Ein 75-P.S.-Gleichstrom-Bahnmotor für Hochspannung

Autor(en): **Rikli-Kehlstadt, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **45/46 (1905)**

Heft 22

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-25532

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Ein 75-*P.S.*-Gleichstrom-Bahnmotor für Hochspannung. — Moderne Pariser Bauten. II. (Schluss.) — Simplon-Tunnel. — Miscellanea: Der XIII. Jahresbericht des Schweizerischen Landesmuseums in Zürich. Erker aus Lindau i. B. Schweizerische Vereinigung für Heimatschutz. Schweizerische Bundesbahnen. — Nekrologie: † C. von Gonzenbach-Escher. † V. Kirchen. — Vereinsnachrichten: Sections genevoises des Ingénieurs et Architectes suisses et des Anciens Polytechniciens de Zurich. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Protokoll; Stellenvermittlung. Jubiläum des eidg. Polytechnikums, Festschrift. — Feuilleton: Meine ersten Bauherren.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.

Ein 75-P. S.-Gleichstrom-Bahnmotor für Hochspannung.

Von *H. Rikli-Kehlstadt*, Ingenieur in Winterthur.

Mit dem Auftauchen brauchbarer Wechselstrom-Kollektor-Motoren hat die Weiterentwicklung der Gleichstrom-Bahnmotoren, wenn nicht gerade einen Stillstand, so doch eine wesentliche Verlangsamung erlitten, indem sich alle Welt hauptsächlich für das neue Gebiet interessierte. Unbekümmert um diese Richtung hat die *A.-G. vormals Joh. Jacob Rieter & Co. in Winterthur* seit mehrern Jahren unermüdlich das Ziel verfolgt, die Gleichstrom-Bahnmotoren zu vervollkommnen. Vor etwa zwei Jahren hat sie in ihren Werkstätten einen Versuchsmotor gebaut zur praktischen Bestimmung der grössten Motorleistung für 1 *m* Spurweite. Der Motor war für eine Leistung von 90 bis 110 *P. S.* an der Wagenachse und 375 Volt gebaut und wurde vor einer grössern Anzahl von Fachleuten in dem Probierstand der genannten Werkstätten eingehenden Versuchen unterworfen. Eine Veröffentlichung von Hrn. Dr. E. Blattner in Burgdorf über diesen Motor ist seinerzeit auch in dieser Zeitschrift erschienen. (Schweiz. Bauztg. Bd. XLIII, Heft 16).

Abb. 1. Erregerspule.

Seither waren die Bestrebungen der Firma darauf gerichtet, Hochspannungsmotoren für Bahnbetrieb zu bauen, in der richtigen Erkenntnis, dass hauptsächlich in dieser Richtung eine ganz wesentliche Förderung im Bau von GleichstromBahnmotoren und zugleich eine grosse Erweiterung des Verwendungsgebietes derselben erzielt werden könne. Diese Bemühungen und rastlosen Versuche wurden mit vollem Erfolge gekrönt.

Bis vor wenigen Jahren war die höchste Spannung, für die man Bahnmotoren zu bauen wagte, 500 Volt und renommierte Firmen im Bahnmotorenbau lehnten es geradezu ab, solche Motoren direkt für 600 bis 750 Volt zu bauen. Die Aktiengesellschaft vorm. J. J. Rieter & Co. war eine von den ersten Firmen, die im Jahre 1901 Schmalspurbahn-Motoren direkt für 750 Volt hergestellt haben.

