Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 59/60 (1912)

Heft: 10

Artikel: Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-29950

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: 15.07.2025

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

INHALT: Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb. — Das neue Stadthaus in Berlin. — Die Simme korrektion St. Stephan. — Miscellanea: Die Direktion der Thunerseebahn und der Bern-Neuenburg-Bahn. Schweizerische Bundesbahnen. „Zum Fall des ‚Ingenieur' Flotron". Wasserwirtschaft. Bau eines zweiten Krematoriums in Zürich. Internationales Ausstellungswesen. Städteausstellung in Düsseldorf 1912. Eidg. Technische Hochschule. Internationale Gasausstellung Amsterdam. Bernischer Regierungsrat. — Konkurrenzen: Schulgebäude in Arlesheim. Ecole de Commerce Lausanne. Bebauungsplan für das Waidareal in Zürich. Post- und Telegraphengebäude Ennenda. — Nekrologie: Fritz Gerber. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ing.- und Arch.-Verein. Zürcher Ing.- und Arch.-Verein. Technischer Verein Winterthur. G. e. P.: Stellenvermittlung.
Tafeln 32 bis 35: Das neue Stadthaus in Berlin.

Band 59. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 10.

Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb.

Von Dr. *W. Kummer*, Ingenieur, Zürich.[1])

Einleitung.

Unter den schweizerischen Hauptbahnlinien, die zurzeit mit Dampf betrieben werden, bildet die Gotthardlinie dasjenige grössere Objekt, dessen Elektrifizierung unbedingt technische und finanzielle Vorteile verwirklichen lässt. Es ist diese bemerkenswerte Sachlage den Mitgliedern des Zürcher Ingenieur- und Architekten-Vereins schon vor acht Jahren vorgerechnet worden, anlässlich des Vortrags, den Ingenieur *E. Huber-Stockar* am 16. März 1904 über „Elektrische Traktion auf normalen Eisenbahnen, insbesondere auf der Strecke Erstfeld-Bellinzona der Gotthardbahn" gehalten hat[2]). Wenn ich über diesen Gegenstand heute ebenfalls berichte, so geschieht es gemäss dem Wunsche des Vorstandes des Zürcher Ingenieur- und Architekten-Vereins und weil es mir vergönnt gewesen ist, an den bezüglichen neueren Projekten der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb mitzuarbeiten, im besondern die Berechnungen für den Kraftbedarf auszuführen und die abschliessenden Berichte über die Elektrifikation der Gotthardbahn zu Handen der Studienkommission abzufassen, die diesen Berichten alsdann, in ihrer Plenarversammlung vom 16. Mai 1911, die Genehmigung erteilt hat.[3])

Projektgrundlagen.

Als Grundlagen einer Kraftbedarfs-Berechnung kommen in Betracht Verkehrsgrundlagen und Fahrdienstgrundlagen, in Verbindung mit der Bearbeitung eines den Verhältnissen des Verkehrs und des elektrischen Betriebes möglichst gut angepassten Fahrplans als allgemeiner Projektgrundlage. Die Kraftbedarfs-Berechnung selbst betrifft die Ermittlung verschiedener, für die weitere Projektbearbeitung notwendiger mechanischer und elektrischer Grössen, nämlich die Ermittlung der „Zugkräfte am Radumfang", sowie der „Effekte" und „Arbeiten" am Radumfang, am Fahrdraht und in den übrigen Anlageteilen bis an die Turbinenwellen der Kraftwerke. Die sich im allgemeinen von Augenblick zu Augenblick stets ändernden Grössen „Zugkraft" und „Effekt" am Radumfang der Züge führen, in Abhängigkeit von dem Verlaufe der gefahrenen Strecke bezw. von der verflossenen Fahrzeit abgebildet und summiert, auf die „Arbeit" am Radumfang. Für die Umrechnung dieser Grössen, insbesondere des Effektes und der Arbeit vom Radumfang an andere Teile der Gesamtanlage, insbesondere an den Fahrdraht und an die Turbinenwellen der Zentralen, bedarf man grundlegender Annahmen über Triebfahrzeuge, Fahrdrahtleitungen, Speisestellen, Fernleitungen und Kraftwerke.

Die Zugkraft am Radumfang ist gleich der Summe aus Widerstandskraft am Radumfang und Trägheitskraft am Radumfang. Die Widerstandskraft oder der Widerstand hinwiederum zerfällt in die Teile: Widerstand in der geraden und horizontalen Strecke, Widerstand in der Steigung und Widerstand in der Krümmung. Der Widerstand in der geraden und horizontalen Strecke ist eine Funktion der Geschwindigkeit; für die Projekte der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb wurde für den Widerstand in *kg* pro *t* die in Abbildung 1 veranschaulichte sog. „Widerstandskurve" verwendet. Der Widerstand in der Steigung ergibt sich aus dem Sinus des Neigungswinkels, der Widerstand in der Krümmung aus dem Krümmungsradius nach bekannten Beziehungen; für die Projekte der Studienkommission wurden, wie allgemein üblich, der Widerstand in der Steigung in *kg* pro *t* direkt durch die sog. positive oder negative Steigung in ‰ ausgedrückt und der Widerstand in der Krümmung in *kg* pro *t* nach der Formel von Röckl ermittelt.[1]) Was die Berücksichtigung der Trägheitskraft am Radumfang angeht, die beim Anfahren positiv, beim Bremsen negativ ausfällt, so ist in der Studienkommission zuerst auf Grund der die Rechnungen vereinfachenden Annahme einer pro Anfahrt in Abhängigkeit von der Anfahrzeit konstant wirkend gedachten Beschleunigung und der Annahme einer pro Bremsung in Abhängigkeit von der Bremszeit konstant wirkend gedachten Verzögerung gerechnet worden. Solange man nur allgemeine Fragen im Zusammenhang mit der Beurteilung der Adhäsionsverhältnisse beim Anfahren und Bremsen zu diskutieren hatte, waren solche Annahmen zulässig, sobald man aber in Projektgrundlagen die sich für solche Annahmen ergebenden Maximal-Anfahreffekte aufzunehmen begann, war eine Kritik durchaus gerechtfertigt, da die Annahme einer pro Anfahrt konstanten Beschleunigung zu viel höheren Maximaleffekten führt, als eine für dieselbe totale Anfahrzeit in Abhängigkeit vom Verlauf der Anfahrzeit abnehmende Beschleunigungslinie; im weitern entspricht eine pro Anfahrt konstant bleibende Beschleunigung auch nicht im geringsten den tatsächlichen Verhältnissen, die bei den für die Traktion tauglichsten Elektromotoren, denjenigen mit der sogen. „Seriecharakteristik" auftreten.

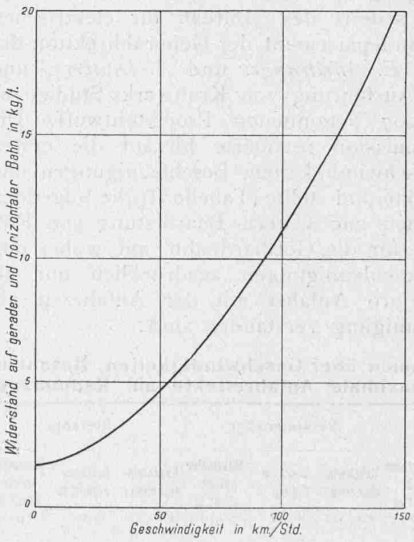


Abb. 1. Widerstandskurve für Fahrt auf gerader und horizontaler Bahn.

