilhafter gewesen; höhere Kosten und gewisse Bedenken des Hedjaz-Komitees wegen der internationalen Abfassung der Ausschreibung schlossen jedoch diese Möglichkeit aus.

Schienenstoß

Der bisherige winkelrechte Stoß wurde beibehalten, um die Möglichkeit jochweiser Verlegung für den Unternehmer offen zu lassen. Bei den alten 21,5-kg-Schienen mußte wegen der Verwendung der brauchbaren Stahlschwellen beim schwebenden Stoß verblieben werden (Bild 7). Dagegen wurde für die neuen S 30-Schienen ein Doppelschwellenstoß vorgezogen (Bild 8); er verringert die Unterhaltungsarbeiten, vermeidet soweit wie möglich ein Einfahren der Stöße und erleichtert späteres Zusammenschweißen.

Der alte Winkellaschenstoß bei der 21,5-kg-Schiene wurde durch doppelte Federringe verstärkt; für die S 30-Schiene sollen Flachlaschen nach DIN 20 501 verwendet werden. Lückenschluß soll bei einer Schientemperatur von + 60° C vorhanden sein. Als Ausgleichschienen finden genormte Schienenlängen Verwendung.

Der Abstand der Schienenstöße soll zwischen 30 und 45 m liegen. Darüber werden zur Zeit noch Untersuchungen durchgeführt. Nach ihrem Ergebnis werden dann die alten und neuen Schienen entweder bereits vor Ein-

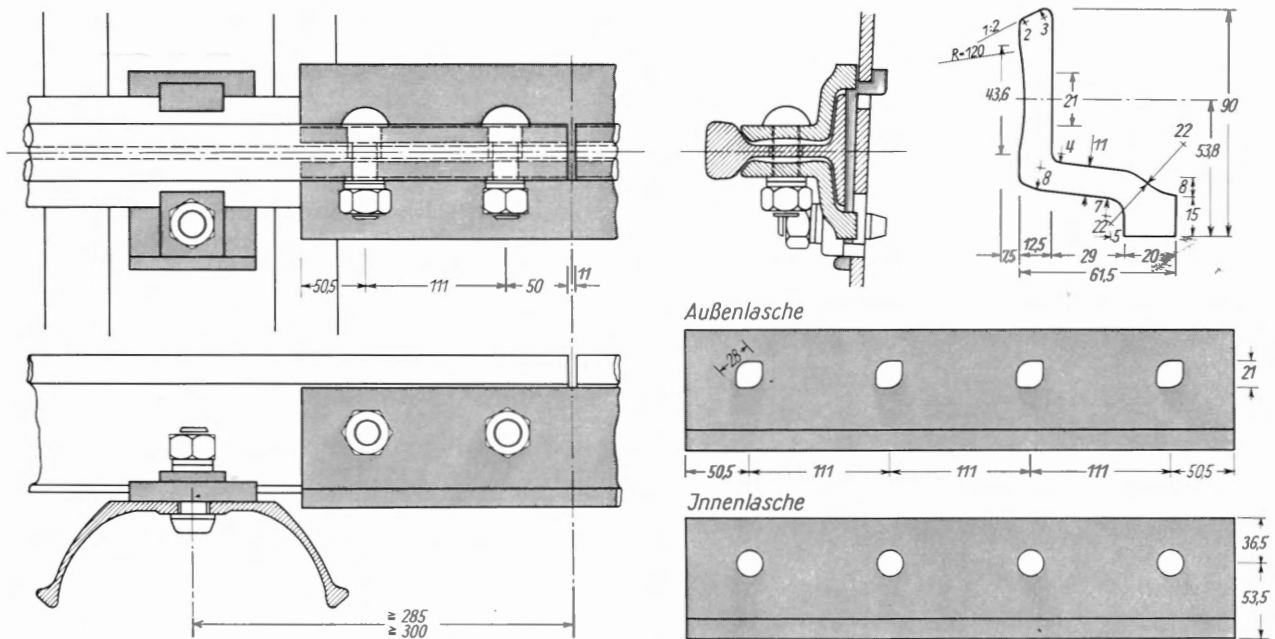


Bild 7: Schwebender Stoß des Stahlschwellengleises mit 21,5-kg/m-Schienen.

bau oder wahrscheinlich erst nachher zusammenzuschweißt. Für Schweißarbeiten ist das Thermitverfahren empfohlen worden.

