Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 27 (1936)

Heft: 17

Rubrik: Wie und was kann die Elektrifizierung zur Auflockerung, Beschleunigung und Verbesserung des Betriebes der Bahnen beitragen? : Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV vom 18. April 1936 in der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:
A.-G. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Zürich 4
Stauffacherquai 36/40

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXVII. Jahrgang | N° 17 | Mittwoch, 19. August 1936

Wie und was kann die Elektrifizierung zur Auflockerung, Beschleunigung und Verbesserung des Betriebes der Bahnen beitragen?

Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV vom 18. April 1936 in der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

621.331 : 625.1

Die Versammlung war von etwa 120 Mitgliedern und Gästen besucht. Sie fand unter dem Vorsitz des Präsidenten des SEV, Herrn Direktor M. Schiesser, statt. Zunächst wurde das Resultat der zweiten Preisaufgabe der Denzlerstiftung bekanntgegeben. Das Protokoll findet sich im Bulletin SEV 1936, S. 247.

Im folgenden wird nun der Bericht über die Behandlung des Diskussionsthemas veröffentlicht mit zwei Nachträgen: der eine ist die Stellungnahme von Herrn Reichsbahnoberrat Mühl, München, der verhindert war, an der Versammlung teilzunehmen; der andere ist eine nachträgliche Aeusserung von Herrn Direktor Parodi, Paris, welcher an der Versammlung der in deutscher Sprache geführten Diskussion und besonders dem Referat von Herrn Oberingenieur W. Müller, Bern, nicht folgen konnte, aber Wert darauf legte, an Hand der schriftlichen Unterlagen noch einigen Gedanken Ausdruck zu geben.

120 membres et hôtes environ ont assisté à l'assemblée qui se déroula sous la présidence de Monsieur M. Schiesser, président de l'ASE. La journée débuta par la proclamation des résultats du deuxième concours pour le Prix Denzler. Voir à ce sujet le Bulletin ASE 1936, page 247.

Nous donnons ci-dessous le compte-rendu de la journée de discussion, avec deux contributions qui nous sont parvenues dans la suite. La première est de Monsieur Mühl, Munich, qui fut empêché de participer à l'assemblée. La seconde est une réplique de Monsieur Parodi qui, n'ayant pas pu suivre la discussion et, plus spécialement, la conférence de Monsieur Müller en allemand, a cependant tenu à exprimer son opinion au vu des pièces écrites.

I. Einleitung

des Vorsitzenden, Herrn Direktor **M. Schiesser**, Präsident des SEV, Baden.

Wenn der Schweizerische Elektrotechnische Verein wagte, diese Frage zum Diskussionsgegenstand in seinem Kreise zu machen, so tat er es, weil er glaubte, dazu eine gewisse moralische Verpflichtung zu haben. Wie Sie wissen, hatte der SEV die Elektrifizierung der Bahnen zu einem grossen Teil ins Rollen gebracht, und zwar hatte an der Generalversammlung des SEV in Montreux im Jahre 1901 Herr Dr. Tissot den Antrag gestellt, man möge Studien machen zur Förderung der Einführung des elektrischen Betriebes auf den Normalbahnen. Im Juli 1902 wurde bereits ein provisorisches Komitee gegründet und im Mai 1904 erfolgte die Gründung der «Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb». Sie sehen hier deutlich den Zusammenhang des SEV mit der Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen. Nicht zuletzt dank der Anregung von Herrn Dr. Tissot und der grossen, wertvollen Arbeiten der Kommission, besonders von Herrn Dr. E. Huber-Stockar und von Herrn Prof. Dr. Wyssling, war die Elektrifizierung der Bahnen beschlossen worden. Wir haben die heutige Diskussionstagung daher nicht aus Anmassung beschlossen, sondern, wie bereits betont, aus einer gewissen Verantwortung heraus. Wir waren uns dabei klar, dass als Hauptreferenten prominente Vertreter von verschiedenen Bahnverwaltungen zu wählen seien. Aus dem Programm ersehen Sie, dass drei Referenten für die Behandlung dieses Stoffes vorgesehen waren, nämlich

Herr Reichsbahnoberrat *Mühl*, Reichsbahndirektion, *München*,

Herr *H. Parodi*, Directeur honoraire des Services d'Electrification de la Cie du Chemin de fer d'Orléans, *Paris*,

Herr Obermaschineningenieur *W. Müller*, Vorstand der Abt. für Zugförderung und Werkstättedienst der SBB, *Bern*.

Wir haben damit drei sehr prominente Persönlichkeiten gefunden, die zu dieser Diskussion beitragen wollen.

Leider erhielten wir die Mitteilung, dass Herr Reichsbahnoberrat Mühl infolge eines Automobilunfalles nicht kommen könne. Wir bedauern das ausserordentlich, denn Herr Mühl hätte uns sicher sehr viel Interessantes zu unserm Thema sagen können.

Bevor ich Herrn Parodi das Wort erteile, möchte ich noch anführen, was wir von der heutigen Diskussionsversammlung erwarten und was wir wissen möchten.

Heute geht es nicht nur dem Gewerbe, der Industrie und dem Handel schlecht, sondern naturgemäss auch den Bahnen, und wenn es jemandem schlecht geht, dann wird er bekanntlich auch von allen Seiten kritisiert. Wir Techniker sind gewohnt, alles nüchtern zu betrachten und wir können miteinander reden, ohne dass wir persönlich oder politisch werden. Wir haben die Absicht, mit der heutigen Diskussionsversammlung durch Sachlichkeit ein gewisses Gegengewicht zu den stark politischen Kritiken zu geben.

Die Wirtschaft eines Landes ist immer und wird immer stark von der Weltwirtschaft abhängig sein. Die Exportindustriellen stellen heute — ich möchte fast sagen, mit einer gewissen Beruhigung — fest, dass die Weltwirtschaft Bedürfnis nach Waren hat. Aber wir können dieses Bedrüfnis von der Schweiz aus nicht befriedigen, weil wir mit den Preisen nicht mitkommen. Damit darf man sicher feststellen, dass die Wirtschaft eines Landes auch sehr stark von der eigenen Landespolitik abhängt. Die Industrie und damit auch die Bahnen haben nun die Konsequenz aus diesen Tatsachen zu ziehen, wenn sie sich dem Schrumpfungsprozess anpassen und ihre Finanzen in Ordnung halten wollen.

Ich habe diese wenigen Sätze angeführt, um zu zeigen, dass die Bahnen zum grossen Teil stark von der Gesamtwirtschaft des eigenen Landes abhängig sind und dass sie durch technische Verbesserungen nur zu einem kleinen Teil mithelfen können, die Wirtschaftsschrumpfung zu hindern.

Zu dem stark zurückgegangenen Verkehr der Bahnen, verursacht durch die grosse Wirtschaftsschrumpfung, kam in den letzten zehn Jahren aber noch eine bedeutende Verkehrsminderung durch die Konkurrenz anderer Transportmittel.

Es bleiben nun den Bahnen zwei Mittel übrig, ihre Verhältnisse richtigzustellen, und zwar einmal durch eine Reduktion ihrer Unkosten und dann durch eine Rückgewinnung des abgewanderten Verkehrs. Wir wollen heute nur diesen zweiten Punkt behandeln, denn wir wollen durch unsere heutige Diskussionsversammlung die Aufgabe behandeln: Wie kann man durch technische Verbesserungen unserer Bahnen den abgewanderten Verkehr zurückgewinnen? Dazu müssen wir vor allem untersuchen, wohin und warum der Verkehr abgewandert ist.

In der Frage, wohin der Verkehr abgewandert ist, sind wir vermutlich ja alle einig: er ist auf die Strasse abgewandert.

Die Frage, warum der Verkehr abgewandert ist, ist schon viel heikler zu beantworten. Im Zusammenhang mit unserer heutigen Diskussionstagung müssen wir uns überlegen, ob dies eine Frage der Geschwindigkeit oder der rascheren Zugsfolge, oder von beiden zusammen ist. Damit schneide ich zwei Fragen von ganz grundsätzlicher Bedeutung an und wir würden uns freuen, wenn wir heute von unseren Referenten eine Antwort darauf erhalten könnten. Es ist natürlich nötig, beide Fragen gleichzeitig für den Personen- und den Güterverkehr zu behandeln, denn es ist ja auch der Güterverkehr zum grossen Teil auf die Strasse abgewandert. Weiter müssen diese Fragen noch im Zusammenhang mit dem Vorortverkehr, dem Fernverkehr und dem Durchgangsverkehr betrachtet werden.

Wenn man die Frage der Geschwindigkeit etwas laienhaft prüft, könnte man zum Schlusse kommen, dass die Höhe der heutigen durchschnittlichen Geschwindigkeit fast nicht die Ursache der Abwanderung sein kann. Wenn wir die durchschnittliche Stundengeschwindigkeit aller Automobilfahrer zusammen mit ca. 40 bis 50 km/h annehmen, eine Schätzung, die sicher viel zu hoch ist und einer durchschnittlichen Stundengeschwindigkeit entspricht, die von den Bahnen auf ihrem bahneigenen Körper spielend beherrscht werden kann, könnte man in dieser Annahme bestärkt werden. Sollte man doch finden, dass viel höhere Zugsgeschwindigkeiten nötig sind, so ist offenbar zu prüfen, ob dies nur für den Personenverkehr oder auch für den Güterverkehr gelten soll. Es wäre einzusehen, dass zu grosse Differenzen zwischen dem Güter- und dem Personenverkehr immer mehr Hemmnisse für den Gesamtverkehr der Bahnen bringen könnten. Es ist also offenbar auch diese Frage von ziemlich grosser Tragweite.

Je grösser die Forderung nach hohen durchschnittlichen Zugsgeschwindigkeiten wird, um so grösser müssen die Motorleistungen gewählt werden, damit selbst bei hohen Zugsgeschwindigkeiten noch gute Beschleunigungen erzielt werden können. Hohe durchschnittliche Stundengeschwindigkeiten bedingen daher offenbar auch hohe Gewichte der Fahrzeuge; dadurch werden die Einheitsgewichte der Züge oder der Triebwagen pro Einheit der beförderten Nutzlast immer ungünstiger, und es ist ja gerade dies der Punkt, in dem die Automobile den Bahnfahrzeugen heute ganz wesentlich überlegen sind. Es ist also offenbar auch dies eine Frage, die in der Diskussion weitgehend behandelt werden sollte.

Wenn die Frage der Geschwindigkeit geklärt ist, muss offenbar sofort auch die zweite angeschnitten werden, d. h. die Möglichkeit der rascheren Zugsfolge. Auch dies ist zum Teil ein technisches Problem, und es sollte durch die Diskussion abgeklärt werden können, was wirtschaftlich getan werden kann, um die grössere Zugsfolge allgemein oder in besondern Fällen zu ermöglichen.

Wenn alle diese Punkte erledigt sind, müssen wir prüfen, was für Mittel die Technik einer elektrifizierten Bahn in die Hand geben kann, um die gestellte Aufgabe zu lösen.

Diese sämtlichen Fragen lassen sich etwa dahin zusammenfassen, dass man sich überlegen muss, ob die Elektrifikation heute wirklich vollständig vollzogen ist, oder ob man noch den Rhythmus des Verkehrs elektrifizieren sollte. In diesem Zusammenhang möchte ich auf den Geschäftsbericht der SBB für das Jahr 1934 hinweisen, wo in Abbildung 19 die Zahl der Züge pro Tag und Bahnkilometer von 1913 bis 1934 angegeben ist. Wenn ich diese Figur richtig auslege, so wäre aus derselben zu entnehmen, dass die Verkehrsdichte im Jahre 1934 nur unwesentlich über derjenigen von 1913 liegt, d. h. dass die Elektrifizierung in dieser Richtung keine Aenderung gebracht hat. Vielleicht ist Herr Oberingenieur Müller so freundlich, uns in seinem Referate mitzuteilen, ob meine aus der Fig. 19 gefolgerte Ansicht richtig ist.

Ich habe mit meinen einführenden Worten von den wichtigsten Fragen nur einige angeschnitten, aber keine einzige Frage beantwortet und kein einziges Problem gelöst, denn es sollte ja der vornehmste Zweck unserer heutigen Diskussionstagung sein, diese Fragen zu behandeln, um als allein interessanten Punkt festzustellen, was die Technik zur Rückgewinnung des abgewanderten Verkehrs beitragen kann.

Ich bin mir vollständig bewusst, dass alle gestellten Fragen nicht sehr leicht beantwortet und alle die gestellten Probleme nicht sehr leicht gelöst werden können, aber ich bin dennoch überzeugt, dass dies möglich ist, wenn ein unbeugsamer, starker Wille dahinter ist.

Damit gebe ich das Wort an Herrn Direktor Parodi.

II.

1ère Conférence,

tenue par M. **H. Parodi,** Directeur Honoraire de l'Electrification des Chemins de fer d'Orléans, Paris, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Pour mieux situer la place à réserver à l'électrification dans un système coordonné de transports, l'auteur classe les lignes de Chemin de fer par ordre d'intensité de trafic en trois catégories distinctes. La première catégorie comprend les lignes pour lesquelles les dépenses d'exploitation sont supérieures aux recettes. Ces lignes doivent, en principe, être désaffectées et leur trafic cédé entièrement à la route. La seconde catégorie comprend les lignes pour lesquelles la recette, tout en étant supérieure aux dépenses d'exploitation, est insuffisante pour couvrir également les charges financières. Sur ces lignes la traction à vapeur doit être conservée tout en améliorant le service voyageurs par utilisation d'autorails de manière à appliquer, sur les lignes non électrifiées, la même méthode d'exploitation que sur les lignes électrifiées. Cette méthode est caractérisée par l'emploi de trains remorqués par locomotives, de charges aussi grandes que possible, et de trains automoteurs aussi fréquents que possible, de composition variable avec le trafic.

Enfin la troisième catégorie comprend les seules lignes qui soient réellement payantes dans les réseaux, celles pour lesquelles les recettes sont supérieures aux dépenses d'exploitation majorées des charges financières correspondantes. Etant données les valeurs moyennes du trafic sur ces lignes et la densité moyenne annuelle de consommation d'énergie par kilomètre, on constate que l'électrification de toutes ces lignes est économiquement justifiée. L'application à ces lignes de la méthode d'exploitation électrique par locomotives et automotrices suivant un dosage rationnel procure en général un accroissement de trafic substantiel, suffisant à lui seul dans bien des cas pour couvrir les dépenses d'électrification.

L'auteur montre que la réalisation de la coordination entre rail et route doit être faite par application de ces principes, mais en donnant aux questions de sécurité une place beaucoup plus importante que celle qui leur est habituellement accordée.

Um die Bedeutung der Elektrifizierung in einem Transportsystem zu beurteilen, klassiert der Autor die Eisenbahnlinien nach ihrer Verkehrsdichte in drei Kategorien: Die erste Kategorie umfasst diejenigen Strecken, bei denen die Betriebsausgaben grösser sind als die Betriebseinnahmen. Der Betrieb dieser Strecken ist grundsätzlich einzustellen; ihr Verkehr ist ganz der Strasse abzutreten. Die zweite Kategorie umfasst die Strecken, bei denen die Betriebseinnahmen wohl grösser als die Betriebsausgaben sind, aber nicht genügen, um auch die finanzielle Belastung der Strecken zu decken. Auf diesen Strecken ist der bestehende Dampfbetrieb beizubehalten, aber der Personenverkehr ist durch Schienenautomobile zu verbessern dadurch, dass auf diesen nichtelektrifizierten Strecken die gleiche Betriebsmethode angewendet wird wie auf den elektrifizierten Linien. Diese Methode ist charakterisiert durch die Verwendung einerseits von Lokomotivzügen, die so schwer als möglich sind, und anderseits von Schienenautomobilen und Motorwagenzügen, die sich in möglichst kurzen Intervallen folgen und deren Zusammensetzung dem Verkehr angepasst ist.

Die dritte Kategorie umfasst nur die Strecken des Netzes, die wirklich rentabel sind, also diejenigen, deren Einnahmen grösser sind als die Ausgaben, inbegriffen die zugehörigen finanziellen Lasten. Die Elektrifizierung der Strecken der dritten Kategorie ist wirtschaftlich gerechtfertigt, schon mit Rücksicht auf die mittlere Verkehrsdichte und den mittleren jährlichen Energieverbrauch pro Kilometer. Die Einführung der «elektrischen Betriebsmethode» auf diesen Linien durch rationellen Einsatz von Lokomotiven und Motorwagen hat im allgemeinen eine effektive Verkehrszunahme zur Folge, die in vielen Fällen für sich allein schon die Ausgaben für die Elektrifizierung decken kann.

Der Autor zeigt, dass die Verwirklichung der Zusammenarbeit zwischen Schiene und Strasse auf Grund der angeführten Prinzipien verfolgt werden muss, wobei den Sicherheitsfragen viel mehr Bedeutung beigemessen werden muss als es bisher der Fall war.

Bien que le sujet de votre journée de discussion ne porte que sur la contribution que l'électrification peut apporter à l'assouplissement, à l'accéleration et à l'amélioration des chemins de fer, j'ai cru devoir, pour répondre au désir exprimé par les organes de l'ASE, examiner ici un problème d'une ampleur plus grande afin de situer plus exactement la place qui doit être réservée à l'électricité dans un programme d'ensemble de réorganisation des chemins de fer et de coordination du rail et de la

route. Le moment paraît en effet venu pour les électriciens de faire un nouvel effort en vue d'alléger, d'assouplir le matériel électrique et de lui donner les qualités qu'exige la concurrence.

Cet effort ne pourra être utilement démarré et soutenu que lorsque la nécessité de cette évolution aura pu être largement discutée et démontrée et que son sens général aura pu être déterminé.

En considérant depuis trente ans les chemins de fer comme un système durable de transport complet, les constructeurs électriciens sont parvenus à créer des locomotives électriques aussi souples et beaucoup plus légères à puissances utiles de traction égale que les locomotives à vapeur. En introduisant les automotrices et les rames automotrices dans le chemin de fer les électriciens sont parvenus à créer de nouvelles méthodes d'exploitation particulièrement bien adaptées au développement du service des voyageurs. Dans certains réseaux comme les réseaux métropolitains et interurbains traversant des régions très peuplées l'utilisation systématique des rames automotrices *reversibles* de *composition variable* a permis de créer un mode d'exploitation nouveau du Service Voyageur que l'on peut à juste titre dénommer *méthode d'exploitation électrique.*

L'application de cette méthode a entraîné dans presque tous les cas une augmentation de trafic suffisante pour justifier à elle seule l'électrification.

Les exemples fournis par le Southern Railway en Angleterre et le Long Island Railroad aux Etats-Unis sont particulièrement démonstratifs à ce sujet.

Maintenant que le développement du moteur à explosion permet d'appliquer à des lignes non électrifiées la méthode d'exploitation électrique il faut que les électriciens fassent faire à la technique électrique un nouveau progrès en réalisant du matériel possédant en plus des qualités de poids, de puissance et de prix du matériel automoteur nouveau cette qualité caractéristique du matériel électrique de traction, l'aptitude à un service continu par suppression de toute pièce sujette à usure systématique rapide.

Le domaine d'emploi de l'électricité ne sera donc plus limité dans cette conception à l'exploitation des lignes électrifiées, mais pourra être étendu à celle des lignes non électrifiées ou partiellement électrifiées.

Il convient donc, croyons nous, de nous rendre compte aussi exactement et aussi complètement que possible de l'évolution en cours en ne limitant pas notre examen au point de vue purement technique des questions, mais encore à leurs caractères économiques et sociaux. L'expérience française semble devoir être particulièrement riche en enseignements du fait même de la complication du problème que les pouvoirs publics et les compagnies ont à résoudre.

Le problème des transports se présente en France sous une forme particulièrement complexe et délicate, non seulement parce que le développement de l'automobilisme y est déjà notablement plus grand que dans les autres pays d'Europe, mais encore et surtout parce que l'Etat est intéressé financièrement à la gestion des chemins de fer sans en avoir la direction effective.

L'Etat ne peut jouer en France ni le rôle d'un arbitre désintéressé comme en Angleterre ou aux Etats-Unis, ni le rôle d'un chef d'industrie comme en Italie ou en Allemagne, et il doit négocier aussi bien avec les chemins de fer qu'avec les entreprises routières de transports pour faire adopter les mesures qu'imposent non seulement l'intérêt général, mais encore l'intérêt des transporteurs eux-mêmes.

Le problème est encore compliqué en France par l'existence de plusieurs réseaux de chemin de fer, exploitant des domaines territoriaux distincts, dont les profils sont aussi différents que les natures et les intensités de trafic.

Notons que dans tous les pays d'Europe l'étude des questions de transport est rendue particulièrement délicate du fait de l'absence de statistiques complètes définissant les trafics et les prix de revient.

Pour le *rail*, même quand on dispose de tous les états statistiques et comptables dressés par les réseaux, on ne peut obtenir faute d'une organisation convenable les prix de revient comptable de l'exploitation ligne par ligne ou service par service. Il serait cependant utile de connaître exactement les dépenses d'exploitation séparées des services voyageurs et marchandises, ou les dépenses d'exploitation d'une ligne avant et après changement du type d'équipement ou de système d'exploitation.

Pour la *route* aucune mesure n'ayant été prise en vue de l'établissement de statistiques officielles donnant le volume des trafics ou les prix de revient des transports on ne peut que faire des évaluations grossières des uns et des autres.

Aux Etats-Unis au contraire l'Interstate Commerce Commission a obtenu depuis longtemps que tous les transporteurs, quels qu'ils soient, fournissent chaque année des renseignements détaillés sur la marche de l'exploitation, établis suivant des règles uniformes, précisées par le gouvernement. La documentation ainsi rassemblée officiellement et publiée chaque année est sur bien des points beaucoup plus complète que celle que les compagnies européennes de chemin de fer établissent pour elles-mêmes. Seule l'adoption d'une comptabilité unifiée pour les transports ferroviaires et routiers permettra aux pouvoirs publics et aux transporteurs eux-mêmes de savoir exactement ce qu'ils font et ce qu'ils doivent faire.

Remarquons en passant, combien la méthode d'investigation que constitue *la comparaison des prix de revient partiels* est défectueuse et dangereuse puisqu'elle permet, en utilisant des résultats exacts, mais incomplets de présenter chaque comparaison sous la forme la mieux adaptée à la conclusion à laquelle on veut parvenir. On ne saurait trop insister pour que les statistiques et la comptabilité des entreprises de transport soient tenues de manière à ce que l'on puisse tirer des conclusions

certaines des expériences diverses que les circonstances nous obligent à faire depuis la guerre. Nous verrons que dans beaucoup de réseaux, les réseaux français en particulier, de nombreuses statistiques ne sont plus tenues depuis la guerre, c'est-à-dire dans la période où leur consultation aurait été la plus instructive.

Quelles que soient les difficultés des études faites ou à faire, quelle que soit l'incertitude pouvant régner sur leurs résultats numériques nous devons remarquer que les statistiques françaises et anglaises sont parmi les statistiques européennes celles qui fournissent le plus d'enseignements, précisément parce que les conditions du service étant très différentes dans les diverses compagnies et les méthodes d'exploitation assez voisines les unes des autres, on peut, en analysant les résultats d'exploitation des divers réseaux faire apparaître quelques principes généraux qui nous semblent avoir une importance capitale pour l'étude que nous avons en vue. Pour faire une pareille analyse il faut faire choix d'un paramètre caractérisant le service sur chaque section de ligne considérée. Le seul paramètre que nous puissions pratiquement utiliser est ce que j'appellerai *l'intensité moyenne annuelle* de trafic. Cette intensité I sera définie par la somme des *trafics à distance entière* (voyageurs + marchandises) que l'on trouve ou plutôt que l'on trouvait dans les statistiques françaises d'avant guerre (tableaux XXXVI des statistiques de 1913).

Cette intensité I n'est autre chose que le quotient par la longueur de la ligne, comptée en kilomètres de la somme des trafics voyageurs kilomètres et tonnes de marchandises kilomètres que fournissent les états de vente de billets de voyageurs et de factures de transport de marchandises.

La considération de ce paramètre permet, malgré son insuffisance théorique, de mettre un peu d'ordre dans les résultats en apparence assez incohérents que fournit l'étude directe, comptable ou statistique, de l'exploitation d'une ligne donnée.

D'une façon générale on peut dire que si on classe les lignes d'un même réseau sur lequel les méthodes d'exploitation sont pratiquement unifiées, par ordre d'intensités de trafic croissantes, on constate que sauf quelques exceptions, les résultats économiques de l'exploitation sont d'autant meilleurs que l'intensité du trafic est plus grande.

Cette proposition ne fait que traduire une des caractéristiques essentielle de toute *organisation collective:* le rendement économique d'un système industriel est d'autant meilleur que son *utilisation* est plus élevée. Ce qui est vrai pour l'utilisation de l'outillage est également vrai pour les charges financières, ces charges variant en fait assez peu et en tous cas beaucoup moins rapidement que l'intensité du trafic. On peut dans ces conditions classer les lignes d'un réseau de chemin de fer en trois catégories:

Catégorie I: Lignes pour lesquelles les dépenses d'exploitation sont supérieures aux recettes.

Catégorie II: Lignes pour lesquelles les dépenses d'exploitation majorées des charges financières sont supérieures aux recettes.

Catégorie III: Lignes pour lesquelles les dépenses d'exploitation, majorées des charges financières sont inférieures aux recettes.

Les lignes de cette dernière catégorie sont les seules qui soient «payantes» et c'est avec les bénéfices procurés par l'exploitation des lignes de la catégorie III que l'on couvre en totalité ou en partie le déficit entraîné par l'exploitation des lignes des catégories I et II.

Les charges de capital étant supposées immuables, on voit que les réseaux auraient intérêts à cesser l'exploitation des lignes de la catégorie I s'ils ne peuvent trouver de moyen de réduire suffisamment les dépenses d'exploitation sur les lignes en question.

Dans les conditions de service de 1913 pour un réseau ayant un développement total de 38 922 km, à l'intensité de trafic moyenne $I = 1{,}13$ millions correspondaient un coefficient d'exploitation moyen de 0,64 $\left(\frac{\text{Dépenses: 1286 millions}}{\text{Recettes: 2018 millions}}\right)$ et un coefficient de charges financières de 0,36 $\left(\frac{\text{Charges financières: 733 millions}}{\text{Recettes 2018 millions}}\right)$

Les lignes se classaient comme il suit [1]:

Catégorie I: 10 136 km (26,4 % du total) avec un trafic moyen de $I = 0{,}284$ millions. Le coefficient d'exploitation moyen était de 1,34 $\left(\frac{\text{Dépenses: 159,2 millions}}{\text{Recettes: 119,4 millions}}\right)$ et le coefficient moyen de charges financières: 0,76 $\left(\frac{\text{Charges: 89,1 millions}}{\text{Recettes: 119,4 millions}}\right)$

Catégorie II: 16 107 km (41,1 % du total) avec un trafic moyen de $I = 0{,}768$ millions. Le coefficient d'exploitation moyen était de 0,73 $\left(\frac{\text{Dépenses: 476 millions}}{\text{Recettes: 619 millions}}\right)$ et le coefficient moyen de charges financières 0,55 $\left(\frac{\text{Charges: 339 millions}}{\text{Recettes: 615 millions}}\right)$

Catégorie III: 12 679 km (32,5 % du total) avec un trafic moyen de $I = 2{,}3$ millions. Le coefficient d'exploitation moyen était de 0,51 $\left(\frac{\text{Dépenses: 650 millions}}{\text{Recettes: 1282 millions}}\right)$ et le coefficient moyen de charges financières 0,24 $\left(\frac{\text{Charges: 304 millions}}{\text{Recettes: 1282 millions}}\right)$

Bien entendu, cette répartition n'est plus exacte dans les conditions économiques actuelles car l'équi-

[1]) Les intensités de trafic moyennes obtenues correspondent sensiblement à des densités linéaires moyennes de consommation de combustible de 70 à 160 et 400 tonnes par kilomètre et par an respectivement.