Als Verfasser einer Reihe von Arbeiten, die in den Jahren 1904 bis 1906 über Anfahrlinien und Beschleunigungsfragen bei elektrischen Bahnen in der „Schweiz. Bauzeitung" erschienen[2]), war es für den Referenten ein besonders ehrenvoller Auftrag, einer der Subkommissionen der Schweiz. Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb im Frühjahr 1909 darzutun, dass auf Grund von einfachen analytischen Annahmen über den Verlauf von tatsächlichen Beschleunigungslinien eine namhafte Reduktion der auf Grund einer pro Anfahrt konstanten Beschleunigung errechneten Maximal-Anfahreffekte möglich sei. Die ursprünglichen Annahmen, die auch seitens dieser Subkommission einem ersten, im Jahre 1907 begonnenen Projektentwurf für einen

[1]) Vortrag, gehalten am 6. März 1912 vor dem Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein.

[2]) Vergl. Band XLIII, Seite 169.

[3]) Vergl. Band LIX, Seite 67: «Rapport sur la Traction électrique des chemins de fer suisses».

[1]) In *kg* pro *t* (bezw. in ‰ als Zuschlag zur vorhandenen Steigung) zu berechnen aus $\frac{650}{R-55}$, wo *R* den Krümmungsradius in *m* bedeutet.

[2]) Band XLIV, S. 14 und 28, S. 287; Band XLVIII, S. 227.

zukünftigen elektrischen Betrieb der Gotthardbahn zu Grunde gelegt worden waren, sind 1908 von der Studienkommission in deren gedruckter Mitteilung Nr. 2 bekannt gegeben worden[1]) und lauten folgendermassen:

I. Erste Annahmen über Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und maximale Anfahreffekte am Radumfang.

Steigung in ‰	Schnellzüge			Personenzüge			Güterzüge		
	Geschwindigkeit in *km/Std*	Beschleunigung in *m/sec²*	Maximaler Anfahreffekt in *PS* pro *t*	Geschwindigkeit in *km/Std*	Beschleunigung in *m/sec²*	Maximaler Anfahreffekt in *PS* pro *t*	Geschwindigkeit in *km/Std*	Beschleunigung in *m/sec²*	Maximaler Anfahreffekt in *PS* pro *t*
0	90	0,22	10,0	75	0,35	12,0	45	0,20	4,2
5	90	0,16	10,0	75	0,30	12,0	45	0,13	4,2
10	90	0,12	10,0	75	0,25	12,0	45	0,09	4,2
15	75	0,12	10,0	70	0,23	12,0	42	0,06	4.2
20	65	0,12	10,0	65	0,22	12,0	38	0,04	4,2
25	60	0,12	10,0	60	0,22	12,0	36	0,04	4,2

Indem nun bei der Ueberprüfung dieser Tabelle die in derselben aufgeführten Beschleunigungen nicht mehr als pro Anfahrt konstant wirkende, sondern nur noch als mittlere Werte von (in Abhängigkeit von der Anfahrzeit) im Wesentlichen abnehmenden Beschleunigungslinien festgesetzt wurden, wodurch jeweilen die totale Anfahrzeit nicht geändert wird, ist eine erhebliche Verringerung der maximalen Anfahreffekte errechnet worden, nämlich bei Schnellzügen eine solche von 10 *PS/t* auf 7 bis 8 *PS/t*, bei Personenzügen von 12 *PS/t* auf 8 bis 9 *PS/t*, bei Güterzügen von 4,2 *PS/t* auf 3 bis 4,2 *PS/t*.

Bei genauerer Durchsicht des erwähnten Projektentwurfs für einen zukünftigen elektrischen Betrieb der Gotthardbahn sind dann im weitern auch die neuen, verhältnismässig hohen Geschwindigkeitsansätze selbst, wenigstens für die starken Steigungen, kritisiert worden. Diese Kritik erfolgte namentlich seitens des „Bureau für elektrischen Betrieb" auf dem Baudepartement der Generaldirektion der S. B. B. (Ingenieure *E. Affeltranger* und *A. Dänzer*), und zwar anlässlich der Ausführung von Kraftwerks-Studien zu dem genannten, 1907 begonnenen Projektentwurf. Die betreffende Subkommission revidierte hierauf die ersten Annahmen über Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und maximale Anfahreffekte und stellte (Tabelle II) die folgenden endgültigen Annahmen zur weitern Bearbeitung von Projekten, insbesondere für die Gotthardbahn, auf, wobei nun die aufgeführten Beschleunigungen ausdrücklich nur als mittlere Werte der pro Anfahrt mit der Anfahrzeit abnehmenden Beschleunigung verstanden sind:

II. Endgültige Annahmen über Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und maximale Anfahreffekte am Radumfang.

Steigung in ‰	Schnellzüge			Personenzüge			Güterzüge		
	Geschwindigkeiten i. *km/Std*	Beschleunigung in *m/sec²*	Maximaler Anfahreffekt in *PS* pro *t*	Geschwindigkeiten i. *km/Std*	Beschleunigung in *m/sec²*	Maximaler Anfahreffekt in *PS* pro *t*	Geschwindigkeiten i. *km/Std*	Beschleunigung in *m/sec²*	Maximaler Anfahreffekt in *PS* pro *t*
0	90	0,2	7,0	75	0,3	7,5	45	0,1	2,0
5	80	0,2	7,0	70	0,3	7,5	45	0 1	2,4
10	70	0,2	7,0	60	0,3	7,5	45	0,1	2,9
15	60	0,2	7,0	56	0,3	7,5	40	0,1	3,3
20	55	0,2	7,0	53	0,3	7,5	37	0,1	3,7
26	50	0,2	7,0	50	0,3	7,5	35	0,1	4,2

Neben dieser tabellarischen Vorführung der Annahmen über Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und maximale Anfahreffekte mag nun auch die zugehörige Zusammenstellung über die Geschwindigkeiten und die Fahreffekte bei sog. freier Fahrt, d. h. bei Abwesenheit von Beschleunigungen oder Verzögerungen, in nebenstehender Tabelle III folgen.

Ebenso, wie sich im Frühjahr 1909 hinsichtlich der Berücksichtigung der Trägheitskräfte beim Anfahren und in der Bemessung der Geschwindigkeiten für den zukünftigen elektrischen Betrieb der Gotthardbahn eine Wandlung der Anschauungen vollzog, die die Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb zur Revision ihrer ersten Annahmen führte, empfand man es damals auch als erforderlich, weitere Grundlagen der Kraftbedarfs-Berechnungen zu den Projekten der Studienkommission neu zu normieren. So wurde vor allem neu festgesetzt, dass den Projekten für einen zukünftigen elektrischen Betrieb ein Fahrplan zu Grunde zu legen sei, bei dessen Aufstellung zunächst von einem durch den internationalen Verkehr bedingten Schnellzugsgerippe auszugehen sei, das mindestens demjenigen des bisher stärksten Verkehrsjahres entsprechen müsse; in dieses Schnellzugsgerippe sei dann sukzessive eine gegenüber dem heutigen Verkehr gesteigerte Anzahl von Personenzügen, Güterzügen und Fakultativzügen einzulegen, deren Lage im Fahrplan unter möglichster Berücksichtigung der Rückwirkung auf die Kraftwerke gewählt werden könne. Im weitern wurde normiert, dass die Kumulierung der Effektdiagramme der einzelnen Züge eines Netzes zum Zwecke der Berechnung der Effekt-Extremwerte im betreffenden Netze nicht nach einem abgekürzten und summarischen Verfahren, sondern in strenger Anlehnung an den angenommenen Fahrplan zu erfolgen hätten.

