

# 125 Jahre „Eiserne Bahn“ in Deutschland

Von Dipl.-Ing. Wilhelm Henn

## Inhalt

### Vorbemerkung

- I. Das Gleis als Fahrbahn
- II. Die Entwicklung der Bauteile des Gleises
  1. Schienenform und Schienenstoff
  2. Schienenlänge, Schienenstoß und Oberbauschweißung
  3. Bauart und Baustoff der Schwelle
  4. Schienenbefestigungsmittel
  5. Weichen
  6. Gleisbettung und Unterbau
- III. Die Entwicklung des Gleisbaues und der Gleisunterhaltung
  7. Der Ausbau des deutschen Gleisnetzes
  8. Die Mechanisierung des Gleisbaus und die Gleisunterhaltung
  9. Internationale Vereinbarungen und Technische Vorschriften
  10. Messungen und Prüfungen am Oberbau
  11. Wandlungen in der Organisation des Oberbauwesens
- IV. Ausblick

UND DONNERND ROLLT DER WAGENZUG  
VORBEI DEN ALTEN MEILENSTEINEN  
WIE BLITZ DES ZEUS UND GEISTERFLUG  
DER ERDE VÖLKER ZU VEREINEN

Hermann Lingg (Die Römerstraße)

Diese poetischen Worte von Hermann Lingg kennzeichnen so recht die fortschrittsgläubige Begeisterung des frühen Eisenbahnzeitalters für die Technik und die von ihr erhoffte Wohlfahrt und Freiheit des Menschen. Heute, mehr als 100 Jahre später, in einer Zeit gesteigerter technischer Entwicklung auf allen Gebieten werden die Segnungen der Technik meist etwas nüchterner betrachtet. Der 125jährige Geburtstag der Deutschen Eisenbahnen gibt – auch bei einer gewissen Skepsis gegenüber den heute allzu häufigen Jubiläumsfeiern – aber doch hinreichend Anlaß, den Blick einmal über die Aufgaben des Tages hinaus auf die Entwicklung eines Verkehrsmittels zu lenken, das seinem Zeitalter den Namen gegeben hat. Ein solcher Rückblick kann die geschichtliche oder technische Entwicklung der Fahrbahn von Eisenbahnfahrzeugen nur in großen Zügen aufzeigen und soll nur einige Gedanken vermitteln, die

sich bei der Betrachtung dieses für eine technische Einrichtung doch recht langen Zeitabschnittes aufdrängen.

Am Anfang war die Fahrbahn, das Gleis. Diese etwas anmaßende Feststellung trifft für die Eisenbahn wirklich zu. Nicht ohne Grund hat die Fahrbahn ihr in fast allen Sprachen den Namen gegeben: Eisenbahn, Chemin de fer, Railway, Ferrovie, Spoorwegen usw. Die Spurführung des Fahrzeuges in einer eisernen Bahn kennzeichnet in technischer Hinsicht tatsächlich das Wesen der Eisenbahn. Mit dieser Fahrbahn sind jene Voraussetzungen geschaffen worden, die noch heute die besondere Stärke dieses Verkehrsmittels ausmachen: Die geringe Reibung zwischen Rad und Fahrbahn und die Möglichkeit, lange Züge zu bilden; beides unerreichte Vorzüge, die bei richtigem Einsatz niedrigste Förderkosten und eine hohe Wirtschaftlichkeit dieses Verkehrsmittels ermöglichen. Verständlicherweise stehen zwar moderne Fahrzeuge, große Brückenbauten oder eindrucksvolle Gebäude im Vordergrund des öffentlichen und auch des technischen Interesses. Der Oberbau dagegen mit seinen bekannten Bauteilen – Schienen, Schwellen, Kleineisen und Bettung – mag vergleichsweise weniger entwicklungsfähig und daher problemlos erscheinen. Erst bei näherem Zusehen ist zu ersehen, welche rastlose Entwicklungsarbeit auch auf diesem Gebiet des Eisenbahnwesens seit über 125 Jahren aufgewendet wurde, um den steigenden Verkehrslasten und Geschwindigkeiten in wirtschaftlicher Weise zu entsprechen.

### I. Das Gleis als Fahrbahn

Das Eisenbahngleis von heute ist das Ergebnis einer langen technischen Entwicklung von den aus steinernen Plattenreihen gebildeten Spurbahnen der Frühzeit über die mit Eisenstreifen beschlagenen hölzernen Spurbahnen des Mittelalters bis zum heutigen, durchgehend geschweißten Gleis auf Holz-, Stahl- und Betonschwellen. Auch im Hinblick auf das Zusammenwirken von Rad und Schiene, also die Spurführung des Fahrzeugs, war vom einfachen „Reibnagel“, der die kleinen Erz- und Kohlenwagen sicher durch die Stollen der mittelalterlichen Bergwerke führte, bis zu den heutigen Spurkranzrädern ein weiter Weg konstruktiver Arbeit. Die eiserne Spurbahn bot schon von Anfang an für den Lastenverkehr so große Vorteile, daß sie zunächst auch ohne Dampflokomotive und nur für den Pferdebetrieb bereits in größerem Umfang angewendet wurde. Sie allein kam als Fahrbahn für die verhältnismäßig schwere Dampflokomotive in Betracht und die zahlreichen Bemühungen um einen Straßendampfwagen mußten erfolglos bleiben, weil eben nur die eiserne Bahn die großen Fahrzeuglasten aufnehmen konnte. Späterhin waren dann selbstverständlich die Entwicklung der Gleisbahn und die Entwicklung der Lokomotive einander engstens zugeordnet.

Eisenbahngleis und Straße verkörpern heute als Fahrbahnen des Landverkehrs zwei grundsätzliche Lösungsmöglichkeiten der technischen Aufgabe, die das Fahrzeug an seine Fahrbahn stellt. Neben gleichartigen Baugrundsätzen bei der Linienführung, im Erdbau, im Brücken- und im Tunnelbau ergeben sich naturgemäß wesentliche Unterschiede bei der Gestaltung der Fahrbahn. Die Straße, früher als verfestigter Boden, als wasser- oder bitumengebundene Schotterdecke nur eine dünne Haut auf mehr oder weniger tragfähigem Untergrund, wird heute für schweren Verkehr und auf schlechtem Untergrund durch starke Sand-, Kies- oder Schotterdecken teilweise bis auf Frosttiefe gegründet. Das Eisenbahngleis ist, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nicht im Untergrund gegründet, es stellt vielmehr nur einen lastverteilenden Rost aus Schienen und Schwellen dar, der zur Übertragung der Verkehrslasten auf den Untergrund in der Gleisbettung gelagert ist. Mehr noch als bei der Straßenfahrbahn liegen also bei der Gründung des Eisenbahngleises andere Verhältnisse vor als sonst im Bauwesen. Dieser Gleisrost ist dabei erstaunlich belastungsfähig und in Anbetracht der über ihn rollenden Achslasten von über 20 Mp sehr leicht und sparsam aus-

gebildet. Dabei ist zwar eine laufende Pflege des Gleiszustandes und der Gleislage erforderlich; dies ist aber bei der Durcharbeitung des Gleises durch Unterstopfen und Richten des Gleisrostes auf einfachste und billigste Weise möglich, während die Aufwendungen bei größeren Ausbesserungen an der Straßenfahrbahn wesentlich höher sind.

Dabei ist es bemerkenswert, daß man nicht nur beim Bau der ersten Gleise den laufenden Erhaltungsaufwand stark unterschätzte – das englische Wort „permanent way“ für den Oberbau mag dies belegen –, sondern daß man auch volle 100 Jahre später beim Bau der ersten Reichsautobahnen zunächst glaubte, ohne nennenswerten Unterhaltungsaufwand auskommen zu können.

Übrigens ist auch der ohne Bettung behelfsmäßig verlegte Gleisrost selbst auf mäßigem Untergrund durchaus in der Lage, schwerste Belastungen aufzunehmen. Im niederrheinischen Braunkohlengebiet bei Köln werden beispielsweise bei der Braunkohlengewinnung im Tagebau die behelfsmäßig verlegten Abfuhrgleise mit Achslasten bis zu 35 Mp belastet.

Auch die Baukosten der Gleisfahrbahn sind mit rund 200 000 DM/km Gleis im allgemeinen wesentlich geringer als die Kosten einer Straßenfahrbahn gleicher Förderleistung. Auf den Vorzug niedriger Förderkosten infolge des sehr geringen Laufwiderstandes des Stahlrades auf Stahlschiene wurde bereits hingewiesen. Der Laufwiderstand (innerer Reibungswiderstand + rollende Reibung am Radumfang) der Eisenbahnfahrzeuge auf der Gleisfahrbahn beträgt 2 bis 3 kp/Mp; der Laufwiderstand der Straßenfahrzeuge auf glatter Straße 10 bis 12 kp/Mp.

Wenn auch die Spurführung des Eisenbahnfahrzeuges durch die Gebundenheit an die Schiene sich für den Hausverkehr als beachtlicher Nachteil erweist, so sind doch die technischen und wirtschaftlichen Vorzüge der Gleisfahrbahn so entscheidend, daß Spurkranzrad, Schiene und Gleisrost auch heute noch eine technische Errungenschaft erster Ordnung darstellen.



Bild 1

Diese in vielen Jahrzehnten entwickelte und bewährte Fahrbahnkonstruktion erscheint heute naheliegend oder selbstverständlich. Der Weg zu den heutigen Bauformen und zu ihren ganz besonderen Bau- und Unterhaltungsverfahren führte aber über zahlreiche Fehlleistungen und Mißerfolge, und noch heute stehen wir im Oberbauwesen einer erstaunlichen Fülle technisch und wirtschaftlich schwerwiegender Probleme gegenüber.