On pourrait déterminer ces consommations en tablant sur une charge totale remorquée d'environ 3 tkm par unité de trafic et sur une dépense de combustible de l'ordre de 60 grammes par tonne-kilomètre remorquée.

L'expérience européenne en matière d'électrification faisant ressortir une consommation linéaire de combustible par kilomètre et par an de l'ordre de 400 tonnes on voit que la presque totalité des lignes de première catégorie soit environ 10 à 12 000 km aurait pu être électrifiée en France économiquement. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

libre entre les dépenses et les recettes *totales* qui devait être maintenu, conformément aux termes de la loi de 1921 par variation des tarifs de transport, a été rompu quand, après la dévalorisation du franc, les pouvoirs publics se sont opposés à l'application de la loi en ce qui concerne les relèvements de tarifs. En fait, alors que les dépenses croissaient dans le rapport de 1 à 7 ou 8 quelquefois même dans le rapport de 1 à 10, les recettes par unité de trafic n'augmentaient que dans le rapport de 1 à 5 avec d'ailleurs un retard considérable. On peut dire qu'en France la concurrence du rail et de la route a entraîné pour les chemins de fer non seulement une perte directe de trafic, mais encore un manque à gagner considérable sur les transports encore effectués par rail. Ajoutons que la tarification des chemins de fer, établie en France, au moment où les réseaux exerçaient un monopole de fait, n'est pas directement fonction des prix de revient des transports, mais dépend de la valeur des marchandises transportées; l'écrémage du trafic a pu de ce fait être aisément réalisé par les transports routiers. Les entreprises routières ont pu sans difficulté consentir des prix de transport inférieurs à ceux du chemin de fer pour les marchandises chères, alors que les réseaux conservaient l'obligation d'assurer des transports insuffisamment rémunérateurs.

Il résulte de cette organisation chaotique que bien que l'intensité des transports encore assurés sur rail soit supérieure à celle de 1913 ($I = 1{,}26$ millions au lieu de $I = 1{,}13$) le coefficient moyen d'exploitation est maintenant d'environ 100 % et le coefficient de charges financières de 31 %.

Pour bien comprendre la situation actuelle des réseaux de chemin de fer il faut se rappeler qu'immédiatement après la guerre et jusque vers 1929 ou 1930 le trafic des réseaux a augmenté dans des proportions jamais atteintes jusque là, l'allure de l'accroissement annuel s'étant élevé à 6 % pour une allure moyenne de 3 %. Pendant cette période les compagnies se sont surtout préoccupées de prendre les mesures nécessaires pour répondre à des besoins, qu'elles croyaient devoir être toujours croissants.

Depuis 1930 le trafic a commencé à décroître à une allure encore plus rapide que pendant la période d'activité, pour devenir presque étale à l'heure actuelle.

Des augmentations considérables de capital ont été faites pendant cette période et, malgré la dévalorisation du franc qui avait procuré un allègement sensible des charges financières, celles-ci ont repris par rapport aux recettes annuelles une valeur analogue à celle qu'elles avaient avant la guerre.

A quoi ont servi les sommes procurées par ces augmentations de capital? D'une part à des travaux essentiellement *improductifs* ayant pour objet d'accroître la sécurité de l'exploitation, d'autre part à des travaux qui devraient être *productifs*, correspondant au développement et au perfectionnement de l'outillage.

Les capitaux engagés dans les travaux intéressant la sécurité (signalisation, renforcement de voie, voitures métalliques, etc., sont extrêmement considérables et avant d'examiner les conséquences sur les résultats de l'exploitation des travaux dits productifs, nous croyons utile d'instister un peu sur les questions de sécurité.

La sécurité en fonction de l'intensité du trafic.

La question de la sécurité que j'aborde seulement ici pour montrer combien la notion de respect de la vie humaine est comprise différemment sur *rail* et sur *route* est extrêmement importante, et j'estime qu'il est du devoir de tous d'agir sur l'opinion publique et sur les pouvoirs publics pour faire cesser ces hécatombes qu'entraine la circulation routière. Rappelons avant tout que certains pays, comme les Etats-Unis, se sont émus depuis longtemps de cette situation catastrophique sur laquelle on jette dans nos pays d'Europe un voile peut-être un peu trop discret.

Ci-dessous le texte d'une affiche maintenant apposée un peu partout aux Etats-Unis.

«Ce qui coûte plus cher que la guerre! En dix «huit mois de guerre les forces expéditionnaires «ont perdu 50 310 tués et ont eu 182 674 blessés.

«Bilan des accidents de la circulation en temps «de paix, aux Etats-Unis pour la période de dix «huit mois se terminant le 20 juin 1935: 51 200 «tués et 1 304 000 blessés.»

Avant donc de parler de la répartition du trafic entre rail et route compte tenu de l'économie procurée par l'emploi de l'automobile, ne serait-il pas raisonnable de se rendre compte de ce que l'exploitation de la route par les méthodes actuelles coûte de vies humaines. L'étude des statistiques publiées par divers pays montre que le nombre des tués et des blessés est *sensiblement proportionnel au nombre d'automobiles en circulation.* Dans le cas particulier de la France bien qu'il n'existe pas de statistique spéciale des accidents de la route on peut dire que chaque année nous avons à déplorer par 1000 voitures en circulation 2,4 morts et 60 à 80 blessés. Dans le tableau ci-dessous sont indiqués pour la période de 1924 à 1934 les nombres de morts déduits des statistiques du Ministère de l'Intérieur. Les nombres d'automobiles en service figurant dans ce tableau sont ceux indiqués par les annuaires Citroën et les publications de Michelin.

Années	Nombre de véhicules automobile en circulation N	Nombre T défini par la formule $T = \frac{2{,}4\ N}{1000}$	Nombre de personn. tuées dans la circulation routière M Statistiques officielles	Ecarts entre T et M en %
1924	670 000	1 608	1 594	— 0,9
1930	1 544 000	3 750	4 061	+ 7,2
1931	1 710 000	4 104	4 121	+ 0,4
1932	1 731 000	4 154	4 260	+ 2,5
1933	1 873 000	4 495	4 505	+ 0,2
1934	2 010 000	4 824	4 737	— 1,8

Ce nombre moyen de morts annuels de 2,4 par mille automobiles en circulation, s'il est réduit aux Etats-Unis à 1,44 (35 769 morts pour environ 25 millions d'automobiles) s'élève par contre à 3,86 en Angleterre (7290 morts pour 1,9 millions d'automobiles).

En ce qui concerne les blessés les statistiques américaines font ressortir que leur nombre est environ 25 fois plus grand que celui des morts; les statistiques anglaises accusent une proportion encore plus grande de 33 blessés pour un mort: Dans la période de 48 semaines comprise entre le 30 décembre 1934 et le 30 novembre 1935 il y a eu en Angleterre 6016 morts pour 203 262 blessés!

Nous voyons donc qu'en France au nombre de 4737 morts figurant dans les statistiques du Ministère de l'Intérieur doivent correspondre 4737 × 25 à 33 soit 120 000 à 160 000 blessés. Autrement dit la perte qu'entraîne en France la circulation sur route de 2 millions d'automobiles correspond comme *morts* à l'effectif de 3 régiments et comme blessés à l'effectif de plus de 5 corps d'armée!

Ajoutons que les accidents déjà trop fréquents vont non seulement se multiplier avec l'accroissement du nombre des automobiles, mais encore augmenter d'importance du fait du développement des véhicules lourds, cars et camions. Faute d'une police suffisante de la route les conducteurs de voitures lourdes abusent trop souvent de l'immunité relative que leur confère la plus grande solidité de leurs châssis au point de vue de la résistance aux chocs pour transgresser les règles les plus impérieuses du Code de la route. En attendant une réglementation sévère et précise qui s'impose, circulent et circuleront en France jusqu'en 1940 des camions déjà construits de dimensions dépassant celles prévues par les règlements actuels. Cette tolérance présente pour les usagers de la route un danger permanent se traduisant par une augmentation indéniable de l'importance des accidents.

Notons que les statistiques anglaises du Ministère des Transports, qui sont extrêmement bien tenues, fournissent des renseignements extrêmement suggestifs sur la fréquence des accidents aux différentes heures de la journée. L'examen du tableau ci-dessous, déduit des statistiques correspondant à la période de 48 semaines définie antérieurement, confirme bien que les accidents sont d'autant plus nombreux que la circulation est plus intense.

Proportions en % du nombre d'accidents de la circulation routière aux différentes heures de la journée.

Heures de la journée	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nombre d'accidents	0,87	0,26	0,33	0,13	0,20	0,67	1,93	3,20	3,0	2,2	4,13	4,13	

Heures de la journée	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nombre d'accidents	5,9	6,1	5,4	5,8	6,9	11,0	10,2	8,2	5,4	4,8	6,7	1,3	

Aux heures d'affluence le nombre d'accidents est de 2,5 à 3 fois supérieur à la moyenne (4,16 %).

La vie d'une automobile étant de l'ordre de 7 ans (statistiques américaines) on peut donc dire que dans son existence une automobile sur 60 a occasionné la mort d'un homme et une automobile sur deux a occasionné un accident de personne.

Il importe de rapprocher ces chiffres de ceux correspondant à la circulation sur rail en n'oubliant pas que le volume de la circulation est encore incomparablement plus grand sur la voie ferrée que sur la route.

Le nombre des pertes que l'on a à déplorer en France du fait de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général (accidents de trains) est indiqué dans le tableau ci-dessous pour la période 1928 à 1934.

Années	Nombre d'accidents	Nombre de tués			Nombre de blessées		
		Voyageurs	Agents	total	Voyageurs	Agents	total
1928	58	25	13	38	276	54	330
1929	40	0	12	12	46	37	83
1930	63	35	15	50	161	85	246
1931	51	9	14	23	69	49	118
1932	35	26	10	36	108	42	190
1933	30	249	13	262	389	16	405
1934	30	16	5	21	118	30	148
		moyennes		63			211

Nous voyons donc que pour un trafic annuel de l'ordre de 70 milliards d'unités de trafic sur rail et de 35 à 40 milliards d'unités de trafic sur route, il y a en tant que morts et blessés, environ 300 accidents sur rail contre 150 000 sur route.

Il apparaît donc que les milliards dépensés par les chemins de fer pour assurer la sécurité des voyageurs et des agents ont produit d'heureux résultats, et on peut se demander combien il faudrait dépenser de milliards pour assurer sur la route une sécurité de même ordre que celle assurée sur les chemins de fer.

Remarquons d'ailleurs que ce que nous avons dit au sujet des dépenses engagées par les chemins de fer pour la sécurité, dépenses que nous avons qualifiées d'improductives, ne paraît plus maintenant exact; si on songe en effet qu'une assurance dite *tous risques*, ne couvrant cependant pas les risques de mort ou de blessures des propriétaires d'une automobile, coûte de 2500 à 3000 fr., on voit que pour les deux millions d'automobiles circulant en France, la somme dépensée annuellement pour compenser les dégâts occasionnés par la circulation routière, dépasse 5 millards. Cette somme est notablement plus élevée que le déficit actuel des chemins de fer français.

Signalons maintenant que l'indifférence de l'opinion publique, en matière d'accidents routiers, a fait admettre sur le rail l'application de méthodes d'exploitation qui devraient être considérées comme inadmissibles, si on se place au simple point de vue de la logique. Nous nous bornerons à souligner quelques incohérences particulièrement flagrantes, non certes pour critiquer ce que l'on ap-

pelle déjà la modernisation du chemin de fer, mais simplement pour montrer la nécessité d'établissement d'un plan d'ensemble coordonnant non seulement le rail et la route, mais encore diverses conceptions de l'exploitation ferroviaire.

En ce qui concerne la construction du matériel roulant, et plus spécialement la construction des voitures à voyageurs, il y a incompatibilité absolue entre ces conceptions d'une voiture de remorque métallique de grande ligne et celle d'un autorail. Ces deux types de véhicules sont appelés à circuler à des vitesses analogues, mais alors que l'on impose, au moins aux Etats-Unis, des valeurs minima pour la résistance à l'écrasement, aucune prescription analogue n'est prévue pour les autorails. Alors que le souci de la sécurité a été poussé, au moins aux Etats-Unis, jusqu'à procéder à des essais directs de robustesse par précipitation de certaines voitures métalliques au bas d'un remblai, aucun essai du même genre n'a jamais été, à ma connaissance, envisagé pour aucune automotrice. Il serait désirable de faire disparaître cette anomalie et les chemins de fer doivent indiquer, après examen sérieux, voire même après essai à outrance, les règles à suivre pour assurer à tous les voyageurs une sécurité à peu près égale.

En ce qui concerne les risques d'incendie, on ne comprend pas bien, comment les pouvoirs publics, après avoir imposé, au moins dans certains pays, la suppression de l'éclairage au gaz, à la suite d'accidents peu nombreux autorisent la circulation de véhicules moteurs portant sous la caisse ou dans la caisse où se trouvent les voyageurs, plusieurs centaines de litres d'essence. Les accidents qui se sont déjà produits, tant en France qu'à l'Etranger, montrent cependant que le danger d'incendie existe indiscutablement aussi bien dans les autorails à essence que dans les autorails à moteur Diesel.

Il y a là, au point de vue de la sécurité, une anomalie au moins aussi flagrante que celle relative à la résistance, mais beaucoup plus difficile à faire disparaître.

Ces questions nous intéressent au premier chef, car, suivant les décisions qui seront prises, le problème de la construction des automotrices électriques légères se posera dans des conditions de difficulté plus ou moins grande.

Nous retiendrons de ce court exposé que l'amélioration du service de voyageurs ou des marchandises sur les chemins de fer ne doit pas être étudiée en considérant ce qui a été fait ou peut être fait sur route comme un modèle parfait, mais qu'il convient seulement de profiter du mouvement d'opinion créé par la traction routière pour appliquer enfin sur rail ce que j'ai tenu à appeler, dès l'origine de cette note, les méthodes d'exploitation électrique.

Les observations qui viennent d'être présentées, tant en ce qui concerne les conditions d'utilisations des chemins de fer ou transports collectifs, qu'en ce qui concerne les dangers de la multiplication excessive des appareils de transport individuels, vont nous permettre de jeter un peu de clarté dans l'étude des deux problèmes qui nous intéressent ici, réorganisation des transports sur rail et organisation des transports sur route, problèmes qui sont dès maintenant tellement enchevêtrés que l'on ne peut plus chercher la solution de l'un sans chercher en même temps la solution de l'autre.

Remarquons, tout d'abord, qu'au point de vue technique et économique les domaines d'emploi du rail et de la route sont à peu près complémentaires. Pour les services à grande intensité et à grande distance, le chemin de fer travaille, nous l'avons vu, à haut rendement, tandis que le danger occasionné par les transports routiers croît avec l'intensité du trafic.

Pour les services à faible intensité, les transports individuels sur route manifestent une supériorité indiscutable, en raison, notamment, de la multiplicité des itinéraires qu'ils permettent de suivre.

Nous pouvons donc dire qu'un accord peut et doit être réalisé dans l'intérêt général, en utilisant chaque mode de traction là où il est le plus commode ou le plus économique. Dans la conception de ces termes de commodité et d'économie, il conviendra de tenir compte des dépenses à engager ou des réductions de vitesse à accepter, pour assurer sur route une sécurité équivalente à celle déjà réalisée sur rail. Le dépassement de certaines dimensions, ou de certaines vitesses, ne devrait être toléré que sur des routes spécialisées faisant alors double emploi avec les chemins de fer. L'organisation de telles routes se conçoit fort bien au point de vue touristique, et encore mieux au point de vue militaire, à condition toutefois que la maniabilité et la robustesse des véhicules circulant sur ces routes soient comparables.

Nous pouvons donc maintenant examiner comment seront organisés les services, en partant de notre classification en trois catégories des lignes de chemin de fer, lignes qui, d'une façon, doivent être *suréquipées* pour la catégorie III, *supprimées* pour la catégorie I, et *améliorées* pour la catégorie II.

Suréquipement des lignes de catégorie III.

Pour les lignes de la catégorie III, qui sont les seules lignes dont l'exploitation procure des bénéfices substantiels aux chemins de fer (recettes supérieures aux dépenses d'exploitation majorées des charges financières), nous avons toujours soutenu, en thèse générale, qu'elles devraient être électrifiées. Il n'y a plus maintenant de doute sur les résultats économiques des électrifications, puisque nous constatons que même dans la période de crise que nous traversons, alors que l'argent est cher et que le trafic diminue, la substitution de l'électricité à la vapeur se poursuit à une allure moyenne de l'ordre de 1000 kilomètres par an en Europe seulement.

Le tableau ci-dessous, déduit des statistiques de l'Union internationale des chemins de fer, justifie cette proposition.

Longueur des lignes électrifiées en Europe à la fin de chaque année.

Pays	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934
Allemagne	1205	1491	1534	1541	1574	1614	1870	2047
Autriche	505	710	776	822	822	822	868	868
Espagne	93	94	368	368	368	370	370	370
Esthonie	12	12	11	11	11	11	11	11
France	1119	1208	1303	1600	1931	1965	2076	2175
Angleterre	644	693	718	771	772	866	866	822
Hollande	135	134	134	134	183	183	183	202
Hongrie	66	66	66	66	66	66	156	156
Italie	1251	1248	1614	1615	1945	2040	2104	2453
Norvège	123	141	190	194	194	194	194	194
Suède	909	909	908	908	907	1281	1770	2142
Suisse	1665	1891	1906	1906	1966	2041	2020	2295
Tchechoslovaquie	53	77	78	78	78	78	78	78
	7780	8674	9606	10014	10817	11531	12666	13863

Pour nous rendre compte de la nature des lignes électrifiées et les situer au point de vue du trafic dans les réseaux, nous avons calculé, en utilisant les tableaux de l'Union internationale des chemins de fer, d'une part les consommations annuelles de combustible par kilomètre de ligne sur les parties des réseaux non électrifiés et, d'autre part, les consommations annuelles d'énergie par kilomètre de ligne sur les sections électrifiées. Ces calculs conduisent au résultat général suivant: En moyenne, la consommation de combustible sur les lignes encore exploitées à vapeur est d'environ 200 tonnes par kilomètre et par an, alors que la consommation moyenne d'énergie sur les lignes électrifiées dépasse 200 000 kWh par kilomètre et par an. Comme à cette consommation d'énergie électrique correspond avant électrification une dépense de charbon, d'environ 400 tonnes [2]), on voit que la totalité des lignes électrifiées rentre dans la catégorie III.

Pour savoir, inversément, si toutes les lignes de la catégorie III méritent d'être électrifiées, il faudrait posséder ou établir les rendements économiques individuels des grandes lignes de chemins de fer. Dans l'état actuel du trafic, il est clair que le nombre des lignes réellement payantes est beaucoup plus réduit qu'en 1913, mais il n'en demeure pas moins vrai que le calcul direct montre que pour toutes les lignes, dont la consommation kilométrique de combustible est de l'ordre de 500 tonnes par an, l'électrification procure une économie substantielle d'exploitation.

C'est ici que la répartition des lignes de chemin de fer entre plusieurs compagnies ayant chacune leur comptabilité permet de se rendre compte des avantages économiques de l'électrification, quand elle est rationnellement réalisée.

L'examen des résultats d'exploitation des divers réseaux de chemins de fer français montre en effet, *d'une part*, que le coefficient de charges financières (rapport des charges financières aux recettes) est sensiblement le même pour le réseau d'Orléans (PO) qui, en électrifiant seulement 4,6 % de ses lignes, assure électriquement plus de 30 % de son mouvement; et, *d'autre part*, que le coefficient d'exploitation (rapport des dépenses aux recettes) du réseau PO, qui n'était pas meilleur que celui des autres réseaux *avant* électrification, est devenu systématiquement meilleur depuis. C'est ainsi, par exemple, qu'en 1926, avant électrification, le coefficient d'exploitation du PO était 78,6 %, contre 71,8 % pour le PLM et 71,6 % pour l'Est, alors qu'en 1933 (malgré la baisse du trafic particulièrement défavorable à l'exploitation électrique, aux dires de quelques détracteurs de l'électrification), le coefficient d'exploitation du PO était de 91,85 % contre 99,08 % pour l'Est, 100,2 % pour le Nord, 102,3 % pour le PLM.

Les faits se sont donc chargés de dissiper cette légende, soigneusement entretenue par des organismes intéressés, que l'électrification doit conduire en temps de crise à des résultats catastrophiques. Cette contre-vérité est d'autant moins soutenable qu'en 1934, après réalisation de l'exploitation commune PO—Midi, les résultats de cette exploitation sont demeurés encore meilleurs que ceux des réseaux exploités exclusivement à vapeur. Les coefficients d'exploitation du PO—Midi ont été de 92 % en 1934, contre 94,09 % pour le Nord et 98,07 % pour l'Est.

Notons que les électrifications du PO et du Midi ont été réalisées suivant des principes entièrement différents en comprenant: sur le PO les lignes à grand trafic, sur le Midi, toutes les lignes du réseau les plus voisines des usines génératrices ou des lignes à haute tension.

Le tableau ci-dessous fait ressortir cette différence.

		Exercice 1934		Exercice 1935	
		PO	Midi	PO[1])	Midi
Longueur de lignes électriques au 1er janvier de l'exercice		345	1490	345	1593
en % de la longueur du réseau		4,6 %	35 %	4,6 %	37 %
millions de trains-kilomètres	vapeur .	44,8	17,5	40,3	15,1
	électricité	11,2	14,5	14,8	15,4
	total . .	56,0	32,0	55,1	30,5
milliards de tonnes-kilomètres brutes remorquées	vapeur. .	15,73	5,81	13,65	4,62
	électricité	6,06	3,95	7,77	4,48
	total . .	21,79	9,76	21,42	9,10

[1]) Pendant l'année 1935 a été mise en service la section Vierzon-Brive de 300 km de longueur. La longueur de lignes électrifiées sur le réseau PO est ainsi passée de 345 à 645 km, soit de 4,4 % à 8,7 %.

[2]) Notre expérience propre en matière d'électrification nous a conduit à adopter comme coefficient d'équivalence entre charbon et électricité, avant et après électrification, de 2,5 kg par kWh. La dépense annuelle de combustible correspondant à 200 000 kWh serait alors de 400 tonnes. Pour un coefficient d'équivalence de 2,2 kg de charbon par kWh on trouverait 500 tonnes.

Il est bien évident que les résultats de la traction électrique ne peuvent être les mêmes sur un réseau comme le PO, où la dépense moyenne d'énergie est de l'ordre de 500 000 kWh par kilomètre, et sur un réseau comme le Midi, où cette consommation atteint à peine 115 000 kWh.

Notons en passant que pour l'ensemble du réseau suisse électrifié, les statistiques de l'UIC font ressortir pour 2058 km électrifiés une consommation de 449 millions de kWh, soit en moyenne 219 000 kWh par kilomètre.

—

A titre de renseignement, nous pouvons signaler un des résultats les plus intéressants déduits de l'étude de l'électrification de la ligne Paris—Orléans—Vierzon, en ce qui concerne le rendement global moyen de la traction à vapeur sur une grande ligne de chemin de fer.

Les relevés de compteurs électriques placés sur le circuit de traction des locomotives électriques ayant permis de déterminer le travail moyen réellement effectué aux crochets des machines pour un service un peu plus rapide que celui réalisé avant électrification, avec la traction à vapeur, on connaît la valeur du travail utile correspondant à une consommation connue de charbon. Les recherches effectués dans les dépôts ayant permis d'établir que la consommation de charbon par TKBR (tonne-kilomètre brute remorquée) s'élevait à 55,5 grammes de charbon, et les calculs effectués en partant de l'énergie consommée aux pantographes ayant montré que le travail au crochet par TKBR était d'environ 3700 kilogrammètres, on voit que le rendement moyen de la traction à vapeur η est donné par l'expression

$$\eta \text{ en } \% = \frac{3700 \times 1000}{55{,}5 \times 7200 \times 425} \times 100 = 2{,}2\ \%.$$

Ce travail au crochet de 3700 kg (3,7 kg/tonne de résistance au roulement) correspond à une proportion de 40 % environ de trafic-marchandise dans le trafic total; pour les lignes où le trafic-marchandise est relativement plus grand, le travail au crochet en palier sera notablement inférieur à 3700 kilogrammètres.

Ce que l'on peut reprocher, et que nous avons nous-mêmes reproché à des électrifications comme celle du PO et de bien d'autres réseaux, c'est de n'avoir pas utilisé au maximum toutes les facilités que procure, au point de vue de l'exploitation, la divisibilité de la puissance et la commande à distance des engins moteurs, locomotives et automotrices. Nous avions préconisé à cet effet l'emploi systématique des automotrices sur les grandes lignes et la commande par courants porteurs de locomotives réparties d'une façon quelconque dans les trains de marchandises. Notre objectif principal était de pouvoir proportionner à chaque instant la capacité des trains à la charge à transporter.

Au lieu de limiter l'emploi des automotrices électriques à la desserte de lignes de grande banlieue dans un rayon de 60 kilomètres (Etampes et Dourdan), nous aurions désiré que les automotrices fussent utilisées jusqu'à Orléans et au delà, des trains partant de Paris pouvant être coupés en deux à Orléans, une moitié continuant dans la direction Tours—Nantes, l'autre dans la direction Vierzon—Brive; mais ce qui n'a pas encore été réalisé en service courant pourra être fait quand on le voudra à la vitesse que l'on voudra, car, il ne faut pas que électriciens oublient, comme le font si souvent les mécaniciens, que la vitesse de 200 km/h a été atteinte sur rail il y a plus de *trente ans* par des automotrices *électriques* de 80 t environ sur la ligne de Marienfelde à Zossen.

Le problème n'est plus, à proprement parler, un problème technique pour les électriciens, c'est un problème psychologique et tactique pour les chemins de fer et les gouvernements.

Nous pouvons dès maintenant dire ici qu'un essai extrêmement intéressant va être effectué sur la ligne en cours d'électrification à 1500 V de Paris au Mans, des Chemins de fers français de l'Etat. Sous l'impulsion de son éminent directeur, M. Raoul Dautry, les Chemins de fer de l'Etat, qui ont déjà poursuivi avec une activité particulière le développement des méthodes nouvelles d'exploitation par automotrices à moteur à explosion sur de nombreuses lignes à vapeur, vont réaliser sur une ligne électrifiée importante un service spécial d'automotrices électriques, assurant aux voyageurs des facilités particulières.