Auf Grund dieser neuen Normen ist dann im Herbst 1909 der Referent mit der Bearbeitung von Projekten für den zukünftigen elektrischen Betrieb der Gotthardbahn und des S. B. B.-Kreises II beauftragt worden. Gleichzeitig wurde beschlossen, dass auch die auf den ältern, inzwischen aufgegebenen Projektgrundlagen, seitens Ing. *L. Thormann* begonnenen Projektierungsarbeiten durch ihn weitergeführt werden sollten, einmal um den Einfluss der verschiedenen Grundlagen auf das Endresultat zu konstatieren und im Fernern, um den begonnenen wirtschaftlichen Vergleich der möglicherweise in Frage kommenden elektrischen Systeme unter sich durchzuführen; für die neuern Projekte war nämlich von vornherein nur die Berücksichtigung des *Einphasensystems* vorgesehen, dessen Vorzüge in wirtschaftlicher Beziehung aus den damals vorliegenden Projektentwürfen bereits mit Sicherheit entnommen werden konnten.

Rechnungsgang und Rechnungsergebnisse.

Im nachstehenden sollen nun der Rechnungsgang und die Rechnungsergebnisse für den Kraftbedarf der Gotthardbahn beim zukünftigen *elektrischen Betrieb mit Einphasenwechselstrom* gemäss dem vom Referenten der Studienkommission vorgelegten Projekte erörtert werden. Bei der Festlegung der Verkehrsgrundlagen, die, durch Extrapolation von den Betriebsergebnissen des Jahres 1907 ausgehend,

III. Endgültige Geschwindigkeiten und Fahreffekte am Radumfang bei freier Fahrt und verschiedenen Krümmungen.

Steigung in ‰	Schnellzüge			Personenzüge			Güterzüge		
	Geschwindigkeiten i. *km/Std*	Fahreffekte *PS* pro *t* $R = \infty$	Fahreffekte *PS* pro *t* $R = 300\,m$	Geschwindigkeiten i. *km/Std*	Fahreffekte *PS* pro *t* $R = \infty$	Fahreffekte *PS* pro *t* $R = 300\,m$	Geschwindigkeiten i. *km/Std*	Fahreffekte *PS* pro *t* $R = \infty$	Fahreffekte *PS* pro *t* $R = 300\,m$
0	90	3,2	4,1	75	2,1	2,8	45	0,7	1,1
5	80	3,9	4,6	70	3,1	3,7	45	1,5	2,0
10	70	4,4	5,0	60	3,5	4,1	45	2,4	2,8
15	60	4,6	5,2	56	4,2	4,8	40	2,8	3,2
20	55	5,1	5,7	53	4,9	5,4	37	3,2	3,6
26	50	5,7	6,2	50	5,7	6,2	35	3,8	4,1

gewonnen wurden, ergab sich insbesondere eine bedeutende Verschiedenheit der mittleren und der maximalen täglichen Verkehrsmengen; es erschien daher angemessen, im Fahrplan einen durchschnittlichen und einen maximalen Verkehr auseinander zu halten und auch die Kraftbedarfsberechnung dementsprechend für beide Verkehrs-Charakteristika durchzuführen.

Das, was demnach als *durchschnittlicher* oder *regelmässiger Verkehr* bezeichnet ist, stellt somit eine ideale Grösse dar, nämlich einen Verkehr, der sich weder im Sommerfahrplan, noch im Winterfahrplan genau nach diesem Schema abspielt, der aber den zu erwartenden durchschnitt-

[1]) Band LII, Seite 215 und 236.

IV. Zusammenstellung der Bruttotonnenkilometer des angehängten Zugsgewichtes nach dem Zukunftsfahrplan und Gegenüberstellung mit dem Verkehr im Jahre 1907.

Zugsarten und Teilstrecken	Durchschnittsverkehr							Maximalverkehr					
	Mittleres Zugsgewicht	Zugszahl	Belastung in Brutto-Tonnen	Zurückgelegter Weg in *km*	Brutto-*t/km* per Tag	Brutto-*t/km* per Jahr	Jahresleistung 1907 in Brutto-*t/km*	Mittleres Zugsgewicht	Zugszahl	Belastung in Brutto-Tonnen	Zurückgelegter Weg in *km*	Brutto-*t/km* per Tag	Maximale Tagesleistung 1907 in Brutto-*t/km*
Schnellzüge:													
Luzern-Goldau-Luzern	200	18	3 600	28	100 800			300	24	7 200	28	201 600	
Zug-Goldau-Zug	120	14	1 680	16	26 880			200	15	3 000	16	48 000	
Goldau-Bellinzona-Goldau	280	18	5 040	142	715 680			320	28	8 960	142	1 272 320	
Bellinzona-Chiasso-Bellinzona	280	18	5 040	55	277 200			320	27	8 640	55	475 200	
Bellinzona-Luino-Bellinzona	100	6	600	40	24 000			150	6	900	40	36 000	
					1 144 560	417 764 400	296 453 110					2 033 120	1 302 922
Personenzüge:													
Luzern-Erstfeld-Luzern	100	10	1 000	61	61 000			150	10	1 500	61	91 500	
Zug-Goldau-Zug	100	14	1 400	16	22 400			150	14	2 100	16	33 600	
Luzern-Chiasso-Luzern	150	10	1 500	225	337 500			200	10	2 000	225	450 000	
Biasca-Chiasso-Biasca	100	12	1 200	74	88 800			150	12	1 800	74	133 200	
Bellinzona-Luino-Bellinzona	100	14	1 400	40	56 000			150	14	2 100	40	84 000	
Bellinzona-Locarno-Bellinzona	100	26	2 600	21	54 600			150	26	3 900	21	81 900	
					620 300	226 409 500	134 890 339					874 200	557 914
Güterzüge:													
Luzern-Goldau-Luzern	210	6	1 260	28	35 280			400	8	3 200	28	89 600	
Zug-Goldau-Zug	480	6	2 880	16	46 080			500	12	6 000	16	96 000	
Goldau-Erstfeld-Goldau	480	26	12 480	33	411 840			500	34	17 000	33	561 000	
Erstfeld-Biasca-Erstfeld	310	40	12 400	90	1 116 000			320	54	17 280	90	1 555 200	
Biasca-Bellinzona-Biasca	560	24	13 440	19	255 360			560	34	19 040	19	361 760	
Bellinzona-Chiasso-Bellinzona	310	24	7 440	55	409 200			{320 / 400}	{15 / 12}	9 600	55	528 000	
Bellinzona-Luino-Bellinzona	480	10	4 800	40	192 000			500	18	9 000	40	360 000	
Bellinzona-Locarno-Bellinzona	130	4	520	21	10 920			400	4	16 000	21	33 600	
					2 476 680	792 537 600	670 419 318					3 585 160	2 504 362
Alle Zugsarten zusammen:					4 241 540	1 436 711 500	1 101 762 767					6 492 480	4 365 198