Diese Motoren waren für die Jorat-Bahn bestimmt, die Lausanne mit dem etwa 25 *km* entfernten Landstädtchen Moudon verbindet und gaben bei 750 Volt und 400 minutlichen Umdrehungen eine Leistung von 40 *P. S.* Sie arbeiten durchaus betriebssicher, sowohl bei Bergfahrt mit starken Ueberlastungen, als auch als Bremsgeneratoren bei Talfahrt, und haben den forcierten Betrieb mit oft auftretenden Spannungssteigerungen bis auf 900 Volt sehr gut ausgehalten. Nun ist es der gleichen Firma neulich gelungen, einen vollkommen betriebssichern Schmalspurbahn-Motor sogar für 1500 bis 1700 Volt Betriebsspannung zu bauen. Die Schwierigkeiten, die sich beim Bau so hochvoltiger Motoren bieten für die Erreichung einer funkenfreien Kommutierung und die Herstellung einer durchaus sicheren Isolation, sind in dem erwähnten Bahnmotor vollständig überwunden.

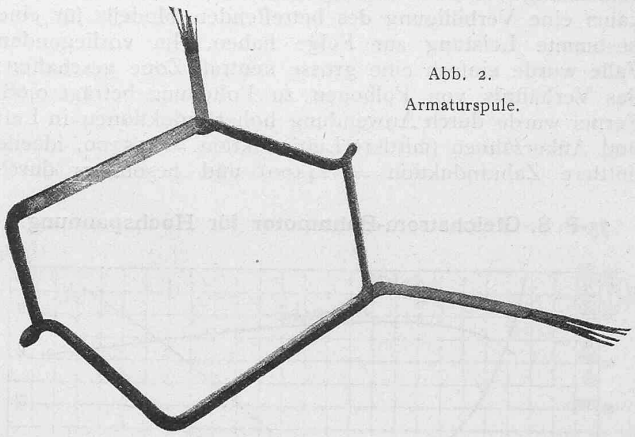

Abb. 2. Armaturspule.

Als Versuchsmotor wurde das Modell G. B. S. $_{175}$ verwendet, das gleiche Modell, das seinerzeit für die Bestimmung der grösstmöglichen Motorleistung gebaut wurde. Der Motor ist für folgende Verhältnisse konstruiert:

Spurweite der Bahn . .	1000 *mm*
Radstand d. Drehgestelles	1800 „
Laufraddurchmesser . . .	840 „
Normale Betriebsspannung	1500 Volt
Stundenleistung	75 eff. *P.S.* (a. d. Wagenachse)
Drehzahl	430

Die Konstruktion ist im wesentlichen dieselbe wie diejenige des G. B. S. $_{175}$ für 375 Volt, nur wurde der gesteigerten Spannung in weitgehendem Masse Rechnung getragen.

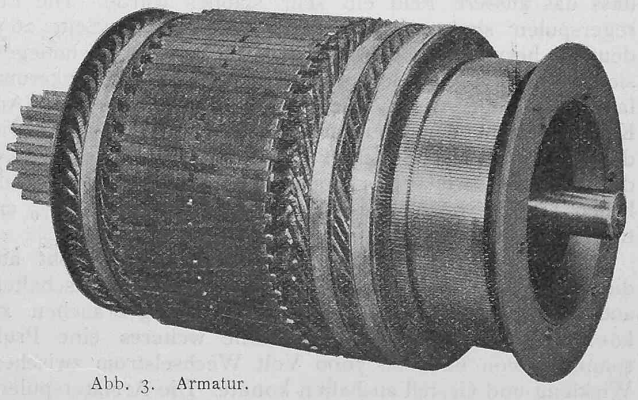

Abb. 3. Armatur.

Die Notwendigkeit, vor allem für eine durchaus sichere Isolation zu sorgen, raubte natürlich einen beträchtlichen Teil des kostbaren Platzes auf dem Armaturumfang, und es war klar, dass mit einer Disposition von nur drei Lamellen auf eine Ankernut die Motorleistung zu sehr beschränkt wurde, so sehr auch diese Anordnung in elektrischer Beziehung wegen der sonst schon schwierigen Kommutierung von Vorteil gewesen wäre. Es wurde also eine

