

motiven in einem Lande teurer sind als in dem anderen, dann haben die Eisenbahnen des Landes mit höheren Herstellungskosten einen guten Grund, die Preisforderungen gewisser Firmen zu beschneiden. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß die Hersteller des anderen Landes ihren Kunden keine Preiserhöhung auferlegen. Da ich niemanden vergessen möchte, muß erwähnt werden, daß die Elektrizitätsgesellschaften ihre Freude über die Ankunft des guten Kunden „Eisenbahn“ nicht in einer Erhöhung des kW-Preises ausdrücken sollten, eine unangenehme Überraschung, die wir in Frankreich einige Male erlebt haben. Aber ich muß sagen, gutes, gegenseitiges Verständnis übt seinen Einfluß auch auf die Ausführung der Arbeiten aus. Gelingt es, diese vorbildliche Atmosphäre, die wir schaffen konnten, auch in Zukunft zu bewahren, so ist wirklich nichts zu befürchten.

Meine Herren, man hat den Eisenbahnen ihre Langsamkeit stets vorgeworfen. Wir müssen bei der kommenden Elektrifizierung beweisen, daß wir in der Lage sind, sehr schnell etwas zu verwirklichen. Infolge seiner einfachen ortsfesten Anlagen ist das 50-Hz-System gut dafür geeignet. Die Eisenbahntechniker haben die Notwendigkeit dieser raschen Arbeitsausführung voll begriffen. Es wäre sehr unklug von mir, Termine anzugeben. Aber so viel kann ich sagen: eine internationale Strecke wie die vorgesehene müßte nach zwei Jahren, vom Zeitpunkt ihrer Finanzierung an gerechnet, dem Verkehr freigegeben werden können. Ich greife meine Behauptungen nicht aus der Luft; denn die Praxis hat bewiesen, daß es in unseren beiden Ländern möglich war, in sehr kurzer Zeit etwas zu vollenden, wenn alle von dem Wunsche beseelt sind, gemeinsam ein großes Werk zu schaffen.

Meine Herren, wir kommen nun zum wichtigsten Punkt meiner Ausführungen. Es ist der Grundsatz aller Ingenieure, zunächst ernsthaft irgendeine Sache zu verwirklichen, die in der Folge als feste Basis für die Zukunft angesehen werden kann. Das Thema des heutigen Tages „die Elektrifizierung der westeuropäischen Eisenbahnen“ berechtigte mich, die Stellung darzulegen, die die französischen Eisenbahnen für den Norden ihres Landes einnehmen, und die Entwicklung nach Osten, die in neuester Zeit angestrebt wird. Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, um vor Ihnen eine oft wiederholte Tatsache auszusprechen: die Eisenbahningenieure denken europäisch, wenn nicht gar im Hinblick auf die ganze Erde. Diese Einstellung ist durch ihre Bildung und ihren Beruf, der sie häufig mit anderen Ländern in Berührung bringt, bedingt. Ich führte bereits aus, daß unmittelbar nach Kriegsende in einem Augenblick, als Geist und Herz aller Menschen bluteten, Eisenbahningenieure diese gemeinsame Arbeit in der Stille begannen und bereits ein sichtbares Werk geschaffen haben.

Auch die deutschen Eisenbahnen hegten den Wunsch, ihr Teil zur modernen internationalen Technik beizutragen. Sie haben den Gedanken der französischen Eisenbahnen sehr viel Verständnis entgegengebracht und damit die Bande zwischen den beiden Ländern enger geknüpft. Ich weiß, daß den Präsidenten dieser Tagung und den Herren Ministern der Bundesregierung dieser gleiche Geist innewohnt. Ihnen allen danke ich, daß Sie den Ingenieuren der Eisenbahnen und der Industrie bei der Verwirklichung eines wahrhaft großen Werkes ihr ganzes Vertrauen schenken.

Die Elektrifizierung der britischen Eisenbahnen

von H. H. Swift BE, London, Mechanical and Electrical Engineer of the Southern Region of British Railway

1. Einleitung

Mit Ausnahme der Londoner Vororte und gewisser Hauptlinien, die von London zur Südküste ausstrahlen, gibt es in England keine Elektrifizierung auf breiter Basis. Andere Strecken, die elektrifiziert sind, bilden nur isolierte Systeme in der Umgebung großer Städte; sie haben einen reinen Vorortcharakter.

Es ist daher unmöglich, ein einheitliches Bild vom Fortschritt der Elektrifizierung oder von ihren wirtschaftlichen Ergebnissen zu geben. Der Vortrag beschränkt sich in der Hauptsache auf eine Betrachtung gewisser typischer Gesichtspunkte für die oberirdischen Eisenbahnen, die der Railway Executive unterstehen. Das Londoner Untergrundbahnsystem weist besondere Eigenheiten und Probleme auf. Es erschien daher ratsam, in diesem kurzen Vortrag auf dieses System nicht näher einzugehen.

Ich gebe zunächst einen kurzen Abriss der Geschichte der Elektrifizierung in Großbritannien sowie einen Ausschnitt aus der Entwicklung der technischen Ausführung der elektrischen Zugförderung. Es folgt dann eine kurze Beschreibung der Entwicklung und der Ergebnisse der Elektrifizierung von zwei bedeutenden Eisenbahnsystemen, nämlich dem der Südbahn und dem der kürzlich elektrifizierten Strecken von Liverpool Street nach Shenfield, um dann mit einem Überblick über die Zukunftsaussichten der Elektrifizierung abzuschließen.