lichen Werktagsverkehr für das betrachtete Jahr eines zukünftigen Betriebes zum Ausdruck bringt. Der Fahrplan, der diesem Verkehr entspricht, ist ebenfalls ein idealer; er führt aber zu demjenigen Kraftbedarf, aus dem sich die mutmasslich für das betrachtete Jahr eines zukünftigen Betriebes vorkommende mechanische Jahresarbeit am Radumfang, am Fahrdraht und überhaupt an jedem beliebigen Teile der Gesamtanlage ermitteln lässt. Andererseits stellt der *maximale* (oder ausserordentliche) *Verkehr* einen Verkehr dar, wie er an gewissen Tagen des betrachteten Jahres eines zukünftigen Betriebes tatsächlich eintreten dürfte; der Fahrplan, der diesem Verkehr entspricht, dürfte als solcher ausgeführt werden und der entsprechende Kraftbedarf muss von den Anlagen der Energieerzeugung und Energieverteilung geleistet werden können.

Seitens des Maschinendienstes des Kreises V der S. B. B. sind nun unter der Leitung von Obermaschineningenieur *A. Meyer* die Verkehrsgrundlagen mit grosser Sorgfalt bearbeitet worden. Die obenstehende Zusammenstellung der Bruttotonnenkilometer des angehängten Zugsgewichtes nach dem Zukunftsfahrplan, bezw. die Gegenüberstellung mit dem Verkehr im Jahre 1907 zeigt, dass das betrachtete Jahr eines zukünftigen Betriebes gegenüber 1907 eine Verkehrsvermehrung von rund 30 % aufweist. Die Zugsgewichte sind derart bemessen, dass sämtliche Schnellzüge und Güterzüge mittels Lokomotiven ohne Vorspann oder Schiebedienst auf den Bergstrecken geführt werden können; für die Führung der Personenzüge sind Motorwagen vorausgesetzt, und zwar ebenfalls unter Ausschluss von Vorspann- oder Schiebedienst. Im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Verkehrs-Aufstellung erfolgte dann auch die Ausarbeitung eines Fahrplan-Entwurfs für den zukünftigen elektrischen Betrieb; in Abbildung 2 (S. 130) ist dieser Entwurf soweit veranschaulicht, als er sich auf die Strecken Luzern-Chiasso und Bellinzona-Luino bezieht.

Der Fahrplan seinerseits gab dann weiter die Grundlage zur Ausarbeitung einer Diensteinteilung der benötigten elektrischen Lokomotiven und Motorwagen. Es sind für die mittels Lokomotivtraktion geführten Schnellzüge und Güterzüge zwei Einheitstypen von Lokomotiven gewählt worden, nämlich eine Schnellzugslokomotive mit Laufachsen und etwa 100 *t* Gesamtgewicht und eine Güterzugslokomotive ohne Laufachsen, mit etwa 80 *t* Tara. Für die mittels Motorwagentraktion geführten Personenzüge sind ein Motorwagentyp mit einer leichtern motorischen Ausrüstung von etwa 20 *t* und einer mit einer schwereren motorischen Ausrüstung von etwa 35 *t* in Aussicht genommen worden. Damit konnte dann eine der Zusammenstellung in Tabelle IV der „angehängten Zugsgewichte" analoge Zusammenstellung der „Gesamtzugsgewichte" gebildet werden, die für einen Zukunftsverkehrstag zu 5,372 Millionen *tkm* im Durchschnittsverkehr und zu 8,015 Millionen *tkm* im Maximalverkehr führt.

Um nun die Effektdiagramme der einzelnen Züge sowohl im Durchschnittsverkehr als auch im Maximalverkehr aufzeichnen und kumulieren zu können und damit die Effektdiagramme des ganzen Netzes der Gotthardbahn oder auch nur grösserer Teile desselben zu erhalten, sollten, streng genommen, die Einzeleffekte aller im Fahrplan verzeichneten Züge von Sekunde zu Sekunde ermittelt werden. Für eine praktische Ausführung stösst dieses Verfahren indessen auf eine unverhältnismässig grosse mechanische Rechenarbeit, ohne dass es wesentlich brauchbarere Resultate ergibt, als eine beispielsweise nur von 5 zu 5, oder von 10 zu 10 Minuten durchgeführte Rechnung. Im vorliegenden Fall wurde im allgemeinen eine von 10 zu 10 Minuten durchgeführte Berechnung als hinreichend genau befunden und nur für die Stunden grösster Belastung je von 5 zu 5 Minuten gerechnet; die Lage der von 10 zu 10 Minuten distanzierten Zeitpunkte der Effektberechnungen wurde mit den 144 vertikalen Ordinaten des graphischen Fahrplans (Abb. 2, S. 130) übereinstimmend angenommen und dann, nach Abrechnung aller im Auslauf oder im Freilauf auf

Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb.