An Versuchen die Spurführung von Fahrzeugen in anderer Weise zu bewirken hat es freilich nie gefehlt. Während beispielsweise die neuesten Versuche der Pariser Metro mit luftbereiften Fahrzeugen die Spurführung durch besondere Spurkranzräder auf Eisenbahnschienen noch beibehalten, will die U-Bahn in

Mailand die luftbereiften Drehgestelle nicht mehr durch Spurkranzräder, sondern durch eine besondere, recht aufwendige Rolleneinrichtung mit senkrechter Achse führen. Die Einschienenbahn, heute in moderner Form als Alwegbahn bekannt, hatte neben anderen Versuchen schon 1889 in der Bauform von Lartigue einen frühen Vorläufer.

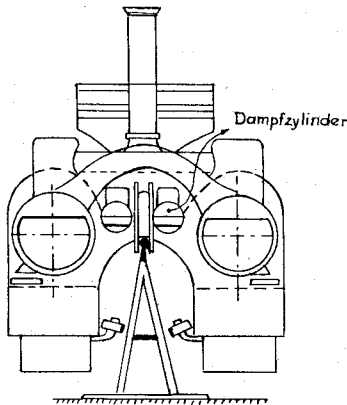


Bild 2:  
Einschienenbahn, Bauart Lartigue zwischen Listowel und Ballybunion in Irland (nach dem Zentralblatt der Bauverwaltung 1889)

## II. Die Entwicklung der Bauteile des Gleises

Die Rückschau auf die Entwicklung des Gleises und seiner Bauteile – Schienen, Schwellen, Schienenbefestigungsmittel und Weichen vermittelt einen Begriff von den vielfältigen Konstruktionsmöglichkeiten, die über viele Jahrzehnte von zahlreichen Oberbaukonstruktoren mit wechselndem Erfolg entwickelt und erprobt wurden. Die theoretischen Grundlagen jeder Entwurfsarbeit – Mathematik, Statik und Dynamik, Stoffkunde, Festigkeitslehre – waren zwar schon zu Beginn des Eisenbahnzeitalters in einfacher Form gegeben, aber mehr noch als sonst im Bauwesen sind im Oberbau mit seinen wechselnden Auflagerungs- und Belastungsverhältnissen weniger die Rechnung und Überlegung als vielmehr die langjährige Erfahrung und Bewährung im Gleis maßgebend und entscheidend.

### 1. Schienenform und Schienenstoff

Die auf Langhölzern verlegten U-förmigen, gußeisernen Platten von Reynold (1767) – Bild 7a – und die auf hölzernen Längs- oder Querschwellen verlegten gußeisernen Winkelschienen von Curr (1776), beide für die Beförderung von Kohle in England hergestellt, stellen Vorläufer der eisernen Fahrchiene dar. Die gußeiserne Pilzschiene mit kopfartiger Verdickung (1789) und die gußeiserne Fischbauchschiene (1798) – Bild 4 – beide von Jessop, setzen zur Führung des Fahrzeugs bereits Spurkranzräder voraus und sind damit die ersten wirklichen Eisenbahnschienen.

Bei der ersten Dampfeisenbahn mit öffentlichem Personen- und Güterverkehr zwischen Stockton und Darlington (1825) wurden bereits schmiedeeiserne Fischbauchschiene bevorzugt und dann bei der Bahnlinie Liverpool-Manchester (1829) ausschließlich angewendet. Die Fisch-

bauchschiene wurde durch die Einführung gewalzter Pilzschienen mit gleichbleibendem Querschnitt bald verdrängt.

Die erste deutsche Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth wurde vor nunmehr 125 Jahren mit solchen gewalzten Pilzschienen ausgerüstet – Bild 5 und 7b –. Diese von Remy in Rasselstein bei Neuwied gewalzten ersten deutschen Schienenstühlen durch Holz- oder Eisenkeile gehalten. Die Stühle waren mittels geteilter Filzunterlagen auf Steinwürfeln elastisch gelagert und durch Holzdübel und Spitzbolzen mit Widerhaken befestigt.

Bei der nächsten deutschen Eisenbahn von Leipzig nach Dresden (1835–39) wurde neben Flachschiene – Bild 7c – auf Holzlangträgern und Querschwellen und neben Pilzschienen bereits eine Breitfußschiene – Bild 7d – verlegt, wie sie zuerst der Amerikaner Stevens im Jahre 1832 für die Camden-Amboy-Bahn entworfen hatte. Die sogenannte Brück-Schiene – Bild 7e – die in Deutschland auf der Bahnlinie Magdeburg–Leipzig (1838) verwendet wurde, fand keine nennenswerte Verbreitung. Auch die Barlowsche Sattelschiene, eine ohne Schwellenunterstützung in der Bettung verlegte Schwellenschiene – Bild 7k – blieb ebenso wie die spätere, zweiteilige Schwellenschiene von Haarmann – Bild 7o – und zahlreiche andere Formen aus zusammengesetzten Schienen ohne dauernden Erfolg. Dagegen wurde vielfach die erstmals 1835 von Loke vorgeschlagene Doppelkopfschiene – Bild 7h und i – in Verbindung mit Schienenstühlen verlegt, eine Oberbauform, die sich in England bis in die neueste Zeit gehalten hat. Die Breitfußschiene, die sich zunächst in Amerika durchsetzte, hat dann aber bald auch auf dem europäischen Kontinent wegen ihrer großen Biegeungssteifigkeit in beiden Belastungsrichtungen allgemeine Verbreitung gewonnen und wird heute fast ausnahmslos in allen Ländern in zahlreichen Querschnittsformen angewendet – Bild 7p – u –.

Der Schienenstoff bestand bei den ersten in Deutschland gewalzten Schienen aus Puddeleisen. Mit der Einführung des Bessemer-Windfrisch-Verfahrens wurden ab 1862 Schienen mit bereits 50 kp/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit aus phosphorarmen Eisen hergestellt. Das Siemens-Martin-Verfahren brachte dann 1864 eine wesentliche Verbesserung des Schienenstahles und das Thomasverfahren im Jahre 1879 die Möglichkeit, Schienenstahl auch aus phosphorreichen Erzen zu gewinnen. Die Mindestzugfestigkeit wurde um 1890 auf 60 kp/mm<sup>2</sup> und im Jahre 1929 auf 70 kp/mm<sup>2</sup> festgelegt. Die ab 1955 eingeführten technischen Lieferbedingungen des Internationalen Eisenbahnverbandes verlangen für Breitfußschienen aus unvergütetem Stahl der Regelgüte 70–85 kp/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit. Um bei besonders stark beanspruchten Schienen die Abnutzung in erträglichen Grenzen zu halten, werden außerdem für Gleise in Bogen, in Tunneln und in Steigungen sowie in Weichen sogenannte verschleißfeste Schienen, also oberflächengehärtete Schienen, Verbundschienen (Zweistoffschienen) und naturharte Schienen, mit Festigkeiten von 90 kp/mm<sup>2</sup> und mehr hergestellt.

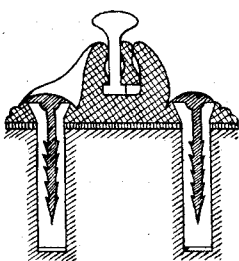
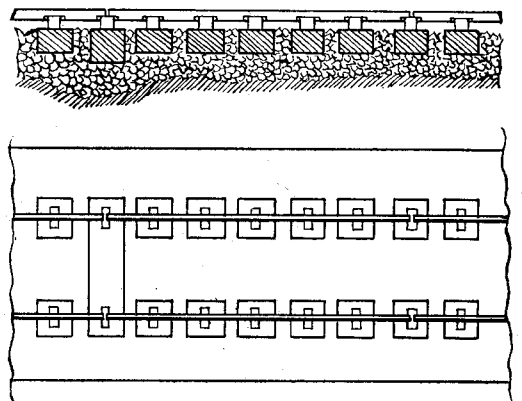