Des rames type Budd à grande capacité (154 places assises) à forte accélération (1 m/s^2), à vitesse élevée (130 à 140 km/h) assureront, en plus d'un service de grande banlieue, des services directs sur Chartres (88 km de Paris) et le Mans (211 km de Paris). Des automotrices dites de ramassage, de capacité plus faible (82 places assises), mais pouvant réaliser des accélérations et des vitesses du même ordre que les précédentes, assureront la desserte des localités comprises entre les *gares centres*. (Nous reviendrons plus loin sur cette notion nouvelle d'exploitation par gares centres.)

Les caractéristiques principales de ces automotrices sont rassemblées dans le tableau ci-dessous, dans lequel nous avons fait figurer également, à titre comparatif, les données caractéristiques relatives aux automotrices anciennes de banlieue PO à 1500 V et Etat à 600 V.

Type d'unité motrice	Poids		Puissances en CV		Puissance unihoraire par tonne de train en charge
	à vide t	en charge t	uni-horaire	con-tinue	
PO	139	171	1040	800	6
Etat	95	120	660	180	5,5
Etat type Budd . .	64	91	1350	1080	15
Etat type ramassage	35	46	724	532	15

Mais dira-t-on, tout ce qui a été fait avec la traction électrique a pu ou pourra être réalisé d'une part avec la traction à vapeur en ce qui concerne les locomotives, d'autre part avec les autorails en ce qui concerne les automotrices; quel avantage

technique propre restera-t-il donc à la traction électrique, maintenant qu'il est possible de réaliser sur les lignes *non* électrifiées ce que nous avons appelé *l'exploitation électrique?*

Avant de répondre à cette question rappelons les caractéristiques essentielles de l'exploitation électrique, sans nous occuper de savoir si elles ont été ou non utilisées sur nos grandes lignes de chemin de fer. Cette méthode d'exploitation électrique comporte l'emploi:

1° d'unités motrices légères pouvant être accouplées entre elles de manière à constituer des trains de *capacités* et de *poids* variables pouvant être proportionnés à l'importance du trafic;

2° d'un système de distribution dont le rendement énergétique est d'autant meilleur que le nombre de trains est plus grand et les poids individuels des trains plus petits;

3° de trains réversibles pouvant circuler dans n'importe quel sens de marche sans aucune manœuvre;

4° de trains munis d'une commande à distance complète permettant la conduite par un seul homme, quel que soit le nombre d'unités motrices.

Cette énumération méritait d'être refaite au moment où les ingénieurs de chemin de fer, qui n'ont pas la pratique de grands services de banlieue ou de métropolitain, sont en train de redécouvrir l'exploitation électrique et de l'appliquer aux chemins de fer en utilisant des autorails ne possédant d'ailleurs encore que d'une façon incomplète les caractéristiques en question.

Voyons tout d'abord s'il existe des réseaux électrifiés ayant utilisé systématiquement les méthodes d'exploitation électriques; deux grands réseaux peuvent être cités comme exemple: le Southern Ry en Angleterre et le Long Island Rd. aux Etats-Unis. Sur le Southern Ry il n'existe pas de locomotives électriques et les trains électriques des voyageurs, même les trains Pullmann allant de Londres à Brighton et au delà, sont assurés par automotrices. Dans tous les rapports relatifs à l'électrification de ce réseau, la direction précise que les dépenses d'électrification sont couvertes par les augmentations de trafic procurées par le changement du mode de traction. Les trains relativement légers se succèdent à intervalles très rapprochés et il faut bien reconnaître franchement que l'intensité moyenne du trafic voyageurs est sur le Southern plus grande que sur n'importe quel réseau européen: 2 221 000 voyageurs kilomètres par kilomètre en 1934 [3]). Pendant la période de 8 années comprenant les exercices de 1927 à 1934, l'intensité du trafic voyageurs a augmenté sur ce réseau de 15,3 % alors que sur les autres réseaux anglais le trafic de 1934 était inférieur (deux réseaux) ou presque égal (1 réseau) à celui de 1927.

Ce point capital étant rappelé nous pouvons dire que pour tous ceux qui comme nous ont toujours préconisé l'électrification des *grandes lignes et de celles-là seulement*, les progrès apportés récemment à la construction des autorails ont contribué ou vont contribuer au triomphe de leurs idées en obligeant les réseaux qui ont déjà électrifié à utiliser plus complètement qu'ils ne l'ont encore fait les méthodes d'exploitation électriques, et ceux qui n'ont pas électrifié à se rendre compte des avantages que présentent les automotrices électriques sur les autorails. Il ne s'agit pas là seulement de la sécurité, mais aussi des facilités de commande, et des économies d'entretien et de réparation.

Les essais multiples maintenant en cours de locomotives et d'autorails Diesel-électrique vont nécessairement faire ressortir les avantages des automotrices électriques simples sur les Diesel-électriques et vraisemblablement aussi les avantages de la transmission électrique sur la transmission purement mécanique. Nous concevons d'ailleurs aussi, par exemple, l'utilisation de locomotives ou d'automotrices «amphibie» marchant avec leurs seuls moteurs électriques sur les sections électrifiées et avec un système Diesel-électrique, utilisant les mêmes moteurs sur les sections non électrifiées.

Conception de l'exploitation moderne.

Il faut bien comprendre que l'exploitation traditionnelle des chemins de fer (la seule possible tant que la technique ferroviaire ne mettait à la disposition des exploitants que des locomotives) doit être transformée et modernisée en réservant à la traction sur rail le parcours des grands itinéraires, et à la traction sur route les services de diffusion en surface.

En nous plaçant à un point de vue tout à fait général, nous croyons pouvoir dire qu'un des effets les plus certains de la concurrence automobile sera de transformer une exploitation ferroviaire qui est actuellement «maillée» et «superficielle» en une série d'exploitations «linéaires» de chemin de fer à grand débit. Le trafic sur rail sera concentré sur un petit nombre de lignes à grand débit et à grande vitesse, ces lignes étant choisies parmi les plus importantes des lignes que nous avons classées dans la catégorie III. Ces grandes lignes de chemin de fer devront être suréquipées et par suite électrifiées de manière à acquérir le maximum de capacité en utilisant avec le maximum de sécurité et d'économie les richesses naturelles des régions desservies.

Bien entendu cette évolution des moyens de transport ne se fera que progressivement et c'est ce qui explique pourquoi les réseaux, après avoir étudié presque exclusivement des autorails correspondant au service des lignes à petit trafic (catégorie I), ont poursuivi la mise au point d'autorails susceptibles de jouer sur les lignes non électrifiées le rôle des automotrices électriques à grande accélération et à grande vitesse.

Mais c'est sur les lignes que nous avons classées dans la catégorie II que se concentreront les engins de traction modernes, non purement électriques,

[3]) Sur le réseau suisse pendant la même année, l'intensité de trafic a atteint 969 000 voyageurs-kilomètres par km.

utilisant des moteurs à vapeur ou à combustion interne. C'est sur ces lignes que l'emploi des autorails permettra de prolonger et d'étendre les méthodes d'exploitation électrique à rames de composition variable conduites par un seul homme: ce n'est pas parce que cette question n'est pas encore complètement au point que nous ne devons pas la poser aux constructeurs qui demandent surtout aux chemins de fer des directives générales.

En ce qui concerne les lignes de la catégorie I qui, d'après leur situation géographique, sont celles qui participent le plus à la diffusion en surface, elles doivent disparaître ainsi que la plupart des lignes de chemin de fer d'intérêt local dont le nom même définit l'objet. Ce sont les compagnies de chemin de fer elles-mêmes qui, dans leur propre intérêt devraient orienter les gouvernements vers le déclassement progressif, mais systématique de ces lignes. En France plus de 10 000 kilomètres de lignes dites d'intérêt général et environ 25 000 kilomètres de lignes d'intérêt local devraient ainsi être remplacées par des services routiers.

Ce n'est que lorsque la situation des chemins de fer aura été assainie par suppression des lignes qui n'auraient jamais dû être construites que l'on pourra définir raisonnablement les conditions du partage du trafic entre rail et route.

Au point de vue technique la diffusion superficielle se fera à partir des gares centres en utilisant des voies de circulation routières ou ferrées suivant soit des systèmes rayonnants soit des circuits fermés passant par deux centres consécutifs.

C'est la méthode des lignes rayonnantes qui est d'application la plus commode quand il n'existe pas encore de plan d'ensemble d'organisation des services; c'est la méthode des circuits fermés qui semble au contraire devoir être la plus commode et la plus économique quand une étude complète de réorganisation des chemins de fer aura été faite.

Nous voyons donc que l'électricité doit selon nous jouer un rôle de plus en plus important, bien que nettement délimité, dans un système de transports coordonnés. Mais de même qu'une faute lourde a été commise en construisant trop de lignes de chemin de fer et en les exploitant suivant une méthode uniforme, de même on commet une faute en voulant utiliser un système *essentiellement collectif* de transport quand l'intensité du trafic impose évidemment un système *individuel.*

On n'installe pas le travail à la chaîne pour produire cinq ou six automobiles par jour.

Chaque système de traction a son domaine d'application propre et il serait aussi absurde de supprimer les chemins de fer que de vouloir entraver le développement de l'automobile ou de l'aviation.

Il faut assainir le chemin de fer et réglementer la route de manière à ce que les services soient assurés de la manière la plus régulière, la plus économique et la plus sûre, en faisant cesser cette hécatombe de morts et de blessés qui fait de la circulation routière actuelle un véritable fléau.

Der **Vorsitzende:** Ich danke Herrn Parodi herzlichst für den sehr interessanten Vortrag zu dem von uns gestellten Problem. Herr Parodi hat eine ganze Anzahl ausserordentlich interessanter Fragen angeschnitten und in seinen Ausführungen bewiesen, dass er nicht nur ein ausgezeichneter Ingenieur, sondern auch ein scharf denkender Kaufmann ist.

Ich schlage vor, nun eine Pause von 10 Minuten einzulegen und nachher mit den weiteren Vorträgen und der Diskussion fortzufahren und, wenn möglich, so abzuschliessen, dass wir nicht zu stark in den Nachmittag hineinkommen.

(Pause.)

III.
Zweites Referat.

Von Herrn Obermaschineningenieur **W. Müller,**
Vorstand der Abt. für Zugförderung und Werkstättedienst der Schweizerischen Bundesbahnen, Bern.

Der Referent behandelt die allgemeine Frage, welche betrieblichen Vorteile im Sinne des Themas sich ergeben, wenn eine nichtelektrifizierte Bahn elektrifiziert wird und streift nur gelegentlich die Frage, welcher Nutzen sich aus der Tatsache ziehen lasse, dass eine Bahn bereits elektrifiziert ist.

L'auteur examine d'une manière générale quels avantages résultent, au point de vue de l'exploitation, de l'électrification d'une ligne de chemin de fer non électrifiée; il ne fait qu'effleurer la question des avantages que l'on peut retirer d'une ligne de chemin de fer déjà électrifiée.

Wenn ich hier eine offizielle Meinung der SBB über das Diskussionsthema zu vertreten hätte, so würde man hinter meinen Ausführungen irgendeine Tendenz wittern. Dazu ist kein Anlass, denn was ich zu sagen habe, ist meine ganz persönliche Meinung, wie ich sie mir auf Grund meiner praktischen Erfahrungen bilden konnte. Von den vielen Jahren meiner Beschäftigung mit der Zugförderung habe ich ziemlich genau je die Hälfte der Dampftraktion und der elektrischen Traktion gewidmet und befasse mich in neuerer Zeit auch mit der Traktion mit Verbrennungsmotoren. Ich fühle mich deshalb von einseitiger Einstellung ziemlich frei und prüfe das zur Diskussion gestellte Problem ohne jede Tendenz, soweit eine persönliche Meinung überhaupt objektiv sein kann.

Wenn etwa die eine oder andere meiner Behauptungen paradox klingt und zum Widerspruch herausfordert, so dass man versucht sein könnte, sie nicht ernst zu nehmen, so nehmen Sie sie ernst, aber nicht übel.

Die im Diskussionsthema gestellte Frage, was die Elektrifikation zu gewissen Verbesserungen im Bahnbetrieb beitragen könne, kann sich auf eine durchgeführte oder auf eine erst in Erwägung gezogene Elektrifikation beziehen. Mit andern Wor-

ten, man kann fragen, welcher Nutzen, im Sinne des Themas, sich aus der Tatsache ziehen lasse, dass ein Netz elektrifiziert ist, wobei die Gründe der Elektrifikation vielleicht vorwiegend ganz andere waren, oder man kann fragen, welche betrieblichen Vorteile im Sinne des Themas für ein Netz damit verbunden wären, wenn es elektrifiziert würde. Im zweiten Falle können die gefundenen Vorteile mit in die Waagschale fallen für den Entschluss zur Elektrifikation.

In der Schweiz, wo es elektrifizierte und nicht elektrifizierte Linien gibt, wären beide Betrachtungen interessant, doch würde es zu weit führen, sie vollständig durchzuführen. Da die zweite Betrachtungsweise, also diejenige vom Standpunkt der noch nicht elektrifizierten Bahnen aus, die allgemeinere und interessantere ist und sie auch ohne weiteres Schlüsse auf die erste zulässt (bei der übrigens allzu selbstverständliche Feststellungen zu machen wären), so betrachte ich das Diskussionsthema in der Hauptsache vom Standpunkt der noch nicht elektrifizierten Bahnen und streife den andern Standpunkt nur gelegentlich.

Das Diskussionsthema stellt 3 Fragen: Wie und was kann die Elektrifikation der Bahnen beitragen, erstens zur Auflockerung, zweitens zur Beschleunigung und drittens zur Verbesserung des Betriebes? Das wäre Stoff für eine Vorlesung von mehreren Stunden. Ich werde mich daher mit Andeutungen begnügen und manches übergehen, was nur für den Bahnfachmann interessant ist. Das veranlasst mich auch, die 3 Fragen in umgekehrter Reihenfolge zu behandeln. Bevor ich damit beginne, möchte ich eine allgemeine Bemerkung vorausschicken.

Man ist infolge der historischen Entwicklung gewöhnt und versucht, nur Dampftraktion und elektrische Traktion einander gegenüberzustellen. Das ist heute nicht mehr zulässig, sondern da es sich bei der Erörterung des Themas vorwiegend um Zukunftsmöglichkeiten handelt, muss die Traktion mit Verbrennungsmotoren in der Weise in die Betrachtung einbezogen werden, wie wenn sie schon den Grad der Entwicklung und Vollkommenheit erreicht hätte, den sie nach den Erfahrungen mit der Entwicklung anderer technischer Probleme ohne Zweifel einmal erreichen wird. Es darf auch nicht die Dampftraktion von damals und ihre heutigen Ueberbleibsel, die wir alle kennen, allein zum Vergleich dienen, sondern es müssen die noch weniger bekannten Errungenschaften der neuesten Zeit und die mögliche Weiterentwicklung mitberücksichtigt werden.

1. Wenn nun von den *Verbesserungen* des Betriebes im allgemeinen zu sprechen ist, zu denen die elektrische Traktion beitragen kann, so ist die Beschleunigung und die Auflockerung vorerst zu übergehen, da sie als besondere Abschnitte zur Behandlung gelangen. Kann die Elektrifikation andere Verbesserungen bringen oder fördern, die bei den andern Traktionsarten *nicht* erreichbar sind? Ausser der Rauchlosigkeit bzw. Geruch- und Giftgasfreiheit und der Geräuschverminderung, der Unempfindlichkeit gegen grosse Kälte, der Feuersicherheit u. dgl. wüsste ich nicht viele. Für den Reisenden sind diese Vorteile nicht gering zu schätzen, und für die Bahnverwaltungen sind sie, einzelne davon besonders in gebirgigem Lande, von Bedeutung. Die grössere Annehmlichkeit für den Reisenden kommt ohne Zweifel auch der Bahn zugute durch grössere Frequenz im Personenverkehr. Im Güterverkehr, dem wirtschaftlich wichtigeren, macht sich ein Einfluss kaum bemerkbar.

Das alles sind Kleinigkeiten, die man mit in Betracht ziehen wird, wenn man vor der Frage der Elektrifikation eines Netzes oder einer Strecke steht, wobei man die Vorteile anderer Traktionsarten nicht vergessen wird. Mit der Elektrifikation treten diese Veränderungen von selbst ein; sie müssen nicht durch besondere Massnahmen verwirklicht werden. Ich gehe darüber hinweg, wie auch über die für Aussenstehende nicht besonders interessanten zahlreichen Vor- und Nachteile, die nur die Bahn spürt, der Bahnbenützer nicht.

Ein unstreitiger Vorteil für den Betrieb ist die elektrische Heizung. Sie darf aber nicht als Eigenschaft der elektrischen Zugförderung betrachtet werden, denn nichts steht technisch im Wege, sie bei andern Traktionsarten anzuwenden, wobei sie die gleichen Vorteile böte. Es ist mir nicht bekannt, ob schon je untersucht wurde, ob ein Heizstromgenerator bei Dampftraktion oder Triebfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren auch wirtschaftlicher wäre als die alte Dampfheizung. Ich erwähne die Heizung, um Sie nebenbei darauf aufmerksam zu machen, dass man jetzt bei der elektrischen Heizung der Eisenbahnwagen dazu übergegangen ist, an Stelle der unter den Sitzbänken angebrachten Widerstandsheizkörper unter dem Wagenkasten Lufterhitzer unterzubringen und die Warmluft durch Elektroventilatoren ins Wageninnere zu befördern. Die Vorheizzeit vor Abgang der Züge wird dadurch bedeutend kürzer. Die Heizung ist angenehm und mit einer gewissen Lufterneuerung verbunden, die bei ausgeschaltetem Lufterhitzer auch im Sommer angewendet werden kann. Diese neue Heizungsart lässt sich in einfacherer Weise als die bisherige mit den verschiedenen international vorkommenden Spannungen und Stromarten betreiben und könnte daher, wie zu hoffen ist, endlich zum Verschwinden der lästigen Dampfheizwagen in den internationalen Schnellzügen auf elektrischen Strecken führen. Die Schweiz ist mit dieser Neuerung vorangegangen.

Als eifriger Förderer der einmännigen Bedienung der Triebfahrzeuge darf ich wohl diesen wichtigen wirtschaftlichen Faktor nicht übergehen. Die elektrische Zugförderung hat dazu den Anstoss gegeben, weil die Einmannbesetzung der elektrischen Triebfahrzeuge besonders leicht durchführbar ist. Bei Triebfahrzeugen kleinerer Leistung mit Verbrennungsmotoren ist sie ebenso gut möglich und wird auch meistens angewendet. Wie es sich

damit bei grossen Leistungen verhält, kann ich mangels Erfahrung nicht beurteilen. Auf der Dampflokomotive von üblicher Bauart bestehen Schwierigkeiten, doch sehe ich nicht ein, warum dieselben mit den heutigen technischen Mitteln nicht überwunden werden könnten, selbstverständlich nur bei *neuen* Lokomotiven. Ohne Zweifel geht es beim elektrischen Betrieb leichter.

2. Wie und was kann die Elektrifikation zur *Beschleunigung* des Betriebes oder besser des Verkehrs beitragen?

Die Antwort auf die Frage: «Wie» glaube ich ihrer Selbstverständlichkeit wegen unterdrücken zu dürfen, besonders weil ich auf die Frage: «Was» leider antworten muss: *nichts.* Das ist vielleicht eine zum Widerspruch herausfordernde Antwort. Sie könnte einer Regel aus der mohamedanischen Philosophie entsprungen sein, welche sagt, dass nichts existiert, wovon sich nicht auch das Gegenteil sagen lasse!

Ich erinnere daran, dass ich das Problem vom Standpunkt der *nicht* elektrifizierten Bahn betrachte. Man wird mir entgegenhalten, auf den elektrifizierten Linien der SBB seien doch die Fahrzeiten gegenüber dem Dampfbetrieb bedeutend gekürzt worden. Mit einem vollständig neuen Park speziell für höhere Zugskräfte und Geschwindigkeit gebauter Lokomotiven war das kein Kunststück. Nicht zu diesem Zweck wurde elektrifiziert, aber weil elektrifiziert wurde, konnte eine Fahrzeitverkürzung plötzlich durchgeführt werden, die sonst hätte verschoben werden müssen, bis auf dem Wege der allmählichen Erneuerung die erforderlichen Lokomotiven mit erhöhter Leistung an Stelle der alten getreten wäre. Ob dies mit geringerem, gleichem oder grösserem wirtschaftlichem Erfolg möglich gewesen wäre, gehört zu der Aufgabe der Wirtschaftlichkeitsrechnung.

Es darf übrigens daran erinnert werden, dass die ersten elektrischen Lokomotiven der SBB für Höchstgeschwindigkeiten von nur 75 km/h gebaut wurden. Man glaubte sich damit begnügen zu müssen und zu können, weil sie für Gebirgsstrecken bestimmt waren. Für das Flachland baute man Lokomotiven für gleiche Geschwindigkeit, wie sie schon die Dampflokomotiven aufwiesen, 90, später 100 km/h. Wo lag also der Fortschritt? In der grösseren Beschleunigung, d. h. Zugkraft, die auch grössere Geschwindigkeit auf Steigungen ermöglicht. Heute sind bekanntlich im Auslande die Höchstgeschwindigkeiten, für welche die elektrischen Triebfahrzeuge einige Zeit den Rekord hielten, durch die Dampflokomotiven eingeholt, vielleicht sogar überholt, und die Triebfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren stehen auch nicht zurück. Man wird auf die Unterschiede der Charakteristik der Antriebsmotoren hinweisen. Es wird nicht gelingen, hieraus eine prinzipielle Ueberlegenheit des elektrischen Betriebes bezüglich der Fahrgeschwindigkeit und Fahrzeiten vor anderen Traktionsarten nachzuweisen. Es wird auch nirgends allein zum Zwecke der Beschleunigung des Verkehrs der elektrische Betrieb eingeführt werden.

Meine Herren, es fällt einem warmen Freund des elektrischen Betriebes nicht leicht, solche Feststellungen zu machen. Ich wiederhole, dass ich keine Tendenz verfolge; ich *suche* die Wahrheit, vielleicht schiesse ich daneben.

Die Grenzen, die der Fahrgeschwindigkeit gesetzt sind, sind, wenn man von Spezialbahnen, z. B. mit grossen Steigungen usw., absieht, nicht durch die Traktionsart bedingt. Die absolute Grenze der Höchstgeschwindigkeit auf gerader Bahn ist durch den grössten zulässigen Bremsweg gezogen. Sie ist nur erreichbar, wenn der zur Beschleunigung nötige Weg zwischen den Fahrhindernissen vorhanden ist — Haltestellen, Langsamfahrstellen (Kurven) usw. — bzw., wenn eine ausreichend grosse Beschleunigung erreicht wird, um auf dem Weg zwischen den Fahrhindernissen die Höchstgeschwindigkeit zu erreichen, die der Bremsweg zulässt. Die grösste, überhaupt mögliche Beschleunigung ergibt sich bei Adhäsionsbahnen aus der Adhäsionsgrenze zwischen Rad und Schiene mit etwa 1,5 m/s^2. Hierin ist die elektrische Zugförderung momentan, d. h. beim heutigen Stande der technischen Entwicklung dieser und der andern Traktionsarten, im Vorsprung, denn die zur Erzielung solcher Beschleunigungen nötige Heranziehung des gesamten auf den Achsen eines Fahrzeuges oder Zuges lastenden Gewichtes ist heute mit dem elektrischen Antrieb der Achsen am einfachsten und besten durchführbar.

Als augenfälliges Beispiel für diese Feststellungen möchte ich die leichten Triebwagen der SBB anführen, die bei gleichem Fassungsvermögen, gleicher Höchstgeschwindigkeit und äusserlich kaum unterscheidbaren Formen zum Teil für elektrischen Betrieb, zum Teil für den Verkehr auf nicht elektrifizierten Linien mit direktem Antrieb durch Dieselmotoren gebaut sind. Wenn dabei der elektrische Typ etwas grössere Leistung und folglich bei den höheren Geschwindigkeitsstufen grössere Beschleunigung aufweist, so ist das lediglich der Wahl eines Dieselmotors nach schon erprobtem Modell zuzuschreiben, nicht dem Antriebsprinzip.

Besonders im Auslande ist in den letzten Jahren eine bedeutende Steigerung der Fahrgeschwindigkeiten fast überall gesucht und durchgeführt worden, und zwar bei allen Traktionsarten in gleichem Mass. Wenn die elektrische Traktion dazu etwas beigetragen hat, so ist es das, dass sie einige Zeit bezüglich Fahrgeschwindigkeiten im Vorsprung war und dadurch die «Konkurrenz», wenn ich so sagen darf, zur Nachholung des Rückstandes anspornte.

In diesem Zusammenhang darf nicht unterlassen werden, darauf hinzuweisen, dass der Einfluss der Erhöhung der *Fahrgeschwindigkeit* auf die Kürzung der *Reisezeit* verhältnismässig klein ist, und zwar um so kleiner, je geringer die Entfernung der Haltestellen ist. Ein Zug, der eine Strecke von 100 km mit

einer *durchschnittlichen* Fahrgeschwindigkeit von 60 km/h durchfährt und dabei 30mal je 1 Minute anhält, braucht für diese Reise 130 Minuten. Seine Reisegeschwindigkeit beträgt 46 km/h. Wird dagegen eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 100 km/h erreicht, so braucht der Zug 90 Minuten Reisezeit, die Reisegeschwindigkeit beträgt 67 km pro Stunde oder 45 % mehr. Die *Höchst*geschwindigkeit aber müsste, um dies zu erreichen, bei einer Beschleunigung und Verzögerung von ca. 1 m/s², von 66 auf 156 km/h oder um 136 % erhöht werden. Die Beschleunigung von 1 m/s² erfordert den Antrieb von mindestens ²/₃ aller Achsen, und erfordert Motoren, die bis zur Höchstgeschwindigkeit eine der Adhäsionsgrenze entsprechende Zugkraft zu entwickeln erlauben. In der Praxis wird man nie so weit gehen, da es unwirtschaftlich wäre. Ist aber die Beschleunigung kleiner als 1 m/s², so wird bei der Stationsentfernung, die als Beispiel gewählt wurde, die Geschwindigkeit von 156 km/h gar nicht mehr erreicht. Grösser ist natürlich der Erfolg für die Reisegeschwindigkeit, wenn die Haltezeit nur ½ statt 1 Minute beträgt, oder wenn nur halb so viele Haltestellen vorhanden sind, oder gar wenn der Zug die ganze Strecke als Schnellzug ohne Halt durchfährt. Damit ist auf die grosse Schwierigkeit der Kürzung der Reisezeit der Personenzüge mit Halt auf allen Stationen hingewiesen, derjenigen Züge, bei denen eine Kürzung der Reisezeit am wünschbarsten wäre. Es ist auch hingewiesen auf die Hinderung der Reisekürzung durch viele Halte bei Schnellzügen und Städteverbindungen. Die *Elektrifikation* kann an diesen Tatsachen nichts ändern.