2. Historisches

Der Grund für die außerordentlich langsame Ausbreitung der Elektrifizierung in Großbritannien ist nicht ganz klar. Er scheint aber verbunden zu sein mit der Geschichte der britischen Eisenbahnen und der finanziellen Lage der großen Zahl von kleinen Eisenbahngesellschaften, die vor 1923 in Betrieb waren. Selbst nachdem im Jahre 1923 Gruppen dieser kleinen Eisenbahngesellschaften sich zu den vier Haupteisenbahngesellschaften zusammengeschlossen hatten (der London Midland & Scottish Railway Co., der London & North Eastern Railway Co., der Great Western Railway Co. und der Southern Railway Co.), ist es durchaus verständlich, daß die Aufsichtsräte dieser Gesellschaften zögerten, bevor sie an die beträchtlichen Kapitalinvestitionen herangingen, die für die Elektrifizierung größerer Längen ihrer Hauptstrecken notwendig waren. Trotzdem wurde während dieser ganzen Periode die Elektrifizierung einer Anzahl von verschiedenen Strecken hauptsächlich des Vorortverkehrs durchgeführt. Während einige der frühesten Systeme wieder verlassen sind, wurden andere modernisiert oder erweitert. Tabelle 1 gibt ein Verzeichnis der elektrifizierten Strecken, die heute in England in Betrieb oder im Bau begriffen sind, mit den Daten des Beginns ihrer Elektrifizierung. Es ist nicht ohne Interesse zu wissen, daß die ersten elektrifizierten Strecken in England die der Volks Electric Railway in Brighton waren. Sie arbeiteten mit 140 Volt Gleichstrom und 3. Schiene.

Diese Linie war ungefähr eine Meile lang und wurde 1863 in Betrieb genommen, nur vier Jahre nach dem historischen Datum von 1879, als die erste

Tabelle 1
Elektrifizierung von britischen Eisenbahnstrecken (im Betrieb und im Bau)

Bezirk Strecke und Jahr der Elektrifizierung	System	Meilen		Personen- wagen		Lokomo- tiven
		Streck- Länge	Gleis- länge	Trieb- wagen	An- hänger	
Southern 1909	660 Volt Gleichstrom 3. Schiene	720	1 796	1 638	1 653	3
London Midland R.						
Liverpool-Southport-1904	630 Volt 3. Schiene Gleichstrom	37 $\frac{1}{2}$	94	72	110	—
Euston-Watford 1914	630 Volt 3. u. 4. Schiene Gleichstrom	38	88 $\frac{1}{2}$	112	214	—
Wirral 1938	650 Volt Gleichstrom 3. Schiene	11	24	19	34	—
Mersey Rly. 1903	650 Volt Gleichstrom 3. und 4. Schiene	5	12	28	50	—
Manchester-Bury 1913	1200 Volt Gleichstrom 3. Schiene	14	29	38	28	—
Manchester-Altrincham 1931	1500 Volt Gleichstrom Fahrleitung	9	29	24	52	—
Heysham-Morecambe 1908	6600 Volt 25 Hertz, Einphasen-Wechsel- strom, Fahrleitung	9	19	3	2	—
	Zusammen	123 $\frac{1}{2}$	259 $\frac{1}{2}$	296	490	—
North Eastern R.						
Tyneside lines 1904	630 Volt Gleichstrom 3. Schiene	42	99	84	88	2
Eastern R.						
Liverpool St.-Shenfield 1949	1500 Volt Gleichstrom Fahrleitung	23	110	92	184	—
Bow-Upminster 1905	630 Volt Gleichstrom 4. Schiene	12 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{1}{2}$	LTE	LTE	—
	Zusammen	35 $\frac{1}{2}$	143 $\frac{1}{2}$	92	184	—
Western R.						
	630 Volt Gleichstrom 3. und 4. Schiene	3 $\frac{1}{2}$	12	LTE	LTE	—
Summe im Betrieb		924 $\frac{1}{2}$	2346	2108	2415	5
Eastern R. (im Bau)						
Manchester-Sheffield	1500 Volt Gleichstrom Fahrleitung	75	318	8	16	65

LTE = Fahrzeuge gestellt durch London Transport Executive (Leitung)

elektrische Lokomotive der Welt, von Siemens & Halske gebaut, auf der Berliner Ausstellung im Betriebe vorgeführt wurde. Die Volks Electric Railway ist noch in Betrieb, wobei allerdings die ursprüngliche Ausrüstung ersetzt worden ist. Sie ist jedoch in Tabelle 1 nicht enthalten, da sie heute von der Brighton Corporation betrieben wird.