Bild 3:  
Oberbau und Schienenbefestigung der Eisenbahn Nürnberg–Fürth



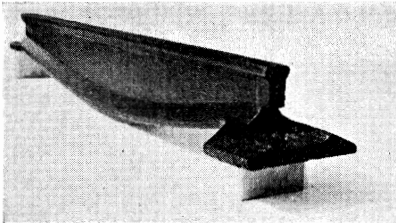


Bild 4

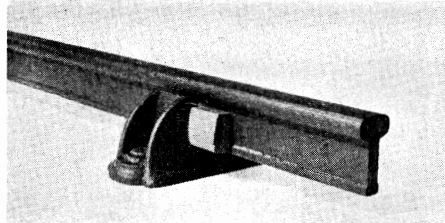


Bild 5

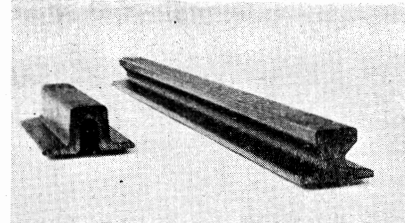


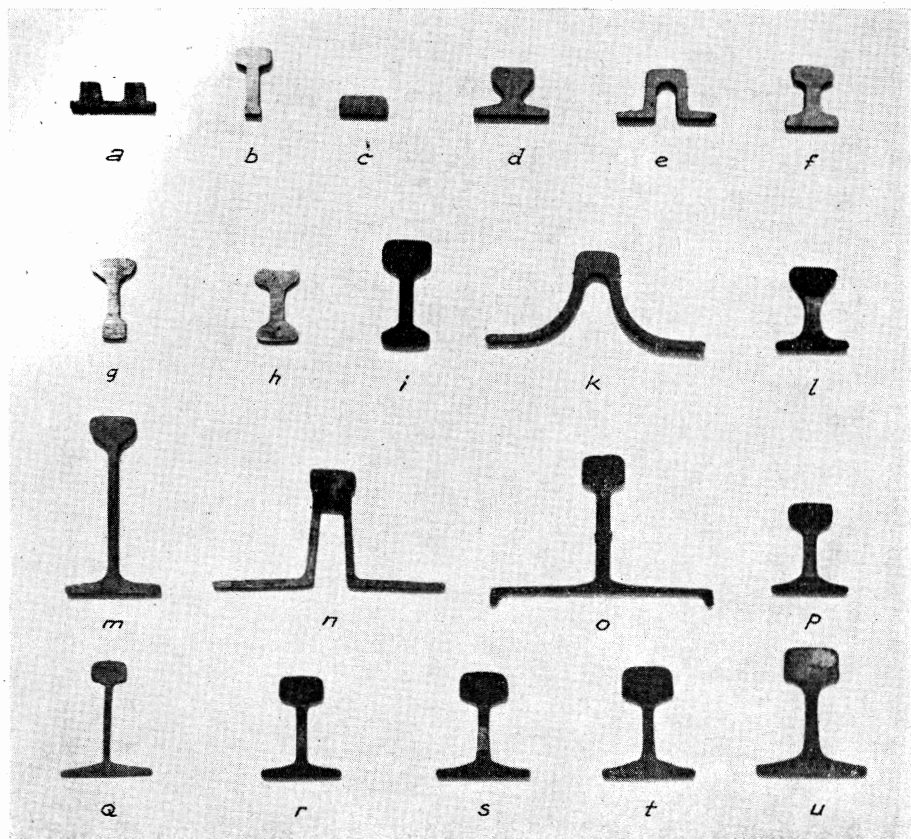
Bild 6

888

Tabelle zu Bild 7

Nr.	Bezeichnung des Profils	Eisenbahnlinie	Jahreszahl	Maße kg/m	Schienenlänge in m
a	Flachschiene nach Reynold	Kohlenbahn (England)	ca. 1767	ca. 10	1,524
b	Pilzschiene	Nürnberg-Fürth	1835	11 u. 12	4,38 u. 4,71
c	Flachschiene	Leipzig-Dresden	1837	ca. 14	3,0-4,5
d	Breitfußschiene	Leipzig-Dresden	1836-1838	26	
e	Brückschiene	Magdeburg-Leipzig	1838	21-24	5,65
f	Breitfußschiene	Birmingham-Gloucester	1840	18-19	
g	Pilzschiene	England	um 1840	15-20	5,0
h	Doppelkopf-Seraingerschiene	Belgien	1844-1849	24,8	
i	Unsymmetrische Stuhlschiene	Bayern	ab 1845	23-34	6,225
k	Sattelschiene nach Barlow	South-Eastern-Railway	1849	49,6	6,10
l	Breitfußschiene Birnkopf	Bayern	1852	36,83	6,0 u. 6,225
m	Hochstegschiene nach Hartwich	Rheinische Bahn	1862	43,4	
n	Winkelschwellenschiene nach Scheffler	Braunschweig-Wolfenbüttel	1864	72	6,45
o	Zweiteil. Schwellenschiene nach Haarmann	Hannover	1885	2 x 28,35	6,4
p	Breitfußschiene Form I	Bayern	ab 1867	37,80	6,0 u. 6,225
q	Breitfußschiene Form VI	Bayern	ab 1887	29,00	9
r	Breitfußschiene Form IX	Bayern	ab 1891	34,87	9, 12 u. 15
s	Breitfußschiene Form X	Bayern	ab 1899	43,50	9, 12 u. 15
t	Breitfußschiene Form S 49	Deutsche Reichsbahn	ab 1924	49,43	15 u. 30
u	Breitfußschiene Form S 64 (nur in Tunneln)	Deutsche Bundesbahn	ab 1953	64,92	30

Bild 7



Die in den Bildern 4, 5, 6, 7 und 8 dargestellten Schienenprofile und Oberbauformen sind Originalstücke aus der Sammlung des Bundesbahndirektors von Werden im Gleislager Mü-Pasing.

## 2. Schienenlänge, Schienenstoß und Oberbauschweißung

Den steigenden Achslasten und Geschwindigkeiten entsprechend haben die Metermaße (Metergewicht) und die Länge der Schienen bei den deutschen Eisenbahnen in den vergangenen 125 Jahren erheblich zugenommen:

		im Jahre 1835	im Jahre 1960
Gewicht der Lok	Mp	6,0	120
Radlast	Mp	1,5	12,5
Höchstgeschwindigkeit	km/h	40	150
Metermaße der Schiene	kg/m	12	64
Einbaulänge der Schienen	m	4,7	120

Die Regellängen der Schienen der deutschen Ländereisenbahnen betragen zunächst 6, 9 und später 12, 15 und 18 m. Für die Reichsbahnschiene S 49 wurden im Jahre 1925 15 m und 30 m als Regellängen festgesetzt. Während bei den Schienenlängen bis 18 m die jeweils angeordneten Stoßlücken die volle Wärmeausdehnung der Schiene zuließen, gestattet bei der 30-m-Schiene die größte, für Konstruktion und Unterhaltung des Stoßes noch mögliche Stoßlücke die volle Wärmeausdehnung der Schiene nicht mehr. Bei hohen Schientemperaturen und geschlossener Stoßlücke wird also bei der 30-m-Schiene bereits ein Teil der Wärmeausdehnung durch entsprechende Druckkräfte in der Schiene verhindert. Vor etwa 30 Jahren wurden dann versuchsweise bei der Berliner S-Bahn 60 m lange Schienen verlegt und im Rangierbahnhof Nürnberg einige Gleise durchgehend verschweißt. Diese Versuche mit weitgehender bzw. vollständiger Verhinderung der Wärmedehnung waren durchaus erfolgreich. Weitere Versuche im Gleisprüfstand und theoretische Untersuchungen der Gleisstabilität belegten die technische Möglichkeit des durchgehend verschweißten Gleises, so daß dann endlich im Jahre 1950 die Deutsche Bundesbahn als erste Eisenbahnverwaltung den entscheidenden Schritt zum durchgehend verschweißten Gleis mit unbegrenzt langen Schienen mit vollem Erfolg gehen konnte. Dieser Fortschritt der Oberbautechnik, seit über 100 Jahren der Wunschtraum aller Gleisbauingenieure, setzt die Beherrschung sowohl der Verwerfungsgefahr bei hohen Temperaturen als auch der Schienenbruchgefahr bei tiefen Temperaturen durch entsprechende Maßnahmen der Gleiskonstruktion und der Gleisunterhaltung voraus und war damit vor allem der Erfolg der engen Zusammenarbeit von Praxis und Forschung. Neben der Vereinfachung und Verbilligung der Gleiskonstruktion bedeutet der Wegfall des Schienenstoßes, der schwächsten Stelle im Gleis, für die Unterhaltung des Gleises und der Fahrzeuge eine bedeutsame laufende Ersparnis. Die DB hat daher die durchgehende Verschweißung mit Nachdruck soweit gefördert, daß im Jahre 1960 bereits 21 000 km Gleis von insgesamt rund 70 000 km durchgehend verschweißt sind.

Der Schienenstoß war in den 125 Jahren deutscher Eisenbahngeschichte gerade deswegen der Gegenstand besonders zahlreicher Bemühungen, Erfindungen und Versuche, weil eine technisch und wirtschaftlich wirklich voll befriedigende Lösung tatsächlich nicht möglich ist. So versuchte man beispielsweise in den ersten Jahrzehnten die Stoßlücke des Stumpfstoßes durch verschiedene Bauarten des Schrägstoßes und des Blattstoßes zu überbrücken. Zur größtmöglichen Deckung des Widerstandsmomentes der Schiene wurden die verschiedensten Laschenformen – Flachlaschen, Winkellaschen, Z-Laschen und zur stoßfreien Führung des Rades über die Stoßlücke Auflaflaschen – entwickelt. Schließlich blieb aber doch nur der Stumpfstoß übrig, entweder als schwebender Stoß zwischen zwei Schwellen oder als fester Stoß auf einer gewöhnlichen Schwelle oder einer sogenannten Breitschwelle. Der feste Stoß auf zwei gekuppelten Holzschwellen (Doppelschwelle) und durchgehender Unterlagsplatte oder auf einer Stahlbreitschwelle hat sich bei der DB seit 30 Jahren gut bewährt. Mit den neuerdings entwickelten lochlosen Stoß-

bauarten werden – allerdings unter einem gewissen Mehraufwand – auch die Laschenlöcher in der Schiene – eine Hauptursache für Schienenbrüche – vermieden.

Wegen der Verwendung immer längerer Schienen und der rasch zunehmenden durchgehenden Verschweißung des Gleises haben die mit der Bauart des Stoßes zusammenhängenden Fragen in den letzten Jahren sehr an Gewicht verloren. Dagegen gewinnen die Fragen der Bauart und Unterhaltung der mit der neuen Signaltechnik immer zahlreicher werdenden Isolierstöße größere technische und wirtschaftliche Bedeutung, so daß von seiten des Oberbaues mit wachsendem Nachdruck der Wunsch geäußert wird, die Zahl der Isolierstöße durch geeignete signaltechnische Maßnahmen zu beschränken.

Die Oberbauschweißung wurde vor über 40 Jahren als Thermiterschweißung bereits allgemein bei den Straßenbahnen und dann vor über 30 Jahren bei der Deutschen Reichsbahn eingeführt. Sie dient heute als Schienenstoßschweißung dazu, neue und alte Schienen zu längeren Schienen zu verschweißen oder als Auftragsschweißung dazu, die Fahrfläche alter Schienen und der Weichenherzstücke zu verbessern. Die Oberbauschweißung verfügt heute über 4 verschiedene Schweißverfahren:

- die Abbrennstumpfschweißung (el. Widerstandsschweißung) für Stoßschweißungen im Werk,
- die Thermiterschweißung für Stoßschweißungen im Gleis und im Lager,
- die Elektrodenschweißung (el. Lichtbogenschweißung) für Stoßschweißung im Gleis,
- die Gasschmelzschweißung (Autogenschweißung) für Auftragschweißung im Gleis oder im Lager.