Weichen

Die alte Hedjaz-Weiche 21,5 — 100 — 1 : 8 kann in ihrer bisherigen Form mit einer sehr kurzen Gelenkzunge nur noch in Gleisen dritter Ordnung eingebaut werden. Dabei soll sie neue Federschienenzungen erhalten. Wahlweise sind dafür neue Weichen mit einem Halbmesser von $R = 100$ m ausgeschrieben.

Für alle durchgehenden Hauptgleise erster Ordnung sowie für die sonstigen von Zügen befahrenen Gleise zweiter Ordnung werden neue Weichen S 30 — 190 —

1 : 9 mit Federschienenzungen einschließlich Verschluss und geschweißten flammgehärteten Herzstücken geliefert. Diese Weichen sollen einen flüssigen Betrieb mit Ein- und Ausfahrgeschwindigkeiten von 40 km/h in den Überholungsgleisen ermöglichen.

Bei der Weichenneigung 1 : 9 wurde bewußt eine an sich unbedeutende Ungenauigkeit, die beim Einbau eines geraden Herzstückes entsteht, in Kauf genommen, um mit der Verwendung einer einzigen Herzstückbauart für alte und neue Weichen auszukommen.

Spurweite und -erweiterung

Die von der türkischen Verwaltung bei der Erbauung gewählte Spurweite von 1 050 mm wurde beibehalten, da

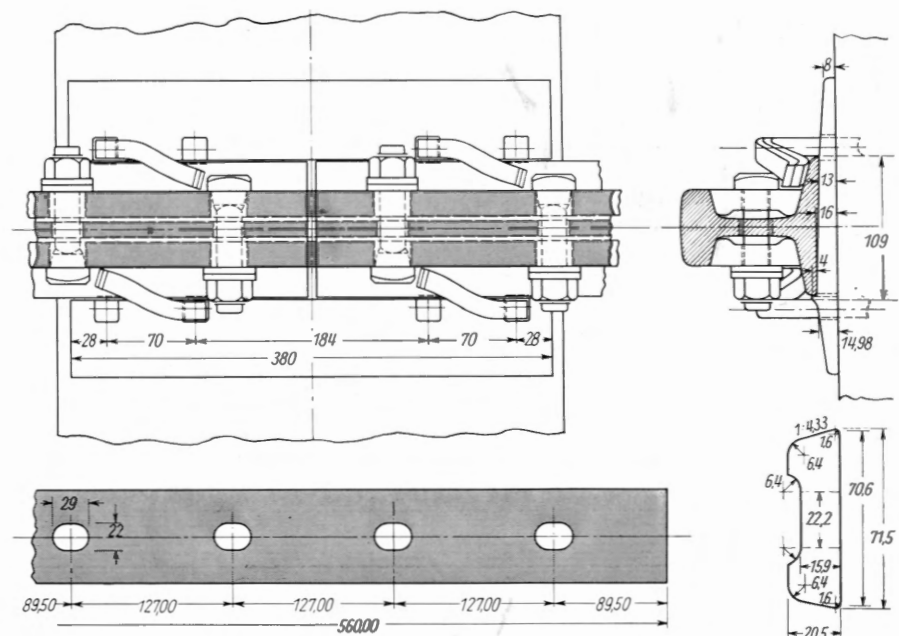
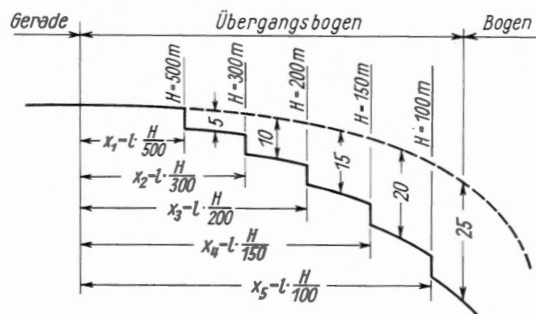


Bild 8: Fester Stoß des Holzschiellengleises mit 30,1-kg/m-Schienen.

eingehende wirtschaftliche Untersuchungen gegen eine Änderung auf Normalspur sprachen.