Anordnung von fünf Lamellen auf die Nut gewählt, die nun aber in anderer Richtung wieder zu überwindende Schwierigkeiten bot. Es ist ja bei mehrfacher Lamellenzahl pro Nut nicht sowohl die gegenseitige Induktion der in einer Nute vereinigten Ankerleiter, welche die Kommutierung bei dieser Anordnung schwieriger gestaltet, als hauptsächlich die ungleiche Lage der zu kommutierenden Armaturspulen in einer Nut zum äussern Felde. Verfasser dieses hatte aber schon mehrfach und unter schwierigen Verhältnissen eine Anordnung von vier Lamellen auf die Nut mit sehr gutem Erfolge angewandt, und konnte es also auch in diesem Falle wagen, einen Schritt weiter zu gehen, unter Beobachtung der dadurch bedingten Konsequenzen. Die Anwendung von Kommutierungspolen oder Kompensationswicklungen sind Komplikationen, die sich bei Bahnmotoren für Schmalspur wohl schon wegen des Raummangels schwer anbringen lassen; sie würden auch kaum eine Verbilligung des betreffenden Modells für eine bestimmte Leistung zur Folge haben. Im vorliegenden Falle wurde einfach eine grosse neutrale Zone geschaffen; das Verhältnis von Polbogen zu Polteilung beträgt 0,68. Ferner wurde durch Anwendung hoher Induktionen in Luft und Ankerzähnen (mittlere Luftinduktion = 15100, ideelle mittlere Zahninduktion = 24400) und besonders durch

75-P. S.-Gleichstrom-Bahnmotor für Hochspannung.

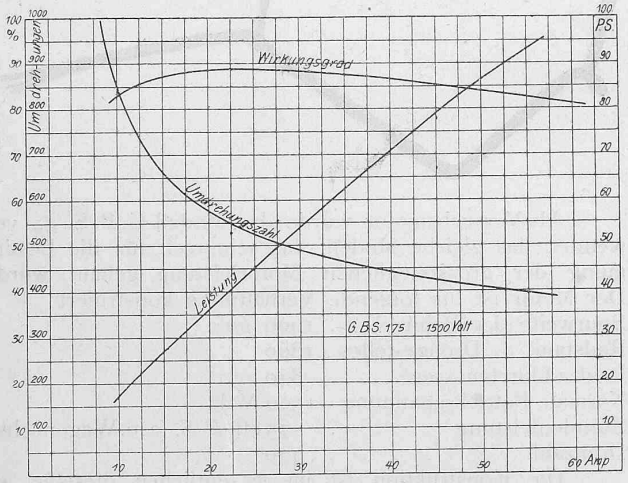

Abb. 4. Charakteristische Kurven bei 1500 Volt Betriebsspannung.

eine eigenartige Ausbildung der Feldspulen dafür gesorgt, dass das äussere Feld ein sehr stabiles wurde. Die Erregerspulen sind, wie aus der Abbildung 1 (Seite 263) deutlich hervorgeht, gebogen ausgebildet und schmiegen sich besonders in der neutralen Zone dem Ankerumfange so nahe wie möglich an, bewirken also eine Art Kompensation des hier auftretenden Ankerfeldes. Die dadurch erreichte Stabilität des Feldes war so gross, dass dasselbe, wie später noch gezeigt wird, ohne schädlichen Einfluss noch eine Schwächung um volle 30 % ertragen konnte.

Die Isolation des Motors wurde mit Rücksicht auf die Möglichkeit, denselben, zu zweien in Serie geschaltet, auch in einem Stromkreis von 3000 Volt gebrauchen zu können, so verstärkt, dass er ohne weiteres eine Prüfspannung von 6000 bis 7000 Volt Wechselstrom zwischen Wicklung und Gestell aushalten konnte. Die Armaturspulen, von denen eine in Abbildung 2 dargestellt ist, sind auf ihren geraden Seiten vollständig in Mica eingebettet, das in einer Stärke von 1 *mm* in Verbindung mit einem Speziallacke stark erhitzt, um die Spulen gepresst wurde. Verschiedene solcher Wicklungselemente wurden vor der Montierung auf die Armatur sukzessive Prüfspannungen von 7000, 8000 bis 10000 Volt während je einer Stunde ausgesetzt, ohne dass bei einem ein Durchschlag erfolgte. Bei einer weitern Spannungssteigerung an einem Element erfolgte bei rund 12500 Volt nach 10 Minuten der Durchschlag.