Neuerdings werden die Elektrodenschweißung und versuchsweise auch die Thermiterschweißung für das Auftragschweißen angewendet.

Die Oberbauschweißung ist in den vergangenen drei Jahrzehnten bei der DB in steigendem Umfang angewendet und in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht unentbehrlich geworden. Die Aufwendungen für die Oberbauschweißung betragen heute rund 7,5% des Oberbauprogramms. Durch zielbewußte Arbeit an der Entwicklung der Schweißverfahren und durch die gewissenhafte Herstellung einwandfreier Oberbauschweißungen in der Praxis wurden die Voraussetzungen geschaffen sowohl für das durchgehend geschweißte Gleis wie für eine wirtschaftliche Aufarbeitung von Altschienen, Stahlschwellen und Herzstücken.

## 3. Die Schwelle

Beim Bau der ersten Eisenbahnen kamen als Schwellenbauart die Einzelstützen, die Langschwellen und die Querschwellen und als Schwellenbaustoff der Naturstein, das Holz und das Eisen in Betracht. Zwar wurden in den ersten Jahrzehnten des Gleisbaues fast alle sich hieraus ergebenden Möglichkeiten in zahllosen Bauformen und Versuchen erprobt, doch erwies sich recht bald die bereits im Jahre 1839 beim Bau der Leipzig-Dresdener-Eisenbahn verwendete Holz-Querschwelle als besonders vorteilhaft sowohl für die elastische Aufnahme der Kräfte als auch für die zuverlässige Spurhaltung. Von den Einzelstützen aus Steinquadern und den Langschwellen aus Holz hatte man sich in den „Technischen Vereinbarungen“ des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen aus dem Jahre 1876 endgültig abgewandt. So behaupteten bei den deutschen Eisenbahnen die Querschwellen aus Holz und Stahl lange Zeit allein das Feld, bis mit der Entwicklung des Spannbetons nach dem zweiten Weltkrieg ein neuer Schwellenbaustoff zur Verfügung stand.

Die Aufwendungen für die Unterschwellung des Eisenbahngleises waren immer weitaus größer als die der Schiene. Allein die Beschaffung neuer Gleisschwellen beansprucht z. Z. bei der DB jährlich über 100 Mio DM. Es

ist daher begreiflich, daß der ruhelose Geist der Erfinder den Beteiligten immer wieder neue oder alte vergessene Bauformen beschert und daß für die Wahl des Schwellenbaustoffes früher wie heute volkswirtschaftliche und privatwirtschaftliche Interessen mit Nachdruck geltend gemacht werden. Die sogenannte „Schwellenfrage“ hat es also immer gegeben.

#### a) Die Holzschwelle

Für die Holzschwelle wurde zunächst das seit altersher als fest und dauerhaft bekannte Eichenholz bevorzugt. Mit der wachsenden Verknappung und Verteuerung des Eichenholzes mußte man allerdings bereits um die Mitte des 19. Jahrhunderts auf das Kiefernholz ausweichen, während das Buchenholz als Schwellenbaustoff erst nach Einführung der zuverlässigen und wirtschaftlichen Teerölspartränkung nach Wassermann und Rüpping im Jahre 1902 in steigendem Maße in Betracht kam. Mit der Ruppingschen Teerölspartränkung konnten die Lebensdauer der Eichenschwelle von 18 auf 30 bis 40 Jahre, der Kiefernschwelle von 8 auf 25–30 Jahre und der Buchenschwelle von 3 auf 30 bis 40 Jahre erhöht werden. Durch Maßnahmen der Schwellenaufarbeitung und Nachpflege im Lager oder im Gleis – Binden der Schwellenköpfe, Verdübeln der Schraubenlöcher, Behandeln mit Philplug, Nachpflege mit wasserlöslichen Pilzgiften in Pasten oder Patronenform – werden heute bei der DB die höchsten Lebensdauern, beim K-Oberbau rund 40 Jahre für Hartholzschwellen und 30 Jahre für Weichholzschwellen erreicht. Versuche zur weiteren Erhöhung der Lebensdauer von Holzschwellen sind in verschiedenen Richtungen im Gange. Die kriegsbedingten Bemühungen um eine Sparschwelle durch Zusammenbau von Altschwellenstücken, durch Aufsätteln von Hartholzplatten auf Weichholzschwellen und durch Verleimen von Hölzern mit kleineren Querschnitten sind nach dem Kriege aus wirtschaftlichen Erwägungen eingestellt worden. Bei weiter steigenden Löhnen wird möglicherweise schon in absehbarer Zeit auch die Aufarbeitung und Nachpflege der Holzschwellen aus den gleichen Gründen in den Hintergrund treten.

Die in den ersten Jahren der Eisenbahn vorhandene Vielfalt an halbrunden, trapez- und rechteckförmigen Querschnitten wich bald der einheitlichen Rechteckform. Für die seit Jahrzehnten unverändert gebliebenen Abmessungen der Holzschwellen waren letztlich nicht die statischen Berechnungen, sondern die konstruktiven und wirtschaftlichen Gesichtspunkte – größere Auflagerflächen, Möglichkeit des Stopfens, Ausnutzung des Rundholzes – maßgebend.

#### b) Die Stahlschwelle

Den Fortschritten der Eisenhüttentechnik entsprechend fanden die Stahlschwellen als Lang- und Querschwellen schon um die Mitte des 19. Jahrhunderts eine beachtliche Verbreitung.

In einer Vielzahl von Versuchen wurden die verschiedensten Querschnittsformen erprobt, bis sich schließlich in den achtziger Jahren der trogförmige Querschnitt endgültig durchsetzte.

Während die Stahlschwelle in vielen holzreichen Ländern überhaupt nicht verlegt wurde, fand sie in Deutschland, in der Schweiz und in verschiedenen tropischen Ländern weitgehend Anwendung. Der Anteil an Stahlschwellen war allerdings bei den deutschen Länderbahnen recht unterschiedlich. Bei den Preußisch-Hessischen Bahnen waren im Jahre 1914 beispielsweise 35% aller Schwellen Stahlschwellen, in Baden sogar 96%, während in Bayern wesentlich weniger Stahlschwellen verlegt waren. Die Deutsche Reichsbahn hat zwischen den beiden Kriegen etwa je zur Hälfte Stahl- und Holzschwellen beschafft, bis dann im Jahre 1939 wegen der Stahlknappheit auf die Stahlschwellen verzichtet werden mußte. Immerhin lagen im Jahre 1933

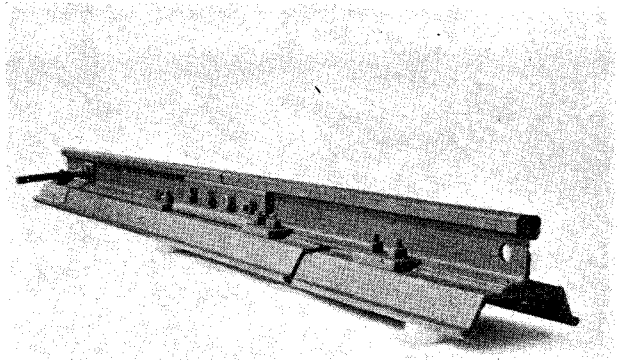


Bild 8:  
Schweißeiserne Langschwelle, 9 m lang, mit Schiene Bayern IV, 1884

im alten Reichsgebiet rund 79 Mio Stahlschwellen und 118 Mio Stück Holzschwellen.

Für die Formgebung und Bemessung der Stahlschwelle waren ebenfalls weniger statische als vielmehr oberbauwirtschaftliche Gesichtspunkte maßgebend. Es entstand eine Vielzahl von Schwellenformen, bis die Einführung des Reichsbahnoberbaues B und K auch hier die erstrebte Vereinheitlichung einleitete.

Die Lebensdauer der Stahlschwellen des Reichsbahnoberbaues dürfte 50 bis 60 und mehr Jahre erreichen, so daß die Stahlschwelle trotz hoher Beschaffungskosten keineswegs von vorneherein als unwirtschaftlich betrachtet werden darf. Mit der Entwicklung der Schweißtechnik ist auch die Aufarbeitung alter Stahlschwellen in technisch vollwertiger und wirtschaftlicher Weise ermöglicht worden.

#### c) Die Betonschwelle

Die guten Erfahrungen mit dem Stahlbeton im Hoch- und Brückenbau legten zwar schon frühzeitig die Anwendung des Betons als Schwellenbaustoff nahe; doch erwies es sich bald, daß die Querschwelle aus gewöhnlichem Stahlbeton gegenüber der Holz- und Stahlschwelle technisch und wirtschaftlich nicht in Wettbewerb treten konnte. Wenn auch der Fortschritt in der Stahlbetontechnik – Rüttelbeton und Spannbeton – später die Herstellung einer einwandfreien Stahlbetonschwelle ermöglichten, so wurde die Entwicklung der Betonschwelle in Deutschland doch erst durch den kriegsbedingten Ausfall der Stahlschwelle und die zunehmende Holzverknappung erzwungen. Die Entwicklungsarbeiten wurden noch während des Krieges und dann in der Nachkriegszeit von der DB mit großer Tatkraft vorangetrieben. Der Anteil der Betonschwelle an der Schwellenbeschaffung erreichte zeitweise über 50% der Gesamtbeschaffung, so daß heute die DB mit über 12 Mio Stück eingebauter Betonschwellen, das sind über 10% der im Gesamtnetz liegenden Gleisschwellen, an der Spitze aller Eisenbahnverwaltungen steht. Auch andere europäische und außereuropäische Länder verzeichnen in den letzten Jahren wachsende Einbauzahlen an Betonschwellen.