3. System der Elektrifizierung

Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß mit Ausnahme der Heysham-Morecambe-Strecke, die mit 6600 Volt Wechselstrom betrieben wird, alle anderen Elektrifizierungen mit Gleichstrom durchgeführt worden sind und daß bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit der Strom ausschließlich über eine 3. (und bisweilen eine 4.) Schiene zugeführt wurde. Die Wahl dieses Systems scheint beeinflusst worden zu sein durch die vorhergehende Elektrifizierung der Untergrundbahnen in London, wo die Anordnung von Stromschienen es erlaubte, kleinere und weniger kostspielige Tunnelröhren zu bauen. Als die Hersteller von elektrischen Ausrüstungen im Jahre 1900 zu bauen, übernahmen die Eisenbahnen bei der Elektrifizierung ihrer oberirdischen Strecken verständlicherweise ein System, das schon erprobt war. Aber jede Gesellschaft ging bei der Elektrifizierung unabhängig von den anderen vor, ohne einen Versuch zur Vereinheitlichung zu machen.

Im März 1920 setzte jedoch der Verkehrsminister einen beratenden Ausschuß für verschiedene Fragen der Elektrifizierung von Eisenbahnen ein. Ein weiterer Ausschuß wurde im Jahre 1927 gebildet. Als Ergebnis der Beratungen dieser beiden Ausschüsse erließ der Verkehrsminister die Eisenbahnordnung von 1932 über die Standardisierung der Elektrifizierung. Diese bestimmt u. a. folgendes:

1. Die Stromart soll Gleichstrom sein.
2. Die zulässige Spannung soll sein:
 - a) höhere Spannung 1500 Volt.
 - b) niedrigere Spannung 750 Volt (max.).
 Für besondere Fälle könnte eine Spannung von 3000 Volt vorgesehen werden.
3. Stromzuführung und Stromabnahme sollten vorgesehen werden
 - a) für höhere Spannung durch Oberleitung,
 - b) für niedrigere Spannung durch eine 3. Schiene mit Stromabnahme von oben.

In den Vorschriften waren auch Bestimmungen vorgesehen, welche die besonderen Betriebsbedingungen der Untergrundbahnen berücksichtigen und die den oberirdischen Bahnen, die schon elektrifiziert waren, ermöglichten, ihren Betrieb fortzuführen, obwohl ihre Systeme in mancher Hinsicht von den Bestimmungen abwichen.

Es ist ersichtlich, daß bis heute die britischen Eisenbahnen gehalten sind, Gleichstrom zu verwenden und daß für Stromzuführung mittels dritter Schiene die Stromabnahme von oben bei einer Maximalspannung von 750 Volt angenommen war.

Nach der Verstaatlichung der Eisenbahnen am 1. 1. 1948 wurde ein Ausschuß von leitenden Männern der Eisenbahnen und der Londoner Verkehrsleitung gebildet, um die Empfehlungen des Ausschusses von 1927 zu überprüfen, aber ihr Bericht ist noch nicht verbindlich bekanntgegeben worden. Immerhin kann festgestellt werden, daß der Ausschuß empfiehlt, in Zukunft die Elektrifizierung allgemein mit 1500 Volt Gleichstrom und Oberleitung durchzuführen.

4. Bahnstromerzeugung

In der Frühzeit der elektrischen Zugförderung war es allgemein üblich, daß bei jeder Elektrifizierung besondere Bahnkraftwerke von den Eisenbahngesell-

schaften gebaut und betrieben wurden. Weil es damals nicht gelang, rotierende Umformer für den Bahnbetrieb für die Umformung der Industriefrequenz von 50 Hz in Bahnstrom von 25 Hz zu bauen, lieferten diese Bahnkraftwerke Strom der Frequenz 25 Hertz.

Mit dem Erlass des Elektrizitätsversorgungs-Gesetzes von 1919 wurde die Zustimmung des Elektrizitätskommissars für den Bau eines neuen Kraftwerkes oder für den Ausbau eines bestehenden notwendig. Infolgedessen sind seitdem keine neuen bahneigenen Kraftwerke für die Bahnstromerzeugung gebaut worden. Tatsächlich wurde eine Anzahl derartiger Bahnkraftwerke stillgelegt und der erforderliche Strom aus dem Überlandnetz mit der normalen Frequenz von 50 Hertz bezogen, da nunmehr rotierende Umformer geliefert werden konnten, die mit dieser Frequenz befriedigend arbeiteten.

Durch das Elektrizitätsgesetz von 1947 wurde die Elektrizitätswirtschaft in das Eigentum des Staates überführt und gemäß dem Gesetz muß elektrischer Strom geliefert werden, um den Bedarf von Eisenbahnunternehmungen für den Bahnbetrieb zu sichern. Die Bedingungen, unter denen der elektrische Strom zu liefern ist, wurden in Übereinstimmung mit Vorschriften festgesetzt, die der Minister für Brennstoff und Energie und der Verkehrsminister erlassen hatten.

Es gibt allerdings noch zwei wichtige Bahnkraftwerke, die von den Eisenbahnen erbaut worden sind und ihnen noch gehören. Beide arbeiten mit 11 000 Volt 3 Phasen-Strom, nämlich in Stonebridge Park in der London Midland Region, im Jahre 1916 gebaut, und in Dornford Road in Südengland, erbaut 1915. Da aber dieses Kraftwerk z. Zt. beträchtlich überlastet und die Ausrüstung erneuerungsbedürftig ist, wird gegenwärtig eine Untersuchung über die endgültige Energieversorgung in diesem Bezirk durchgeführt.