Um bei eventuell auftretender Funkenbildung infolge ungeschickter Kontrollerbetätigung durch den Wagenführer dennoch eine schädliche Wirkung derselben und ein Ueberspringen auf das Gehäuse zu vermeiden, wurde am Kollektor ein Schutzring aus unverbrennlicher Isoliermasse angebracht, wie aus der Darstellung der Armatur in Abbildung 3 ersichtlich ist.

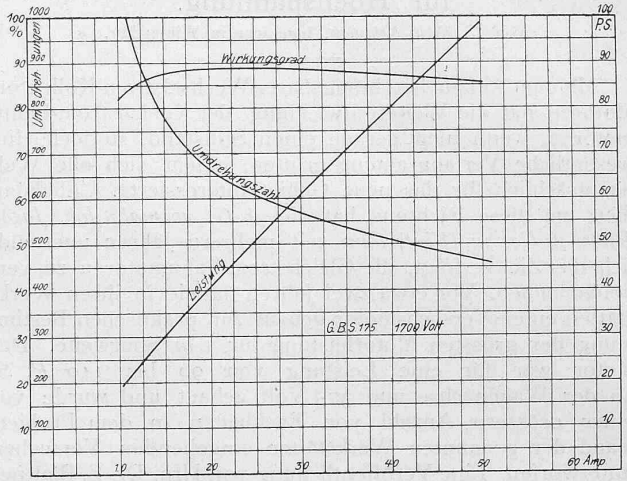

Abb. 5. Charakteristische Kurven bei 1700 Volt Betriebsspannung.

Der Isolation des Motors wurde aus dem Grunde eine solche Sorgfalt zugewendet, weil es eine bekannte Tatsache ist, dass ein grosser Teil aller Motorbeschädigungen durch mangelhafte Isolation oder Ueberschlagen vom Kollektor auf das Gehäuse verursacht wird. Den weitaus grössten Teil aller Bechädigungen, etwa 60 %, bilden jedoch das Zerreissen der Bandagen und die dadurch erfolgte teilweise oder gänzliche Zerstörung der Ankerwicklung. Damit ein Bahnmotor als wirklich betriebssicher bezeichnet werden kann, sollte seine Armaturwicklung, wenigstens auf die Breite des Ankereisens, nicht durch Bandagen gesichert werden. Bei starken Ueberlastungen, wie sie in jedem Betriebe vorkommen können, leiden eben die Drahtbandagen nicht nur durch die gesteigerte Erwärmung der Armatur allein, sondern es entstehen in den Bandagen selbst, durch Be-

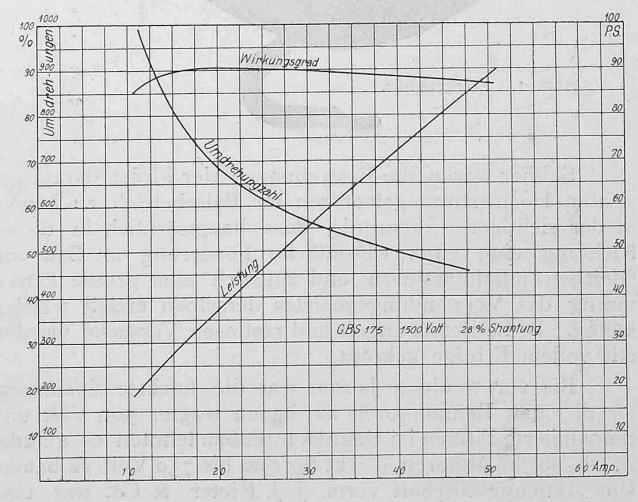

Abb. 6. Charakteristische Kurven bei Shuntung von 28 %.