Neben Versuchen mit schlaffbewehrten Stahlbetonschwellen wurden noch während des Krieges vorgespannte Stahlsaitenbetonschwellen gefertigt, die technisch zwar allen Ansprüchen genügten, aber zu teuer waren. Im wirtschaftlichen Wettbewerb mit der Holzschwelle wurden dann in der Nachkriegszeit mehrere Typen von 230 cm langen Spannbetonschwellen teils mit und teils ohne Verbund des Betons mit der Spannbewehrung hergestellt. Diese Schwellen haben sich durchwegs gut bewährt. Die neue Bauart B 58 hat mit 240 cm Länge eine ebenso große Auflagerfläche wie die Holzschwelle und erreicht durch eine schwalbenschwanzförmige Verbreiterung am Kopfende einen größeren seitlichen Verschiebewiderstand der Schwelle in

der Bettung. Diese Schwelle wird auch in Zukunft allen Beanspruchungen genügen.

Die voraussichtliche Lebensdauer dieser Betonschwelle ist schwer abschätzbar. Sie wird in jedem Fall erheblich über der Lebensdauer der Holzschwelle liegen und damit den Einbau der Betonschwelle durchaus rechtfertigen.

Andere Bauformen der Betonschwelle von geringerer Verbreitung sind bei der DB die im Kriege für Anschlußgleise hergestellten Einzelstützen, die sich in Gleisen geringerer Belastung durchaus bewähren und die versuchsweise als Betongleisplatten verlegten Einzelstützen mit zwei Schienenauflegern. Beide Bauformen werden abwechselnd mit Querschwellen verlegt. Von den im Ausland gebräuchlichen Bauformen sind die französischen RS-Schwellen-Zweiblockschwellen aus zwei Betoneinzelstützen mit je einem Schienenaufleger und einem Spurhalter aus Altschienen – und die englischen Stahlsaitenbetonschwellen, Bauart Dow-Mac, auch für uns und den Auslandsmarkt beachtenswert.

Auf eine Erörterung der technischen Eigenschaften der Holz-, Stahl- und Betonschwellen, d. h. ihrer vielfältigen Vorzüge und Nachteile muß im Rahmen dieser Rückschau verzichtet werden. Es soll abschließend aber betont werden, daß die verschiedenen technischen Eigenschaften im allgemeinen keineswegs eine Entscheidung zugunsten des einen oder anderen Schwellenbaustoffes nahelegen oder erforderlich machen. Von größerer Bedeutung für eine derartige Entscheidung wäre vielmehr ein unanfechtbarer Wirtschaftlichkeitsvergleich. Die Voraussetzungen hierfür sind aber so vielschichtig und wechselnd, daß damit zwar ein gewisser Anhalt gegeben, eine allgemein gültige Entscheidung aber nicht herbeigeführt werden kann. Diese Sachlage ist einem echten Wettbewerb zwischen der Holz- und der Betonschwelle – ähnlich wie vor dem Kriege zwischen Holz- und Stahlschwelle – durchaus förderlich. Die jeweiligen Anteile der Schwellenarten am jährlichen Einkauf hängen also weitgehend von den aus Marktlage und Preisen sich ergebenden Wirtschaftlichkeitserwägungen der DB ab.

Über die jeweils zweckmäßigste Verwendung der Holz-, Beton- und Stahlschwellen sind nach heutiger Auffassung bindende Regeln nur unter Vorbehalt zu geben: Alle drei Schwellenarten sind für schwere Belastungen und hohe Geschwindigkeiten geeignet und können auch in vollmechanisierten Bauverfahren verlegt werden. Auf nachgiebigem Untergrund wird man im allgemeinen die Holzschwelle und auf kurvenreichen Nebenbahnen die Stahlschwelle vorziehen. In Industriegebieten oder nahe der See sollte dagegen auf die Stahlschwelle verzichtet werden.

#### 4. Schienenbefestigungsmittel

Die Entwicklung der Schienenbefestigungsmittel, also der Befestigung der Schiene mit der Schwelle, bietet ein so verwirrend vielfältiges Bild, daß eine Erwähnung der einzelnen Befestigungsarten hier nicht möglich ist. Die Befestigungsmöglichkeiten, die seit 125 Jahren auf Einzelstützen, Längs- und Querschwellen aus Stein, Stahl, Holz und Beton bei den Ländereisenbahnen, der DR und der DB erprobt und angewendet wurden und noch werden, lassen sich nur schwer einer folgerichtigen Entwicklung einordnen.

Man unterscheidet im wesentlichen:

Befestigungen ohne Unterlagplatten,

Befestigungen mit Unterlagplatten und unmittelbarer Befestigung der Schiene mit der Schwelle,

Befestigungen mit Unterlagplatten und mittelbarer Befestigung der Schiene mit der Schwelle.

Ein kurzer Rückblick auf die Zeit vom Zusammenschluß der Ländereisenbahnen zur Deutschen Reichsbahn bis heute zeigt im wesentlichen die Entwicklung und Bewährung der Befestigung des Reichsbahnoberbaues K mit Rippenplatten auf Holzschwellen und den Übergang von den Befesti-

gungsformen des Reichsbahnoberbaues B (Baden) und O (Oldenburg) auf Stahlschwellen ebenfalls zur Rippenplatten-Befestigung. Die Befestigung des M-Oberbaues auf Stahlschwellen und die kriegsbedingte Spar-Befestigung des N-Oberbaues auf Holzschwellen konnten sich nicht durchsetzen, während der sogenannte H-Oberbau auf Hartholzschwellen ohne Unterlagplatte mit Schwellenschrauben oder Spannägeln eine gewisse Verbreitung in Gleisen geringerer Belastung fand. Zur Schienenbefestigung auf Betonschwellen wurden die Befestigungsformen a, b und c entwickelt, von denen heute nur noch die Form a mit Rippenplatten neu gefertigt wird.

Es ist unbestritten, daß die Befestigung des K-Oberbaues, also die Befestigung mit Rippenplatten und mittelbarer Befestigung der Schiene mit der Schwelle, sowohl auf Holzschwellen wie auf Stahlschwellen und neuerdings auch Betonschwellen sich gegenüber allen anderen Befestigungsformen weitaus am besten bewährt hat, und daß sie die wesentliche Voraussetzung für die schnelle Einführung des durchgehend geschweißten Gleises war. Diese Befestigung wurde zwar gelegentlich als etwas aufwendig bezeichnet; sie bietet aber so entscheidende Vorzüge bei der Gleiskonstruktion und Gleisunterhaltung – große Rahmensteifheit, lange Lebensdauer der Schwelle, geringe Unterhaltungskosten, Beseitigung kleinerer Höhenfehler des Gleises durch den billigen Zwischenlagenausgleich, geringe Abnutzung und gute Aufarbeitungsmöglichkeit der Kleineisenteile –, daß die Jahreskosten aus Anlage und Unterhaltung bei der K-Befestigung unzweifelhaft am niedrigsten sind.

Trotzdem wird die weitere Entwicklung wirtschaftlicher Befestigungsformen nach verschiedenen Richtungen mit Nachdruck vorangetrieben.

#### 5. Weichen

Die Weichen und Kreuzungen, die dem Übergang von einem Gleis zum anderen oder die Kreuzung zweier Gleise ermöglichen, bedingen bei Fahrzeugen mit Spurradsrädern notwendigerweise eine ähnliche Unterbrechung der Schienenfahrbahn und damit eine Störung des Fahrzeuglaufes, wie dies beim Schienenstoß der Fall ist. Den Weichen und Kreuzungen galt daher ebenso wie den Schienenstößen seit der Frühzeit der Eisenbahn die besondere Aufmerksamkeit der Eisenbahnkonstruktoren. Zwischen den Schlepplweichen der ersten deutschen Eisenbahnen bis zu den heutigen Reichsbahnweichen liegt ein weiter Entwicklungsweg mit einer Vielzahl von Weichenbauarten der verschiedenen Ländereisenbahnen. Erst mit der Durchbildung des Reichsbahnoberbaues wurde auch die Gestaltung einheitlicher Weichen, der sogenannten Reichsbahnweichen, in Angriff genommen. Die Grundsätze für den Entwurf dieser neuen Weichen waren im wesentlichen folgende:

Regelneigung 1:9, Wegfall der Zungenüberschneidung, Mindesthalbmesser 190 m, größerer Halbmesser mit 300, 500 und 1200 m, bei denen der Bogen durch das Herzstück hindurchgeführt wird und Kreuzungsweichen mit Halbmessern von 190, deren Zungenvorrichtung innerhalb des Kreuzungsvierecks liegt, und Kreuzungsweichen mit Halbmessern von 300 und 500 m, deren Zungenvorrichtungen außerhalb des Kreuzungsvierecks liegen. Außen- und Innenbogenweichen sind mit beliebigen Halbmessern zugelassen.

Damit war eine weitgehende Beweglichkeit im Entwurf der Weichenköpfe erreicht und die Beseitigung zahlreicher Geschwindigkeitsbeschränkungen in Bahnhöfen ermöglicht worden. Die Reichsbahnweichen haben inzwischen weitere bauliche Verbesserungen erfahren: Der Hakenspitzenverschluß der norddeutschen Länderformen und der Gelenkspitzenverschluß der süddeutschen Länderformen wurden seit 1930 durch den Klammerspitzenverschluß ersetzt. Statt der alten Gelenkzungen erhalten die Reichsbahnweichen in zunehmendem Umfang Federzungen und Federschienenzungen. Weitere Neuerungen im Weichenbau sind die Einführung des geschweißten, oberflächengehärteten Herz-

stücker, der überhöhten, oberflächengehärteten Flügel-schiene, der Keilverspannung von Schienen, Backen-schienen und Radlenkern und schließlich Verbesserungen an Verschlussstück und Verschlussklammern. Als neue Weichenformen wurden in den letzten Jahren die einfache Weiche 760-1:14 für Geschwindigkeiten von 80 km/h im Zweiggleis und die symmetrische Außenbogenweiche 215-1:4,8 als Steilweiche für Ablaufanlagen in Verschiebe-bahnhöfen eingeführt.