5. Technische Betrachtungen und Entwicklungsrichtungen

a) Unterwerke

Bis 1930 wurden fast allgemein rotierende Umformer für die Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom für den Bahnbetrieb verwendet und diese waren mit den Transformatoren und der Schaltanlage in einem Gebäude untergebracht, das verhältnismäßig kostspielig war.

Während der letzten zwei Jahrzehnte sind indessen alle neuen Eisenbahn-Elektrifizierungsanlagen oder alle Erweiterungen und Modernisierungen bestehender Anlagen mit Quecksilberdampfgleichrichtern, entweder als Eisen-gleichrichter oder als Glasgleichrichter ausgeführt worden. Die Gleichrichter werden meist in 6- oder 12-Phasen-Schaltung betrieben.

Die Erfahrung der letzten Jahre zeigte, daß bei Verwendung von modernen Ölchaltern die Hochspannungsschaltanlage beträchtlich vereinfacht werden kann, so daß bei den neuesten Ausführungen der Unterwerke nur die Transformatoren im Freien stehen und der Gleichrichter sowie die Wechselstrom- und Gleichstrom-Schaltanlage in einem einfachen Gebäude untergebracht werden.

Die gesamte installierte Leistung der Umformer bei den britischen Eisenbahnen ist folgende:

Rotierende Umformer	206 818 kW
Eisengleichrichter	392 500 kW
Glas-Gleichrichter	72 740 kW
zusammen:	672 058 kW

Die gesamte Gleichstrom-Energie, die für den Bahnbetrieb im Jahre 1948 verbraucht wurde, betrug 688,8 Mill. kWh.

Verschiedene Arten von Überwachungseinrichtungen sind eingeführt worden. Die letzte Apparatur, die bei dem Liverpool St. Shenfield Kraftwerk installiert

ist und die z. Zt. auch bei der Elektrifizierung Manchester-Sheffield ausgeführt wird, verwendet Apparate vom Telefon-Typ, die mit einem codierten Impulssystem arbeiten.

b) Stromzuführung

1. Fahrleitung

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, sind nur zwei Elektrifizierungen mit Fahrleitung im letzten Jahrzehnt geplant worden. Die eine nahm den Betrieb im Jahre 1949 auf, die andere ist jetzt in der Ausführung begriffen. Es ist daher schwierig, die Entwicklungstendenz im Bau von Oberleitungen aufzuzeigen.

Das Fahrleitungssystem wird durch Stahlkonstruktionen getragen, die alle Gleise, die elektrifiziert werden sollen, überspannen und ungefähr im Abstand von 210 Fuß angeordnet sind. Die Stahlkonstruktionen, welche zwei, drei und in einigen Fällen vier Gleise überspannen, sind als einfacher Portaltyp aus Breitflanschträgern zusammengesetzt. Bei Spannweiten, die größer sind als 65 bis 70 Fuß, werden Gitterwerkkonstruktionen angewandt.

Die Erfahrungen mit diesem Fahrleitungssystem waren in etwas mehr als einjährigem Betrieb voll befriedigend. Sie könnten mit einer oder zwei geringfügigen Änderungen ohne Bedenken beibehalten werden.

Leider ist die Ausführung aber kostspielig und bei künftigen Elektrifizierungen müssen erhebliche Anstrengungen gemacht werden, um die Fahrleitungskonstruktion zu vereinfachen und zu verbilligen. Z. B. wird, ausgenommen an sehr verwundbaren Punkten, wahrscheinlich eine einfache Isolierung mit Kappen-Isolatoren angewandt werden. Da die Erfahrung gezeigt hat, daß die Gefahr mechanischer Störungen sehr gering ist, wird die Überspannung benachbarter Gleise wahrscheinlich durch Verwendung von Spanndrähten vorgenommen, deren Konstruktion viel billiger ist.

2. Stromschienen

Obgleich das Gewicht und der Querschnitt der Stromschiene vor der Verstaatlichung von einer Elektrifizierung zur anderen variierte und gewisse Einzelheiten auch verschieden sind, ist die Grundaufführung die gleiche (mit einer Ausnahme) aller Stromschienensysteme in England.

Vor der Verstaatlichung wurden Schienen von 100 Pfund pro Yard, 105 Pfund pro Yard, 120 und 150 Pfund pro Yard von den verschiedenen britischen Eisenbahngesellschaften verwendet, aber auf die Empfehlung des Ausschusses hin, der durch die Eisenbahnleitung eingesetzt wurde, wird es in Zukunft nur zwei Standardstromschienen bei den britischen Eisenbahnen geben, nämlich 106 und 150 Pfund/Yard. Dadurch wird die Anzahl der Walzenkaliber vermindert und es werden die Kosten gesenkt.

c) Triebwagen-Züge

Zur Zeit sind 2108 Motorwagen und 2415 Anhänger in Betrieb.

Es werden allgemein Fahrmotoren mit Eigenbelüftung benutzt mit Ausnahme der Südregion, wo zur Verhütung des Eindringens von Staub usw. in neuerer Zeit geschlossene Motoren verwendet werden.

Man baut jetzt Motoren mit Feldschwächung bis 50 Prozent und mehr, um einen weiten Bereich der Geschwindigkeitsregelung zu erhalten. In einigen Fällen sind auch Kompensations-Wicklungen eingebaut worden.