wegung derselben in einem äusserst starken Felde, sogenannte Wirbelströme, die die Bandagen direkt erhitzen und die sogar bis zum Auflöten des Bandagenschlosses führen können. Findet dies auch nicht wirklich statt, so nimmt die Festigkeit solcher erhitzter Bandagen doch bedeutend ab, und sie erliegen dann früher oder später einer zufällig auf-

tretenden Geschwindigkeitssteigerung. In Erkenntnis dieser Tatsache wurde es von vorneherein als allein richtig angesehen, die Armaturwicklung durch Keile gegen die zerstörende Wirkung der Zentrifugalkraft zu schützen. Nur auf den Spulenköpfen, wo die Erwärmung sowieso schon kleiner ist und wo die Bandagen, ohne Rücksicht auf ein starkes Magnetfeld, kräftig genug gemacht werden können, wurden solche angewandt. Keile sind zwar elektrisch nicht so gut wie Bandagen, da sie eine grössere Nutentiefe bedingen als die letztern. Diese Rücksicht konnte aber im vorliegenden Falle keine massgebende sein, da die Forderung mechanischer Festigkeit und Betriebssicherheit höher anzuschlagen war, als eine weitere Hinaufschiebung der Funkengrenze bei einem Motor, der so schon bei erheblichen Ueberlastungen funkenfrei arbeitete.

Ueber die Festigkeit der verwendeten Keile aus in Paraffin gekochtem Weissbuchenholz wurden spezielle Versuche angestellt, die ergaben, dass bei 2000 minutlichen Umdrehungen noch eine vierfache Sicherheit gegen die Zentrifugalkraft vorhanden war.

Nun zu den Versuchen am Motor selbst.

Zunächst seien an dieser Stelle noch einige Hauptdimensionen angegeben. Es betrugen die:

Ankerdurchmesser	440 *mm*
Ankerbreite einschl. ein Luftschlitz zu 10 *mm*	220 „
Nutenzahl	53
Lamellenzahl	265
Kollektordurchmesser	360 *mm*
Nützliche Breite desselben	90 „
Motorwiderstand bei 70° C	2,65 Ω

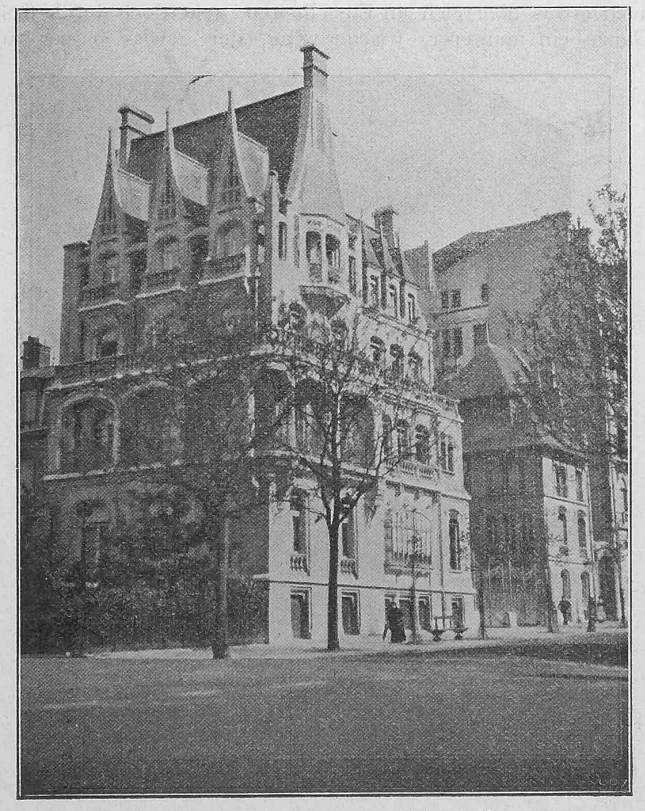

Abb. 8. Privathaus in der Avenue Malakoff No. 112/114.