## 6. Gleisbettung und Unterbau

Die Gleisbettung soll die Belastung der Schwelle auf den Unterbau übertragen und verteilen, dem Gleisrost zwar Widerstand gegen Quer- und Längsbewegungen bieten, aber jederzeit auf einfache Weise das Richten des Gleises zulassen und schließlich Gleis und Unterbau durch schnelle Wasserabführung und gute Durchlüftung trocken halten.

Schon beim Bau der ersten deutschen Eisenbahnen wurden die Schwellen in Kies oder in Schotter, d. h. gebrochenen und gesiebten Naturgestein verlegt – Bild 3 –. Nach zunächst verschiedenartiger Ausbildung des Schotter-bettes wurde doch recht bald auch ein einigermaßen einheitlicher Bettungsquerschnitt festgelegt. Die früher häufig angewandte Packlage aus Bruchsteinen mit einer darüber-liegenden Schotter-schicht, eine Bauweise des Straßenbaues, erwies sich als ungeeignet. Die Korngrößen des Schotters wurden mit Rücksicht auf die Maschinenstopfung herabge-setzt. Heute wird Hartgesteinschotter der Körnung 1 mit 30–65 mm Korngröße und in wesentlich geringerem Um-fang der Körnung 2 mit 15–30 mm Korngröße verwendet.

Lehmiger und toniger Untergrund weicht bei ungenügen-dem Wasserabfluß auf, dringt in die Bettung ein und be-einträchtigt die Gleislage. Mit wachsender Verkehrsbe-lastung der Gleise wurden daher in den letzten Jahrzehnten auf zahlreichen Strecken besondere Maßnahmen – Gleis- und Bahnhofsentwässerungen, Planumsverbesser-ungen durch Einbau einer Sandschicht zwischen Unterbau und Bettung – erforderlich. Versuche mit einer wasserun-durchlässigen Teer- oder Asphalt-schicht zeitigten nur Teil-erfolge.

## III. Die Entwicklung des Gleisbaues und der Gleisunterhaltung

### 7. Der Ausbau des deutschen Gleisnetzes

Es ist bei einem Rückblick auf die erste Zeit des Eisen-bahnbaues immer wieder erstaunlich und bewundernswert, mit welchem Unternehmungsgeist und mit welcher Tatkraft zuerst einzelne Männer und dann ganze Generationen gegen Widerstände verschiedenster Art den Ausbau eines umfassenden Verkehrsnetzes in wenigen Jahrzehnten vor-angetrieben haben.

Nach rund 20 Jahren der Planungen und Vorarbeiten für den Bau von Pferdebahnen und Eisenbahnen setzte mit dem Jahre 1835 allenthalben im Gebiet des damaligen deutschen Bundes der Ausbau und die Eröffnung von Eisenbahnen fast schlagartig ein. Es wurden als Bahnen mit Lokomotivbetrieb nacheinander eröffnet:

Nürnberg–Fürth	am 7. 12. 1835
Leipzig–Dresden – erste Teilstrecke –	am 24. 4. 1837
Floridsdorf–Wagram	am 23. 11. 1837
Berlin–Potsdam	am 29. 10. 1838
Braunschweig–Wolfenbüttel	am 1. 12. 1838
Düsseldorf–Erkrath	am 20. 12. 1838
Magdeburg–Halle–Leipzig – erste Teilstrecke –	am 29. 6. 1839
Köln–Aachen – erste Teilstrecke –	am 2. 8. 1839
Frankfurt(M)–Wiesbaden – erste Teilstrecke –	am 26. 9. 1839
München–Augsburg – erste Teilstrecke –	am 1. 9. 1839
Mannheim–Heidelberg	am 12. 9. 1840

Wenn auch in den deutschen Bundesstaaten nicht gerade wie in England ein kapitalistisches „Eisenbahnfieber“ aus-brach, so waren hier doch, wie die folgende Zahlenreihe zeigt, gewaltige Bauleistungen im Erdbau, Brückenbau und Tunnelbau mit einfachsten Mitteln fast ausschließlich in reiner Handarbeit zu vollbringen.

Betriebslänge des deutschen Eisenbahnnetzes in km:

im Jahre	1835	1845	1855	1865	1875	1885	1895
Betriebslänge							
in km	6	2300	8290	14690	27930	37650	46560
im Jahre	1905	1915	1925	1935	1955		
Betriebslänge							
in km	56980	62410	57830 <sup>1)</sup>	58370	30500 <sup>2)</sup>		

Es wurden demnach von 1835–1845 jährlich rund 500 km und von 1865–1905 jährlich rund 1050 km Bahnkörper mit allen Bahnanlagen hergestellt. Dies bedeutet in Gleislän-gen gerechnet für den ersten Zeitabschnitt rund 1000 km und für den zweiten Zeitabschnitt rund 2100 km jährliche Neubauleistung. Eine noch größere Bauleistung muß zu-sätzlich – vor allem für das Jahrzehnt um die Jahrhundert-wende – für die damals noch in kürzeren Zeitabständen erforderlich werdenden Gleiserneuerungen veranschlagt werden. Die deutschen Eisenbahnen haben also beim Ausbau ihres Verkehrsnetzes Bauleistungen vollbracht und finanziert, die sich mit den späteren und heutigen Bau-leistungen beim Ausbau des Straßennetzes durchaus mes-sen können. Als der erste Weltkrieg begann, war der Aus-bau der deutschen Eisenbahnen im wesentlichen abge-schlossen.

Das in Krieg und Inflationszeit stark herabgewirtschaftete Gleisnetz – von 1915 bis 1924 wurden jährlich nur 2,75% statt 4% der durchgehenden Hauptgleise erneuert – wurde im Jahre 1924 von dem neuen Unternehmen „Deutsche Reichsbahn“ übernommen und mit großer Tat-kraft und erheblichem finanziellen Aufwand in erstaun-lich kurzer Zeit in einen durchaus befriedigenden Zustand gebracht. Der damals aufkommende Wettbewerb mit dem Kraftwagen legte eine weitere Erhöhung der Zuggeschwin-digkeiten nahe. Voraussetzung hierfür war nicht nur eine genaue und anhaltend gute Gleisanlage, sondern vor allem auch eine allgemeine Verbesserung der Linienfüh-rung durch eine vollkommene Bogengestaltung. Die Schnellfahrstrecken, die vor dem zweiten Weltkrieg mit Geschwindigkeiten bis zu 160 km/h befahren wurden, leg-ten Zeugnis ab für den Erfolg dieser Maßnahmen.

Der zweite Weltkrieg, insbesondere der Bombenkrieg, fügte dem Oberbau ebenso wie den übrigen Bahnanlagen trotz des selbstlosen Einsatzes aller am Gleis Tätigen Ver-luste und Zerstörungen zu, die eine Wiederherstellung in absehbarer Zeit zweifelhaft erscheinen ließen. Der Er-neuerungsrückstand, bereits seit 1931 wieder im Steigen begriffen, erreichte schließlich in den Jahren um 1955 rund 20% der Gleise und Weicheneinheiten. Seit 1957 endlich wurden die jährlichen Aufwendungen für den Oberbau in erfreulichem Umfang gesteigert und damit eine umfas-sende Instandsetzung der Gleisanlagen eingeleitet, die allerdings noch eine Reihe von Jahren in Anspruch nehmen wird. In technischer Hinsicht ist der Zeitabschnitt nach dem zweiten Weltkrieg gekennzeichnet durch einige, völlig neue Maßnahmen und Entwicklungen von größter Bedeu-tung: Einführung des durchgehend verschweißten Gleises, Einführung der Betonschwelle und Mechanisierung der Oberbauarbeiten.

### 8. Die Mechanisierung des Gleisbaues und der Gleisunterhaltung

Das Verlegen und Zusammenbauen der Bauteile des Gleises geschah, von wenigen Ausnahmen abgesehen, bis zum ersten Weltkrieg ausschließlich von Hand. Selbstver-ständlich haben auch schon vor der Jahrhundertwende einzelne Eisenbahningenieure sich um die mechanisierte

<sup>1)</sup> Verluste durch Gebietsabtretungen.

<sup>2)</sup> Betriebslänge der DB.



Durchführung des Gleisbaues mit Hilfe von hand- oder dampfbetriebenen Großgeräten bemüht. Als Beispiele hierfür mögen die „Bahnlegemaschine“ beim Bau der Pazifcibahn in Kalifornien mit immerhin 1600 m täglicher Verlegeleistung und in Deutschland die gelegentliche Verwendung von Kranen für das Aufladen, Abladen und Verlegen von Oberbaustoffen dienen. Diese Bemühungen mußten bei den damals niedrigen Löhnen schließlich doch ohne nennenswerten Erfolg bleiben, und beim Zusammenschluß der Länderbahnen zur Deutschen Reichsbahn waren noch immer die Schottergabeln, Schaufeln, Stopfhacken, Handbohrer, Gleishebeböcke, Setzlatten, Fluchtkreuze und Wasserwaagen die wesentlichsten Oberbaugeräte.

Erst mit den im Jahre 1924 entwickelten Kraftstopfern der Firma Krupp wurde die maschinelle Gleisstopfung eingeleitet. Es folgten die ersten Schwellenbohrmaschinen und Schraubeneindrehmaschinen. In den Jahren 1925 bis 1930 wurden Gleisverlegekrane, Weichenbaukrane und Gleisschwenkkrane und später dann Schotter selbstentladewagen entwickelt und eingesetzt. In den Jahren der Wirtschaftskrise, der Rüstung und des zweiten Weltkrieges unterblieb die Beschaffung weiterer Gleisbaumaschinen, so daß noch bis 1950 die Gleis- und Weichenbauarbeiten im wesentlichen von Hand durchgeführt werden mußten. Größere Gleisumbauten dauerten dementsprechend mehrere Wochen oder Monate und mußten häufig – wenn dauernde oder stundenweise Gleisperrungen für so lange Zeit untragbar schienen – während des Betriebes in dem teuren, technisch unbefriedigenden und unfallgefährlichen Klotzverfahren durchgeführt werden.