Die Spurerweiterungen in den Krümmungen (Bild 9) wären unnötig, wenn mit Gewißheit nur Drehgestell-Lo-



Bogenhalb- messer H von [m] bis		Spurerweiterung				
		5mm	10mm	15mm	20mm	25mm
		Abstand vom Übergangsbogenanfang [m]				
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
500	301	0,60 l				
300	201	0,40 l	0,67 l			
200	151	0,30 l	0,50 l	0,75 l		
150	101	0,20 l	0,34 l	0,50 l	0,67 l	
100	75	0,15 l	0,25 l	0,38 l	0,50 l	0,75 l
l = Länge des Übergangsbogens [m]						

Bild 9: Spurerweiterungen.

komotiven und Wagen zum Einsatz kommen würden. Vor allem in der Bauzeit ist jedoch mit den vorhandenen Dampflokomotiven mit starren Rahmen und nur geringer Achsverschieblichkeit zu rechnen. Wieweit diese zum Teil schon 50 bis 60 Jahre alten Lokomotiven auch noch zum Betrieb der Bahn herangezogen werden, obwohl das Hedjaz-Komitee hierfür eine ausreichende Zahl von Diesellokomotiven beschaffen will, wird sich zeigen müssen.

Regellichtraum der Bahn

Der Regellichtraum der Hedjaz-Bahn (Bild 10) wurde geringfügig vergrößert. Es wurde dabei vor allem, um der landesüblichen Überfüllung der Züge in den Hauptverkehrszeiten Rechnung zu tragen, auf die Sicherheitsräume geachtet. Das normale Profil muß in Krümmungen mit kleineren Halbmessern und damit wachsender Überhöhung Erweiterungen erfahren, die weitgehend untersucht und tabellarisch niedergelegt wurden. Als größte Wagenlängen wurden dabei 20 m mit einem Drehzapfenabstand von etwa 14,5 m angenommen.

Schotterbett

Die Unterbaukrone ist im Regelfall dachförmig, bei gekrümmten Gleisen mit einer Überhöhung von 40 mm und mehr jedoch durchgehend nach der Bogeninnenseite, mit 1 : 25 geneigt (Bild 11).

Die Stärke des Schotterbettes ist mit 30 cm bei guten Unterbauverhältnissen mit einer zulässigen Bodenpressung von $\sigma_{\min} = 2 \text{ kg/cm}^2$ festgelegt worden. Wenn dieser Wert nicht zu erreichen ist, muß die Schotterstärke auf 35 cm erhöht werden. Alle Gleise sind bis Oberkante Schwelle einzuschottern, wobei in Gleismitte eine Mulde von 4 cm Tiefe und 30 cm Breite freizuhalten ist. Vor den Köpfen ist bei allen Schwellen mindestens 30 cm Schotter einzubringen. Die Bettungsmengen betragen im Regelfall etwa 850 bis 875 m^3/km ; in engen Krümmungen mit starker Überhöhung des Gleises und einseitiger Neigung der Unterbaukrone steigt der Schotterbedarf bei den Bettungsstärken von 30 und 35 cm bis auf 930 bzw. 1 100 m^3/km .

Die Oberbauvorschrift als Schrittmacher der technischen und betriebswirtschaftlichen Entwicklung

Der Vertrag des Ingenieurbüros Becker mit dem Hedjaz-Komitee sieht vor, daß für die Oberbauvorschrift der Hedjaz-Bahn diejenigen der Deutschen Bundesbahn und der UIC sowie die Deutschen Industrienormen (DIN)