Die durchschnittliche Stundenleistung pro to schwankt zwischen 6 und 8 PS und die durchschnittliche Beschleunigung liegt zwischen 0,5 und 0,7 m/sec² mit Höchstgeschwindigkeiten bis 120 km pro Stunde.

In den früheren Jahren der Elektrifizierung wurden Steuergeräte vom elektromagnetischen Typ verwandt, die in einem besonderen Abteil des Wagens untergebracht waren. Nunmehr ist die elektro-pneumatische Steuerung allgemein übernommen. Die Steuerung und die Lichtanlagen werden von einem kleinen Motor-Generator-Satz mit 50—70 Volt gespeist.

Tabelle 2

Hauptdaten der elektrischen Lokomotiven der Britischen Eisenbahnen

Typ	Südlicher Bezirk	Östlicher Bezirk		Nord-östlich
	(Co-Co)	(Manchester)	(Sheffield)	(Tyneside)
Anzahl	3	58	7	2
Baujahr	1941 + 1948	im Bau	im Bau	1905
Spannung	660 V	1500 V	1500 V	630 V
Stromzuführung	3. Schiene	Fahrleitung	Fahrleitung	Fahrleitung
Betriebsgewicht in tons	101-105	87	102	56
Länge über Puffer	58' 3"	50' 4"	50' 0"	37' 11"
Gesamter Radstand	44' 6"	35' 0"	46' 6"	27' 0"
Höhe über Stromabnehmer (eingezogen)	12' 8"	13' 0"	13' 0"	12' 11"
PS-Leistung (Stundenleistung)	1,470	1,740	2,490	640
Maximale Zugkraft (Pfund engl.)	45000	45000	45000	25000
Höchstgeschwindigkeit (engl. Meile je Std.)	75	65	90	Rangier-Lok
Brems-System	Druckluft bei Lok Vakuum bei Zug	Druckluft und Nutzbremsung bei Lok Vakuum bei Zug	Druckluft und Nutzbremsung bei Lok Vakuum bei Zug	Druckluft
Steuerungs-System	Elektro- pneumatisch Motoren-generator mit Schwungrad	Elektro- pneumatisch	Elektro- pneumatisch	Elektro- magnetisch
Elektrischer Kessel für Zugheizung	360 kW 660 V 1000 Pfund Dampf je Stunde	360 kW 1500 V 1000 Pfund Dampf je Stunde	360 kW 1500 V 1000 Pfund Dampf je Stunde	

Bemerkung: Die Lokomotiven im nordöstlichen Bezirk arbeiten auf einem kurzen Streckenabschnitt im Hafengebiet, welches mit Fahrleitung ausgerüstet ist.

Westinghouse Luftdruckbremsen sind allgemein im Gebrauch. Kürzlich hat man auch den elektro-pneumatischen Typ dieser Bremsen angebracht.

d) Lokomotiven

Da bei den britischen Eisenbahnen nur wenig elektrische Lokomotiven im Gebrauch sind, ist es schwierig, irgendeine besondere Tendenz in ihrer Entwicklung aufzuzeigen. Man kann jedoch sagen, daß für die zukünftige Elektrifizierung Lokomotiven gebaut werden, die einen Achsdruck haben, der nicht über etwa 17 t hinausgeht. Man will damit ihre allgemeine Verwendbarkeit erleichtern, weil ein großer Teil des englischen Schienennetzes für diesen Achsdruck gebaut ist.

Das erfordert daher die Anwendung von sechs Treibachsen, um das erforderliche Reibungsgewicht zu erhalten. Ob aber irgendwelche Laufachsen bei zukünftigen Ausführungen hinzugenommen werden, wird von den Erfahrungen mit den elektrischen CoCo-Lokomotiven abhängen, die zur Zeit für die Manchester-Sheffield-Linie gebaut werden, und von den Erfahrungen mit einigen dieselelektrischen Lokomotiven, die neuerdings diese Achsanordnung haben. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Daten dieser elektrischen Lokomotiven, die zur Zeit in Betrieb oder im Bau sind. Die folgende kurze Beschreibung der Lokomotiven in dem Südbahnnetz und derjenigen, die für die Elektrifizierung der Manchester-Sheffield-Linie gebaut werden, zeigt die wichtigsten Eigenheiten dieser Maschinen.

6. Ergebnisse der Elektrifizierung

Wie aus Tafel 1 ersichtlich, ist die Elektrifizierung der Eisenbahnen in England bis heute mit Ausnahme des Südbezirks fast ganz auf die Elektrifizierung verhältnismäßig kurzer Vorortstrecken, die von einigen großen Städten ausstrahlen, beschränkt.

Obgleich eine Anzahl der jetzt elektrifizierten Strecken des Südbebietes den Charakter von Hauptstrecken hat und obwohl elektrische Lokomotiven eingeführt sind, um Güter- und Personenzüge zu befördern, so hat man doch bisher keinen Versuch unternommen, andere Hauptstrecken zu elektrifizieren, mit Ausnahme der Manchester-Sheffield-Linie, deren Elektrifizierung jetzt im Gange ist. Der Verkehr auf dieser Strecke ist außerordentlich stark; er zerfällt in 75 Prozent Güter- und 25 Prozent Personenbeförderung. Die Ergebnisse dieser Elektrifizierung werden mit Interesse verfolgt, denn obwohl die Länge nur etwa 40 Meilen beträgt, ist sie doch Teil einer langen Hauptstrecke.