Halten wir also nochmals fest, dass die absolute Grenze der Fahrgeschwindigkeit in der Geraden von den Bremsen, in den Kurven von der Beanspruchung des Geleises und der Standfestigkeit und Kurvenbeweglichkeit der Triebfahrzeuge abhängt, also nicht von der Traktionsart, ferner dass der Einfluss der höchsten Fahrgeschwindigkeit auf die Reisegeschwindigkeit um so geringer ist, je kleiner die Entfernung der Haltestellen und je grösser die Aufenthalte sind. Dann bleibt als Vorteil der elektrischen Traktion die Möglichkeit, auf einfache Art viele, im Grenzfall alle Achsen des Fahrzeuges oder Zuges anzutreiben und dadurch die grossen Beschleunigungen zu erzielen, die zur Erreichung grosser Fahrgeschwindigkeiten auf kleinem Wege nötig sind. Die Ausnützung dieser Möglichkeit ist aber eine kostspielige Sache. Auf keinen Fall wird es sich lohnen, die mit Rücksicht auf die Adhäsion mögliche grösste Beschleunigung durch die Triebmotoren bis zur vollen Höchstgeschwindigkeit zu entwickeln. Es wird sich auch nicht lohnen, so kostspielige Antriebe anzuwenden bei Fahrzeugen, die nicht ausschliesslich für Personenzugsverkehr mit Halt auf allen Stationen Verwendung finden. Besonders für Bahnen, die wegen des Schwerverkehrs über Lokomotiven verfügen müssen und auch einen ausreichenden Park an Personenwagen ohne Motorantrieb besitzen, würde die Anschaffung von Triebwagen und Triebzügen mit höchster Antriebsleistung eine schwere Last sein, zu der sie sich angesichts des verhältnismässig geringen Gewinnes nur schwer entschliessen werden. Masshalten ist daher für solche Bahnen geboten, sowohl bezüglich der Menge solcher Fahrzeuge, als auch bezüglich der Leistung ihres Antriebes. Masshalten heisst sowohl nicht zu viel, als auch nicht zu wenig.

Wie bekannt, werden vom 15. Mai dieses Jahres an leichte Schnellzüge zwischen Zürich und Genf verkehren, welche für die 287 km betragende Strecke mit 2 Halten in Bern und Lausanne von zusammen vier Minuten eine Reisezeit von 3 Stunden 25 Minuten aufweisen. Die Reisegeschwindigkeit beträgt demnach 84 km/h. Die Züge bestehen aus Lokomotive, Gepäckwagen und 3 vierachsigen Personenwagen, das Gewicht der besetzten Wagen beträgt ca. 145 t. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit ist 110 km/h, wo die Strecke dies erlaubt. Nach jedem Fahrhindernis (Kurve, Halt usw.) muss die grösstmögliche Beschleunigung angewendet werden, die an der Adhäsionsgrenze der 3 Lokomotivtriebräder bei diesem Zugsgewicht etwa 0,3 m/s² beträgt. Da die Strecke elektrifiziert ist und elektrische Lokomotiven vorhanden sind, die die erforderliche Zugkraft, Leistung und Höchstgeschwindigkeit aufweisen, so kann die bemerkenswerte Leistung ohne neue Traktionsmittel ausgeführt werden. Für eine nicht elektrifizierte Strecke eine Dampflokomotive oder einen dieselelektrischen Triebwagenzug von gleicher Leistung und Eigenschaft zu bauen, böte aber heute keine Schwierigkeit. Dagegen würde man vielleicht die Betriebskosten scheuen, wenn die zu erwartenden Mehreinnahmen sie nicht deckten. Beim elektrischen Betrieb ist ein bedeutend grösserer Teil der Betriebskosten fest, von der Mehrleistung unabhängig, und daher die Betriebs-*Mehrkosten* neuer oder höherer Leistungen weniger gross als bei den andern Traktionsarten.

Damit ist eine bemerkenswerte Besonderheit der Elektrifikation berührt worden: der verhältnismässig kleinere Einfluss der Aenderung der Fahrleistungen auf die Betriebskosten. Diese Eigenschaft gestattet grössere Leistungen, sei es an Geschwindigkeit oder Anzahl der Züge, mit geringerem Risiko für den geschäftlichen Erfolg oder Misserfolg in den Fahrplan aufzunehmen, als es bei andern Zugförderungsarten der Fall ist. Man wird sich aber hüten, dies als sicheren Vorteil der elektrischen Zugförderung anzusehen, denn diese Unempfindlichkeit wirkt sich selbstverständlich auch in umgekehrtem Sinne aus, was besonders beim Rückgang des Güterverkehrs spürbar und deshalb von aktueller Bedeutung ist.

Man wird nicht bestreiten können, dass bei den elektrifizierten Eisenbahnen der Schweiz die Möglichkeiten, welche die *Elektrifikation* für die Beschleunigung des Verkehrs bietet, in hohem Masse ausgenützt worden sind. Ich will sie mit statistischen Zahlenreihen verschonen. Im Personenverkehr ist durch Verwendung leichter Triebfahrzeuge noch etwas mehr zu erreichen, da diese grössere

Höchstgeschwindigkeiten zulassen als die schweren Lokomotiven. Ich erinnere aber an die Feststellung über den Einfluss der Steigerung der Höchstgeschwindigkeit auf die Reisegeschwindigkeit. Was darüber hinaus für die Kürzung der *Reisezeit* auf dem Wege der Kürzung der Aufenthalte, der Entlastung der Personenzüge von Nebenaufgaben usw. möglich scheint und gefordert wird, hat mit der *Elektrifikation* nichts zu tun und gehört daher nicht zum Thema.

3. Bei dieser Betrachtungsweise werden Sie erwarten, dass ich auch nicht in der Lage bin, für die *Auflockerung* des Betriebes, wie die Fahrplanverdichtung im Thema genannt wird, eine wesentliche Ueberlegenheit der elektrischen Zugförderung nachzuweisen, wenn sie mit andern Traktionsarten verglichen wird. Soeben wurde auf die verhältnismässige Unempfindlichkeit des elektrischen Betriebes bezüglich des Einflusses der Aenderung der Fahrleistungen auf die Betriebskosten hingewiesen. Daraus schliesse ich, dass der elektrische Betrieb, wenn er aus irgendwelchem anderen Grunde eingeführt ist, die Auflockerung, d. h. die Verdichtung des Fahrplans mit gleichzeitiger Verkleinerung der Einheiten, mit kleineren *Mehr*aufwendungen erlaubt, als andere Traktionsarten. Das gilt besonders, wenn bahneigene Kraftwerke vorhanden sind. Dagegen ist auf nicht elektrifizierten Strecken die Auflockerung technisch ebensogut und ebenso schwierig durchführbar. Beim elektrischen Betrieb besteht ohne Zweifel ein grösseres Bedürfnis nach möglichst intensiver Ausnützung der vorhandenen Anlagen und Betriebsmittel, aber vielleicht stehen den dafür nötigen Mehraufwendungen, obschon sie kleiner sind, die schon bestehenden grösseren Kapitallasten mehr im Wege als wenn sie nicht vorhanden wären. Das Problem scheint mir zu komplex als dass es eindeutig beurteilt werden könnte.

Tatsache ist, dass die Auflockerung des Personenverkehrs auf allen Bahnen intensiv betrieben wird, auf elektrifizierten wie auf andern. Dass dabei Bahnen mit nicht elektrifizierter Zugförderung voran und bisher vielfach weiter gegangen sind, als elektrifizierte — ich spreche nicht von Ueberlandstrassenbahnen mit vorwiegendem Personenverkehr — ist nicht zu verwundern, besonders in dünnbevölkerten Gegenden mit entsprechend dünnem Fahrplan und schwachgebauten Dampflinien. Solche Bahnen sind durch den Wettbewerb der Strasse besonders bedroht und ziehen vom Uebergang zum dichten Verkehr mit leichten Fahrzeugen nicht nur durch Verbesserung der Einnahmen Nutzen, sondern sie erzielen gleichzeitig meistens Minderausgaben für den Unterhalt der Bahn und Fahrzeuge, für Triebkraft und Personal und dazu, weil die Traktionsmittel auf solchen Bahnen meistens rückständig sind, eine Beschleunigung des Transportes. Man beachte aber, dass solche Ersparnisse nicht von der Auflockerung herrühren, sondern vom Ersatz veralteter Traktionsmittel durch moderne, von der Verringerung des toten Gewichts, von der Erhöhung der Geschwindigkeit, die erlaubt, mit weniger Material und Personal grössere Leistungen auszuführen, und von der Verwendung moderner ökonomischer Triebmotoren, und zwar wie gesagt nicht elektrischer. Den elektrifizierten Bahnen, die vorwiegend in dichtbevölkerten Gegenden zu finden sind und deshalb meistens schon einen ziemlich dichten Personenzug-Fahrplan mit kurzen Fahrzeiten haben, bietet die Auflockerung nicht so viele und direkte Vorteile. Wo bahneigene Kraftwerke nicht vorhanden sind und die Energie nach der Verbrauchsmenge bezahlt werden muss, ist die der grösseren Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kilometerleistung entsprechende Vermehrung der Kilowattstunden der Auflockerung nicht förderlich.

In diesem Zusammenhang sei mir erlaubt, eine Bemerkung einzuschieben an die Adresse eines namenlosen, angeblich in der Praxis stehenden Eisenbahnfachmannes, der sich in der NZZ wiederholt mit der Sanierung der SBB befasst und berechnet hat, die SBB könnten 20 Millionen sparen, wenn sie mit vorhandenen Triebwagen und 40 neuen elektrischen Doppeltriebwagen einen ausgedehnten Leichtverkehr durchführten. Dieser Rechner ist über die Tücken der Statistik gestolpert, indem er die *durchschnittlichen* Betriebskosten pro tkm sämtlicher Zugsgattungen mit den durch Leichtverkehr einzusparenden tkm multiplizierte. Später hat er dann das Gefühl gehabt, es stimme etwas nicht, da der tkm beim Leichtzug doch wohl teurer sein möchte als der durchschnittliche. Als Ersatz hat er dann, um auf der behaupteten Einsparung von 20 Millionen beharren zu können, die weitere Behauptung aufgestellt, Leichtzüge brauchten 35 % weniger Fahrzeit als schwere, also auch 35 % weniger Personalkosten; das könne wohl 20 Millionen ausmachen. Diese 20 Millionen sollen auf 6 Millionen Zugkilometer erspart werden, macht für jeden Zugkilometer Fr. 3.33 oder etwa das Dreifache dessen, was die Kosten der Verzinsung und Amortisation des Anschaffungswertes, des Unterhaltes des Rollmaterials, des Fahrpersonals und der elektrischen Energie für den Lokomotivzug von 200 t pro Zugkilometer ausmachen! Es ist diesem Fachmann nicht zu verübeln, dass er nicht rechnen kann, denn das ist nicht sein Fach, da er alle Schuld am Geschäftsgang der SBB den Ingenieuren zuschreibt, also offenbar nicht zu dieser Zunft gehört. Als in der Praxis stehender Eisenbahnfachmann hätte er aber wissen müssen, dass Kürzungen der Reisezeit in diesem Ausmass nicht durch den Uebergang zum Leichtverkehr erzielt werden können, sondern nur durch Fahrplanreformen, die, wenn überhaupt, dann ebensogut mit Lokomotivzügen durchführbar sind. Dass die von ihm vorgeschlagenen 40 Doppelleichttriebwagen neue Betriebskosten für Kapital von jährlich 1½ Millionen Franken erfordern, hat er ganz vergessen. In seiner Praxis spielen Kapitalkosten offenbar keine Rolle. Hier genüge die Fest-

stellung, dass das vorgeschlagene Vorgehen nicht Ersparnisse, sondern bedeutende Mehrkosten im Gefolge hätte, denen *keine Mehrleistungen* gegenüberstünden. Im Gegenteil, über jeden der sechs Millionen durch Leichtzüge ersetzten Zugkilometer führen höchstens die Hälfte der Sitzplätze, und für Gepäck und Post wäre kaum der nötige Platz vorhanden. Wir haben es somit mit einem typischen Beispiel zu tun dafür, wie heute jeder glaubt, auch wenn er nur «Fachmann» ist, berufen zu sein, in allen Dingen mitzusprechen, und die unzufriedene Menge glaubt *ihm*, statt den wirklich Berufenen Vertrauen zu schenken.

Das Problem reizt, wie man sieht, zu allgemeinen Betrachtungen über die Auflockerung ohne Beziehung zum elektrischen Betrieb, also zur Abschweifung vom Thema: *Was kann die Elektrifikation beitragen?* So interessant und aktuell es wäre, ich werde vermeiden, mehr als nötig Gebiete zu betreten, die zwar gegenwärtig jedermann beschäftigen, aber ausserhalb der besonderen Interessensphäre des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins liegen.

Immerhin muss noch darauf hingewiesen werden, dass die Auflockerung des Personenzugfahrplans ein verhältnismässig kleines Teilproblem des Bahnbetriebes und der Eisenbahnwirtschaft ist. Für Hauptbahnen ist bekanntlich der geschäftlich interessantere Teil der Güterverkehr. Noch sind wir nicht so weit, dass eine Auflockerung des Güterfahrplans allgemeines Bedürfnis wäre oder von der meisterlosen Mode auch ohne Bedürfnis gefordert würde. Da die Eisenbahn zum Zwecke erfunden wurde, möglichst grosse Lasten in geschlossenen Zügen mit Traktionsmitteln von grosser Zugkraft zu fördern, weil dies neben der Schiffahrt die billigste Transportart ist und stets bleiben wird, so muss auch die elektrifizierte Bahn über die hiefür nötigen und geeigneten Triebfahrzeuge, die schweren Lokomotiven, verfügen. Vom Personenverkehr sind sodann auszuscheiden: der Fernschnellverkehr, das sind die internationalen Schnellzüge, und der Berufsverkehr oder Vorortsverkehr grosser Geschäftszentren. Beide Verkehrsarten sind von Natur aus Schwerverkehr und werden es bleiben, die internationalen Züge wegen ihrer Gebundenheit an die Anschlüsse in den internationalen Knotenpunkten und Häfen und wegen der für Fernreisen nötigen Bequemlichkeiten, Schlaf- und Speisewagen usw., die Vorortszüge wegen ihrer zeitlichen Gebundenheit an die Geschäftsstunden.

Ein wesentlicher Teil des Personenverkehrs erfordert somit ebenfalls schwere Triebfahrzeuge. Für die Auflockerung bleibt ein verhältnismässig kleiner Teil des Personenverkehrs übrig. Der Auflockerung dieses Restes sind durch die Inanspruchnahme der Bahnanlagen für den nicht auflösbaren Schwerverkehr Grenzen gesetzt, besonders zu den Zeiten des Geschäftsverkehrs und des Verkehrs von Schnellzuggruppen an den Knotenpunkten, die keine zeitliche Verschiebung erlauben.

Die Verachtung, mit der gewisse Fanatiker heute die schweren Lokomotiven behandeln, ist daher unberechtigt, und zwar ganz besonders beim elektrischen Betrieb. Denn die elektrische Lokomotive hat den besondern Vorzug, sich ebensogut für schwersten wie für leichtesten Verkehr zu eignen. Nichts stünde z. B. im Wege, weder technisch noch wirtschaftlich, einen Personenzug mit nur 100 Sitzplätzen mit einer Gotthard-Doppellokomotive im Fahrplan eines Leichttriebwagens zu führen, wenn in der betreffenden Zeit gerade keine besser passende Leistung für sie vorhanden ist, während kein Leichttriebwagen zur Verfügung steht. Deshalb ist es vorteilhaft, die Auflockerung des Personenzugfahrplans auf dem elektrifizierten Netz in erster Linie mit Ausnützung der vorhandenen Triebfahrzeuge, Lokomotiven und schweren Motorwagen, zu bewerkstelligen. Auf nicht elektrischen Linien ist die Fahrplanverdichtung ohne neue Triebfahrzeuge passender Bauart weniger wirtschaftlich.

Wenn die Bundesbahnen dennoch leichte elektrische Triebwagen und Triebzüge anschaffen, so sind dafür mancherlei Gründe vorhanden, teils solche propagandistischer Art, teils Rücksichten auf rechtzeitige Vorbereitung für das hoffentlich bevorstehende Bedürfnis, die Triebfahrzeuge zu vermehren, teils heute schon bestehende Bedürfnisse und anderes mehr. Dagegen ist kein Anlass vorhanden, sich von der in Zeitungsartikeln anzutreffenden Leichtwagen-Psychose anstecken zu lassen. *Die Fahrplanauflockerung führt zum Leichtverkehr, nicht umgekehrt.* Die Schweiz. Bundesbahnen waren meines Wissens die ersten in Europa, wahrscheinlich überhaupt, welche, sobald die technischen Voraussetzungen zum Bau leichter elektrischer Triebwagen für grosse Geschwindigkeiten geschaffen waren, im Jahre 1933 den Bau *elektrischer* Leichttriebwagen in Angriff nahmen. Der oft gehörte Vorwurf, man habe damit ungebührlich lange gewartet, ist somit unbegründet.

Ich habe erwähnt, dass der Transport grosser Lasten in geschlossenen schweren Zügen die billigste Transportart sei und stets bleiben werde. Folglich ist die Auflockerung mit Kosten verbunden, doch hofft man, damit auch die Einnahmen günstiger zu gestalten. Der Vollständigkeit halber müsste also noch von den Kosten der Auflockerung die Rede sein. Wie schon bemerkt, ist beim elektrischen Betrieb der Einfluss der Auflockerung auf die Kosten geringer als bei andern Traktionsarten, besonders wenn bahneigene Kraftwerke vorhanden sind. Darüber hinaus hat diese Kostenfrage zur Elektrifikation keine Beziehung und gehört deshalb nicht zum Thema. Immerhin möchte ich, um Sie nicht ganz ohne Zahlen zu lassen, folgendes mitteilen:

Die Kosten für Kapital, Unterhalt, Triebkraft, Personal und Verschiedenes, d. h. die veränderlichen Kosten ohne die festen für Stationsdienst, Bahnunterhalt und Verwaltung, betragen *für 100 Sitzplatz-Kilometer* für einen Lokomotivzug mit ca. 480 Plätzen 37 Rp., für einen Leichttriebzug

von 3 Wagen 50 Rp., für einen Einzelleichttriebwagen 74 Rp. Zur Beförderung von beispielsweise ca. 250 Reisenden in einem nur zur Hälfte besetzten Lokomotivzug entstehen Kosten von der angegebenen Zusammensetzung im Betrage von ca. 70 Rp. pro Reisenden und 100 km, bei Beförderung der gleichen Reisendenzahl in Einzeltriebwagen oder in Leichttriebzügen zu 3 Wagen betragen die betreffenden Kostenteile ca. 85 Rp. pro Reisenden und 100 km. Um Parität zu erreichen, müssten bei diesem Beispiel in den Leichttriebwagen oder Triebzügen 20 % mehr Reisende geführt werden. Hoffen wir, die Auflockerung bringe diesen Zuwachs. Das Beispiel darf natürlich nicht verallgemeinert werden, jedes andere gibt wieder andere Zahlen, bald günstigere, bald weniger günstige für die Auflockerung.

Meine Herren! Meine Ueberlegungen haben mich zum Schlusse geführt, dass die Elektrifikation zur Auflockerung, Beschleunigung und Verbesserung des Betriebes der Bahnen nicht so viel beitragen kann, wie vielleicht landläufig geglaubt wird. Es hat mich aber gefreut, feststellen zu können, dass auch bei zurückhaltendster Betrachtungsweise manches zu gunsten der elektrischen Traktion zu erwähnen blieb. Vermutlich wäre noch mehr zu finden, wenn man weiter suchte, und wir dürfen uns in der Schweiz immer wieder darüber freuen, dass der grosse Schritt der Elektrifikation der wichtigsten Teile des Bahnnetzes getan wurde. Der Schweiz. Elektrotechnische Verein, der die Vaterschaft dafür beansprucht, kann dazu auch heute wieder beglückwünscht werden.

Nachschrift des Referenten.

In den vorstehend wiedergegebenen Ausführungen wurden die im Diskussionsthema gestellten Fragen ausschliesslich nach allgemeinen Gesichtspunkten betrachtet. Die Anwendung der Beurteilung auf bestimmte Fälle ohne zusätzliche fachmännische Ueberlegungen auf Grund der Besonderheiten des Falles könnte zu Fehlschlüssen führen. So ist beispielsweise, wie in der Diskussion mit Recht bemerkt wurde, für Zahnradbahnen, wie übrigens auch für Adhäsionsbahnen mit vorwiegend grossen Steigungen, das Gewicht der motorischen Ausrüstung der Fahrzeuge von grosser Bedeutung für die erreichbaren Fahrgeschwindigkeiten und besonders für die Wirtschaftlichkeit. Keine Antriebsart, bei der die Energie im Triebfahrzeug selbst entwikkelt wird wie bei der Traktion mit Dampf- oder Verbrennungsmotoren, kann in dieser Hinsicht mit der elektrischen Traktion konkurrieren, bei der die Energie ausserhalb des Fahrzeuges erzeugt und diesem durch den Fahrdraht zugeführt wird. Wenn gar eine Zahnradbahn Bestandteil eines grossen elektrifizierten Bahnnetzes mit eigenen Kraftwerken ist, die die Energie für die Zahnradstrecke ohne Erweiterung abgeben können, wie es z. B. für die *Brünigbahn* der Fall wäre, dann kann die Elektrifikation zur Verbesserung des Fahrplans durch Beschleunigung und wenn nötig Auflockerung des Verkehrs unter vorteilhaften wirtschaftlichen Bedingungen in einem Masse beitragen, das weder durch Modernisierung der Dampftraktion noch durch Einführung einer andern Traktionsart erreichbar wäre. Aehnliches gilt für den besondern Fall der *Ausdehnung* der Elektrifikation eines grossen elektrifizierten Netzes mit eigenen Kraftwerken auf einzelne, zur gleichen Bahnverwaltung gehörende Anschluss- oder Zwischenstrecken mit Dampfbetrieb. In derartigen Fällen ist die Elektrifikation wegen der mit geringen Mitteln erzielbaren grösseren Ausnützung bestehender Anlagen und Betriebsmittel von allen Massnahmen zur Verbesserung des Betriebes die wirtschaftlichste.

Der Vollständigkeit wegen sei bemerkt, dass im Referat der für die Schweiz so wichtige Umstand absichtlich übergangen wurde, dass durch die Elektrifikation die Unabhängigkeit von fremden Energiequellen erzielt wird. In einer allgemeinen, nicht speziell schweizerische Verhältnisse berücksichtigenden Betrachtung der im Diskussionsthema gestellten Fragen konnten solche Momente nicht Berücksichtigung finden.

Der **Vorsitzende:** Ich danke Herrn Obermaschineningenieur Müller für seine sehr interessanten, uns zum Teil überraschenden Darlegungen. Ich habe erst im Verlaufe des Vortrages bemerkt, dass offenbar der Titel für unsere heutige Diskussionstagung von mir nicht genügend scharf abgefasst wurde. Wir hatten natürlich nicht die Absicht, mit unserer heutigen Diskussionstagung eine Systemfrage aufzurollen, wie dies im Vortrag von Herrn Müller zum Ausdruck kam. Wir beabsichtigten also nicht, einen Vergleich zu ziehen zwischen Dampfbetrieb und elektrischem Betrieb, sondern wir hatten restlos nur die Absicht, und das war die einzige, die uns interessierte, festzulegen, was für Möglichkeiten bei bereits elektrifizierten Bahnen dank der Elektrifizierung bestehen, um einen Teil des auf die Strasse abgewanderten Verkehrs wieder zurückzugewinnen, ähnlich wie ich dies in meinen einleitenden Worten schon zum Ausdruck brachte.

Aus dem Vortrag von Herrn Müller habe ich persönlich nur einen Punkt herausgelesen, der durch die Elektrifikation in bezug auf das von uns angeschnittene Thema einen Gewinn bringt und das ist, wenn ich recht verstanden habe, die grössere Möglichkeit, rasch viele und kleine Zugsgruppen zu bilden.

Da ich noch eine ganze Anzahl massgebender Vertreter der SBB in unserem Kreise sehe, möchte ich die Herren bitten, noch etwas beizutragen, um die Fragen zu berühren, die wir mit unserem Thema anschneiden wollten. Ich eröffne die Diskussion.

IV.
Diskussion.

Herr **Generaldirektor Etter,** SBB, Bern: Für die Bundesbahnen stellt sich eigentlich die Frage, ob Dampf oder elektrischer Betrieb, heute nicht mehr. Wir befördern gegenwärtig 88 % aller Güter und Personen durch die elektrische Traktion. Wir haben uns also für den elektrischen Betrieb entschieden. Für uns ist heute die aktuelle Frage die, wie der abgewanderte Verkehr zurückgewonnen werden kann. Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten. Die einen emp-

fehlen komplette Auflockerung des Fahrplanes und stellen sich darunter irgend etwas vor. Ich habe aber noch nicht gesehen, dass es diesen Leuten klar gewesen ist, was sie damit erreichen. Die Befürworter der Auflockerung des Fahrplanes gehen offenbar von der Erwägung aus, dass durch das Aufkommen des Strassenfahrzeuges (Auto) ein Bedürfnis des Publikums nach vermehrten und schnelleren Veränderungsmöglichkeiten von Ort zu Ort entstanden ist. Auch wir können uns der Tatsache nicht verschliessen, dass die Bedürfnisse des Publikums sich gewandelt haben. Die Bahnen müssen sich diesen veränderten Verhältnissen anpassen, aber kann dies durch blosse Auflockerung des Fahrplanes geschehen? Herr Oberingenieur Müller hat bereits dargelegt, dass uns der Kilometer Sitzplatz beim aufgelockerten Verkehr, den wir mit leichten Fahrzeugen, Einzeltriebwagen, Triebwagenzügen oder leichten Zügen durchführen können, wesentlich teurer zu stehen kommt als bei schweren Zügen. Dies ist ohne weiteres erklärlich. Auch ein privater Autobesitzer, der über 10-, 5- und 2-t-Wagen verfügt, besorgt, wenn er 10 t zu befördern hat, diesen Transport mit einem 10-t-Wagen und nicht mit fünf 2-t-Wagen. Man würde ihn einen unvernünftigen Geschäftsmann nennen, wenn er anders handelte. Wenn die Post 60 Personen zu befördern hat, so nimmt sie eben 2 Wagen zu 30 Personen, weil dies billiger ist, und nicht eine Anzahl kleinerer Wagen. Man findet dies ganz in der Ordnung. Zur Ergänzung der Ausführungen von Herrn Müller sei noch folgendes Beispiel erwähnt:

Wenn wir 480 Personen von Zürich nach Bern zu befördern haben, so können wir diesen Transport mit einem mittelschweren Zug ausführen. Wenn wir aber diesen Transport auflösen wollten, so würden wir hiezu 7 Leichttriebwagen benötigen. Da man nur auf Stationsdistanz fahren kann, müsste für die Zugfolge die grösste Stationsdistanz massgebend sein (Burgdorf-Wynigen), wo 7 Minuten Abstand nötig sind. Hiezu kommt noch die Zeit für die Rückstellung des Einfahrsignals in Wynigen, die Rückblockung des Zuges, die Oeffnung des Ausfahrtssignals in Burgdorf, so dass sich die Leichttriebwagen im besten Fall in einem Zeitabstand von 10 Minuten folgen könnten. Es würde somit für die genannte Personenzahl ein Zeitaufwand von einer Stunde benötigt. Während dieser Zeit wäre das Geleise vollständig besetzt; es wäre kein Schnellzug oder Güterzug in derselben Richtung möglich. Ein Personenzug für 480 Personen erfordert an Personal 3 bis 4 Mann (ein Lokomotivführer und 2 bis 3 Mann Zugspersonal). Die 7 Leichttriebwagen benötigen aber 7 Chauffeure und 7 Mann Bedienung, also 14 Mann für die gleiche Reisendenzahl. Ferner ist zu beachten, dass ein Zug von Zürich nach Bern vom Stationspersonal, Barrierenpersonal usw. 162 Betätigungen erfordert; bei 7 Zügen wären es somit 1134 solcher Betätigungen. Daraus ergibt sich ohne weiteres, dass die Auflockerung nicht billiger, sondern wesentlich teurer ist. Wie verhält es sich nun aber für die gleiche Personenzahl beim Auto? Hiefür würden z. B. 16 Wagen zu 30 Personen benötigt, die alle fast gleichzeitig am Bestimmungsort ankommen, weil sie sich auf sehr kurze Distanz folgen können, während der Bahntransport über eine Stunde erfordert. Somit ist die Bahn beim Leichttransport der Strasse gegenüber im Nachteil.