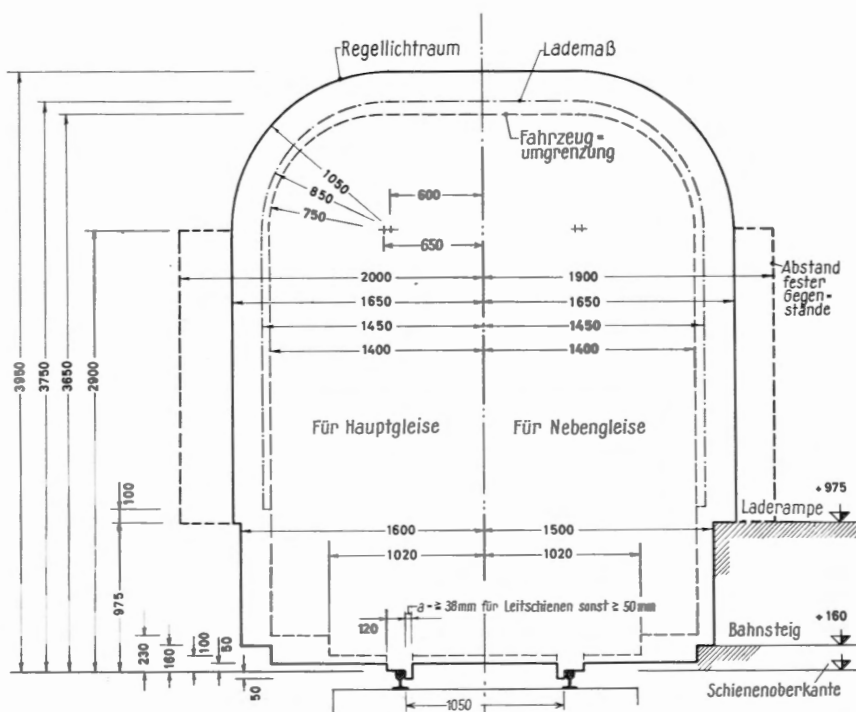


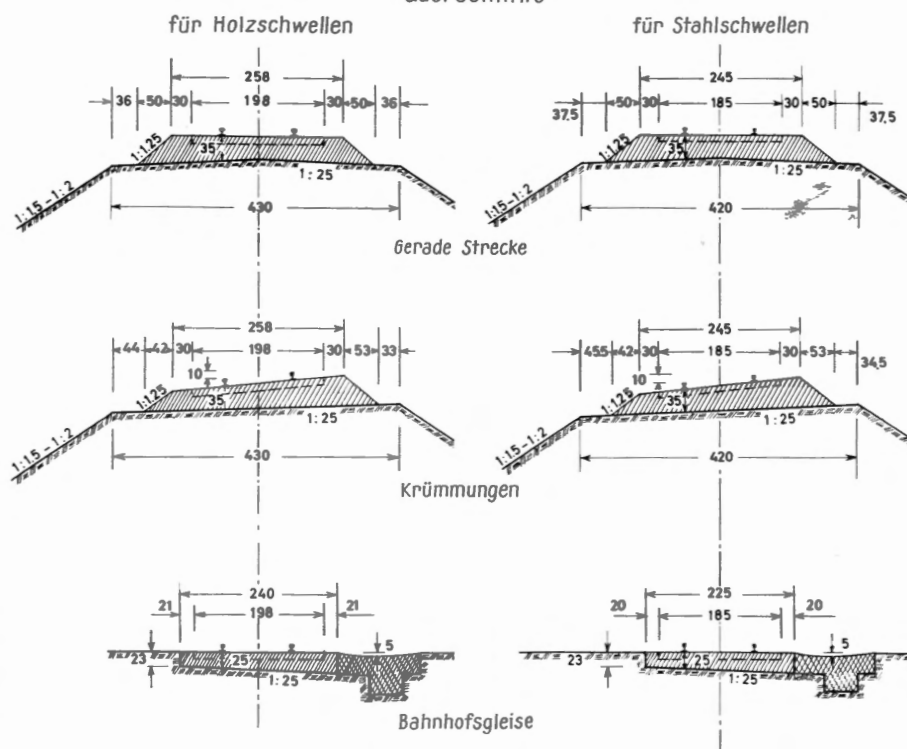
Bild 10: Lichtraumprofil für die Wiederherstellung der Hedjaz-Bahn.

Bild 11: Dammkronen und Bettungsquerschnitte.

entsprechend den örtlichen Verhältnissen Beachtung finden sollten. Aus diesem Grund lehnt sie sich auch in ihren Einzelbestimmungen stark an die Oberbauvorschriften der Deutschen Bundesbahn an. Neben ihrer Anwendung für die Wiederinstandsetzung der Strecke Ma'an—Medina soll sie auch für den in Betrieb stehenden Teil der Hedjaz-Bahn von Damaskus über Amman nach Ma'an die alten, teilweise noch aus dem Jahre 1908 stammenden und seitdem nur geringfügig ergänzten Vorschriften ersetzen.

Die neue Oberbauvorschrift wurde dazu bereits von den dortigen Bahnverwaltungen angefordert, um zur Normung des Gleisbestandes in den beteiligten Ländern beizutragen. Es ist deshalb zu erwarten, daß in einiger Zeit in einem weiten Bereich, mindestens jedoch innerhalb der drei im Komitee zusammengeschlossenen Länder Syrien, Jordanien und Saudi-Arabien, durch fortschreitende Ver-

Querschnitte



einheitlichung und Standardisierung die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Bahnbetrieb geschaffen werden.

Schrifttum

- [1] Pönicke, H.: Die Hedchas- und Bagdadbahn, erbaut von Heinrich August Meißner-Pascha. Düsseldorf 1958, VDI-Verlag.
- [2] Auler-Pascha: Die Hedchas-Bahn. Petermanns Mitteilungen 154 (1906) und 161 (1908). Gotha.