Der Mangel an Einheitlichkeit macht es außerordentlich schwierig, ein wirtschaftliches Bild der Elektrifizierung im allgemeinen zu geben, aber es mag von Interesse sein, kurz die Ergebnisse zu prüfen, welche die Elektrifizierung des Südbezirkes gereizigt hat. Diese Elektrifizierung ist bei weitem die größte in England. Aber auch die Ergebnisse der zuletzt elektrifizierten Strecken, nämlich der von Liverpool Street nach Shenfield sind interessant.

a) Die Elektrifizierung des südlichen Bezirks

Bei der Bildung der Südeisenbahngesellschaft im Jahre 1923 hatten schon zwei der Gründungsgesellschaften kurze Stücke ihrer Linien elektrifiziert, aber nach zwei verschiedenen Systemen. Die London, Brighton and South Coast Railway hatte die Elektrifizierung im Jahre 1909 eingeführt mit dem 6600 Volt 25 Hertz Wechselstrom-System. Sie hatte 22 Meilen in Betrieb, während die South-Western Railway Co. im Jahre 1915 das 600 Volt Gleichstrom-System mit 3. Schiene einführt und bis 1923 50 Meilen Streckenlänge mit diesem System ausgerüstet hatte.

Die Ergebnisse beider Elektrifizierungen waren besonders befriedigend, wie sich aus den Zahlen in Tafel 3 für die London-Brighton and South-Coast-

Railway ergibt. Dieser Erfolg in Verbindung mit der Aufgabe, den wachsenden Vorortverkehr zu bewältigen und der Überlastung auf den Londoner Endbahnhöfen Herr zu werden, überzeugte die Südbahn, daß die einzige Lösung in der Elektrifizierung ihres Netzes auf breiter Basis zu finden sei.

Es war aber offensichtlich, daß die Beibehaltung zweier verschiedener Systeme der Elektrifizierung unüberwindbare Betriebsschwierigkeiten mit sich bringen würde, und nach sorgfältiger Überlegung entschied man, das Wechselstrom-Fahrleitungssystem (obwohl es gute Dienste geleistet hatte) fallen zu lassen und ausschließlich das Gleichstrom-System mit 3. Schiene zu verwenden. Der Betrieb mit 6600 Volt Wechselstrom und Fahrleitung wurde 1929 endgültig eingestellt.

Tafel 3

L.B. and S.C. Railway Co. Wechselstrom-Elektrifizierung

Art der Zugförderung	Zahl der Reisenden	Einnahmen engl. Pfund
Elektrisch (Jahr 1919)	34 896 090	418 201
Dampf (letztes Betriebsjahr)	14 770 017	152 578
Zunahme	20 126 073	265 623
Zuwachs	136,26%	174,09%

Nachdem die Entscheidung über das zu wählende System getroffen war, machte die Elektrifizierung schnelle Fortschritte, und im Jahr 1932 hatte die Südeisenbahn 314 Streckenmeilen ihres Netzes elektrifiziert; bis 1938 stieg diese Zahl auf 610 Meilen, was 1 556 Gleisemeilen entspricht. Die Zunahme an Fahrgästen und Einnahmen bei den 296 Streckenmeilen, die während dieser Periode elektrifiziert wurden, betragen

Jahr	Fahrgäste	Einnahmen
1938	38 907 000	£ 2 766 300
1932	27 895 000	£ 2 089 100
Zunahme %	39,4	32,4

Ende 1938 hatte die Südbahn ungefähr 12 640 000 Pfund für ihre Elektrifizierung ausgegeben. Sie hatte 3 070 elektrisch betriebene Personenwagen in Betrieb. die durchschnittlichen Stromkosten betragen 0,56 Pennies pro kWh.

Während des Jahres 1939 wurden weitere 98 Streckenmeilen elektrifiziert; aber danach schritt die Elektrifizierung langsamer voran, so daß zur Zeit 720 Streckenmeilen elektrifiziert sind. Die Art des Verkehrs auf den Strecken der Südbahn war für eine Elektrifizierung besonders geeignet. In Erkenntnis dieser Tatsache wurden 1947 Pläne aufgestellt, welche auf den östlichen und mittleren Bezirken dieser Bahn den Dampfbetrieb durch Elektrifizierung von weiteren 284 Streckenmeilen vollständig abschaffen sollten. Wirtschaftliche Umstände jedoch verhinderten die unmittelbare Verwirklichung dieses Planes. Wenn aber die Kapitalinvestition in erträglichen Grenzen gehalten werden könnte, würden sich die Betriebskosten zweifellos sehr günstig gegenüber dem Dampfbetrieb gestalten. Z. B. war 1949 die Anzahl der jährlichen Zugmeilen des Dampf- und des elektrischen Betriebes auf der Südregion etwa gleich groß und betrug etwa je 39 Mill. Zugmeilen, einschließlich Güterverkehr und Rangierbetrieb, und obwohl die Betriebsbedingungen, unter denen die beiden Systeme arbeiten, nicht genau vergleichbar sind, ist der in Tafel 4 aufgestellte Vergleich instruktiv, besonders im Hinblick auf den Kohlenverbrauch.