Die Verwendung der schweren Betonschwellen hatte ein weitgehend mechanisiertes Verlegeverfahren zur Voraussetzung und wurde damit der erste Anlaß zu der seit 1950 mit Tatkraft und Umsicht betriebenen Mechanisierung des Gleisumbaus. Während die Oberbauunternehmungen bei der Ungewißheit über die Auftragslage meist etwas zurückhaltend im Maschineneinkauf waren, wurden von der DB die Mechanisierung und Rationalisierung der Oberbauarbeiten durch den Einsatz zahlreicher Oberbaugeräte und Oberbaumaschinen mit Nachdruck vorangetrieben.

Die bei Oberbaugeräten und Rottenkraftfahrzeugen der DB eingebaute Maschinenleistung betrug:

im Jahre	1945	1950	1952	1954	1956	1958	1960
in PS	6000	19000	25000	53000	82000	107000	130000

Von den beim Gleisbau und bei der Gleispflege eingesetzten Maschinen seien hier nur erwähnt die Bettungsreinigungsmaschinen, Gleis- und Weichenbaukrane, Planierdrauen, Bettungsverdichter, Bettungsbandfertiger, Betonschwellenverlegegeräte, Schotterverteiler, Schotterrechen, fahrbare Gleisstopfmaschinen, Gleisrichtmaschinen, Kraftstopfer, Schraubmaschinen und Bohrmaschinen.

Mit diesen Maschinen wurden sowohl für den Umbau im ganztägig gesperrten Gleis als auch im stundenweise gesperrten Gleis einige bevorzugte Gleisbauverfahren – das sogenannte K1-Verfahren, das Jochverfahren, usw. – entwickelt, die sich durch ein sinnvolles Zusammenwirken verschiedener Gleisbaumaschinen jeweils den örtlichen Verhältnissen und den betreffenden betrieblichen Voraussetzungen anpassen.

Bei der Durcharbeitung der Gleise wurde die schwere Handarbeit des Unterstopfens der Schwellen durch den Einsatz von motorisch betriebenen Handgeräten – Kraftstopfern – und von fahrbaren Gleisstopfmaschinen verschiedener Typen ersetzt. Weitere erhebliche Ersparnisse wurden bei der Durcharbeitung durch die Einführung arbeitssparender Verfahren – des Schaufelverfahrens während des zweiten Weltkrieges und des Zwischenlagenausgleiches in den letzten Jahren – erzielt.

Die nachstehenden Angaben über den Tagewerksverbrauch bei der vollständigen Gleiserneuerung, der Weichenerneuerung und der Durcharbeitung belegen den Erfolg der bisherigen Mechanisierungsmaßnahmen:

Durchschnittlicher Verbrauch der DB an Tagewerken (Tgw) bei der

im Jahre	Gleiserneuerung mit		Weichenerneuerung Tgw/Weicheneinheit	Durcharbeitung Tgw/km Gleis 1.0.
	Holzschwellen Tgw/km	Betonschwellen Tgw/km		
1948	2752	3081	164	464
1950	1751	1604	120	339
1953	1516	1368	122	247
1956	1468	1370	114	212
1959	1159	954	99	182

## 9. Internationale Vereinbarungen und Technische Vorschriften

Viel früher als in anderen Gebieten der Technik erwies sich gerade im Eisenbahnwesen die internationale Zusammenarbeit als eine zwingende Notwendigkeit. Schon kurz nach dem Bau der ersten Eisenbahnen waren für den grenzüberschreitenden Verkehr Vereinbarungen über die einheitliche Gestaltung von Fahrbahn und Fahrzeugen – vor allem Spurweite und Achslast – unerlässlich. Der Vorgänger aller internationalen Eisenbahnorganisationen, der im Jahre 1846 gegründete „Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen“, traf 1850 eine „Vereinbarung der Grundzüge für die Gestaltung der Eisenbahnen Deutschland“ und erließ einheitliche Vorschriften für den durchgehenden Verkehr auf den bestehenden Vereinsbahnen. Es folgten 1886 die „Berner Vereinbarungen über die technische Einheit im Eisenbahnwesen“. Im Jahre 1904 wurde im Deutschen Reich die erste „Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung“ (BO) erlassen. Der im Jahre 1922 gegründete „Internationale Eisenbahnverband“ („Union Internationale des Chemins de fer – UIC“) nennt in der Satzung als Hauptzweck des Verbandes die Verbesserung und Vereinheitlichung „der Bedingungen für die Anlage und den Betrieb der Eisenbahnen im Hinblick auf den internationalen Verkehr“ und hat im Jahre 1950 ein Forschungs- und Versuchsamt (ORE) gebildet, das auch im Oberbauwesen sich mit den Aufgaben der Forschung und der Dokumentation befaßt.

Die jeweiligen theoretischen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen über den Fahrzeuglauf in der Gleisspur haben ihren Niederschlag gefunden in den zahlreichen technischen Vorschriften, die über die geometrische Gestaltung des Gleises seit dem Bau der ersten Eisenbahnen erlassen worden sind. Zunächst war die zweckmäßigste Spurweite des Eisenbahngleises durchaus umstritten. Es sei nur erwähnt, daß beispielsweise die Badischen Bahnen nach einem Übereinkommen mit den Hessischen und den Schweizer Bahnen zunächst eine Spurweite von 1,80 m vorsahen und dann später die bereits vorhandenen Gleise auf die Normalspur verengen mußten. Über die zweckmäßige Bemessung der Steigungen in Abhängigkeit von Lokomotivleistung, Geschwindigkeit und Betriebskosten gab es ebenso wie über die Bemessung der Bogenhalbmesser bei den verschiedenen Bahnen sehr unterschiedliche Auffassungen. Im Zusammenhang mit den steigenden Fahrgeschwindigkeiten wurde in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die Zwischengerade zwischen Gegenbögen und in den sechziger Jahren der Übergangsbogen zwischen Gerade und Kreisbogen eingeführt. Die durch die Anwendung von Übergangsbogen überflüssig gewordene Zwischengerade entfiel allerdings erst 1934, nachdem sie sich als ein Hemmnis bei Linienverbesserungen erwiesen hatte. Die Überhöhung der Außenschiene im Gleisbogen wurde zwar recht frühzeitig eingeführt, aber für höhere Geschwindigkeiten bei den meisten Bahnen zunächst noch viel zu gering bemessen. Im Jahre 1928 wurden dann im Zusammenhang mit den Linienverbesserungen die noch heute gültigen Bemessungsformeln für die Regelüberhöhung und die Mindestüberhöhung, sowie der Wert der größten zulässigen Überhöhung neu festgelegt und damit eine er-

hebliche Steigerung der Geschwindigkeit im Gleisbogen ermöglicht. Mit der Einführung der „geschwungenen Rampe“ konnte die Seitenverschiebung zwischen Gerade und Gleisbogen um die Hälfte verringert und damit Linienverbesserungen auch bei beengten Verhältnissen möglich gemacht werden.

Die von den Länderbahnen angeordneten Spurerweiterungen erwiesen sich als zu groß für einen ruhigen Fahrzeuglauf und wurden daher später mehrmals verringert. Der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen hatte beispielsweise im Jahre 1870 für Bogen mit Halbmessern unter 500 m Spurerweiterungen bis zu 30 mm empfohlen, nur die Oberbauvorschriften der Bayerischen Staatseisenbahnen von 1903 sahen Spurerweiterungen von 3 mm bei 900 m Halbmesser und von 28 mm bei 180 m Halbmesser vor. Heute werden nur mehr in Bogen mit Halbmessern unter 200 m Spurerweiterungen vorgesehen.

#### 10. Messungen und Prüfungen am Oberbau

Mit der Erhöhung der Geschwindigkeiten sind in den letzten Jahrzehnten auch die Anforderungen an die Genauigkeit der Gleislage gesteigert worden. Da mit den Handmeßgeräten – Spurmaß, Wasserwaage, Pfeilhöhenmeßgeräte, Fernglas usw. – kein übersichtliches Bild der Gleislage über größere Streckenabschnitte zu gewinnen war, wurde seit 1929 der Gleismeßwagen eingesetzt, der durch regelmäßige – in wichtigen Gleisen jährliche – Gleismessungen eine hervorragende Erziehungsarbeit leistete. Bei einer täglichen Meßleistung von 500 km Gleis werden damit noch heute alle die Gleislage kennzeichnenden Meßlinien – die Schwellensenkung, die Überhöhung, die Spurweite, die Richtung und die Krümmung – aufgezeichnet und damit eine wertvolle Unterlage für die Planung der Oberbauarbeiten, für den Vergleich zwischen verschiedenen Arbeitsverfahren und für die Festsetzung von Höchstgeschwindigkeiten gewonnen.

Nach einem Gleisumbau oder einer Durcharbeitung werden im Rahmen der Gleisabnahme ähnliche Gleismessungen erforderlich, die neuerdings durch den Einsatz von Gleismeßdraisinen wesentlich erleichtert und beschleunigt werden.

Da Schienenbrüche in außergewöhnlichen Fällen zu Betriebsgefährdungen führen können, werden seit 1953 für vorsorgliche Schienenprüfungen handbediente Ultraschallgeräte eingesetzt, die alle Schienenfehler und Anrisse auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre aufzeigen und die Auswechslung der Schiene vor dem Eintreten des Bruches ermöglichen. Für die Prüfung größerer Streckenabschnitte wurde darüber hinaus in den letzten Jahren noch ein Schienenprüfwagen entwickelt, der das Ergebnis der Ultraschallprüfung in einem Meßstreifen fotografisch aufzeichnet.