Moderne Pariser Bauten.

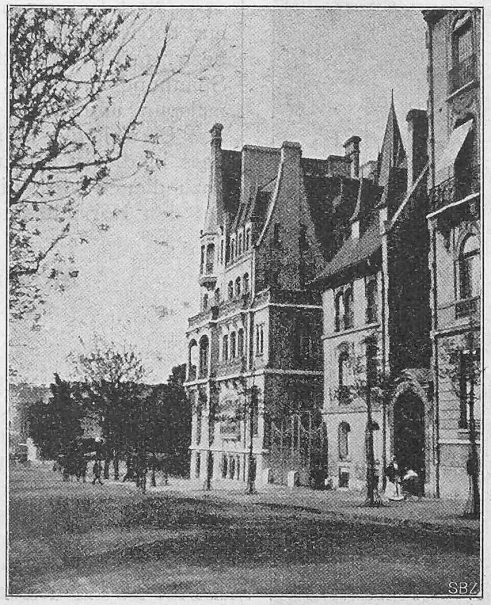

Abb. 7. Privathaus in der Avenue Malakoff No. 112/114.

Die Abbildung 3 zeigt die Armatur des Motors, nachdem derselbe während zwei Wochen täglich mehrere Stunden im Betriebe gestanden mit oft starken Ueberlastungen und Shuntungen bis über 30 %. Der Kollektor wurde vor dem Photographieren in keiner Weise gereinigt oder gar abgeschliffen. *Der Bahn-Motor läuft in der Tat vollkommen funkenfrei;* erst bei 90 *P. S.* Leistung zeigen sich zeitweise kleinere Funken, die aber eher von einer zu starken Belastung der harten Kohle als von ungünstiger Kommutierung herrühren; *auch bei Shuntung bis zu 28 % bei voller Motorleistung war der Gang desselben funkenfrei; diese Shuntung konnte beliebig oft plötzlich ein- und ausgeschaltet werden ohne die geringste Feuererscheinung.*

Diese Tatsache, verbunden mit dem oben erwähnten hohen Isolationswiderstande und der absoluten Sicherheit gegen Beschädigung durch Zentrifugalkraft, machen diesen Motor zum betriebssichersten Bahnmotor, der bisher gebaut worden ist.

Auch Versuche als Bremsgenerator ergaben die gleich günstigen Resultate bezüglich Kommutierung, wie die Bremsversuche als Motor.

Beide Versuchsarten wurden abwechselnd in der einen und andern Drehrichtung vorgenommen und lieferten die gleichen Resultate.

In den Abbildungen 4, 5 und 6 sind die charakteristischen Kurven des Motors bei Betriebsspannungeu von 1500 Volt und 1700 Volt und bei einer Shuntung von 28 % wiedergegeben, als Mittelwerte aus einer grossen Anzahl von Bremsproben, wie solche im Probierraume der A.-G. vorm. J. J. Rieter & Co. während mehrern Wochen vorgenommen worden sind. Bei 1700 Volt und 90 *P. S.* Bremsleistung arbeitete der Motor noch vollkommen zufriedenstellend. Leider konnte die Betriebsspannung nicht höher als auf 1700 Volt gesteigert werden, da die beiden zu den Proben verwendeten, in Serie geschalteten Generatoren dies nicht zuliessen. Es liegt jedoch kein Grund vor zur Annahme, dass der Motor nicht auch bei 1800 bis 2000 Volt betriebssicher gearbeitet hätte.

Mit der erwähnten Shuntung von 28 % erreicht der Motor bei gleichbleibender Zugkraft eine Geschwindigkeitssteigerung von 12 %. Die Shuntung ist also gross genug, um als wirksames Mittel zu dienen, bei starkem Verkehrsandrang Verspätungen in einem Fahrplan einzuholen.