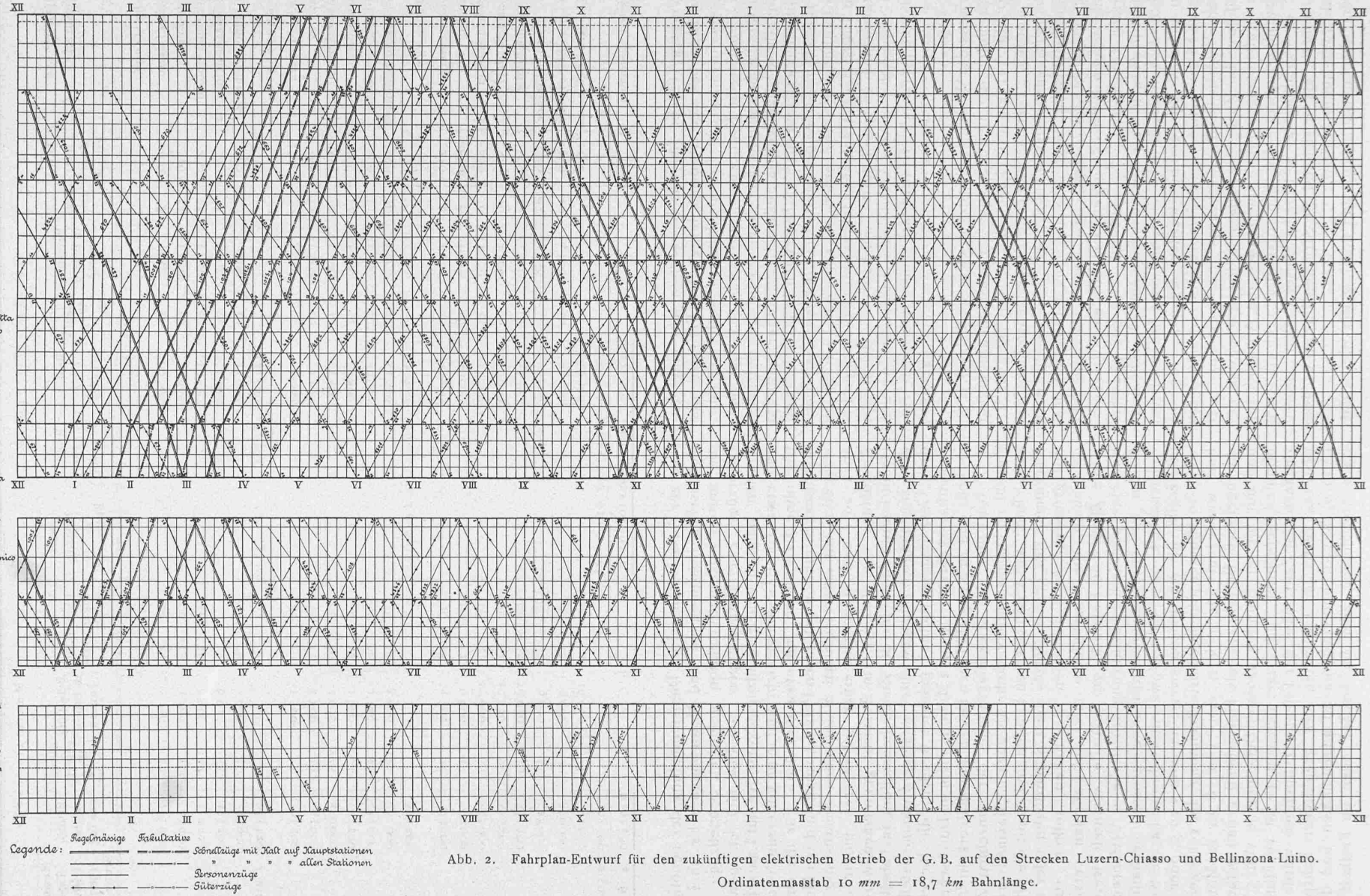


Abb. 2. Fahrplan-Entwurf für den zukünftigen elektrischen Betrieb der G. B. auf den Strecken Luzern-Chiasso und Bellinzona-Luino.

Ordinatenmasstab 10 *mm* = 18,7 *km* Bahnlänge.

Gefällen befindlicher Züge 1760 Zugseffekte für den Durchschnittsverkehr und 2205 Zugseffekte für den Maximalverkehr berechnet. Von diesen Zugseffekten sind im Durchschnittsverkehr 481, im Maximalverkehr 557 Effekte mit Trägheitskräften im Anfahrzustand behaftet und wurden mit dem Maximalwert des Anfahreffektes berücksichtigt ausser in solchen Fällen, wo gleichzeitig zwei Anfahrten auf derselben Station erfolgen, von denen dann nur die eine mit dem Maximum des Anfahreffektes, die andere mit einem Mittelwert berücksichtigt wurde. Auf diese Weise ergaben sich dann Effektdiagramme sowohl für die einzelnen Züge als auch für das ganze Netz der Gotthardbahn oder einzelne Gebiete desselben.

Mit Rücksicht auf die Projektierung der Verteilungsanlagen für die elektrische Energie erschien es als zweckmässig, folgende Einzelgebiete auszuscheiden: Reussgebiet (mit den Linien Luzern-Göschenen und Zug-Goldau), nördlicher Tessin (mit der Linie Göschenen-Bellinzona) und südlicher Tessin (mit den Linien Bellinzona-Chiasso, Bellinzona-Luino und Bellinzona-Locarno).

In Abbildung 3 ist nun das Effektdiagramm für das ganze Netz der ehemaligen Gotthardbahn veranschaulicht, das die zeitliche Aufeinanderfolge der Momentaneffekte am Radumfang sowohl im Durchschnittsverkehr, als auch im Maximalverkehr darstellt. Der Mittelwert aus solchen Diagrammen gibt ohne weiteres den mittleren Tages-Effekt, oder, bei Multiplikation mit 24 Stunden die entsprechende Tagesarbeit. Solche Mittelwerte sind aber, wenn sie nicht aus einer sehr grossen Zahl von Einzelwerten abgeleitet werden, mit äusserster Vorsicht aufzunehmen.

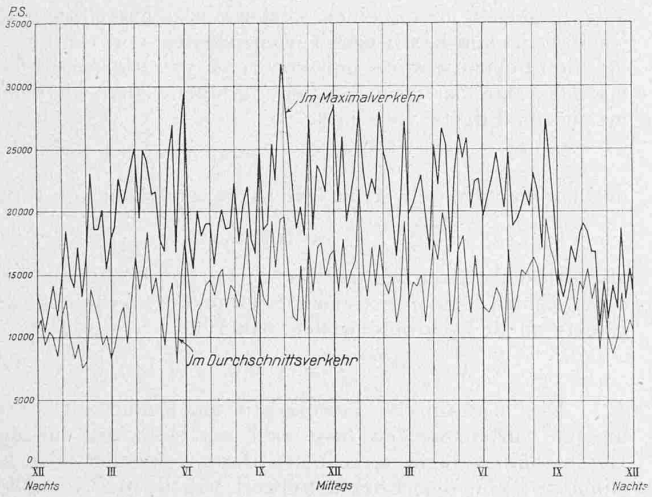


Abb. 3. Diagramm des Effekts in *PS* am Radumfang.

Im vorliegenden Fall ergaben sich beispielsweise nach diesem Verfahren viel zu hohe Mittelwerte der Tagesarbeit, was ohne weiters verständlich erscheint, wenn man berücksichtigt, dass mit den zu Grunde gelegten 144 Zeitordinaten rund ein Drittel sämtlicher im Zukunfts-Verkehrstage überhaupt vorkommender Zugs-Anfahrten berücksichtigt sind, und zwar fast alle mit dem dabei möglichen Effektmaximum; die Zehnminuten-Zeitordinaten, welche für die Effektberechnungen gedient haben, schliessen etwa doppelt so viel Anfahreffekte in sich, als sich bei gleichmässiger Verteilung derselben auf ganze Minuten hätte ergeben müssen; es ist das eine Folge der angewandten Fahrplanbildung, die der bequemen Rechnung wegen derart erfolgte, dass auf den Hauptstationen die Abfahrten fast immer auf die im Fahrplan durch vertikale Linien eingetragenen Zehnminuten-Zeitordinaten angesetzt wurden. Es ergibt somit die vorgenommene Berechnung von Effektdiagrammen[1]) unbrauchbare Angaben für die Tagesarbeiten, während sie andererseits als ein möglichst sicherer Weg zur Ermittlung der am Radumfang auftretenden Effekt*maxima* in den angenommenen Einzelgebieten und für die ganze Gotthardbahn betrachtet werden muss.

Um nun auch die Tagesarbeiten am Radumfang mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen, wurden auf Grund der Transportmengen der Gesamtzugsgewichte die Arbeitssummen für Reibungsarbeit, Hebungsarbeit und Beschleunigungsarbeit zunächst getrennt berechnet und hierauf, geordnet nach Einzelgebieten und für das ganze Netz, zusammengezählt.