Es zeigt sich immer mehr, dass die Bahn stark ist für den Schwerverkehr und vielleicht auch beim Schnellverkehr, dass sie aber bei kleinen Transporten im Nachteil ist. Aus dieser Feststellung soll nicht ohne weiteres geschlossen werden, dass alles bleiben soll, wie es heute ist. Wir wollen eine gewisse Auflockerung und bessere Anpassung der Fahrgelegenheiten an die Bedürfnisse, aber wir wollen jedes Bedürfnis so befriedigen, wie es dem Reisenden am besten passt und wie es wirtschaftlich am besten durchführbar ist. Herr Müller hat auch darauf hingewiesen, dass gewisse Verkehrsarten eine Auflockerung nicht ertragen würden, wie z. B. der Vorortsverkehr. Es ist sodann festzuhalten, dass die Ausnützung der Fahrzeuge beim Leichtverkehr viel geringer ist als beim Schwerverkehr. Eine schwere Lokomotive wird eine viel grössere Tagesleistung erreichen als ein Leichtfahrzeug. Auch mit Motorwagen ist es nicht möglich, eine gleiche Tagesleistung wie mit Lokomotiven zu erreichen, weil die Motorwagen für gewisse Tageszeiten und besondere Bedürfnisse nicht genügen würden. Wenn Leichttriebwagen mit ihren Kursen in Tageszeiten hineinkommen, wo grosser Andrang herrscht, ist mit ihnen nichts anzufangen. Sie stehen in diesen Zeiten still, während ein leistungsfähigeres Fahrzeug auch in diesen Zeiten weiter arbeitet. Das Problem liegt somit nicht in der Auflösung des Zugsverkehrs allein, sondern es ist das Heil in der möglichsten Anpassung zu suchen. So werden wir schwere, mittelschwere und leichte Züge ohne Nebenaufgaben und solche mit beschränkten und vollen Nebenaufgaben sowie Leichttriebwagen benötigen und sie so verwenden, dass jedes Vehikel gut ausgenützt ist. Es kann vielleicht damit gerechnet werden, dass durch die Verbesserung der Verbindungen auf dem Schienenwege ein kleinerer Teil des heutigen Strassenverkehrs zurückgewonnen werden kann. Ein gewisser Verkehr ist und bleibt uns durch die Konkurrenz auf der Strasse verloren. Es ist auch möglich, dass der Gesamtverkehr in besseren Zeiten wieder steigt. Aus dieser Vermehrung der Reisendenzahl wird auch der Bahn etwas zufallen, wenn sie sich den Bedürfnissen anzupassen weiss.

Die Bahnen sind dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein dankbar, dass er ihnen Gelegenheit gegeben hat, hier vor Ihrem sachverständigen Forum ihre Ansichten auseinanderzusetzen. In anderen Versammlungen ist es schwerer, weil man es oft mit Leuten zu tun hat, die mit voreingenommenen Meinungen erscheinen und glauben, wir bei der Bahn seien immer noch im Mittelalter des Verkehrs.

Der **Vorsitzende:** Ich danke Herrn Generaldirektor Etter für seine ergänzenden Bemerkungen zum Vortrag von Herrn Obermaschineningenieur Müller.

Herr Generaldirektor Etter hat zwar eine ganze Anzahl der von mir angeschnittenen Fragen berührt, jedoch ohne eine der gestellten Fragen positiv zu beantworten. Es ist ja sehr wohl verständlich, dass eine restlose Abklärung nicht so einfach ist, aber man dürfte vielleicht doch denken, dass, solange man das Ganze nur technisch betrachtet, eine Antwort möglich sein sollte. Wir würden es von uns aus gerne sehen, wenn wenigstens noch die Punkte herausgeschält werden könnten, bei denen der Techniker durch seine Mittel helfen könnte, das von uns angestrebte Ziel der teilweisen Rückwanderung des Verkehrs von der Strasse auf die Schiene zu ermöglichen. Die Fragen habe ich in meinen Eingangsworten ja ziemlich klar herausgehoben. In der Diskussion möche ich an und für sich alles vermeiden, was der Besprechung einer Systemfrage gleichkäme.

Herr **Leyvraz**, Ingenieur der Visp-Zermatt-Bahn, Visp, kommt auf die Schlussfolgerung von Herrn Obermaschineningenieur Müller zurück, wonach die Elektrifizierung der Bahnen nichts zur Beschleunigung des Verkehrs beigetragen habe, dass die nämlichen Geschwindigkeiten auch mit Dieselmotoren oder Dampftraktion erreicht werden können. Herr Leyvraz bemerkt, dass diese Feststellung für das Flachland zutreffend sein möge, auf Gebirgsstrecken dagegen seien die Verhältnisse anders. Er erwähnt als Beispiel die Möglichkeiten der elektrifizierten Visp-Zermatt-Bahn, wo bei einer Steigung von 125 ‰ und einer 47-t-Maschine und 80 t Anhängelast eine Geschwindigkeit von 22 km/h erzielt wird, während mit den Dampflokomotiven, allerdings noch älteren Modells, mit 42 t Anhängelast noch 7 bis 8 km/h erreicht werden können. Bei der Verwendung von neueren Dampflokomotiven von 42 t der Furka-Oberalp-Bahn werden bei einer Anhängelast von 50 t nur 11 bis 12 km/h erreicht. Mit den um 5 t schwereren elektrischen Lokomotiven können bei Erreichung der gleichen Geschwindigkeit von 22 km/h 4 Vierachser-Personenwagen mehr mitgeführt werden als bei der Dampftraktion. Diese Leistung kann auch mit einer Diesel-Lokomotive nicht erreicht werden. Es ist auch zu sagen, dass z. B. bei der Brünig-Linie die Elektrifizierung eine bedeutende Beschleunigung bringen wird. So trägt also die Elektrifizierung zur Beschleunigung des Verkehrs doch etwas bei, besonders auch bei der Gotthard-Linie.

Die Furka-Oberalp-Bahn besitzt 2 Benzin-Motorwagen mit 32 Sitzplätzen. Diese Wagen bieten jedoch heute noch verschiedene technische Schwierigkeiten, trotzdem während 7 bis 8 Jahren Verbesserungen getroffen worden sind. So ist z. B. deren Verwendung bei einer Temperatur von —20° nicht

mehr möglich. Auch die Verwendungsbeschränkung beim Güterverkehr, bei Tiersendungen, Holztransporten, oder bei grösserer Frequenz ist nachteilig; beispielsweise muss eine Dampflokomotive in Reserve gehalten werden.

Herr **Schuler**, beratender Ingenieur, Zürich, nimmt Bezug auf die Bemerkung von Herrn Generaldirektor Etter, dass das Wort «Auflockerung» ein Schlagwort sei und möchte seinerseits dafür sorgen, dass dieses Schlagwort aus unserem Fachkollegium verschwindet. Der Fahrplan der Schweiz unterscheidet sich wesentlich von demjenigen des Auslandes, weil wir neben einem Gerippe von Schnellzügen und dazwischenliegenden Personenzügen noch ein ausgedehntes Gerippe von internationalen Schnellzügen haben, die wir nicht «auflockern» können. Diese Schwierigkeit haben andere Länder nicht in dem Masse. Mit der vorgesehenen Einführung der Städteschnellzüge wird ein wesentlicher Schritt im Sinne der Auflockerung des Schnellzugsverkehrs getan. Dies hat aber zur Folge, dass der Lokalverkehr mehr als bisher entsprechend eingerichtet werden muss, in dem Sinne, dass die Haltestellen der Schnellzüge besser und genauer bedient werden, so dass man die Möglichkeit hat, diese raschen Züge weitgehend zu benützen. Dass man den Vorortsverkehr nicht auflockern kann, ist selbstverständlich, weil hier die Geschäftszeiten massgebend sind. Die Vorortsverkehrfahrpläne weisen aber immer noch die Eigentümlichkeit auf, dass zwischen den Geschäftszeiten Fahrpausen von ½ Stunde, 1 Stunde und mehr vorhanden sind. Ein weiterer schwieriger Punkt sind die Nebenstrecken. Hier verkehren verhältnismässig wenig Züge, weil auch wenig Verkehr vorhanden ist. Wenn hier Auflockerung gefordert wird, so ist es von denjenigen, die auf solchen Nebenstrecken 2 bis 3 Stunden warten müssen. Hier könnte vielleicht mit dem Motorwagenbetrieb etwas gemacht werden, viel ist aber kaum möglich, weil eben der Verkehr an und für sich zu klein ist. In diesen Fällen ist das Auto absolut im Vorteil, denn wenn an 2 bis 3 Orten an Nebenlinien Geschäften nachgegangen werden muss, so braucht man mit der Bahn einen ganzen Tag, während man mit dem Auto in wenigen Stunden zum Ziel kommt. Auf den ersten Blick erscheint das Programm von Herrn Generaldirektor Etter mit der Verschiedenartigkeit der Züge etwas kompliziert, aber es ist vielleicht doch die beste Möglichkeit, diejenigen Leute auf die Bahn zurückzubringen, die jetzt wegen der Zeitersparnis mit dem Auto von ihr abgegangen sind.

Zur Bemerkung von Herrn Obermaschineningenieur Müller wegen der Geschwindigkeiten der elektrischen Lokomotiven im Vergleich zu denen der Dampflokomotive und der Dieselwagen ist zu sagen, dass die ersten elektrischen Lokomotiven der Gotthardbahn nur eine Geschwindigkeit von 75 km/h entwickelten, weil eben für die Strecke Erstfeld-Bellinzona nicht mehr verlangt wurde. Erst als man dazu kam, auch andere Strecken zu elektrifizieren, war das Bedürfnis nach schnelleren Lokomotiven sofort vorhanden und konnte auch sofort befriedigt werden. Es war aber noch kein Grund vorhanden, über das hinauszugehen, was mit der Dampflokomotive nicht auch hätte erreicht werden können, denn damals hielt man es noch nicht für nötig und auch nicht für sicher genug, über 90 bis 100 km/h zu gehen. Dass man das, was heute die besten Dampflokomotiven leisten, ohne weiteres auch mit elektrischen vollbringen kann, ist selbstverständlich. Ein ganz wesentlicher Vorteil der elektrischen Traktion wurde von Herrn Müller nicht erwähnt, nämlich der, dass die elektrischen Fahrzeuge an den Endstationen nicht umgewendet werden müssen und sofort wieder zu jeder weitern Fahrt bereit sind.

Herr **E. Schroeder**, Ingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden: Zwei Dinge sind es, die das Leben unseren Bahnen zur Zeit besonders schwer machen: Das Auto und die Krise. Die Krise wird, wenigstens zum Teil, so hoffen wir, vorübergehen. An den Teil, der bleibt, wird man sich anpassen müssen, auch die Bahnen, durch Abschreibung untergegangener Werte und durch Anpassung an das neue Verkehrsvolumen unter möglichster Verbilligung der Transporttaxen. Das Auto ist ein Produkt der Technik, und zwar ein äusserst geschicktes und raffiniert gebautes Produkt; es bekämpfen, ist falsch. Das Auto wird niemals das Ende der Eisenbahn bedeuten. Beide Verkehrsmittel haben auch in Zukunft ihre Existenzberechtigung. Es mag deshalb gestattet sein, einige Vergleiche zu ziehen zwischen Bahn und Auto.

Gewichte: Das Automobil mit thermischem Motor ist ein Selbstfahrer. Es bedarf, wie das Dampffahrzeug, keines Kraftwerkes, keiner Leitungen und Unterwerke. Es führt seinen Energiebedarf im Brennstoffbehälter mit sich.

Ein Automobil für 4 Personen wiegt 800 bis 1200 kg. Das macht bei voller Besetzung pro Person im Mittel 250 kg Tara. Ein Automobil für 6 Personen hat ein Gewicht von ca. 1500 bis 1800 kg oder, bei voller Besetzung, eine Tara von 250 bis 300 kg pro Person. Mit weniger als einer Person kann das Auto überhaupt nicht besetzt sein. Es wiegt dann im Maximum pro Kopf 1000 bis 1650 kg für 4- oder 6plätzige Wagen. Es wird also bei einer mittleren Besetzung mit 2 oder 3 Personen 500 bis 600 kg pro Reisenden wiegen.

Unser Leichttriebwagen ist nicht ein leichtes Fahrzeug im absoluten Sinne, sondern lediglich im Vergleich zu seinen Kollegen, die 50 bis 75 t wiegen. Der SBB-Leichttriebwagen wiegt 32 t bei 70 Sitz- und 30 Stehplätzen, total 100, d. h. pro Platz 320 kg oder pro Sitzplatz 460 kg bei voller Besetzung.

Ein vierachsiger Personenwagen der SBB, nicht Leichtbauart, aber neuester Konstruktion, wiegt rund 500 kg pro Platz, wenn er vollbesetzt ist. Wenn er halbbesetzt ist, so steigt diese Zahl auf 1000, bei Viertelbesetzung auf 2000 kg.

Ein Zweitklasswagen wiegt gegen 1100 kg pro Sitzplatz. Ein Schlafwagen zeigt eine Tara von 56 t bei 24 Plätzen, 2330 kg pro Platz. Ein amerikanischer Pullmanwagen schliesslich wiegt etwa 75 t bei etwa 60 Sitzplätzen, also etwa 1240 kg pro Passagier.

Zu einem Personenzug gehören mindestens noch ein Gepäckwagen mit ca. 18 t Tara und eine Lokomotive mit meist über 100 t Gewicht. Rechnet man das Taragewicht des ganzen Zuges pro effektiv zu befördernden Reisenden pro Jahr, so wird man im Mittel zu einer Zahl kommen, die zwischen 5 und 10 t liegt. Nimmt man an, sie sei 7,5 t, genau ist sie nicht zu bestimmen, da sie statistisch nicht erfasst wird, so ergibt sich, dass auf der Bahn ungefähr 13,5mal mehr Taragewicht pro Reisenden befördert wird als beim Auto und etwa das 100fache des Gewichtes des Reisenden selbst, der mit 75 kg eingeschätzt werden soll. Eine Ameise soll imstande sein, das 5- bis 7fache ihres Eigengewichtes zu schleppen, während auf der Bahn das 100fache des Personengewichtes aufgewendet werden muss, um Menschen sicher und zuverlässig über eine sorgfältig präparierte, nach allen Seiten geschützte Bahn zu befördern. Die Steuerung der Fahrrichtung übernehmen die Schienen und die Weichen. Bedeutendere Linien sind durchwegs zweispurig angelegt, so dass der Verkehr nur in einer Richtung auf einem Geleise sich abwickeln kann. Jeder Zug ist durch ein raffiniert ausgedachtes Signalsystem auf seiner Fahrt sorgfältig geschützt; Unfälle und selbst Ueberraschungen können normalerweise überhaupt nicht vorkommen, weil der Lokomotivführer stets genau weiss, was vor ihm liegt und was vor ihm geschieht.

Beim Auto ist das alles ganz anders. Das Führerpersonal ist viel weniger sorgfältig ausgesucht und auf seinen Beruf vorbereitet als bei der Bahn und es betreibt seinen Beruf in den meisten Fällen sogar nur im Nebenamt. Dafür steht ihm jede Stadt- und Landstrasse zur Verfügung; ob gut oder schlecht, bekannt oder unbekannt, muss der Fahrer den Wagen in seiner Richtung und in seiner Geschwindigkeit steuern unter viel schwierigeren, ihm zum Teil völlig unbekannten, jeden Moment wechselnden Verhältnissen. Er muss ständig auf alle möglichen Zwischenfälle oder Ueberraschungen augenblicklich reagieren, seine psychische Inanspruchnahme ist grösser.

Dazu kommt, dass der heutige Eisenbahnbetrieb rund 100 Jahre alt ist, das Auto in seiner vollen Entwicklung vielleicht 25 Jahre hinter sich hat. Es stehen diesem jedenfalls noch andere Entwicklungsmöglichkeiten bevor als der Bahn.

Die enormen Transportgewichte, die bei der Bahn durchwegs in hochwertigem, teurem Material angelegt sind, sind, beiläufig gesagt, gar nicht bezahlt, sondern wir sind sie noch fast 100 % schuldig. Dieses Material muss unterhalten wer-

den, es sollte amortisiert und erneuert werden. Bei der Raschlebigkeit unserer Zeit werden solche Anlagen bald unmodern und sie sollten durch moderne Wagen ersetzt werden können. Dagegen steckt die Bahn immer wieder für kostspielige Revisionen und Auffrischungen schweres Geld in das alte und überaltete Rollmaterial, das dabei immer unmoderner wird.

Wenn man Tausende von kWh elektrischer Energie aufgewendet hat, um den viel zu schweren Personenzug auf einen Berg zu bringen, z. B. den Gotthard, dann verwenden wir die in den Zug gesteckte potentielle und kinetische Energie, die auf der Talfahrt wieder frei wird, dazu, um kostbares Material, wie Radbandagen, Bremsklötze und Schienen abzuschleifen. Der Rest geht in Form von Wärme und Geräusch in die Luft, so dass von Oekonomie keine Rede sein kann. Das ist im Prinzip beim Auto nicht anders, aber in seinen Auswirkungen wegen der wesentlich geringeren Tara eben doch bedeutend weniger schlimm. Dass es unter diesen Umständen nicht als eine Vermessenheit gelten kann, Leichttriebwagen zu konstruieren, liegt auf der Hand. Dies ist im Gegenteil eine nationale Pflicht.

Geschwindigkeit. Unsere SBB-Leichttriebwagen Nr. 201-206 besitzen eine nominelle Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h. Die Höchstgeschwindigkeit für elektrische Schnellzugslokomotiven wird jetzt in der Schweiz auf 110 km/h angesetzt. Für die Dreiwagenzüge, die am 15. Mai 1937 in Betrieb kommen sollen, beträgt sie 150 km/h. In Deutschland wurden Triebwagenzüge für 160 km/h Höchstgeschwindigkeit gebaut und sind bereits im Betrieb. Einzelne neue Schnellzugslokomotiven werden dort für 180 km/h Höchstgeschwindigkeit vorgesehen. Der Rekord für elekrische Züge auf der Bahn steht auf 210 km/h, der in den Jahren 1901—03 auf der Strecke Marienfelde-Zossen bei Berlin mit einem Versuchszug der AEG erreicht wurde.

Fast jedes bessere Personen-Automobil kann auf freier Bahn jederzeit eine Maximalgeschwindigkeit von über 100 km/h erreichen. Der Rekord steht, glaube ich, heute auf gegen 500 km/h. Steigungen nimmt das Auto bis zur Grössenordnung von 10 bis 25 % gegenüber 25 bis 35 ‰ im Maximum bei Vollbahnen, Kurven von 15 m Radius gegenüber 120 m bei der Bahn. Das Auto ist also auch in diesem Punkte der Bahn mindestens ebenbürtig, normale Verhältnisse vorausgesetzt.

Beschleunigung und Verzögerung. Für die Fahrt zwischen in kurzen Abständen sich folgenden Stationen nützt es nichts, die Triebfahrzeuge für möglichst hohe Fahrgeschwindigkeiten anzusetzen, wenn diese Höchstgeschwindigkeiten nicht in kürzester Zeit erreichbar sind und tatsächlich während längerer Zeit auch gefahren werden können, z. B. wegen vorhandenen Geschwindigkeitsbegrenzungen der Bahn selbst durch Brükken, Kurven usw., sonst wird die Reisegeschwindigkeit, und auf diese allein kommt es an, tief bleiben. Das ist für jeden Techniker ohne weiteres klar. Es heisst mit andern Worten: Die Anfahrbeschleunigung und die Bremsverzögerung müssen möglichst gross sein. Beim Leichttriebwagen der SBB werden wahrscheinlich die höchsten Werte aller SBB-Triebfahrzeuge erreicht. Die Anfahrbeschleunigung beträgt dort ca. 0,5 m/s², die Bremsverzögerung ca. 1,0 m/s². Wenn man z. B. mit einer Geschwindigkeit von 108 km/h fährt, so entspricht dies 30 m/s; zum Anfahren braucht man 60 s bei 900 m Anfahrweg, zum Bremsen 30 s bei 450 m Bremsweg.

Das Personenauto kann, normale Strassenverhältnisse vorausgesetzt, mit bis 5 m/s² Beschleunigung anfahren und mit über 6 bis 7 m/s² bremsen, d. h. die Anfahrzeit beträgt für die angegebene Geschwindigkeit 6 s, der Anfahrweg 90 m, die Bremszeit 5 s und der Bremsweg $5 \times 15 = 75$ m. Das sind Höchstwerte, aber ihr Wert ist gross. Er kann von der Bahn unter den gegenwärtigen Verhältnissen überhaupt nie erreicht werden. Der Grund liegt im grösseren Reibungskoeffizienten zwischen Gummireifen und Strasse gegenüber Radreifen aus Stahl und Schiene. Durch diese ist die max. Beschleunigungs-, bzw. Bremskraft bestimmt. Dazu kommt das kleinere Gewicht, die geringere Masse gegenüber den entsprechenden Werten der Bahn; beide sind für Beschleunigung und Verzögerung massgebend. Der Reibungskoeffizient auf der Bahn ist etwa 2,5mal kleiner als der zwischen Pneu und Strasse unter normalen Verhältnissen. Auf jeden Fall ist auch punkto Beschleunigungs- und Verzögerungsmöglichkeit das Auto der Bahn um ein Vielfaches überlegen.

Wenn man diese enormen Vorzüge rein technischer Natur, die das Personenauto gegenüber dem Personenverkehr auf der Bahn hat, sich unparteiisch vor Augen stellt, d. h. $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ des mittleren Taragewichtes pro Reisenden, ungefähr gleiche mittlere und maximale Geschwindigkeiten, 8- bis 10-fache Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerungsmöglichkeit, dazu die Freizügigeit des Autos, Haus- zu Haus-Verkehr, die grössere Möglichkeit des Dienstes am Kunden, die Fahrplangestaltung nach jedermanns Wunsch und Bedürfnis, in Rechnung stellt und in Vergleich setzt zur Bahn, die trotz ihrer bisherigen Monopolstellung durch gesetzgeberische Massnahmen und internationale Verpflichtungen und Normalisierungen gehemmt ist, die in Forderungen nach Sicherheit des Verkehrs zu übergrossen Materialaufwendungen geführt hat, dann sieht man, wie gross und wie gefährlich die Konkurrenz ist, die der Bahn im Personenauto entstanden ist.

Wenn wir Konstrukteure in Zusammenarbeit mit den SBB Leicht-Triebwagen und -Züge schaffen, so bedeutet dies nichts anderes als einen Beitrag und ein Mittel, um sich auf der technischen Seite zu wehren gegen die immer mehr aufkommende Autokonkurrenz. Der Leichttriebwagenverkehr strebt an, die drei Faktoren zu verwirklichen, welche die Zukunft der Bahn bedeuten: «Leichter, Rascher, Bequemer». Er wird zur Auflockerung, Beschleunigung und Verbesserung des elektrifizierten Bahnbetriebes am meisten beizutragen vermögen.

Es ist ausserordentlich verdienstlich und anerkennenswert, dass die leitenden Organe der Schweizerischen Bundesbahnen und anderer Vollbahnen in der Schweiz den Weg des Verkehrs mit Leichttriebzügen auf ihren elektrifizierten Einphasenlinien beschritten haben und weiter entwickeln. Sie sind die ersten Bahnen, die das getan haben. Diese Pionierarbeit muss dankbar anerkannt werden, speziell von seiten der mitarbeitenden Industrie. Weder in Deutschland noch in Frankreich, noch in den Vereinigten Staaten von Amerika wurden bis jetzt ähnliche Fahrzeuge entwickelt. Zu dem Verkehr mit Leichttriebzügen und zu den damit im Zusammenhang stehenden Bestrebungen gehört aber ein passender Fahrplan und der scheint mir heute noch zu fehlen.

Herr **H. Wüger**, Ingenieur der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Zürich, bemerkt, dass sich die Diskussion bisher ausschliesslich auf die Hauptbahnen bezogen habe, während es bei den Nebenbahnen ebenso wichtige Probleme der Verkehrsverbesserung gibt, die auch mit den Interessen der Elektrizitätswerke und damit dem SEV verknüpft sind. Wir haben sehr viele kleine Bahnen, die grosse Sorgenkinder sind und bei denen es vieles zu verbessern gäbe. Herrn Oberingenieur Müller ist beizupflichten, wenn er erklärt, dass die Elektrifizierung nicht das Alleinheilmittel sei. Eine Ueberprüfung der Fahrpläne zeigt, dass von 95 Kleinbahnen 58 Reisegeschwindigkeiten von unter 20 km/h und 37 Bahnen solche von 15 km/h und weniger aufweisen. Solche Geschwindigkeiten sind heute absolut ungenügend. Wenn diese Bahnen sogar noch elektrisch fahren, so liegt nicht darin der Grund für die geringen Geschwindigkeiten. Wir sollten durch intensive Zusammenarbeit zwischen den Bahnen, den Fabrikanten und den Werken etwas Besseres zu erreichen suchen und der SEV wäre berufen, diese Zusammenarbeit anzubahnen.

Bei den Kleinbahnen spielt die gesetzliche Beschränkung der Geschwindigkeiten eine grosse Rolle. Diese Schranken sind unbedingt bei zu tiefen Werten angesetzt. Sehr viele eingleisige Strassenbahnen verkehren auf schmalen Strassen, wobei das Geleise nicht in Strassenmitte, sondern seitlich liegt. Deshalb verkehren die Bahnwagen in der einen Fahrrichtung verkehrswidrig links. Dieser Umstand bildet neben andern Gründen ein Haupthindernis für die Bewilligung grösserer Geschwindigkeiten. Die Verhältnisse solcher Kleinbahnen können auf zwei Arten verbessert werden: Weg von der Strasse auf ein eigenes Trasse oder weg von der Schiene zum gleislosen Betrieb mit elektrischen Trolleybussen, oder, bei ganz schwachem Verkehr, mit Dieselautobussen. Es wäre

angezeigt, die Verhältnisse der Kleinbahnen bald und gründlich zu untersuchen. In vielen Fällen müssten dann die elektrischen Anlagen nicht beseitigt werden, sondern könnten zum grössten Teil in modernen, nützlichen Verkehrsanlagen weiter verwendet werden.