Ebenfalls der Betriebssicherheit dienen weitere regelmäßige Messungen von Hand: die Stoßlückenmessungen für die Berichtigung der Stoßlücken (Vermeiden der Verwerfungsgefahr) und die Messungen von Spurweite und Rillenweite bei Radlenkern und Herzstücken von Weichen (Vermeiden der Entgleisungsgefahr).

#### 11. Wandlungen in der Organisation des Oberbauwesens

Der Gleisbau und die Gleispflege waren immer wieder das größte Sorgenkind aller Eisenbahnverwaltungen. Seit dem Bau der ersten Eisenbahnen haben die Klagen über Fehlleistungen in der Gleiskonstruktion, über die Uneinheitlichkeit der Bauformen, über die Planlosigkeit der Gleisunterhaltungen und den entsprechend schlechten Zustand der Gleise nie aufgehört. Man war zunächst enttäuscht darüber, daß Zustand und Lage der Gleise sich keineswegs als so dauerhaft erwiesen als man erwartet hatte. Die für eine ausreichende Gleispflege erforderlichen Geldmittel standen auch damals oft nicht zur Verfügung. Die Oberbauunterhaltung war ebenso wie die Lagerhaltung für Oberbaustoffe weitgehend Sache der Bahnmeistereien.

Als die Deutsche Reichsbahn nach dem ersten Weltkrieg die Instandsetzung des im Krieg und Inflationszeit stark herabgewirtschafteten Oberbaues in Angriff nahm, war neben den bereits erwähnten technischen Neuerungen auch eine Neuorganisation des Oberbauwesens nicht mehr zu umgehen. Die Oberbauaufgaben wurden bei den Eisenbahn-Abteilungen des Reichsverkehrsministeriums in einem besonderen Referat und bei den Direktionen in besonderen Oberbauderzernaten unter Zubilligung finanzieller Selbständigkeit straff zusammengefaßt. Die bis dahin recht unübersichtliche Bewirtschaftung der Oberbaustoffe mußte neu geordnet werden. Die Stofflager der Bahnmeistereien wurden aufgehoben und die Lagerhaltung für jede Direktion in einem zentralen Oberbaustofflager zusammengefaßt. Die Stoffbuchhaltung, bisher Sache der Betriebsämter, wurde dem Oberbaubüro der Direktionen übertragen und das Hollerith-Lochkartenverfahren eingeführt. Gleichzeitig ging das Verfügungsrecht über alle Oberbaustoffe auf das BZA Berlin über. Die sogenannte Stufenwirtschaft – Einbau neuer Stoffe in Gleise 1. Ordnung und Einbau altbrauchbarer bzw. aufgearbeiteter Stoffe in Gleise 2. und 3. Ordnung – wurde auf fast alle Stoffe ausgeweitet und die Aufarbeitung den verschiedenen Oberbaustofflagern zugewiesen.

Für die Durchführung der Oberbauarbeiten standen der Bahnmeisterei Stammarbeiter, während der Bauzeit auch Zeitarbeiter, und für etwa 25% der Oberbauarbeiten auch Gleisbau-Unternehmer zur Verfügung. Die in jenen Jahren gebildeten Gleis- und Weichenbauzüge sind auch heute noch das Rückgrat der Oberbauunterhaltung. Im Jahre 1925 wurde für einen großen Teil der Oberbauarbeiten das Gedinge mit durchschnittlich 20% Mehrverdienst eingeführt. Eine weitere wesentliche Aufgabe organisatorischer Art war die Neueinteilung der Bm-Bezirke und die Neubewertung dieser Dienststellen nach einheitlichen Grundsätzen.

Diese Neuorganisation des Oberbauwesens hat sich trotz der inzwischen völlig veränderten Verhältnisse bis heute ausgezeichnet bewährt.

#### IV. Ausblick

Neue Probleme und Entwicklungsmöglichkeiten zeichnen sich seit einiger Zeit auf verschiedenen Gebieten des Oberbauwesens ab. Nachdem bei der Oberbaukonstruktion mit der Einführung der Betonschwelle und des durchgehend verschweißten Gleises im vergangenen Jahrzehnt neue Wege mit Erfolg beschritten wurden, gehen trotz hervorragender Bewährung des K-Oberbaues die Bemühungen um die Entwicklung einfacher und wirtschaftlicher Schienenbefestigungen weiter. Im Hinblick auf die Mechanisierung und die Automation ist heute bei allen konstruktiven Fragen neben der langen Lebensdauer der Bauteile und dem geringsten Unterhaltungsaufwand vor allem auch die weitgehende Normung aller Abmessungen wichtig.

Bei weiter steigenden Löhnen wird möglicherweise für verschiedene Oberbaustoffe die heutige Stufenwirtschaft infolge der mehrfachen Ein- und Ausbaukosten unwirtschaftlich werden. Aus den gleichen Gründen wäre – soweit technisch möglich – mehr als bisher die Aufarbeitung der Stoffe im Gleis statt im Lager zu bevorzugen.

Die Mechanisierung des Gleisbaues und der Gleisunterhaltung erweist sich dann als besonders vorteilhaft, wenn große zusammenhängende Bauabschnitte durch spezialisierte, bewegliche Bautrupps der DB und der Oberbau-Unternehmen bearbeitet werden können. Infolge der schwächer werdenden Bahnmeisterei-Rotten werden dann allerdings der Betriebsdienst und der Verkehrsdienst die Personalreserven für den Spitzenverkehr selbst vorhalten müssen. Rationalisierung, Mechanisierung und Automation werden auch weiterhin in der Oberbautechnik vorangetrieben werden. Die Gefahr, daß eine allzu rasche Entwicklung wirtschaftliche Verluste zeitigen könnte, ist für die Eisenbahn sicher weniger zu befürchten als für andere Betriebe der deutschen Wirtschaft; dagegen ist die technische und verwaltungsmäßige „Perfektion“ auch für die

DB eine der Hauptgefahren, die nur durch eine einfache, klare und praxisnahe Führung der Geschäfte in allen Bereichen gemeistert werden kann.

Die stürmische Entwicklung des individuellen Verkehrs im letzten Jahrzehnt läßt bereits die Grenzen dieser Verkehrsform erkennen. Der Mangel an Verkehrsfläche, der Verkehrslärm, die Überforderung des Fahrers im Straßenverkehr und die wachsende Zahl der Straßenverkehrsunfälle werden schließlich dazu zwingen, den seit langem vernachlässigten öffentlichen Verkehr auf Schiene und Straße endlich mehr zu fördern als bisher. Die Öffentlichkeit wird einsehen, daß die sichere, schnelle und volkswirtschaftlich rationelle Verkehrsbedienung durch einen öffentlichen Verkehrsträger mehr Beachtung verdient als eine nur aus wechselnden verkehrspolitischen Voraussetzungen sich ergebende Gewinn- und Verlustrechnung. Der uneigennützig Dienst an der Gemeinschaft sollte mehr gelten als fragwürdige Bilanzen. Bei schnell wachsender Bevölkerungsdichte wird das leistungsfähige öffentliche Verkehrsmittel, vor allem auch die moderne Eisenbahn, wegen der unbestreitbaren, technischen und volkswirtschaftlichen Vorzüge als „Fließband“ für große Zahlen und Massen auch künftig unentbehrlich bleiben. Selbstverständlich muß dieses Verkehrsmittel auch den zeitgemäßen Ansprüchen seiner Benutzer entsprechen.

Unzureichende, überalterte oder ungepflegte bauliche Anlagen beispielsweise beeinträchtigen – auch bei sonst guter Verkehrsbedienung – das Ansehen des Eisenbahn-

unternehmens in einer Zeit der Optik und Reklame ganz erheblich.

Vieles also bleibt noch zu tun. Die „eiserne Bahn“ hat Zukunft, wenn die Verkehrspolitik ihr den Spielraum gibt, der ihr zukommt. Technik und Organisation müssen beweglich bleiben und mit Weitblick und gesundem Optimismus diese Zukunft gestalten.

#### Schriftumsverzeichnis:

- A. Haarmann: Das Eisenbahngleis, geschichtlicher Teil, Leipzig 1891 (Wilhelm Engelmann Verlag).
- A. Haarmann: Das Eisenbahngleis, kritischer Teil, Leipzig 1902 (Wilhelm Engelmann Verlag).
- L. Troske: Die Eisenbahnen aus „Der Weltverkehr und seine Mittel“ 1. Teil, Leipzig 1901 (Otto Spamer Verlag).
- Vorschriften für die Herstellung und Unterhaltung des Bahnoberbaues und für die Durchführung von Stationsgleis-Umbauten auf den königlich bayrischen Staatseisenbahnen (Haupt- und Nebenbahnen) München 1903.
- F. Czygan: Die Eisenbahn in Wort und Bild (Zentralblatt der Bauverwaltung 1889).
- W. Biehler: Die geschichtliche Entwicklung des deutschen Reichsbahn-Oberbaues in den Jahren 1916–1935.
- „100 Jahre Deutsche Eisenbahnen“, die Reichsbahn, Sonderausgabe 1935.
- O. Feil: Das Oberbauwesen bei der Deutschen Reichsbahn zwischen den beiden Weltkriegen. Der Eisenbahnbau 1950 Heft 5/6.
- „Sechs Jahre Wiederaufbau“, Die Bundesbahn, Sonderausgabe, Mai 1957.
- Dr. Ing. habil G. Schramm: Eisenbahnschwellen, Jahrbuch des Eisenbahnwesens 1952.
- G. Schramm: Eisenbahnschienen, Jahrbuch des Eisenbahnwesens 1956.
- G. Schramm: Oberbautechnik und Oberbauwirtschaft, Darmstadt 1960 (Otto Elsner Verlag).