Tabelle 4
Betriebsstatistik 1949 für 39 000 000 Zugmeilen
auf der Südbahn

für:	Dampfbetrieb Pfund	Elektrischer Betrieb Pfund
Unterhaltungs- und Reparaturkosten Reparaturen, Löhne, Wasser, Schmier- mittel und andere Betriebsstoffe Brennstoffe oder elektr. Strom (Betrieb und Unterhaltung)	7 890 000	1 851 000
	2 863 000	2 792 000
Summe	10 753 000	4 886 000
Unterhaltung der elektr. Strecke Brennstoff-Statistik		243 000
Kohlen für Dampfbetrieb, to Elektr. Strom kWh (1000), kWh umgerechnet in Kohle (1,7 Pfund = 1 kWh), to	1 013 265	690 590 536 000

b) Liverpool St./Shenfield Elektrifizierung

Diese Strecke wurde ursprünglich von der alten Great Eastern Railway Company gebaut und ihr erster Abschnitt wurde 1839 mit Dampfbetrieb eröffnet. Sie bedient ein dichtbevölkertes Gebiet; als sie bei dem Zusammenschluß im Jahre 1923 in der London and North Eastern Railway Co. aufging, war sie das dichteste dampfbetriebene Vorortbahnnetz der Welt. Die Zunahme des Personennahverkehrs hielt jedoch dermaßen an, daß es trotz der Anlage von weiteren Gleisen Anfang der 30er Jahre offensichtlich geworden war, daß die hohe Belastung die Elektrifizierung der Strecke erforderte.

Um den größtmöglichen Vorteil von der Elektrifizierung zu haben, mußten die Gleisanlagen zur Liverpool Street Station geändert werden, da diese Station nicht nur die Vorortzüge bedient, sondern auch den Hauptstrecken-Verkehr mit den wichtigen Orten östlich von Shenfield (wie z. B. Harwich, Ipswich, Colchester und Southend) zu bewältigen hat.

Bei der Planung der Elektrifizierung der Vorortstrecken wurde bereits für die spätere Elektrifizierung der Hauptstrecken von Shenfield zu den oben erwähnten Städten Vorsorge getroffen. Da der Abschnitt der Vorortelektrifizierung in unmittelbarer Nachbarschaft der Liverpool Street Station bereits mit den Kosten der Fahrleitungen, der Speisekabel usw. belastet worden ist, wird die künftige Elektrifizierung der Hauptstrecken nach dem Osten von Shenfield sich um diese Ausgabe verringern.

Die Arbeiten an der Elektrifizierung dieses Vorortnetzes wurden vor dem Kriege begonnen, aber während desselben unterbrochen. 1946 wurden die Arbeiten wieder aufgenommen und im November 1949 wurde der elektrische Betrieb eröffnet. Die Abrechnung liegt noch nicht vor. Man kann aber sagen, daß die Vorkriegs-Kostenanschläge in Höhe von 3,5 Mill. Pfund in der Zeit bis zum Abschluß der Arbeiten um mehr als 100 Prozent überschritten wurden. Wie schon erwähnt, mußten beträchtliche Aufwendungen für Änderungen der Bahnanlagen gemacht werden; die Kosten dieser Elektrifizierung können überschläglich zu 56 Prozent dem elektrischen und mechanischen Teil und zu 44 Prozent den Änderungen an Bahn- und Signalanlagen zugerechnet werden.

Vom Betriebsstandpunkt gesehen war diese Vorortbahnelektrifizierung ein voller Erfolg. Am Ende des ersten Monats des elektrischen Betriebes war die

Zahl der Reisenden um 60 Prozent gestiegen im Vergleich mit demselben Zeitabschnitt des Vorjahres beim Dampfbetrieb; am Ende des ersten Jahres war dieser Prozentsatz auf nahezu 100 Prozent angestiegen.

7. Künftige Entwicklungen

Von maßgebender Bedeutung für die Elektrifizierung der britischen Eisenbahnen ist natürlich die große Kapitalinvestition und die damit verbundenen jährlichen Zins- und Abschreibungsraten. Bei Vorortbahnelektrifizierungen werden diese Lasten gewöhnlich mehr als ausgeglichen durch höhere Einnahmen infolge zunehmenden Personenverkehrs, der sich als Folge der beschleunigten, sauberen, vermehrten und pünktlichen Fahrgelegenheit einstellt. Da die Verlagerung eines Teiles der Einwohner der überbevölkerten städtischen Zentren in Vororte durch die Elektrifizierung erleichtert und die Reiselust aller Schichten der Bevölkerung erhöht wird, tritt mit der Zeit eine allgemeine Belebung des Verkehrs in einem ziemlich weiten Gebiet ein, was eine weitere Steigerung der Einnahmen zur Folge hat.