Der **Vorsitzende** schliesst die Sitzung in schon sehr später Mittagsstunde und bedauert ganz ausserordentlfich, dass durch den scheinbar unklaren Titel «Wie und was kann die Elektrifizierung zur Auflockerung, Beschleunigung und Verbesserung des Betriebes der Bahnen beitragen?» ein relativ unbefriedigendes Ergebnis in bezug auf das angesetzte Ziel herausgekommen ist. Es sind sicher sehr viele äusserst interessante Punkte bekanntgegeben worden, wenn auch nur wenige in direktem Zusammenhang mit unseren Fragen.

Herr Direktor Parodi konnte leider den deutschen Ausführungen nicht folgen; er wird seine Meinung nachträglich noch schriftlich bekanntgeben.

V.
Nachträge.

Referat [1])

von Herrn Reichsbahnoberrat **Mühl**, München.

Die Verkehrsteilung zwischen Schiene und Strasse bringt naturgemäss in bestimmtem Umfang eine Abwanderung von der Schiene mit sich. Die Eisenbahnen haben nicht mehr wie früher das Monopol im Verkehrswesen, sondern müssen bestrebt sein, durch Verbesserungen des Betriebes den Besitzstand des Verkehrs zu erhalten und müssen versuchen, verlorenen Verkehr zurückzugewinnen.

Diese Verbesserungen sind im allgemeinen nicht abhängig von der Betriebsform. Der elektrische Zugbetrieb hat jedoch, besonders in den bereits elektrifizierten Streckengebieten, den Vorteil, dass er durch die besonderen Vorzüge seiner Triebfahrzeuge in manchen Fällen mit geringeren Mehrkosten und grösserem Erfolg die erstrebte Verbesserung der Verkehrsbedienung erreicht, als es bei anderen Betriebsformen möglich ist.

Die Eisenbahnen machen zur Zeit durch den Einsatz von zahlreichen anderen Verkehrsmitteln ohne Zweifel eine scharfe Krise durch. Sie wird aber nicht zu ihrem Untergang führen, sondern nach einigen Jahren wird sich zwischen Schiene und Strasse ein Gleichgewichtszustand einstellen, der für die Schiene um so günstiger sein wird, je mehr es gelingt, die Betriebsführung unter Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Interessen den neuzeitlichen Forderungen anzupassen.

Par suite du partage du trafic entre le rail et la route, le rail doit naturellement en céder une part déterminée à la route. Les chemins de fer n'ont plus comme par le passé le monopole du trafic. Ils doivent donc s'efforcer, par des améliorations de l'exploitation, de maintenir la part du trafic qui leur reste et, si possible, de regagner une partie au moins du terrain perdu.

Ces améliorations ne dépendent en général pas de la forme d'exploitation. Cependant, la traction électrique permet, particulièrement sur les lignes déjà électrifiées et grâce aux avantages spéciaux inhérents à ses locomotives, de réaliser dans bien des cas l'amélioration de l'exploitation avec des frais supplémentaires moins élevés et avec plus de succès que cela pourrait se faire avec d'autres formes d'exploitation.

Du fait de l'accroissement des autres moyens de trafic, les chemins de fer passent sans doute par une période de crise très dure. Cependant, cette crise n'aboutira pas à leur ruine. Dans quelques années un état d'équilibre s'établira entre le rail et la route, état qui sera d'autant plus favorable au rail que celui-ci aura mieux réussi à adapter l'exploitation aux exigences modernes en tenant compte de l'intérêt général.

Das vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein für die Diskussionsversammlung am 18. April 1936 gestellte Thema soll die Frage behandeln, inwieweit die Elektrifizierung zur Verbesserung des Betriebes der Bahnen beitragen kann. Aus den einleitenden Worten des Herrn Vorsitzenden und aus den Referaten der Herren Obering. Müller, Bern, und Direktor Parodi, Paris, geht hervor, dass sich die Prüfung dieser Frage, um das Thema einigermassen erschöpfend zu behandeln, nicht auf den elektrischen Zugbetrieb allein beschränken darf. Durch die technische Entwicklung der Triebfahrzeuge in den letzten Jahren hat sich auf den nicht elektrifizierten Bahnen durch Steigerung der Fahrgeschwindigkeit oder durch Einsatz neuer Triebfahrzeuge, z. B. Triebwagen mit Verbrennungsmotoren usw., die Möglichkeit ergeben, den Betrieb auf der Schiene nicht unwesentlich zu verbessern und dadurch dem Verkehr günstigere Beförderungsgelegenheiten zu bieten.

Mit Rücksicht auf die allgemeine Bedeutung dieser Frage möchte daher auch ich mir erlauben, das Thema etwas weiter zu spannen und zunächst zu untersuchen, inwieweit allgemein im Wettbewerb mit andern Verkehrsmitteln der Betrieb auf der Schiene verbessert werden kann, um den Besitzstand der Bahnen zu erhalten und den abgewanderten Verkehr der Schiene wieder zurückzugewinnen.

Im Anschluss an diese allgemeine Untersuchung soll dann das eigentliche Thema behandelt werden, inwieweit die elektrische Zugbeförderung durch die besonderen Vorzüge der elektrischen Triebfahrzeuge in der Lage ist, zur Verbesserung des Betriebes auf der Schiene beizutragen.

1. Allgemeine Verkehrsentwicklung.

Nach den Veröffentlichungen in der Zeitschrift des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen konnten die Verkehrszahlen von sieben Ländern für die Jahre 1927 bis 1934 festgestellt werden. Sie sind in der Tabelle I zusammengefasst, und zwar nach dem Gewicht der beförderten Güter und nach der Zahl der beförderten Personen, beide in Millionen Einheiten. Aus dieser Zusammenstellung ist zu ersehen, dass in den meisten dieser Länder die Verkehrsleistungen sowohl im Güterverkehr als auch im Personenverkehr nach dem Tiefstand der Jahre 1932 und 1933 wieder im Steigen sind. Nur in Frankreich sinken die Gütermengen, in den Niederlanden, in der Schweiz und in Frankreich auch die Zahl der Reisenden weiter, während die Schweiz im Güterverkehr seit drei Jahren auf der-

[1]) Nachträglich, nach Kenntnisnahme des Vorhergehenden, schriftlich eingereicht.

selben Höhe von rund 15 Millionen Tonnen sich halten konnte.

Dieses Bild allein würde jedoch zu falschen Schlüssen führen. Das Schrifttum der letzten Jahre zeigt, dass die Entwicklung der Verkehrssteigerung wesentlich höher sein müsste, wenn nicht ein bedeutender Anteil zur Strasse abgewandert wäre und noch dauernd abwandern würde. Ueber die Grösse dieser Verlagerung werden für die einzelnen Länder in den Berichten verschiedene Zahlen angegeben. Die Deutsche Reichsbahn schätzt den Verlust durch diese Abwanderung für das Jahr 1935 auf 200 Millionen Reichsmark, das sind etwa 6 % der Betriebseinnahmen.

Verkehrsübersicht. Tabelle I.

Land	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934
a) Güterverkehr in Millionen t netto:								
Deutschland	529	522	528	438	357	308	338	403
England	428	402	430	400	357	331	332	356
Frankreich	322	341	366	362	322	273	266	239
Italien	64	63	67	61	51	42	40	42
Niederlande	—	—	—	—	—	—	—	—
Schweden	19	15	21	19	15	11	11	14
Schweiz	18	19	20	19	18	15	15	15
b) Personenverkehr in Millionen Reisenden:								
Deutschland	1970	2070	2040	1900	1636	1352	1284	1408
England	1281	1272	1286	1256	1189	1155	1171	1207
Frankreich	740	761	782	806	790	720	675	629
Italien	117	112	111	137	115	105	105	109
Niederlande	96	102	107	109	102	91	90	85
Schweden	28	29	31	31	31	31	33	37
Schweiz	113	120	127	128	124	117	115	114

2. Ursachen der Abwanderung.

Die Ursachen und Gründe der Abwanderung von der Schiene auf die Strasse liegen auf verschiedenen Gebieten. Keinesfalls ist, wie bei nur oberflächlicher Prüfung dieser Frage vielfach angenommen wird, die Geschwindigkeit entscheidend für die Beförderung auf der Strasse. Im Gegenteil: Die Steigerung der Höchst- und der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten auf der Schiene in den letzten Jahren hat gezeigt, dass in diesem Punkte die Bahnen sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr den Wettbewerb mit dem Kraftfahrzeug auf der Strasse mit Erfolg aufnehmen können. Für die Benützung der schienenfremden Verkehrsmittel sprechen im allgemeinen wirtschaftliche und verkehrstechnische Gründe. Im besonderen ist hier zu erwähnen:

Zeitliche Unabhängigkeit von der Zugfolge, von der Abfahrts- und Ankunftszeit der Eisenbahnzüge, bester Kundendienst durch Haus-zu-Haus-Verkehr, Schonung der Güter durch Entfall eines oder mehrerer Umschläge, Ersparnis an Fahrtkosten für die Reisenden, da sie vom Ausgangspunkt bis zum Ziel unmittelbar gefahren werden.

Da dem Automobil kein Beförderungszwang auferlegt ist, kann es Güter, die tariflich hoch belastet werden, zu billigeren Sätzen befördern.

Niedertarifierte Güter bleiben in der Regel auf der Schiene. Dadurch hält sich der Automobilverkehr im allgemeinen von Verlustgeschäften frei.

Auch in der Verwendung und Ausnützung des Personals ist der Automobilunternehmer nicht an die strengen, aber sozialpolitisch gerechtfertigten Bestimmungen der Eisenbahnverwaltungen gebunden.

So vielgestaltig diese Gründe und Ursachen sein mögen, eines haben sie alle gemeinsam: Die Folgen der Abwanderung treten in gleicher Weise und in gleicher Höhe auf, ob die Eisenbahn mit Dampf oder Elektrizität oder mit Verbrennungsmotoren betrieben wird. Ich halte es daher, wie in der Einleitung bereits erwähnt, für wichtig, das hier gestellte Thema unabhängig von der Betriebsform zunächst allgemein zu behandeln.

Entsprechend der Bedeutung und Wichtigkeit des Güterverkehrs, der allen Bahnen die höheren Einnahmen bringt und die Unternehmungen lebensfähig erhalten kann, soll zuerst der Güterverkehr und in zweiter Linie der Personenverkehr behandelt werden. Dagegen müssen im Rahmen dieser Untersuchung alle Fragen unberücksichtigt bleiben, die mit Tarifen in Zusammenhang stehen.

3. Güterverkehr im allgemeinen.

Im Güterverkehr unterscheiden wir drei grosse Gruppen von Zugarten: Durchgangsgüterzüge, Eilgüterzüge und Nahgüterzüge (Stückgutverkehr).

Für alle diese Zugarten muss als oberster Grundsatz gelten, die Güter mit möglichst wenigen Umbehandlungen in kürzester Zeit dem Bestimmungsbahnhof zuzuführen. Denn die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit der Beförderung ist eines der wichtigsten und wirksamsten Hilfsmittel der Eisenbahnen im Kampf gegen ihre Wettbewerber.

Der Durchgangsverkehr, der zum grossen Teil Massenverkehr ist, wird im allgemeinen der Schiene erhalten bleiben. Eine Auflösung des Massenverkehrs in kleinere Einheiten, also eine Beförderung der Massengüter mit Automobilen, scheitert an der Wirtschaftlichkeit. Als Wettbewerber kommen hier nur Verkehrsmittel in Frage, die mit wenig Einheiten grosse Massen befördern können; das sind die Wasserstrassen mit grossräumigen Schleppkähnen. Ihre Benützung ist naturgemäss an die Jahreszeit gebunden. In den Wintermonaten und zu Zeiten des Niederwasserstandes strömt der ganze Verkehr auf die Schiene zurück. Der Vorteil der Wasserstrasse liegt in den geringen Selbstkosten, die eine günstige Tarifgestaltung ermöglichen. Ihr Nachteil liegt in der längeren Beförderungszeit. In diesem Vergleichspunkt ist die Schiene der Wasserstrasse weit überlegen.

Für die übrigen Güter des Fernverkehrs, die nicht Massengüter sind, und für die Güter des Nahverkehrs, muss alles aufgeboten werden, um dem Kunden die Beförderung auf der Schiene so günstig zu gestalten, wie es den Bahnen unter Wahrung einer gesunden Wirtschaftsführung möglich ist, gleichgültig, ob es sich um Frachtgut, Eilgut oder beschleunigtes Eilgut handelt. Wo die Stellung eines geschlossenen Wagens zwischen Abgangs- und Zielbahnhof nicht zu rechtfertigen ist, wird das aufkommende Gut gesammelt und geschlossen zu den einzelnen Bestimmungsbahnhöfen gefahren. Aehnlich wird bei den Güterzügen verfahren, bei denen

Wagenladungen und Stückgutwagen aus einem Zulaufgebiet gesammelt und zu Zügen zusammengestellt werden. Oder die Züge werden geteilt und die Wagen nach einem bestimmten Uebergangsplan in den einzelnen Nah- oder Durchgangsgüterzügen dem Bestimmungsbahnhof zugeführt.

Verkehrs- und Betriebsdienst können auf diesem Gebiete durch zielbewusstes Zusammenarbeiten beste Erfolge erzielen. So ist es z. B. der Deutschen Reichsbahn gelungen, die Beförderungsdauer von Frachtgutwagenladungen zwischen den grossen deutschen Städten im Jahre 1934 gegen das Jahr 1914 um 15 bis 67 % oder im Mittel um über 45 % zu kürzen.

Diese Erfolge waren möglich:

Durch Verbesserung der Fahrpläne und der Fahrplanlage, durch Erhöhung der Reisegeschwindigkeit des Gutes, durch Kürzung der Aufenthalte auf den Bahnhöfen und grossen Knotenpunkten, durch bessere Organisation des Verschiebe- und Umladedienstes, durch Kürzung der Umstellzeiten der durchgehenden Wagen, durch günstigere Zugbildung, durch Durchfahren auf längere Strecken.

Es ist klar, dass bei den grossen und überaus vielseitigen Anforderungen, die an die Bahnen gestellt werden, hier nicht nach einer bestimmten Regel geordnet und verbessert werden kann. Die Anforderungen des Verkehrs müssen im einzelnen untersucht und hiernach die entsprechenden Massnahmen zur Verbesserung durchgeführt werden. Hierfür einige Beispiele, die zeigen, wie die Deutsche Reichsbahn sich bemüht, dem Wettbewerb der andern Verkehrsmittel zu begegnen.

Für bestimmte Güter sind besondere Beförderungsarten vorgesehen, wie z. B. für den ausgedehnten Milchverkehr. Das ostpreussische Vieh wird in besonderen Viehzügen nach Nord- und Mitteldeutschland gefahren. Obst und Gemüse aus Baden, der Pfalz, aus Hessen und dem Rheingau wird in Sonderzügen nach München, Nürnberg und dem Rhein-, Ruhr- und Wuppergebiet gefahren, so dass die Sendungen die Frühmärkte des nächsten Tages erreichen.

Unbefriedigend blieb jedoch die Beförderung nach Mittel-, Ost- und Norddeutschland, weil hier die Frühmärkte erst am übernächsten Tag erreicht wurden, wobei das Obst, besonders das empfindliche, wie Erdbeeren und Kirschen, an Güte verlor. Vor drei Jahren liess daher die Reichsbahn Sonderwagen bauen, mit denen das Obst aus dem Südwesten des Reiches in Schnellgüterzügen mit 90 km/h nach Nord-, Ost- und Mitteldeutschland befördert wird, so dass auch mit diesen Transporten die Frühmärkte des nächsten Tages rechtzeitig beliefert werden können.

Auch die Märkte Ostpreussens, z. B. Tilsit mit einer Entfernung von 1540 km, werden jetzt nach 30 Stunden Reisezeit erreicht. Die Beförderungsdauer ist dadurch um einen vollen Tag gekürzt.

Die besonderen Vorteile, die sich mit diesen schnellfahrenden Güterzügen erreichen lassen, sind:

1. Das äusserst empfindliche Frühobst kommt in frischem und einwandfreiem Zustand auf die Märkte.
2. Verluste durch Schwund und Verderb fallen ganz weg oder werden wesentlich eingeschränkt.
3. Die Händler können ihre Ware einen Tag früher absetzen und kommen somit um diesen Tag früher in den Besitz ihrer Guthaben. Sie sind daher in der Lage, mit dem gleichen Kapital mehr Geschäfte als bisher zu tätigen.
4. Für die abgelegenen Gebiete wird die Absatzmöglichkeit wesentlich erweitert. Es kommt nicht mehr vor, dass an sehr heissen Tagen bereits verladene Erdbeeren nur deshalb wieder entladen werden müssen, weil sie die Beförderung nicht aushalten.
5. Die Anbauflächen können vergrössert werden.

Die Benutzung dieser Züge hat die Erwartungen weit übertroffen.

Für die Beförderung der Kohle nach Kraftwerken werden eigene geschlossene Grossraumwagenzüge gefahren, von denen ein Wagen bis zu 60 t fasst.

Zur raschen Beförderung von Stückgut wurden besondere leichte Güterzüge (Leig) eingerichtet. Diese «Leig» bestehen aus zwei kurz- und ohne Stirnwand gekuppelten grossen Güterwagen. Durch kurze Aufenthaltszeiten auf den Bahnhöfen und höhere Fahrgeschwindigkeiten werden bei diesen Zügen wesentlich günstigere Reisezeiten für das Gut erzielt.

Die Einführung der Behälter bietet den Benützern den Vorteil, dass das Gut ohne Verpackung vom Hofe des Versenders bis zu dem des Empfängers gefahren werden kann. Die Gefahr der Beförderungsschäden wird geringer. Die Behälter sind meist mit Fahrrollen ausgerüstet, vereinfachen und beschleunigen die Abfertigungs- und Ladegeschäfte und gestatten eine bessere Ausnützung des Wagenraumes. Die Verwendung der Behälter in den Leigeinheiten hat eine weitere Beschleunigung dieser Züge ermöglicht, da während der Fahrt von Bahnhof zu Bahnhof das Gut für den nächsten Bahnhof in einem Behälter gesammelt wird. An der Güterhalle wird der Behälter abgestellt und der neue Behälter eingeladen, dessen Gut auf der Fahrt wieder verteilt wird. Der Behälterverkehr hat sich bei den Verfrachtern besonders gut eingeführt.

Neuerdings werden ganze Güterwagen mit Ladung von der Schiene zum Empfänger oder vom Verfrachter zur Schiene auf einem besondern Strassenfahrzeug, dem Culemeyerwagen, befördert. Diese Art der Verkehrsbedienung kommt dem Haus-zu-Haus-Verkehr des Kraftwagens sehr nahe.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Güterzugbetrieb im allgemeinen den Anforderungen des Verkehrs nach Menge, Pünktlichkeit, Raschheit und Sicherheit entspricht.

4. Personenverkehr im allgemeinen.

Wie im Güterverkehr, so sind auch im Personenverkehr drei grosse Gruppen von Zugarten zu unterscheiden: Der Durchgangsverkehr, der in der Regel mit Schnellzügen bedient wird, die schweren Personenzüge mit verschiedenen Verkehrsaufgaben und die Züge des Vorort- und Nahverkehrs, die hauptsächlich den Berufs- und Siedlungsverkehr zu bedienen haben. Jede dieser Zugarten hat verschiedene Aufgaben; daher sind auch die Forderungen und die zur Erfüllung dieser Forderungen nötige Gestaltung des Betriebs verschieden.

Der Durchgangsverkehr mit Schnellzügen wird zum grössten Teil auf der Schiene bleiben. Der Grund hierfür ist in erster Linie die hohe Reisegeschwindigkeit, die in den letzten Jahren durch Verbesserung des Oberbaues, Begradung der Linienführung, Einsatz leistungsfähiger Lokomotiven und geeigneter Wagen bedeutend gesteigert werden konnte. Bei diesen Zügen, die nur wenige Halte haben, kommt es nicht so sehr auf ein hohes Beschleunigungsvermögen an, sondern auf die erreichbare Höchstgeschwindigkeit und auf die Zeit, wie lange diese Geschwindigkeit eingehalten werden kann. Das Mass und die Grenze hierfür ist gegeben durch die Wirtschaftlichkeit und vor allem durch die Sicherheit, die von keinem Wettbewerber der Eisenbahnen erreicht werden kann. Die Erhöhung der Geschwindigkeit erfordert Brems- und Hilfseinrichtungen, die den durch den Vorsignalabstand gegebenen Bremsweg unbedingt einzuhalten gestatten.

Die Güte der Fahrt muss auch bei den höchsten Geschwindigkeiten gewahrt bleiben.

Ein weiterer Grund, der werbend für die Benützung der Schnellzüge wirkt, sind die Annehmlichkeiten, die dem Reisenden geboten werden:

Vollständig freie Bewegung im Zuge, Vorhaltung von Raucherabteilen, die im Automobil aus Sicherheitsgründen im allgemeinen nicht zugelassen werden; Führung von Kurswagen, die ein Umsteigen der Reisenden ersparen, Speisewagen und Schlafwagen bei den Nachtschnellzügen, die dem Reisenden Zeit sparen, da er die Tageszeit für die Arbeit nicht verliert. Ausgiebige und reichliche Beleuchtung, Heizung in den kälteren Monaten und Lüftung mit gekühlter Luft in der warmen und heissen Jahreszeit, Polsterung der Sitze auch in der niedersten Wagenklasse, freundliche Innenausstattung der Wagen und eine Bauart, die eine befriedigende Aussicht erlaubt.

Alle diese Vorzüge sind werbekräftig genug, um diesen Verkehr der Schiene zu erhalten.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei den schweren Personenzügen. Eine weitere Beschleunigung ist jedoch bei diesen Zügen erwünscht und auch möglich durch Einsatz von Lokomotiven mit hohem Beschleunigungsvermögen und durch Teilung der Züge in mehrere kleinere Einheiten für die Reisenden und Abtrennung des Güterverkehrs durch Führung eigener Eilgüterzüge.

Bei den vielfach nur kurzen Bahnhofsabständen kommt es bei diesen Zügen weniger auf hohe Endgeschwindigkeiten als vielmehr auf grosse Beschleunigungen an, die gestatten, die Höchstgeschwindigkeit von etwa 90 km/h rasch zu erreichen. Da die Mehrzahl der Abgewanderten auf die Personenzüge trifft, sind gerade auf diesem Gebiet Verbesserungen nötig. Die Möglichkeiten, Verkehr zurückzugewinnen und Verkehr zu erhalten, wurden schon bei Behandlung der Durchgangszüge erwähnt. Von besonderer Bedeutung für diese Züge ist die Wahrung der Anschlussmöglichkeiten in den grossen Knotenpunkten und die Grösse der Aufenthaltszeiten auf den Bahnhöfen, die auf das geringste Mass beschränkt werden müssen. Denn der Reisende rechnet in unserer hastigen Zeit mit jeder Minute; und es kommt ihm nicht nur darauf an, rasch gefahren zu werden, sondern er verlangt auch häufige Fahrgelegenheit, so dass er durch Warten auf den nächsten Zug möglichst wenig Zeit verliert.

Diese Forderung hat dazu geführt, den Fahrplan aufzulockern und statt weniger schwerer Züge kleine Zugeinheiten mit kurzen Zeitabständen einzusetzen.

Die gleichen Forderungen werden auch an den Vorort- und Nahverkehr gestellt, der den vielfach stossweise anfallenden Berufsverkehr zu bedienen hat. Dieser Massenverkehr ist nur auf der Schiene möglich. In grösseren Städten stehen hier die Bahnen mit den Strassenbahnen und Grossautomobilen in scharfem Wettbewerb, der um so fühlbarer dort wird, wo die beiden Schienen oder Schiene und Strasse nebeneinander in die Vororte dringen und die Reisenden auf die Benützung von Bahn *und* Strassenbahn oder Automobil angewiesen sind.

Verbesserung der Fahrplangestaltung, grosse Geschmeidigkeit in der Anpassung an das Verkehrsaufkommen und grösste Auflockerung in Verbindung mit angenehmen und guten Fahreigenschaften der Wagen sind hier die Aufgaben, die zu lösen sind. Dazu werden noch kürzeste Fahrzeiten gefordert, die bei den oft nur wenige hundert Meter entfernt liegenden Haltepunkten nur schwer zu erreichen sind. Für diesen Verkehr müssen Einheiten zur Verfügung stehen, deren Leistung Anfahrbeschleunigungen weit über das gewöhnliche Mass hinaus ermöglichen und Bremseinrichtungen, deren Wirkungen dem Reisenden eben noch erträglich sind.

5. Vorzüge der elektrischen Triebfahrzeuge.

In Ziffer 3 und 4 wurden im allgemeinen die Forderungen, die der Reisende stellt, und die Möglichkeiten behandelt, die den Bahnen für die Erfüllung dieser Forderungen zur Verfügung stehen.

Unabhängig von der Betriebsform lassen sich Verbesserungen dieser Art vielfach auch bei Dampfbetrieb oder durch Einsatz von Triebwagen mit Verbrennungsmotoren durchführen.

Für die Prüfung der Frage, inwieweit die elektrische Zugbeförderung zur Auflockerung und Beschleunigung des Betriebes beitragen kann, ist es nötig, die Eigenart und die Vorzüge der elektrischen Triebfahrzeuge besonders zu untersuchen. Dabei möchte ich, bevor ich auf die einzelnen Vorzüge der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen eingehe, einen wesentlichen Punkt erwähnen, der beiden Zugarten gemeinsam ist, nämlich die elektrische Zugheizung. Diese ist wegen ihrer einfachen Regelbarkeit und der Möglichkeit, beliebig lange Züge gleichmässig und gleich gut zu heizen, den verschiedenen Dampfheizungsbauarten überlegen. Es darf dabei an die olympischen Winterspiele in Garmisch-Partenkirchen im Februar 1936 erinnert werden, wo jeder Zug aus 19 dreiachsigen Wagen bestand, die bei Temperaturen bis unter —20° C geheizt werden mussten, was mit Dampf bei den vorliegenden Betriebsverhältnissen nicht möglich gewesen wäre.

a) Elektrische Lokomotiven.

Die Bauart der elektrischen Lokomotiven ist durch die zwei Hauptforderungen der elektrischen Zugförderung — hohe Geschwindigkeiten bei grossen Belastungen — für alle Zuggattungen von selbst gegeben.

In Tabelle II sind die wichtigsten Angaben für die zur Zeit im Betrieb befindlichen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn zusammengestellt, und zwar für den Schnellzugsdienst die Bauarten E 04, E 16, E 17 und E 18, für den Personenzugsdienst die Bauarten E 16 und E 44 und für den Güterzugsdienst die Bauarten E 44, E 75 und E 93.

Elektrische Lokomotiven. Tabelle II.