Bei dieser Berechnungsmethode erhält man natürlich nur die Einzel-Arbeitssummen für Hebung und Beschleunigung mit einer grössern Genauigkeit, während man bei der Bestimmung der Reibungsarbeiten im Zweifel darüber sein kann, welche Beträge man für die Berücksichtigung von Weichen- und dergl. Widerständen in Anrechnung bringen soll und welche genauen Streckenlängen man für den Auslauf beim Anhalten und für den Freilauf auf Gefällen in Abzug bringen muss.

Wenn man nun einerseits die Extremwerte aus den Effektdiagrammen am Radumfang und anderseits die Effektmittelwerte, die sich aus den Tagesarbeiten am Radumfang mit Hülfe der Arbeitssummen für Reibung, Hebung und Beschleunigung ergeben, für die einzelnen Teilgebiete und für das ganze Netz der Gotthardbahn im Durchschnittsverkehr und im Maximalverkehr einander gegenüberstellt, und jeweilen das Verhältnis $\frac{\text{Maximaleffekt}}{\text{Mitteleffekt}}$ bildet, welches Verhältnis man als „Schwankungsverhältnis" des Effekts am Radumfang bezeichnet, dann ergibt sich die folgende Zusammenstellung:

V. Zusammenstellung der Effektmaxima und Effektmittel am Radumfang für dieselbe Verkehrsart.

Einzelgebiete	Durchschnittsverkehr			Maximalverkehr		
	Effektmaximum in *PS*	Effektmittel in *PS*	Schwankungsverhältnis	Effektmaximum in *PS*	Effektmittel in *PS*	Schwankungsverhältnis
Reussgebiet	10 530	3500	3,0	15 240	5280	2,9
Nördlicher Tessin	10 170	3630	2,8	12 370	5400	2,3
Südlicher Tessin	9 300	2580	3,6	13 880	3790	3,7
Ganzer Tessin	13 700	6210	2,2	20 760	9190	2,2
Ganze Gotthardbahn	21 820	9710	2,2	31 840	14 470	2,2

Bei Gegenüberstellung der Effektmaxima im Maximalverkehr und der Effektmittel im Durchschnittsverkehr ergibt sich das überhaupt grösste, sog. „extreme Schwankungsverhältnis" des Effekts am Radumfang. Für die einzelnen Teilgebiete und das ganze Netz der Gotthardbahn ergeben sich folgende Zahlenwerte:

Einzelgebiete:	Extremes Schwankungsverhältnis:
Reussgebiet	4,4
Nördlicher Tessin	3,4
Südlicher Tessin	5,4
Ganzer Tessin	3,3
Ganze Gotthardbahn	3,3

Es handelt sich nun darum, die auf den Radumfang bezogenen, errechneten Zahlenwerte des Kraftbedarfs, insbesondere die Maximalwerte und Mittelwerte des Effekts am Radumfang, umzurechnen auf andere Teile der Gesamtanlage, insbesondere an den Fahrdraht, an die Speisepunkte und an die Turbinenwellen der Kraftwerke. Zwischen der Einführungsstelle des zur Zugförderung benötigten elektrischen Effekts, bezw. der elektrischen Arbeit, am Fahrdraht einerseits und dem Radumfang anderseits liegt die gesamte mechanische und elektrische Ausrüstung der Triebfahrzeuge. Diese Ausrüstung muss den Anforderungen der Traktion entsprechen, vor allem den Bedingungen der Ausübung einer Reihe von Zugkraft-Geschwindigkeits-Charakteristiken gemäss den bei guten Ausrüstungen vorhandenen Reguliereinrichtungen. Bei den Effektumsetzungen hat man mit Effektverlusten zu rechnen, die zu Erwärmungs- und Abnützungserscheinungen führen und durch sog. Wirkungsgradziffern be-

[1]) In der umfangreichen Rechnungsarbeit ist der Referent durch Maschinentechniker E. Brügger, Luzern, in verdankenswertem Masse unterstützt worden.

rücksichtigt werden. Ist die zugeführte elektrische Energie als Wechselstrom-Energie gegeben, so ist neben dem Wirkungsgrad auch noch der Leistungsfaktor, d. h. das Verhältnis der „Watt" zu den „Volt-Ampère" der Trieb-Fahrzeuge in Betracht zu ziehen. Für Ausrüstungen mit Einphasenbahnmotoren mit Seriecharakteristik liegen die Verhältnisse bei 15000 Volt Fahrdrahtspannung und 15 Perioden für beispielsweise vier Regulierstellen etwa so, wie aus Abbildung 4 zu entnehmen ist.[1]) Mit Hülfe der Wirkungsgrad-Kurven und Leistungsfaktor-Kurven, die solchen Schaubildern entnommen werden können, sind nun sowohl für den Durchschnittsverkehr als auch für den Maximalverkehr die Effektmittel und Effektmaxima vom Radumfang an den Fahrdraht umzurechnen. Die Umrechnung der Effektmaxima kann mit jeder nur wünschenswerten Genauigkeit erfolgen, da aus dem Fahrplan die die Effektmaxima in den Einzelgebieten oder im ganzen Netz hervorbringenden Einzelzugkräfte und Einzelgeschwindigkeiten der in Betracht fallenden Züge mit jeder wünschbaren Feinheit bestimmt werden können; eine besonders hohe Genauigkeit ist indessen zwecklos mit Rücksicht darauf, dass die Fahrpläne im praktischen Betrieb ja doch nicht mit mathematischer Präzision eingehalten werden. Die Umrechnung der Effektmittelwerte vom Radumfang an den Fahrdraht ist demgegenüber mit Schwierigkeiten verbunden und mit Unsicherheiten behaftet, die davon herrühren, dass man gezwungen ist, gewisse Annahmen über die Koordinierung von Mittelwerten des Leistungsfaktors und Wirkungsgrades zu Mittelwerten der Traktionsleistungen zu machen.

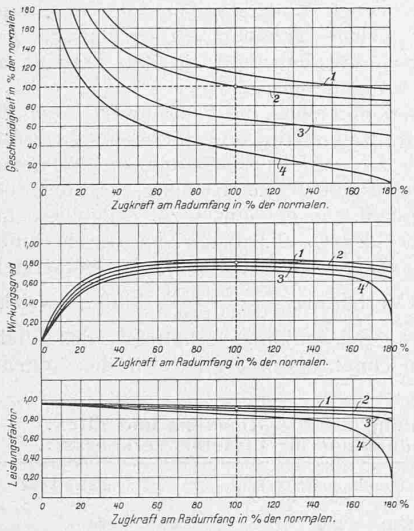


Abb. 4. Charakteristische Kurven für Einphasen-Triebfahrzeuge.