Die wirtschaftliche Berechtigung der Elektrifizierung der Hauptstrecken hängt indessen in beträchtlichem Umfang von einer Senkung der Betriebskosten ab, da die Aussicht auf eine Steigerung der Einnahmen notwendigerweise begrenzt ist. Der entscheidende Faktor ist die Streckenbelastung, und es sollte theoretisch möglich sein, die Größe der Streckenbelastung zu ermitteln, bei der die vorzuziehenden Einsparungen die zusätzlichen festen Kosten ausgleichen. In der Praxis jedoch kann eine solche theoretische Zahl nicht absolut für jede gegebene Hauptstrecke allein maßgebend sein, weil aus betrieblichen Gründen bestimmte anhängende Nebenstrecken notwendigerweise in jeden Elektrifizierungsplan einbezogen werden müssen.

Als Resultat einer kürzlichen Untersuchung dieser gesamten Frage ergab sich — mit gewissen Vorbehalten —, daß die kritische Höhe der Streckenbelastung bei den britischen Eisenbahnen bei den gegenwärtigen Kohlen- und sonstigen Kosten zwischen 3 bis 4 Millionen Brutto-Tonnen-Meilen pro Jahr und Betriebs-Gleis liegt.

Es wurde weiterhin berichtet, daß ungefähr 34 Prozent der im Jahre 1949 betriebenen Strecken eine Streckenbelastung hatten, die über der vorstehend erwähnten kritischen Streckenbelastung lag. Somit ist die Elektrifizierung von Hauptstrecken in größerem Umfang voll berechtigt, sobald es die wirtschaftlichen Verhältnisse gestatten.

Die weitere Elektrifizierung der Deutschen Bundesbahn im Lichte der europäischen Verkehrsintegration

Vortrag von Dr.-Ing. Hans Christoph Seeborn, Bundesminister für Verkehr auf der Kölner Tagung der Gesellschaft der Förderer des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der Universität Köln am 14. 3. 1951

Wenn die heutige Tagung sich grundsätzlich mit der Frage der Elektrifizierung der Eisenbahn beschäftigt und wir in interessanten Vorträgen über den Stand und die Entwicklung der Elektrifizierung der Eisenbahnen in der Schweiz, in Frankreich und England unterrichtet worden sind, so bin ich für diesen großen Überblick besonders dankbar, denn auch in Deutschland stehen die Fragen der Fortsetzung der Elektrifizierung der Deutschen Bundesbahn auf der Tagesordnung.

Man sollte jedoch bei der Behandlung des Problems der Elektrifizierung der Eisenbahnen nicht vergessen, daß es sich hier nur um einen Ausschnitt aus dem großen grundsätzlichen Problem handelt, der sich in der Formel „Antriebskraft für die Verkehrsträger“ zusammenfassen läßt. Der Verkehr ist in seiner technischen Entwicklung, in seinen verschiedenen Entwicklungsformen maßgebend durch die zur Verfügung stehende Antriebskraft bestimmt worden. Erst die Heranziehung des Dampfes als Antriebskraft und die Entwicklung der Dampfmaschine hat die großzügige Entwicklung des Verkehrs ermöglicht. Das Zeitalter der Dampfmaschine hat uns im Bereich der Schifffahrt und im Bereich der Eisenbahn die entscheidenden Entwicklungsvoraussetzungen gegeben. Die 50 Jahre später einsetzende Heranziehung der flüssigen Kraftstoffe ermöglichte im technischen Zeitalter des Verbrennungsmotors die Entwicklung zweier weiterer besonders bedeutungsvoller Arten des Verkehrs durch die Motorisierung des Straßenverkehrs und durch die Entwicklung des Luftverkehrs. Bestimmen so Dampf und flüssige Kraftstoffe als Energieträger die Entwicklung der vier bedeutendsten Verkehrsträger in den letzten hundert Jahren, so ist die Antriebskraft, die für die produzierende Wirtschaft in dieser Zeit neben dem Dampf und den flüssigen Kraftstoffen, ja diese beiden Antriebskräfte noch weit überragend, nämlich die Elektrizität, im Rahmen der Verkehrsentwicklung nicht zu der Bedeutung gelangt, die sie sonst auf allen Gebieten der Wirtschaft und des täglichen Lebens erreicht hat. Zwar haben alle Verkehrsträger versucht, sich die Elektrizität in geeigneter Form nutzbar zu machen. Aber sowohl beim Antrieb für Schiffe wie auf der Straße ist die Elektrizität als Antriebskraft nicht zum Zuge gekommen. Nach anfänglichen Versuchen, geeignete Straßenverkehrsfahrzeuge mit Elektrizität zu betreiben — ich erinnere hier besonders an die erste Konstruktion meines kürzlich verstorbenen Landsmannes Prof. Dr. Ferdinand Porsche auf der Automobilausstellung in Paris 1900 — ist schließlich die Elektrizität nur noch als Antriebsmittel für den Massennahverkehr auf der Straße übrig geblieben, wo sie in Form von Straßenbahnen, Vorortbahnen und Obusanlagen eine gewisse Rolle spielt. Die eigentliche Entwicklung des Straßenverkehrs ist aber ausschließlich von den flüssigen Kraftstoffen bestimmt worden, und das gleiche gilt für die Modernisierung des Schiffsverkehrs, sowohl auf den Binnenschiffahrtsstraßen wie im Überseeverkehr, bei dem gleichfalls neben der langsam zurücktretenden Dampfmaschine der Verbrennungsmotor als Antriebsmittel sich durchgesetzt hat. Im Luftverkehr hat die Elektrizität