	Einheit	E 44	E 16	E 75	E 04	E 18	E 17	E 93
Achsanordnung		B_0-B_0	1 D_0 1	1 BB 1	1 C_0 1	1 D_0 1	1 D_0 1	C_0+C_0
Grösste Geschwindigkeit	km/h	90	120	70	130	150	110	65
Stundenleistung	kW	2 200	2 100	1 480	2 050	3 100	2 640	2 310
bei Geschwindigkeit	km/h	76	77	45	107	124	77	45,5
Dauerleistung	kW	1 840	1 950	1 180	1 940	2 880	2 100	2 010
bei Geschwindigkeit	km/h	80	100	65	110	129	77	45,5
Gesamtgewicht	t	78	110	106	92	109	110	117
Reibungsgewicht	t	78	79	78	60	80	80	117
Länge über Puffer	mm	15 290	16 960	15 380	15 120	16 920	15 950	17 700
Treibradstand	mm	9 800	6 100	5 300	6 000	7 200	6 900	12 800
Gesamtradstand	mm	9 800	12 900	11 200	11 600	12 800	12 300	12 800
Treibraddurchmesser	mm	1 250	1 400	1 400	1 600	1 600	1 600	1 250
Laufraddurchmesser	mm	—	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	—

Bei den durchgehenden Schnellzügen haben wir mit Anhängelasten bis zu 700 t und mit Höchstgeschwindigkeiten von 120 km/h zu rechnen. Die Entwicklung des elektrischen Lokomotivbaues musste sich rasch den gesteigerten Anforderungen des Betriebes anpassen, so dass heute im Schnellzugsdienst überwiegend Lokomotiven mit 80 t Reibungsgewicht und 120 bis 130 km/h Höchstgeschwindigkeit verwendet werden. Es sind dies die Lokomotiven der Bauart E 16, E 17 und E 18. Für die leichten Schnellzüge genügt die E 04 mit 60 t Reibungsgewicht.

In diesem Zusammenhange ist es nötig, auf einige betriebswirtschaftliche Vorteile der elektrischen Lokomotiven gegenüber den Dampflokomotiven hinzuweisen. In erster Linie ist der Einzelachsantrieb zu erwähnen, der gegenüber dem Antrieb bei Dampflokomotiven mit Trieb- und Kuppelstangen den Einbau von grösseren Leistungen pro Achse gestattet. Dadurch wird gleichzeitig der Laufwiderstand geringer und die Unterhaltskosten gehen bis nahe an 100 RM. pro 1000 Lokomotivkilometer herab.

Die Ausnützung des Lokomotivgewichtes für das Reibungsgewicht ist bei den elektrischen Lokomotiven günstiger als bei Dampflokomotiven. Die elektrische Lokomotive wird dadurch, bezogen auf gleiche Leistung oder auf die Höchstleistung, wesentlich leichter. Die Schnellzugslokomotive der Bauart E 18 mit einer Spitzenleistung von 4400 kW wiegt z. B. nur 109 t. Hiervon sind 80 t, das sind über 73 %, als Reibungsgewicht nutzbar gemacht.

Um die Vorteile der grösseren Beschleunigungsleistungen der Fahrmotoren voll auszunützen, hat der elektrische Zugbetrieb von Anfang an die höchstzulässigen Achsdrücke von 20 t angewendet und in der Regel 4 Treibachsen vorgesehen. Allerdings müssen diese betrieblichen Forderungen durch ein wesentlich höheres Anlagekapital erkauft werden.

Die Schnellzugslokomotive der Gattung E 16 entspricht in ihrer Bauart den bei den Schweizer Bundesbahnen in grosser Zahl verwendeten Lokomotiven mit dem ausgezeichnet bewährten Buchli-Antrieb. Die anderen Gattungen E 04, E 17 und E 18 wurden von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft mit dem Federtopfantrieb nach Westinghouse-Kleinow entwickelt.

Auf die Bauart und Leistung der E 18 darf noch besonders hingewiesen werden. Beim Entwurf dieser Lokomotive war nicht beabsichtigt, eine möglichst hohe Spitzengeschwindigkeit zu erreichen, sondern die planmässig anfallenden Schnellzüge mit einem Wagenzuggewicht bis zu 650 t auch bei ungünstigsten Streckenverhältnissen mit möglichst kurzen Fahrzeiten zu befördern. Bei einer Probefahrt beförderte diese Lokomotive einen Schnellzug mit 400 t Anhängelast in der bisher unerreichten Fahrzeit von 2 Stunden und 17 Minuten von München nach Stuttgart (240 km) und in 2 Stunden 19 Minuten von Stuttgart nach München. Dabei konnte die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive von 150 km/h mit Rücksicht auf den Oberbau und die starken Kurven und Neigungen nicht voll ausgenützt werden. Die Lokomotive leistete dabei bis zu 6000 P. S., also 1500 P. S. pro Treibachse, und wird in dieser Leistung von keiner andern, einteiligen Lokomotive Europas übertroffen. Ein besonderer Vorzug dieser Lokomotive liegt darin, dass sie gerade in dem Geschwindigkeitsbereich von 90 bis 120 km/h sehr grossen Leistungsüberschuss hat und dadurch auf den Hügellandstrecken des süddeutschen Netzes trotz der zahlreichen Geschwindigkeitsbeschränkungen infolge der Krümmungen auch mit schwersten Schnellzügen sehr günstige Durchschnittsgeschwindigkeiten erzielen kann.

Bei den elektrisch gefahrenen Personen- und Eilzügen ist die Deutsche Reichsbahn im allgemeinen über eine Fahrgeschwindigkeit von 90 km/h nicht hinausgegangen. Diese Gattung von sogenannten schweren Personenzügen tritt im Zusammenhang mit der Neugestaltung des Personenzugfahrplanes durch Auflockerung mit Triebwagen gegenüber dem früheren Betriebsprogramm an Bedeutung etwas zurück.

Bei den Güterzügen zwingen verschiedene Gründe, wie der Wettbewerb mit andern Verkehrsmitteln, bessere Verkehrsbedienung durch Abkür-

zung der Lieferfristen, dazu, die Fahrgeschwindigkeit erheblich zu steigern. Im allgemeinen werden heute die Güterzüge mit einer Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h gefahren. Die Steigerung auf 75 km/h ist in Aussicht genommen und heute schon bei einzelnen Durchgangsgüterzügen und bei günstigen Streckenverhältnissen durchgeführt.

Selbstverständlich ist für diese hohen Fahrgeschwindigkeiten bei Güterzügen Voraussetzung, dass die Züge mit den erforderlichen Bremsen ausgerüstet sind und die Bauart der Güterwagen für diese höheren Fahrgeschwindigkeiten geeignet ist. Diesen neuzeitlichen Anforderungen des Güterzugbetriebes entspricht die bereits in grosser Zahl verwendete Lokomotive der Bauart E 44, die bei einem Reibungsgewicht von rund 80 t in der Lage ist, Züge von 1200 t in der Ebene mit 60 km/h und Züge von 950 t auf Steigungen von 10 ‰ mit 30 km/h zu fahren. Die Laufeigenschaften in Krümmungen sind bei dieser Lokomotive sehr günstig, da die 4 Treibachsen in zwei Drehgestellen eingebaut sind. Die Lokomotive hat eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h, so dass sie auch für Personenzüge verwendet werden kann und somit bei beiden Zuggattungen eine gute wirtschaftliche Ausnützung ermöglicht.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass bereits vor 25 Jahren für den Schubdienst auf der 7 km langen Rampe von Reichenhall nach Hallthurm im Berchtesgadener Land mit 42 ‰ Steigung eine Lokomotive der Achsanordnung Bo-Bo mit Tatzlagerantrieb gebaut und eingesetzt wurde. Eine dieser beiden Lokomotiven ist heute noch auf dieser Strecke in Betrieb. Durch Erhöhung der zulässigen Achsdrücke ist das Gesamtgewicht von 55 t auf 78 t, also um 40 %, die Leistung jedoch von 790 kW auf 2200 kW, also um 280 % gestiegen.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

1. Bei den elektrischen Lokomotiven können durch den Einzelachsantrieb grosse Leistungen besonders vorteilhaft eingebaut werden.
2. Dadurch lassen sich grosse Beschleunigungen und grössere Fahrgeschwindigkeiten in Steigungen erreichen.
3. Die Folge davon ist eine wesentliche Erhöhung der durchschnittlichen Fahr- und Reisegeschwindigkeit.

Ausserdem gestattet die Bauart der elektrischen Lokomotive in weit höherem Masse, als dies bei andern Triebfahrzeugen möglich ist, das Lokomotivgewicht zur Nutzleistung auszunützen. So hat z. B. die Lokomotive der Bauart E 44 mit 78 t 100 % ihres Gewichtes für die Reibungszugkraft zur Verfügung, während Dampflokomotiven gleicher Leistung bei einem Gesamtgewicht von 150 t nur etwa 56 % als Reibungsgewicht ausnützen können.

b) Elektrische Triebwagen.

Von besonderer Bedeutung für die Bedienung des Personenverkehrs im allgemeinen und damit auch für den Betrieb auf den elektrisierten Linien sind die Triebwagen. Um die einzelnen Bauarten — Triebwagen mit eigener Kraftquelle, z. B. mit Vergaser- oder Diesel-Motoren oder Dampftriebwagen; für elektrifizierte Strecken Oberleitungstriebwagen — in ihrer technischen Wertigkeit vergleichen zu können, ist es nötig, die Frage zu klären, welche Anforderungen an Triebwagen technisch und wirtschaftlich gestellt werden. In zweiter Linie wird zu untersuchen sein, inwieweit die elektrischen Oberleitungstriebwagen diese Forderungen erfüllen können.

Die Forderungen des Betriebes lassen sich kurz in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Möglichst hohe Leistung der Motoren.

Der Grund hierfür liegt hauptsächlich darin, dass die Unterhaltskosten für Triebwagen sich nur dann in erträglichen Grenzen halten lassen, wenn die für den planmässigen Dienst erforderlichen Leistungen erheblich unter der Höchstleistung liegen, ein Grundsatz, der zum Schaden einer wirtschaftlichen Betriebsführung bisher leider nicht bei allen Fahrzeugen beachtet wurde.

Der Oberleitungstriebwagen gestattet durch seinen ganzen Aufbau Leistungen unterzubringen, durch die die Reibungswerte zwischen Rad und Schiene bei allen Geschwindigkeitsstufen und bei günstigem Wirkungsgrad voll ausgenützt werden.

2. Mit der ersten Frage steht in Zusammenhang die zweite Forderung nach einem möglichst günstigen Verhältnis der Motorleistung am Radumfang zum Gewicht des Fahrzeuges, um grosse Anfahrbeschleunigungen und hohe Geschwindigkeiten auf Steigungen zu erreichen. Diese Verhältniszahl, die unter dem Begriff «Kennziffer» bekannt ist, bildet einen guten Vergleichsmaßstab, um verschiedene Triebwagenbauarten in ihren Leistungen gegenüberstellen zu können.

Da die Oberleitungstriebwagen die Energie fast unbegrenzt der Fahrleitung entnehmen und bei diesen Fahrzeugen grosse Leistungen untergebracht werden können, ergibt sich eine sehr gute Kennziffer, also ein sehr günstiges Verhältnis der Motorleistung am Radumfang zum Gewicht des Fahrzeuges.

3. Ein möglichst günstiges Verhältnis des Leergewichtes zur Sitzplatzzahl.

Diese Verhältniszahl ist besonders wichtig für die Wirtschaftlichkeit des Triebwagens im allgemeinen und zeigt deutlich die Ueberlegenheit der Triebwagen gegenüber den mit Lokomotiven gefahrenen Zügen, sofern die Triebwagen dem wirklichen Verkehrsaufkommen gut angepasst sind.

Wie aus der Tabelle III hervorgeht, ist das Verhältnis günstig. Es kann noch besser gestaltet werden durch Anwendung der Leichtbauweise. So gelang es z. B. bei der Berliner Stadtbahn, deren Fahrzeuge ursprünglich in ihrem Gewicht zur Motorleistung nicht ganz entsprachen, durch günstige Entwicklung des Leichtbaues das Gewicht so weit herabzudrücken, dass dadurch allein 24 % der Zugförderungsenergie gespart werden konnten. Bei dem

jährlichen Gesamtarbeitsverbrauch von rund 370 Millionen kWh der Berliner Stadtbahn errechnet sich dadurch eine Einsparung von rund 90 Millionen kWh.

5. Wirtschaftlichkeit: Darunter verstehen wir die laufenden Betriebskosten für Energieaufwand, Personal und Unterhaltung und den Einfluss der Anlagekosten für das Fahrzeug. Die einfache Bedienung der Oberleitungstriebwagen gestattet die Besetzung mit nur einem Mann. Im allgemeinen besteht daher die Besetzung eines Triebwagenzuges nur aus dem Führer und dem Zugbegleitbeamten. Diese Besetzung kann nach den Bestimmungen der Deutschen Reichsbahn bis zu 120 km/h Höchstgeschwindigkeit zugelassen werden.

Oberleitungstriebwagen. Tabelle III.

Vergleichspunkte	Einheit	Einteiliger Triebwagen älterer Bauart	Derselbe mit Steuerwagen	Derselbe mit Steuerwagen und einem Beiwagen	Derselbe mit Steuerwagen und zwei Beiwagen	Zweiteiliger Triebwagen	Zweiteiliger Triebwagen mit einem Steuerwagen	Zweiteiliger Triebwagen mit zwei Steuerwagen	Dreiteiliger Triebwagen	Zweiteiliger Schnelltriebwagen	Dreiteiliger Schnelltriebwagen	Aussichtstriebwagen
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Höchstgeschwindigkeit . .	km/h	75	75	75	75	120	120	90	120	160	160	120
Länge über Puffer, rund .	m	20	40	54	68	44	66	88	69	44	69	20
Zahl der Sitzplätze . . .	Stück	75	154	220	286	154	243	332	188	77	170	72
Dienstgewicht besetzt . .	t	69	116	143	169	99	137	175	165	94	165	51
Leergewicht pro Sitzplatz .	kg	820	655	550	495	570	490	453	800	1130	830	625
Zahl der Fahrmotoren . .	Stück	2	2	2	2	4	4	4	6	4	6	2
Leistung	kW	550	550	550	550	900	900	900	1350	900	1350	360
Kennziffer	kW/t	8	4,7	3,9	3,3	9	6,5	5,1	8,2	9,6	8,2	7,1
Zahl der Achsen	Stück	4	8	11	14	8	12	16	12	8	12	4
Zahl der Treibachsen . .	Stück	2	2	2	2	4	4	4	6	4	6	2

Aehnliche Verhältnisse lagen im Münchener Nahverkehr vor. Auf der Strecke München-Pasing-Gauting war der ursprünglich festgesetzte Triebwagenzug gebildet aus Triebwagen, Steuerwagen und 3 Beiwagen mit einem Gesamtgewicht von 160 t. Für diese Last war auf dieser Strecke mit den kurzen Haltepunktentfernungen und den Steigungsverhältnissen die Beanspruchung der Motoren auf die Dauer zu hoch. Verschiedene Schäden an den Motoren zwangen zu einer schärferen Unterteilung der Zugeinheiten unter gleichzeitiger Abminderung des Zuggewichtes. Dadurch gelang es, die Motorleistungen, insbesondere bei den zahlreichen Anfahrten, herabzudrücken. Durch diese Abminderung der Zuggewichte ist die Förderleistung um 31 % zurückgegangen. Das entsprach einer jährlichen Geldersparnis von 145 000 RM. an Zugförderungsenergie allein. Dazu kommt noch eine erhebliche Abminderung der Unterhaltungskosten durch geringere Beanspruchung der Motoren und die Erhöhung der Laufleistungen zwischen zwei Untersuchungen. Der Erfolg war in diesem Fall besonders günstig, da die Triebwagen im Jahr über 1,5 Millionen Anfahrten zu leisten haben und gerade die Beschleunigungsarbeit sehr viel kWh erfordert.

4. Die Betriebszuverlässigkeit der Oberleitungstriebwagen ist aus dem Schrifttum zur Genüge bekannt. Bei entsprechend dichtem Fahrplan werden Jahresleistungen von 150 000 bis 180 000 km erreicht. Ein Maßstab für die Zuverlässigkeit der Oberleitungstriebwagen bildet auch das Verhältnis der Istleistungen zu den Solleistungen, die den Dienstplänen entnommen werden. Bei den Triebwagen des Münchener Nahverkehrs liegt diese Zahl zwischen 91 und 93 %, ein sehr guter Wert.

Auch die Unterhaltungskosten sind bei elektrischen Triebwagen im Verhältnis zu anderen Bauarten günstig.

Nach diesen grundsätzlichen Betrachtungen über die Beurteilung der Triebwagen dürfte es von Interesse sein, auf die Entwicklung der neueren Triebwagenbauarten der Deutschen Reichsbahn etwas näher einzugehen. Hierbei sollen Wagen älterer Bauart, die den oben angeführten Bedingungen nicht entsprechen, ausscheiden.

Im Jahre 1933 hat die Deutsche Reichsbahn den sogenannten Einheitswechselstrom-Triebwagen entwickelt (Tabelle III, Spalte 6 bis 8), der wagenbaulich und elektrisch aus zwei völlig symmetrisch durchgebildeten Wagenteilen besteht. Dieser Wagen ist sowohl für den Vorort- als auch für den Fernverkehr bestimmt und daher für eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h ausgelegt. Die eingebaute Leistung von $4 \cdot 225$ kW $=$ 900 kW gestattet, auf ebener Bahn in 80 s die Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h zu erreichen. Dabei beträgt die Anfahrbeschleunigung bis 90 km/h 0,7 bis 0,8 m/s². Bei einem Gewicht von 99 t einschliesslich Verkehrslast errechnet sich für diese Triebwagen ein sehr günstiger Wert für die Kennziffer, nämlich 9,0. Auch das Sitzplatzgewicht mit 570 kg zeigt, dass bei diesen Wagen mit besonderer Sorgfalt der Leichtbau berücksichtigt wurde, wodurch die Kosten der Zugförderungsenergie wesentlich herabgedrückt werden. Das Fassungsvermögen dieses Triebwagens beträgt 154 Sitzplätze. Diese zweiteiligen Triebwagen werden in der Regel mit einem Steuerwagen gekuppelt, so dass in dieser Einheit 243 Sitzplätze vorhanden sind.

Die Erfahrungen im Vorort- und Fernverkehr haben gezeigt, dass die Verwendungsmöglichkeit

von Triebwagen wesentlich erweitert werden kann, wenn das Fassungsvermögen auf rund 250 Sitzplätze erhöht wird. Dadurch lassen sich in vielen Fällen unwirtschaftliche Lokomotivzüge und Schwierigkeiten im Triebwagendienst, die oft schon bei geringen Verkehrsstössen auftreten, vermeiden.

Aus dieser Grundform des zweiteiligen Triebwagens wurde durch Hinzufügen eines weiteren Wagenteiles der dreiteilige Oberleitungstriebwagen mit 188 Sitzplätzen und mit einer eingebauten Motorleistung von 1350 kW entwickelt (Spalte 9). Das Fassungsvermögen dieses Triebwagens ist gegenüber dem zweiteiligen Wagen um 22 % grösser, wodurch die Verwendungsmöglichkeit auf Strecken mit stärkerem Personenverkehr etwas erweitert wird. Die wirtschaftlichen Zusammenhänge zwischen der eingebauten Motorleistung und dem Leergewicht sowie dem Sitzplatzgewicht sind ungefähr die gleichen wie beim zweiteiligen Triebwagen.

Nach den bisher gewonnenen Erfahrungen wird es mit diesen beiden Triebwageneinheiten gelingen, auf den elektrifizierten Strecken in weitgehendem Umfange Lokomotivzüge durch Triebwagenzüge zu ersetzen und bei entsprechender Fahrplanlage ohne wesentliche Steigerung der Gesamtzugförderungskosten häufigere Fahrgelegenheit zu schaffen.

Die neueste Entwicklung der Triebwagenbauarten bei der Deutschen Reichsbahn vom zweiteiligen zum dreiteiligen Triebwagen, die Bildung von Triebwagenzügen mit einem zweiteiligen Triebwagen und Steuerwagen zeigt deutlich das Bestreben, mehr Sitzplätze bereitzustellen.

In diesem Zusammenhang ist das Ergebnis einer Umfrage bei allen grösseren Eisenbahnverwaltungen interessant, das in einer der letzten Nummern der Internationalen Eisenbahnkongressvereinigung über Triebwagen zu lesen war:

«In allen Ländern macht sich nach den getroffenen Feststellungen die Neigung zur Erhöhung des Fassungsvermögens der Triebwagen bemerkbar, ebenso der Wunsch nach Aenderung des Fassungsvermögens entsprechend den Verkehrsbedürfnissen. Zahlreiche Eisenbahnverwaltungen benützen heute entweder mehrgliedrige Triebwagen oder gekuppelte Triebwagen mit Anhänger.»

Dabei darf allerdings ein wirtschaftlicher Gesichtspunkt nicht übersehen werden: Sobald das Verkehrsaufkommen auf einer Linie so stark steigt, dass zwei Triebwageneinheiten *dauernd* zusammengestossen werden müssen, ist die Grenze der Wirtschaftlichkeit für Triebwagenzüge in der Regel überschritten, da der Einfluss des Anlagekapitals für zwei Triebwageneinheiten auf die Gesamtkosten sich ungünstig auswirkt.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Der elektrische Antrieb gestattet, bei Oberleitungstriebwagen vor allen anderen Triebwagenbauarten die grössten Leistungen bezogen auf die Gewichtseinheit einzubauen.

Durch Anwendung der Leichtbauweise wird das Sitzplatzgewicht günstig.

Durch Bildung von Triebwagenzügen, bestehend aus Triebwagen, Steuer- und Mittelwagen, ergibt sich die Möglichkeit einer guten Anpassung an die einzelnen Verkehrsbedürfnisse, die gerade in den Großstädten mit den Morgen-, Mittag- und Abendspitzen des Berufsverkehrs besondere Anforderungen an die Zugbildung stellen. —

Als allgemeiner Vorzug der elektrischen Triebfahrzeuge ist noch anzuführen die Unabhängigkeit von der Betriebsstoffversorgung und die bedeutend kürzeren Vor- und Nacharbeitszeiten; dadurch wird eine bessere Ausnützung der Triebfahrzeuge möglich.

Der elektrische Betrieb ist daher für die Verdichtung von Fahrplänen und für die Schaffung von häufigen Fahrgelegenheiten besonders gut geeignet.

6. Auflockerung beim elektrischen Betrieb.

Die Zugförderungskosten werden im allgemeinen um so geringer, je besser die Zugkraft ausgelastet ist. Die Kosten für Unterhaltung des Fahrgestells der Lokomotive, für Verzinsung, Erneuerung und Betriebspflege einer Lokomotive sowie die Kosten des Lokomotiv- und Zugbegleitpersonals sind bei einem ausgelasteten Zug wesentlich geringer als die Kosten zweier Züge, die zusammen dasselbe Wagenzuggewicht befördern. Die Zugförderkosten pro Tonne Gut sind daher um so geringer, je schwerer die Züge und je besser die Lokomotiven ausgenützt sind.

Eine Auflockerung für den Güterverkehr kommt daher im allgemeinen nicht in Frage. Anders verhält es sich allerdings mit den Zugbildungskosten, die mit der Schwere und Länge der Züge wachsen; sie sind kleiner bei kleinen Beförderungseinheiten und am grössten bei voll ausgelasteten Zügen.

Eine Teilung und Auflösung von Güterzügen ist wirtschaftlich nur dann vertretbar, wenn es sich darum handelt, hochwertige, eilige oder leichtverderbliche Güter aus dem Fahrplan eines normalen Güterzuges oder Durchgangsgüterzuges herauszunehmen und in einem eigenen, beschleunigten Plan durchzuführen; dies ist der Fall z. B. beim Versand frischen Obstes oder bei Viehtransporten über lange Strecken.

Eine Teilung wird weiterhin dann angebracht sein, wenn Kunden im Nahverkehr und im Umkreis grosser Städte im Wettbewerb mit andern Verkehrsmitteln gut bedient werden müssen, z. B. durch Einführung von leichten und schnellen Güterzugseinheiten.

Die Bespannung dieser Züge wird wirtschaftlich mit andern Güter- und Personenzügen derart gekuppelt, dass in Lücken des Personenzugdienstes, also hauptsächlich in den frühen Morgenstunden, die Personenzugslokomotiven wegen ihrer höheren Geschwindigkeit für die Bespannung der Leichtgüterzüge oder der im allgemeinen leichteren Eilgüterzüge verwendet werden.

Diese Massnahmen sind jedoch bei jeder andern Betriebsart ebenso leicht möglich wie beim elektrischen Betrieb. Denn bei den hier in Frage kommenden Lasten und Geschwindigkeiten sowie den hierzu verwendeten Dampflokomotiven und elek-

trischen Triebfahrzeugen kommen die in Abschnitt 5 entwickelten Vorzüge des elektrischen Betriebes nicht zur Geltung.

Entscheidend für die Beförderungart, ob Schiene oder Strasse, ist beim Güterverkehr im allgemeinen nicht die Beschleunigung auf der Schiene oder Strasse und die bessere Gestaltung des Fahrplans durch Auflockerung, sondern die Kosten und der Zeitaufwand für den Umschlag auf der Schiene, oder von der Strasse zur Schiene und umgekehrt. Alle Anstrengungen der Schiene können ohne Erfolg sein, wenn die Umschlagszeiten, und das ist meist der Fall, ein Vielfaches des Fahrzeitgewinns betragen, der durch Beschleunigung der Züge zu erreichen ist.

Anders liegen die Verhältnisse im Personenverkehr. Hier kann eine Verbesserung des Betriebs durch Auflockerung unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit in weit grösserem Masse durchgeführt werden als bei jeder andern Betriebsform.

Wie schon unter Punkt 4 dargelegt wurde, eignet sich der schwere Schnellzugsdienst nicht zur Auflockerung. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in der Zusammensetzung dieser Züge und in den Anschlüssen. Der überwiegende Teil der Schnellzüge führt meist mehrere Kurswagen mit, ferner Speisewagen und, soweit es Nachtschnellzüge sind, mehrere Schlafwagen. Bei einer derartigen Zugbildung ist die Auflockerung nicht möglich.

Dagegen ist bei schweren Personenzügen und vor allem im Vorort-, Berufs- und Siedlungsverkehr eine Verbesserung des Fahrplans durch Auflockerung zu erreichen.

Bei den schweren Personenzügen werden es vor allem die Züge der Städtefernbedienung sein, für die der elektrische Betrieb sich besonders eignet durch weitgehenden Einsatz von Triebwagen, deren besondere Bedeutung schon unter Punkt 5 gewürdigt wurde. Denn die Personen- und Vorortzüge stellen die Zuggruppe dar, bei der die grösste Abwanderung an Fahrgästen festzustellen ist.

Der Reisende bevorzugt hier mit Vorteil schienenfremde Verkehrsmittel, weil sie ihm häufigere Fahrgelegenheiten und zum Teil auch schnellere und zeitlich geeignetere Verbindungen bieten. Daraus folgt, dass der Fahrplan, der bisher fast nur mit schweren Lokomotivzügen bedient wurde, durch Einsatz von kleineren Einheiten aufgelockert werden muss. Selbstverständlich ist es technisch möglich, kleine Zugeinheiten auch mit Lokomotiven zu fahren, die für diese Zwecke besonders gebaut sind. Aber das Verhältnis von Nutzlast zur toten Last wird bei Lokomotivzügen immer ungünstiger sein als bei Triebwagenzügen, da bei kleinen Einheiten die Sitzplatzausnützung immer besser ist.

Diese Bestrebungen, den Fahrplan aufzulockern, finden zwangsläufig ihre Grenze in der Wirtschaftlichkeit, und zwar in den laufenden Betriebsausgaben und in dem zusätzlichen Kapitalaufwand für Neubeschaffung der Triebfahrzeuge.