In der Kraftbedarfs-Berechnung für die Gotthardbahn wurde diesbezüglich folgenderweise vorgegangen: Aus dem Fahrplan wurde im Durchschnittsverkehrstag ein Gesamtparcours aller Triebfahrzeuge zusammen von 16304 *km* bei einer Gesamtdienstzeit von 518 Stunden entnommen (was einer mittleren Geschwindigkeit von 31,5 *km/std.* entspricht) und im Maximalverkehrstag ein Gesamtparcours von 21038 *km* bei 636 Stunden (was einer mittleren Geschwindigkeit von 33,0 *km/std.* entspricht). Damit waren für die Triebfahrzeuge sowohl die mittlere Leistung am Radumfang (wie weiter oben angegeben 9710 *PS* im Durchschnittsverkehr und 14470 *PS* im Maximalverkehr), als auch die mittlere Geschwindigkeit festgelegt, sodass ohne weiteres auch die mittlere Zugkraft ermittelt werden konnte; mit Hülfe von Verhältniswerten $\frac{\text{Mittelzugkraft}}{\text{Normalzugkraft}}$ und $\frac{\text{Mittelgeschwindigkeit}}{\text{Normalgeschwindigkeit}}$ lassen sich dann aus den Kurven der Abbildung 4 die passenden Werte von Wirkungsgrad und Leistungsfaktor für die Umrechnungen vom Radumfang an den Fahrdraht entnehmen.

Es wurden nach dieser Methode und bei Zugrundelegung gewisser Motortypen (Seriemotoren für die Güterzugslokomotiven und Repulsionsmotoren für die Schnellzugslokomotiven und Motorwagen) folgende Werte des Wirkungsgrades und Leistungsfaktors für die Effektumrechnungen vom Radumfang an den Fahrdraht gewonnen:

Für einen Betriebstag	Wirkungsgrad aller Triebfahrzeuge zusammen		Leistungsfaktor aller Triebfahrzeuge zusammen	
	für das Effekt-maximum	für das Effektmittel	für das Effekt-maximum	für das Effektmittel
im Durchschnittsverkehr . .	0,75	0,68	0,83	0,58
im Maximalverkehr	0,78	0,70	0,86	0,62

Die Berechnungen, die weiterhin erforderlich werden, um die Umsetzungen der maximalen und mittlern Effekte vom Fahrdraht an die Speisepunkte und an die Turbinenwellen der Kraftwerke zu ermitteln, stützen sich auf die Kenntnis der Effektverluste in den dazwischen liegenden elektrischen Anlageteilen, d. h. in den Fahrdraht- und Speiseleitungen, in den Transformator-Speisestationen, in den Primärleitungen, in den Kraftwerks-Transformatoren und in den Kraftwerks-Generatoren.

Alle diese Verluste sind entweder Verluste, die von der Belastung unabhängig sind, oder solche, die sich mit der Belastung nach einer analytisch einfachen Beziehung verändern Auf Grund der Kenntnis dieser Verluste, die bei Maschinen und Transformatoren an konstruktive Verhältnisse geknüpft sind, bei Leitungsanlagen dagegen in weiten Grenzen durch den Projektentwurf selbst beeinflusst werden können, bieten dann die Umrechnungen keinerlei Schwierigkeiten. Bei Berücksichtigung der hier gemäss den Normalien der Studien-Kommission in Betracht fallenden Ansätze für die Verluste in den verschiedenen Zwischenanlagen gelangt man zu einem totalen Wirkungsgrad zwischen Radumfang und Kraftwerks-Turbinenwellen von rund 50 % für die Effektmittelwerte und von rund 57 % für die Effektmaxima. Man hat somit an den Turbinenwellen mit einem maximalen Effekte von rund:

$$\frac{31840}{0{,}57} = \sim 56000\ PS$$

und mit einem Mittelwert im Durchschnittsverkehr von rund:

$$\frac{9710}{0{,}50} = \sim 19500\ PS$$

als extremen Grenzwerten zu rechnen; es entsprechen diese Zahlen einem extremen Schwankungsverhältnis des Effekts an den Turbinenwellen von rund:

$$\frac{56000}{19500} = \sim 2{,}9.$$

Die mechanische Jahresarbeit am Radumfang bezw. an den Turbinenwellen lässt sich mit Hilfe der für den Durchschnittsverkehr errechneten Daten folgenderweise bestimmen. Von dem Effektmittelwert von 9710 *PS* werden 3370 *PS* aufgewendet für Schnellzüge, 1530 *PS* für Personenzüge und 4810 *PS* für Güterzüge. Schnellzüge und Personenzüge verkehren nicht nur am durchschnittlichen Werktage, sondern überhaupt im Jahresdurchschnitt (365 Tage); anderseits verkehren die Güterzüge bekanntlich nur an Werktagen und an einzelnen Herbstsonntagen (insgesamt 320 Tage pro Jahr). Die mechanische Jahresarbeit am Radumfang beträgt daher:

$$24\,[365\,(3370 + 1530) + 320 \times 4810] = 78{,}86 \text{ Mill. } PSstd.$$

An den Turbinenwellen erreicht die mechanische Jahresarbeit somit den Betrag von etwa *160* Mill. *PSstd.*

Werden Nordseite und Südseite getrennt mit elektrischer Energie versorgt, so sind auf der Nordseite 27000 *PS*, auf der Südseite 37000 *PS* als Effektmaxima an den Turbinenwellen benötigt. Der endgültig in das vollständige Elektrifikationsprojekt aufgenommene Gesamtausbau von Wasserkraftwerken am Ritom, bei Göschenen und bei Amsteg umfasst auf Grund wasserwirtschaftlicher Untersuchungen von Ingenieur E. Affeltranger insgesamt 95000 *PS* an installierter Maschinenleistung. Dabei ist mit sehr grosser Sicherheit gerechnet worden Mit ähnlich grosser Sicherheit sind auch die weitern Einzelteile der erforderlichen Neuanlagen projektiert, deren gesamte Gestehungskosten sich

[1]) Die Kurven sind speziell für eigentliche Seriemotoren entworfen; bei Repulsionsmotoren liegt der Leistungsfaktor bei den kleinen Zugkräften weniger hoch.

auf die bereits anderweitig bekannt gegebene Summe von 67 500 000 Fr. belaufen.[1]) Es sind an der angeführten Stelle im weitern auch schon die in den Projekten errechneten jährlichen Betriebskosten bekannt gegeben und mit denjenigen des heutigen Dampfbetriebes verglichen worden. (Schluss folgt.)

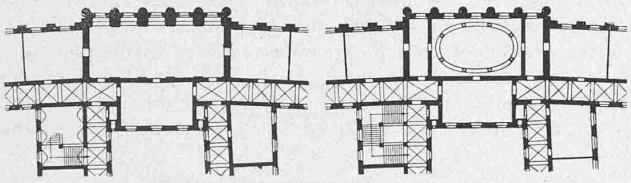
Das neue Stadthaus in Berlin.

Architekt Stadtbaurat *Lud. Hoffmann*, Berlin.

(Mit Tafeln 32 bis 35.)

Das Berliner Rathaus an der Königstrasse, in den Jahren 1861 bis 1869 durch Wäsemann mit einem Kostenaufwand von rund 7 Millionen Mark erbaut, konnte schon seit Jahren den Raumbedürfnissen der Stadtverwaltung nicht mehr genügen. Die Behörden kamen daher in die Lage, für die z. T. in gemieteten Räumen mit einem Jahreszinsaufwand von (1898) 88 200 Mark untergebrachten Dienstzweige einen Neubau zu errichten, für den unweit des Rathauses zwischen Jüdenstrasse und Klosterstrasse, bezw. Parochial- und Stralauerstrasse ein geeigneter Bauplatz von 11 588 m^2 gefunden und für rund 6 Millionen Mark erworben werden konnte; die darauf befindlichen alten Gebäude wurden niedergelegt (Lageplan Abb. 1). Auf diesem Grundstück errichtete die Stadt Berlin das neue Stadthaus nach den Plänen und unter Leitung ihres bewährten Stadtbaurats Dr. Ing. h. c. Ludwig Hoffmann, dem Schöpfer vieler städtischer Bauten, wie z. B. des Alte Leute Heims in Buch und des Märkischen Museums. Die neue Bauschöpfung Lud. Hoffmanns ist vor kurzem in der deutschen Fachpresse eingehend gewürdigt worden und wir benützten diesen Anlass, unsere Leser auf den „Baumeister" hinzuweisen, die unter der Leitung von Arch. Hermann Jansen, des Siegers im Gross-Berliner Wettbewerb, im Verlage von Callwey in München erscheinenden vornehmen Monatshefte für Architektur und Baupraxis.[1]) Dem Heft 5 des X. Jahrganges entnehmen wir mit freundlicher Erlaubnis von Herausgeber und Verlag, in stark verkleinerter Wiedergabe die Pläne und Bilder unserer Tafeln 32 bis 35, die im Baumeister teils im Text auf feinem Kunstdruckpapier teils auf Tafeln vom Format 30 × 40 bezw. 40 × 60 *cm* mit einer grossen Zahl kotierter Detailzeichnungen den Bau erschöpfend zur Darstellung bringen.

[1]) Band LIX, Seite 67.



II. Obergeschoss. I. Obergeschoss.

Abb. 3. Sitzungs-Säle im Ostflügel, an der Klosterstrasse. — 1 : 1000.

Im „Baumeister" finden sich die wiedergegebenen Bilder von einem Text begleitet, in dem *Karl Scheffler* das Bauschaffen, überhaupt das ganze Wesen Hoffmanns schildert und in Vergleich zieht mit dessen so früh hahingegangenen Freunde Alfr. Messel. Scheffler ist kein vorbehaltloser Verehrer Hoffmanns, dessen Kunst er unpersönlich nennt. Aber, sagt er weiter, „Hoffmann hat dem Begriff des Akademischen zum Teil seine Würde zurückerobert. Seine Architekturen stehen da wie Grundsätze, wie liberal-konservative Grundsätze. Es imponiert die Dispositionskraft. Hoffmann vermeidet Fehler, die Messel unschwer nachzuweisen sind, doch ist in seinen Bauten dafür auch nicht die Poesie des Misslingens und des höhern Gelingens, des Suchens und Findens. Hoffmanns Architektur ist unromantisch. Sie ist von einer sehr achtungswerten, ja, hier und dort meisterhaften Gesetzmässigkeit. Eine ganz seltene Erfahrung versteht es mit grossen Baumassen zu wirtschaften. In dem neuen Stadthaus hat Hoffmann alle seine Kräfte zusammengefasst und das höchste gegeben, dessen er fähig ist." — Soweit Scheffler, dessen Ausführungen im ganzen Umfang nachzulesen wir allen Architekten sehr empfehlen möchten.

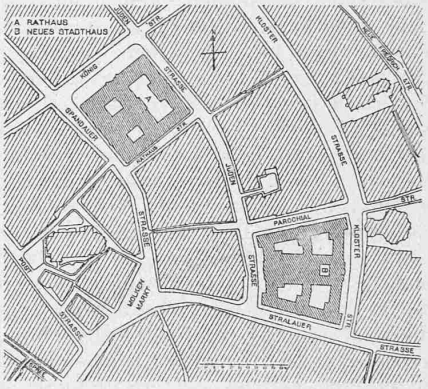


Abb. 1. Lageplan beider Häuser. — 1 : 8000.

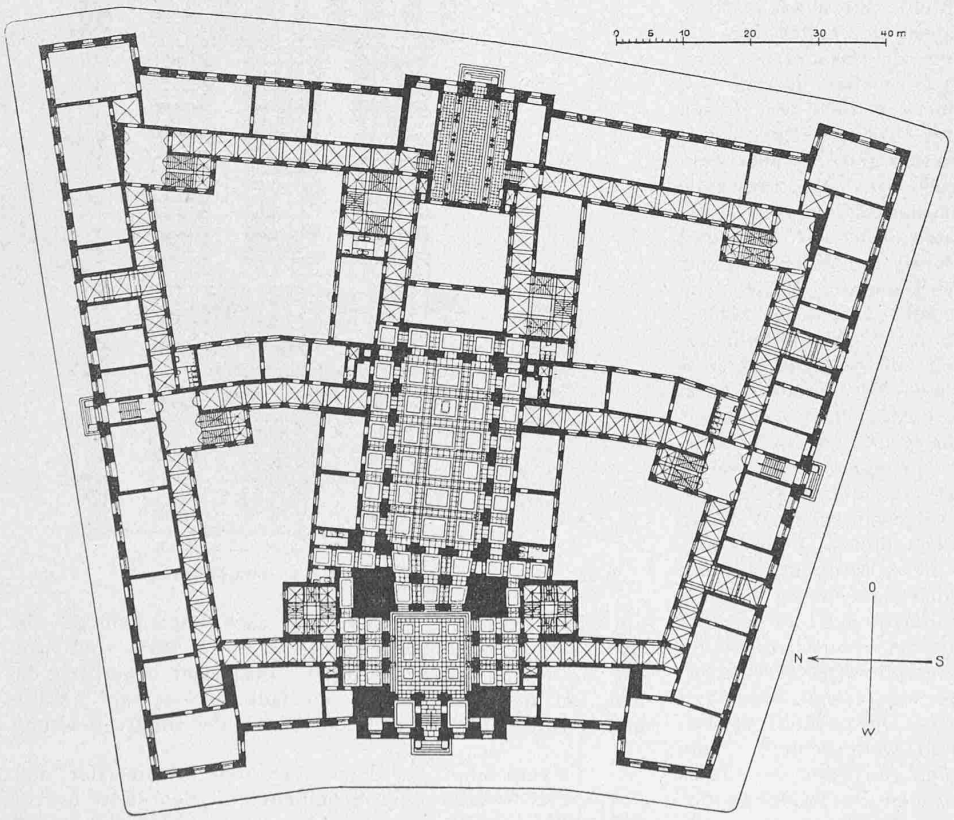


Abb. 2. Neues Stadthaus in Berlin. — Erdgeschoss-Grundriss. — Masstab 1 : 1000.

Ueber die Vorzüge und Nachteile des Bauwerks im Einzelnen schreibt im gleichen Heft des „Baumeister" Arch. *W. C. Behrendt* u. a. was folgt:

„Der Wunsch, einen Repräsentationsbau zu schaffen, der zugleich in fast allen seinen Teilen auch reiner Zweck-

[1]) Jährlich zwölf Hefte im Format 30 × 40 *cm* mit zahlreichen Tafel- und Doppeltafelbeilagen. Abonnementspreis vierteljährlich 6 M., Einzelhefte 3 M.