Dass der Oberleitungstriebwagen technisch allen andern Triebwagenbauarten, die diesen Aufgaben auch entsprechen würden, weit überlegen ist, wurde schon unter Ziffer 5 behandelt.

Inwieweit sich bei elektrifizierten Netzen die Auflockerung des Fahrplans wirtschaftlich auswirkt, soll noch besonders geprüft werden:

Eingehende Untersuchungen über den elektrischen Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn haben gezeigt, dass der Einfluss der einzelnen Kostenträger in Netzen, die mit Dampf und Elektrizität betrieben werden, im Falle der Auflockerung durch Triebwagen sehr verschieden ist. Zum Vergleich wurden zwei gleichwertige Betriebe untersucht. Beim einen dieser Betriebe wurde der elektrische Betrieb vollständig neu eingerichtet. Der andere wurde nicht elektrifiziert. Beide Betriebe wurden nach vollkommen gleichen Fahrplänen (gleiche Zugzahl, gleiche Fahrschaulinien usw.) aufgelokkert. Beim Dampfbetrieb wurde die Auflockerung mit Dieseltriebwagen, beim elektrischen Betrieb mit Oberleitungstriebwagen durchgeführt.

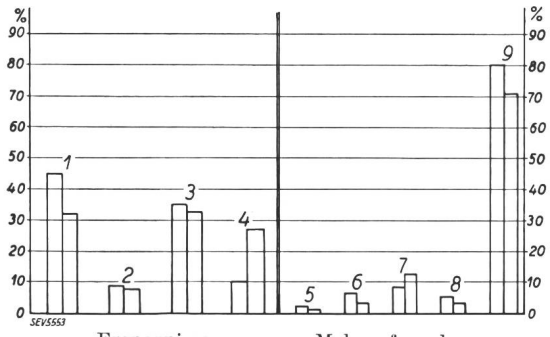

Fig. 1.
Einflusszahlen.

1 Zugförderungsenergie.
2 Sonstige Betriebsstoffe.
3 Unterhaltung der Triebsfahrzeuge.
4 Personal.
5 Zugheizung.
6 Unterhaltung der Unterwerke und Leitungen.
7 Erneuerung.
8 Tilgung.
9 Verzinsung.

Linke Säulen einer Doppelsäule gelten für einen neu zu elektrifizierenden Betrieb.
Rechte Säulen einer Doppelsäule gelten für einen bereits elektrifizierten Betrieb.

In der Fig. 1, die sich nur auf den elektrischen Betrieb bezieht, sind die Einflusszahlen der Ersparnisse und Mehraufwendungen gegenüber dem gleichwertigen aufgelockerten Dampfbetrieb bildlich dargestellt. Daraus geht hervor, dass der Einfluss der Betriebsmehrkosten bei Auflockerung des Fahrplanes in elektrisch betriebenen Netzen nur gering ist. Ausserdem ersieht man aus Fig. 1, dass die laufenden Kosten, wie die Aufwendungen für Personal, die Unterhaltungskosten der Unterwerke, der Fahr- und Fernleitungen, die Kosten für Unterhaltung der Betriebsmittel erheblich zurücktreten gegenüber den Kapitalkosten. Von geringerem Einfluss sind dabei die Aufwendungen für Erneuerung und Tilgung gegenüber dem überragenden Anteil der Verzinsung.

Hieraus folgt, dass die Anlagen und damit das angelegte Kapital durch Steigerung der Zugleistungen so gut als möglich ausgenützt werden müssen. Der Einfluss der Verzinsung wird mit zunehmen-

dem Alter der Anlagen und Einrichtungen immer günstiger. In Fig. 1 geben die linken Säulen einer Doppelsäule die Einflusszahlen für den vollständig neu zu elektrifizierenden Betrieb. Zum Vergleich sind die Einflusszahlen eines grösseren Gebietes der Deutschen Reichsbahn, das schon seit längerer Zeit elektrisch betrieben wird, in Fig. 1 eingezeichnet (rechte Säulen). Bei den Schweizerischen Bundesbahnen, die schon seit vielen Jahren den elektrischen Zugbetrieb auf dem grössten Teil ihres Netzes durchgeführt haben, liegen die Verhältnisse noch günstiger.

Bei anderen Betriebsarten sind zwar die Anlagekosten bedeutend geringer, dagegen die laufenden Kosten höher. Zum Vergleich aus dem Ergebnis dieser Untersuchungen nur einige Verhältniszahlen: Während bei Lokomotivzügen 1,24 kg Kohle für 1 kWh aufgewendet werden müssen, beträgt bei Triebwagen der Gleichwert nur 0,4 kg. Die Energiekosten verhalten sich bei Dampflokomotivzügen zu Zügen mit elektrischer Lokomotive wie 2,4 : 1, bei Dieseltriebwagenzügen zu elektrischen Triebwagenzügen wie 4 : 1 und die Gesamtenergiekosten des untersuchten gleichwertigen Betriebes bei Dampfbetrieb mit Dieseltriebwagen und bei elektrischem Betrieb wie 2,8 : 1.

7. Beschleunigung beim elektrischen Betrieb.

Neben der Auflockerung des Verkehrs wird heute von allen Eisenbahnverwaltungen die Frage der Beschleunigung der Züge besonders behandelt. Im Güterverkehr bringt der elektrische Betrieb nur insofern Vorteile gegenüber dem Dampfbetrieb, als die bedeutend grösseren Leistungen der elektrischen Triebfahrzeuge ermöglichen, die gleichen Lasten mit grösseren Geschwindigkeiten zu fahren, sofern im Zug die nötige Mindestzahl an Bremshundertsteln vorhanden ist. Dieser Vorteil wirkt sich natürlich in hügeligem und gebirgigem Gelände besonders aus. Für den Betrieb ist wegen des Wegfalles von Verlustzeiten durch Feuerreinigen, Bekohlen und Wasserfassen eine bessere Lokomotiv- und Personalausnützung möglich. Im übrigen können die für diesen Verkehr wirtschaftlichen Geschwindigkeiten in gleicher Weise von Dampflokomotiven erreicht und gehalten werden.

Wie schon erwähnt, kann im Güterzugsverkehr eine Verbesserung durch Kürzung der Zugsaufenthalte auf den Unterwegsbahnhöfen und besonders durch Kürzung des Verschiebe-, Umstell- und Umladegeschäftes in den grösseren Knotenbahnhöfen erreicht werden. Das ist jedoch Aufgabe der Betriebsorganisation.

Die Unterwegsaufenthalte dagegen können durch streckenweisen Einsatz von Kleinlokomotiven gekürzt werden. Diese Lokomotiven übernehmen die vom Zug abgestellte Wagengruppe und besorgen nun die örtlichen Verschiebegeschäfte, Bedienung der Gleisanschliesser usw. Auf diese Weise konnten beachtliche Kürzungen der Reisezeiten der Güterzüge erreicht werden.

Von besonderer Bedeutung ist die Beschleunigung des Personenverkehrs. Die Gründe, die Anlass zu dieser Entwicklung gaben, liegen überwiegend auf dem Gebiet des Wettbewerbes mit anderen Verkehrsmitteln. Dabei handelt es sich weniger um hohe Spitzengeschwindigkeiten, deren Einhaltung von den Streckenverhältnissen abhängt, als vielmehr um die durchschnittliche Fahr- und Reisegeschwindigkeit. Es dürfte hier nicht überflüssig sein, einige Bemerkungen über die Geschwindigkeiten an sich enzuschalten.

Man unterscheidet Höchstgeschwindigkeiten, durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten und Reisegeschwindigkeiten. Unter Höchstgeschwindigkeit versteht man die in einem Streckenabschnitt zugelassene höchste Fahrgeschwindigkeit. Sie ist abhängig von den Streckenverhältnissen, von den Betriebsanlagen, von der Bauart der Fahrzeuge und von den Bremsverhältnissen im Zuge. Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit oder Durchschnittsgeschwindigkeit errechnet sich aus der für einen bestimmten Streckenabschnitt erforderlichen Fahrzeit. Die Reisegeschwindigkeit ergibt sich durch die gleiche Rechnung, jedoch unter Berücksichtigung der Zwischenaufenthalte.

Für den Reisenden ist selbstverständlich der günstigste Wert der Reisegeschwindigkeit das Entscheidende und, was schon bei der Auflockerung erwähnt wurde, der günstigste Wert der Reisezeit, die auch noch die Wartezeit bis zum Abgang des Zuges mit einschliesst. Der Reisende will rasch fahren und wünscht möglichst wenig Zwischenhalte. Für die Betriebsführung ergibt sich die Aufgabe, diese Forderung unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit, d. h. ohne übermässige Erhöhung der Betriebskosten zu erfüllen.

Vom Standpunkt der Betriebskosten aus gesehen ist es in der Regel günstiger, unter voller Ausnützung der vorhandenen Betriebsanlagen und durch entsprechende Fahrplangestaltung die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit zu steigern, ohne die Höchstgeschwindigkeit wesentlich hinaufsetzen zu müssen. Denn der Zeitgewinn nimmt, bezogen auf die Wegeinheit, mit dem Steigen der Höchstgeschwindigkeit immer mehr ab, während der Energieaufwand immer mehr zunimmt. Ausserdem treten zu den laufenden Betriebskosten noch erhebliche zusätzliche Aufwendungen für Aenderung der Bau- und Betriebsanlagen. Hierfür einige Beispiele:

Die reine Beschleunigungsarbeit eines 300 t-Zuges mit Lokomotive von 0 bis 100 km/h beträgt 45,5 kWh, von 0 bis 150 km/h bereits 102,5 kWh. Die Steigerung der Geschwindigkeit um 50 % erfordert also einen um 225 % höheren Arbeitsaufwand. Oder ein anderes Beispiel: Um den gleichen Zug von 90 auf 100 km/h zu beschleunigen, müssen 8,65 kWh aufgewendet werden; für die Beschleunigung von 140 auf 150 km/h dagegen bereits 13,21 kWh oder 53 % mehr. Dabei beträgt der Zeitgewinn im einen Fall 4 Sekunden pro km, im andern Fall bei 150 km/h nur 1,7 Sekunden pro km. Bei gleicher Leistung erfordert daher die Beschleunigung von 140 auf 150 km/h etwa die 1,5fache Fahrzeit als die Beschleunigung von 90 auf 100 km/h.

Aus diesen Beispielen ist zu erkennen, dass bei Steigerung der Fahrgeschwindigkeit in dem hohen

Geschwindigkeitsbereich, also über 120 bis 150 km/h, der Fahrzeitgewinn pro Wegeinheit nur gering, der Leistungsaufwand dagegen ungleich grösser ist. Dazu kommt noch, dass es nur wenige Strecken gibt, die ohne zusätzlichen Bauaufwand für Verbesserung der Krümmungen, Vergrösserung der Signalabstände usw. derart hohe Geschwindigkeiten zulassen. Ist dies nicht der Fall, so ergeben sich bei Durchführung derartiger Schnellfahrten zahlreiche Zwangspunkte, die dauernd eine Abminderung der Geschwindigkeit und nach Ueberwindung dieser Punkte grosse Beschleunigungsarbeit erfordern. Ein Beispiel hierfür geben die Schnellfahrten auf der Strecke München—Stuttgart. Obwohl die Verhältnisse dieser Strecke, wenigstens von München bis Ulm, nicht ungünstig sind, musste auf einer Länge von 142 km mit Rücksicht auf Krümmungen, Oberbau und Umbaustellen 58mal oder im Durchschnitt alle 1,5 Minuten die volle Leistung der Lokomotive zur Beschleunigung eingeschaltet und infolge der Zwangspunkte wieder abgeschaltet werden.

Welche Schlussfolgerungen lassen sich nun aus diesen Zusammenhängen für die Beurteilung der Frage der hohen Geschwindigkeiten bei den Reisezügen ziehen? Es müssen dabei meines Erachtens zwei Geschwindigkeitsstufen unterschieden werden, nämlich Geschwindigkeiten bis 120 km/h und Geschwindigkeiten über 120 bis zu 150 km/h und mehr. Geschwindigkeiten über 120 km/h lassen sich bei sehr günstigen Streckenverhältnissen und leichten Zugseinheiten nur dann mit Vorteil anwenden, wenn auf langen Teilstrecken diese hohen Fahrgeschwindigkeiten tatsächlich durchgehalten werden können und nicht durch Zwangspunkte, z. B. Krümmungen, Oberbauverhältnisse, Bahnhofsanlagen mit beschränkter Fahrgeschwindigkeit, in kurzen Zeitabständen hohe Beschleunigungsleistungen dauernd eingesetzt werden müssen. Diese Beschleunigungsarbeit erhöht die Zugförderungs- und Unterhaltungskosten der Triebfahrzeuge wesentlich und der erzielbare Fahrzeitgewinn ist in den hohen Geschwindigkeitsbereichen gering.

Eine Erhöhung der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit lässt sich auch bei weniger günstigen Streckenverhältnissen, zum Beispiel in Gegenden mit Hügellandcharakter, auch bei Höchstgeschwindigkeiten bis zu 120 km/h erreichen, wenn in dem Triebfahrzeug für den Geschwindigkeitsbereich von 90 bis 120 km/h genügend hohe Beschleunigungsleistungen zur Verfügung stehen, so dass Zwangspunkte, die ein Absenken der Geschwindigkeit erforderlich machen, rasch überwunden werden können. Der Fahrzeitgewinn pro Wegeinheit ist, wie die Beispiele gezeigt haben, bei diesen Geschwindigkeitsstufen günstiger als bei den Spitzengeschwindigkeiten von 150 km/h und darüber; der Leistungsbedarf für die Beschleunigung in diesem Bereich und damit auch die Zugförderungskosten sind wesentlich geringer. Auch für diesen Geschwindigkeitsbereich gilt natürlich der Grundsatz: Geringes Zuggewicht — hier liegt der Berührungspunkt mit der Frage der Auflockerung — und hoher Leistungsüberschuss des Triebfahrzeuges bezogen auf die Gewichtseinheit.

Diesen Vorteil haben in besonderem Masse die elektrischen Triebfahrzeuge, und zwar Lokomotiven wie Triebwagen (vgl. Ziff. 5 a und b).

8. Wirtschaftlichkeit.

Obwohl dieser Punkt nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem gestellten Thema steht, halte ich es doch für nötig, auch diese Frage hier kurz zu berühren, und zwar aus folgenden Gründen:

Durch den Wettbewerb der verschiedenen Verkehrsmittel wird sich in der Verkehrsteilung zwischen Schiene und Strasse im Endzustand ein neues Gleichgewicht einstellen. Neben den technischen Vorzügen der einzelnen Verkehrsmittel werden für die Benützung der Schiene oder Strasse auch die wirtschaftlichen Zusammenhänge, d. h. die Betriebskosten mit eine entscheidende Rolle spielen. Für den Betrieb und Verkehr auf der Schiene sind alle Aufgaben für die Betriebsführung seit Jahrzehnten genau bekannt. Eine grosse Zahl von Rechnungsverfahren, man kann beinahe sagen mit beliebigem Genauigkeitsgrad sind ausgearbeitet, die in Verbindung mit ausgedehnten statistischen Ermittlungen gestatten, die einzelnen Kosten des Eisenbahnbetriebes zu bestimmen. Nach dem Ergebnis dieser rechnerischen Untersuchungen sind unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher Belange im allgemeinen die Tarife entwickelt.

Im Gegensatz zu dieser sicheren Rechnungsgrundlage für den Betrieb auf der Schiene ist wohl mit grosser Wahrscheinlichkeit zu sagen, dass ähnliche Unterlagen für die Nachprüfung der Betriebskosten beim Automobil noch nicht vorliegen. Ob die Beförderungssätze der Automobilunternehmer so bemessen sind, dass der Kapitaldienst für Verzinsung und Erneuerung der Fahrzeuge nach 5 bis 7 Jahren richtig erfasst ist, darf mit Recht bezweifelt werden. Der ganze Automobilfahrdienst ist noch in der Anlaufzeit und zehrt noch vom Neukapital. Erst nach mehreren Jahren, wenn die jetzt beschafften Fahrzeuge erneuert werden müssen, werden sich unter dem Einfluss des Kapitaldienstes die wirklichen Selbstkosten genauer errechnen lassen. Dann wird sich wohl auch zeigen, dass bei vielen Beförderungsleistungen die Schiene billiger arbeitet als das Automobil.

9. Sicherheit.

Die Sicherheit und Pünktlichkeit bei den Eisenbahnen hat durch die technisch ausgezeichneten Einrichtungen, durch Auswahl und Schulung eines verantwortungsbewussten und zuverlässigen Personals einen so hohen Grad erreicht, dass er von keinem andern Verkehrsmittel übertroffen werden kann. Bei der Deutschen Reichsbahn wurden z. B. im Jahre 1934 mit und ohne eigenes Verschulden 95 Reisende getötet und 756 verletzt. Ein Reisender müsste also 5 Millionen Kilometer auf der Reichs-

bahn fahren, bis er getötet und 600 000 Kilometer, bis er verletzt würde. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Automobil: Die Zahlen, die wöchentlich und jährlich veröffentlicht werden, sprechen für sich selbst. Es wird wohl auch aus diesem Grunde zu erwarten sein, dass die Sicherheit und Pünktlichkeit bei manchen Reisenden künftig für die Schiene werben wird.

Nachtrag

der Herren **H. Parodi** und **W. Müller.**

Herr Direktor *H. Parodi,* welcher dem in deutscher Sprache gehaltenen Vortrag und der deutsch geführten Diskussion nicht folgen konnte, nahm nachträglich zu den von Herrn Obermaschineningenieur Müller geäusserten Ansichten folgendermassen Stellung:

Je regrette beaucoup que mon ignorance de la langue allemande m'ait empêché de comprendre l'exposé de M. Muller au moment même où il a parlé, car j'aurais été heureux de faire ressortir immédiatement ce que nos thèses ont d'opposé: M. Muller dit en somme qu'au point de vue technique tout ce qui a été fait électriquement peut maintenant être réalisé autrement: par des machines à vapeur pour la traction par locomotives, par des autorails à moteur à explosion pour la traction par automotrices, et il conclut que l'électrification ne peut contribuer autant qu'on semble le croire généralement à l'assouplissement, à l'accélération et à l'amélioration de l'exploitation des chemins de fer.

J'avoue ne pas comprendre ce raisonnement, car, même, en admettant la thèse de M. Muller, le fait qu'un problème a plusieurs solutions n'empêche pas chaque solution de résoudre le problème. Si la traction électrique résout tous les problèmes que pose l'exploitation ferroviaire, que peut-on lui demander de plus?

L'électrification fournit un *système de traction* permettant d'assurer les services soit par trains ordinaires et locomotives, soit par rames automotrices, mais l'électrification n'est pas intrinsèquement un système d'exploitation.

Quand les électriciens constatent que certaines administrations de chemin de fer ne conçoivent l'exploitation ferroviaire après l'électrification que sous la forme de trains remorqués par locomotives, ils ont le droit de faire observer que ces administrations n'utilisent pas toutes les possibilités que la traction électrique a mis depuis *cinquante* ans à la disposition des réseaux.

Quand au contraire des électriciens constatent que d'autres administrations se vantent d'avoir modernisé les chemins de fer parce qu'elles ont développé l'emploi des autorails à moteurs Forest ou Diesel, ces électriciens ont le devoir de proclamer comme je l'ai fait dans ma conférence, que la modernisation des réseaux n'est que la réalisation mécanique ou électromécanique de ce que j'ai appelé l'exploitation électrique.

On ne peut donc répondre à la question posée par l'Association Suisse des Electriciens qu'en répondant successivement aux deux questions suivantes:

1° L'exploitation mixte par trains remorqués par locomotives et par rames automotrices de composition variable, avec le trafic, que nous appelons l'exploitation électrique, permet-elle d'assouplir, d'accélérer et d'améliorer le service des chemins de fer.

2° La traction électrique possède-t-elle sur les autres systèmes de traction des avantages caractérisés permettant de réaliser plus commodément, plus surement et plus économiquement l'exploitation électrique.

En ce qui concerne la première question, je croyais, quand j'ai préparé ma conférence, que tout le monde était d'accord et que la méthode d'exploitation électrique tendait à être appliquée partout par des moyens mécaniques sur les lignes non électrifiées, par des moyens électriques sur les lignes électrifiées.

La communication de M. Muller, si je l'ai bien comprise, tend à prouver qu'aucune amélioration certaine ne peut résulter de l'application de la méthode en question et j'ajoute quel que soit le système de traction employé.

Je ne connais certes pas assez les conditions du trafic suisse pour me permettre de discuter la question dans le détail et je regrette que M. Muller n'ait point développé davantage son argumentation sur un plan général. Il serait en effet intéressant de savoir pourquoi on arrive, en Suisse à une conclusion aussi différente de celle que tant d'autres réseaux ont tirée maintenant de leurs études systématiques. Rappellerai-je qu'en France, tous les réseaux ont adopté le principe de l'exploitation électrique et que la Belgique et la Hollande ont réalisé d'importantes installations uniquement pour assouplir, accélérer et améliorer leurs services de voyageurs par l'électrification. Rappellerai-je aussi que les chemins de fer allemands, bien qu'ils utilisent sur leurs grandes lignes des locomotives et des automotrices monophasées ont électrifié le «Ringbahn und Vorort» en courant continu, pour bénéficier aussi pleinement que possible de l'exploitation par rames automotrices électriques. Le Southern Railway utilise exclusivement des automotrices électriques pour assurer le service voyageurs sur l'ensemble de ses lignes électrifiées, banlieue et grandes lignes, trains Pullmann et trains ouvriers. En 1934, le parcours des automotrices électriques a dépassé 43 millions de kilomètres pour 584 kilomètres de lignes électrifiées, alors que pendant la même année, le parcours global des locomotives et automotrices suisses a été d'environ 43,6 millions de kilomètres pour 2058 kilomètres de lignes électrifiées. Je ne puis m'empêcher de remarquer que M. Walke, directeur général du Southern Railway a proclamé à diverses reprises que l'augmentation de trafic produite par l'électrification payait à elle seule les dépenses d'installation, alors que la note de Monsieur Muller

tend à établir que l'électrification suisse n'a procuré aucun avantage substantiel.

En ce qui concerne la seconde question, je ne suis pas non plus d'accord avec M. Muller, car je prétends qu'au point de vue purement technique, l'électricité permet de réaliser des machines que, dans l'état actuel de la technique, il est impossible de réaliser autrement.

Pour la traction par locomotives (service marchandises) je rappellerai qu'en accouplant deux locomotives type BB de 80 tonnes, on peut en même temps réaliser des efforts soutenus de plus de 30 000 kg, correspondant à la pleine utilisation des attelages unifiés de 70 tonnes, et des vitesses de 90 à 95 km/h. Ce groupe de machines accouplées, de 160 tonnes d'adhérence et de 3000 kW de puissance unihoraire, peut être conduit sans difficulté par un seul homme. Je demande que l'on m'indique quel type de locomotive à vapeur en service, est susceptible de réaliser pratiquement pareille performance?

Pour le service voyageurs à grande vitesse, je rappellerai que les machines type 2 D 2 du PO et du Midi, d'une puissance soutenue de 3000 kW et d'un poids adhérent de 80 tonnes, peuvent remorquer 500 tonnes à 150 km/h. Elles pourraient faire encore mieux après changement des engrenages, si on le voulait. Je demande que l'on m'indique quelle locomotive à vapeur pourrait assurer le même service, le nombre des essieux moteurs devant être de 5 pour la machine à vapeur (contre 4 pour la locomotive électrique). La machine à vapeur doit remorquer un lourd tender pour pouvoir effectuer de longues courses. La locomotive à vapeur à cinq essieux couplés susceptible de marcher à 150 km/h n'est pas encore construite et on est en droit de se demander si elle le sera jamais.

Pour la traction par automotrices, je rappelle que l'on peut faire varier à volonté le nombre des essieux moteurs avec les moteurs électriques en atteignant sans difficulté l'adhérence totale (automotrices ayant depassé 200 km/h entre Marienfelde et Zossen, il y a plus de 30 ans par exemple). Je demande quels autorails mécaniques peuvent remplir des conditions analogues tout en restant capables d'être conduits par un seul homme.

Je pourrais multiplier les exemples de machines déjà réalisées ou pouvant être réalisées électriquement et qui n'existent qu'à l'état de projet dans l'esprit des mécaniciens... encore envisagent-ils souvent comme moyen de réalisation le recours à la transmission électrique.

Sans vouloir préjuger de l'avenir, je prends cependant acte des indications que donne M. Muller au sujet du chauffage et de l'éclairage électrique, des fumées et des odeurs, des bruits et des trépidations et je me borne à rappeler que ces avantages de la traction électrique ont été suffisants pour faire décider de nombreuses et très importantes électrifications à New York comme à Chicago, à Londres comme à Berlin.

Je tiens en terminant à rappeler qu'historiquement parlant, les réserves formulées par M. Muller en ce qui concerne les automotrices s'expliquent du fait de l'adoption de la traction monophasée en Suisse à un moment où les moteurs monophasés d'automotrices n'étaient pas au point: l'une des raisons et non des moindres qui ont milité en France pour l'adoption du courant continu comme système unifié de traction a été précisément l'aptitude du moteur à courant continu, à la construction des automotrices légères. La même observation s'applique à l'ensemble des machines des parcs de tracteurs des réseaux et l'on constate qu'actuèllement la valeur moyenne du rapport des poids totaux et adhérents des machines ressort à environ

2 pour le parc des machines à vapeur,
1,4 pour les parcs des machines monophasées,
1,1 pour les parcs des machines à courant continu.

Pour une locomotive à vapeur, ce rapport a comme valeur 2,5 environ pour des machines de vitesse (Pacific ou Mountain) et 1,5 pour des machines de marchandises comme les Mikado.

C'est pour cet ensemble de raisons théoriques et pratiques que je demeure convaincu non seulement de la supériorité technique de la traction électrique sur les autres modes de traction, à qualités égales de services, mais encore de ce fait que le seul moyen de moderniser l'exploitation ferroviaire est de réaliser le programme général de réorganisation esquissé dans ma conférence comportant l'électrification des lignes à grand trafic, l'application de la méthode d'exploitation électrique aux lignes à moyen trafic et la suppression du rail pour les lignes à petit trafic. *H. Parodi.*

Zu den vorstehenden Ausführungen bemerkt Herr Obermaschineningenieur Müller folgendes:

Herr Parodi bezeichnet den gemischten Betrieb mit Lokomotivzügen und Triebwagenzügen (rames automotrices) von veränderlicher, dem Verkehr angepasster Zusammensetzung als «elektrischen Betrieb» (exploitation électrique»), gleichgültig, ob für diesen Betrieb elektrische oder andere Triebfahrzeuge verwendet werden («par des moyens mécaniques sur les lignes non électrifiées, par des moyens électriques sur les lignes électrifiées»). Bei dieser Definition des «elektrischen Betriebes», die ich zwar nicht als richtig anerkenne, besteht zwischen Herrn Parodi und mir keine grundsätzliche Meinungsverschiedenheit über die Beantwortung der zur Diskussion gestellten Fragen. Der aufmerksame Leser wird sich davon leicht überzeugen. Ich kann daher dem Leser und mir eine Replik auf die Bemerkungen des Herrn Parodi zu meinem Referat ersparen. *W. Müller.*