In Tabelle I sind einige der hauptsächlichsten Versuchsresultate mitgeteilt. Die Bremsung erfolgte mittelst eines Pronyschen Zaumes mit konstanter Wasserkühlung; die Länge des Hebelarmes betrug 1,90 *m*.

Tabelle I.

Bremsgewicht in *kg*	Drehzahl	*P. S.*	Volt	Amp. Total	Amp.-Shunt.	Watt	Wirkungsgrad in %
		1500 Volt Betriebsspannung					
10,2	778	21,30	1518	11.7	—	17 780	88,0
24,0	580	36,0	1505	20,0	—	30 100	90,0
50,5	470	63,0	1520	35,0	—	53 200	87,2
64,5	430	73,6	1500	42,5	—	63 800	85,0
85,1	398	89,9	1510	53,0	—	80 000	82,7
		1700 Volt Betriebsspannung.					
70,0	487	90,5	1700	45,3	—	77 000	86,4
23,4	655	40,7	1688	20,2	—	34 100	87,5
		28 % Shuntung bei 1500 Volt.					
50,0	462	61,2	1500	34,7	—	52 030	86,5
50,0	510	67,7	1500	37,7	10,5	56 550	88,1
41,0	488	53,0	1510	29,7	—	44 850	87,0
41,0	545	59,3	1514	32,3	9,0	48 900	89,2

Moderne Pariser Bauten.

Abb. 9. Blick in den Hof des Hauses in der Avenue Malakoff.

Eine am 15. Juli vorgenommene Dauerbelastung mit 75 *P. S.* ergab folgende, in der Tabelle II zusammengestellten Resultate. Dabei ist zu bemerken, dass der Motor infolge von am Vormittag vorangegangenen Versuchen noch nicht wieder erkaltet war; die vor der Belastungsprobe abgelesenen Temperaturen sind ebenfalls in der Tabelle enthalten.

Tabelle II.

Zeit	Brems-Gewicht in *kg*	Dreh-zahl	*P. S.*	Volt	Amp.	Temperaturen in ° C				Uebertemperat. in ° C		
						Um-gebung	Anker-eisen	Feld-spulen	Kollek-tor	Anker-eisen	Feld-spulen	Kollek-tor
3^h	—	—	—	—	—	23	46	38	44	23	15	21
3^h 15	64,0	439	74,6	1500	42,3	—	—	—	—	—	—	—
3^h 30	64,3	438	74,6	1520	43,0	—	—	—	—	—	—	—
3^h 45	64,5	430	73,6	1500	42,9	—	—	—	—	—	—	—
4^h 15	64,5	425	72,9	1500	42,5	24,5	97	87	69	72,5	62,5	44,5

Der Motor ist also ohne weiteres imstande, an der Laufradwelle 75 *P. S.* während einer Stunde abzugeben, ohne dass seine Erwärmung mehr als 60 bis 70 ° C beträgt. Besonders hervorzuheben ist die geringe Erwärmung des Kollektors, die wohl die beste Gewähr bietet für die gute Kommutierung. Wie schon eingangs erwähnt, hat der Motor während einer halben Stunde rund 6200 Volt Wechselstromspannung zwischen Wicklung und Stromabnehmer einerseits und Gehäuse anderseits gut ausgehalten.

In den Werkstätten von J. J. Rieter & Co. sind 16 gleiche Ausführungen, wie dieser Versuchsmotor, für die im Bau begriffene elektrische Bahn Bellinzona-Mesocco in Arbeit. Die Betriebsspannung beträgt bei dieser Bahn 1500 bis 1600 Volt Gleichstrom; je vier solcher Motoren werden in einen Personen-Motorwagen eingebaut. Diese Motoren vermögen eine maximale Zugskomposition von 60 *t* bei 60 ‰ Steigung mit einer Geschwindigkeit von 20 *km*/Std. zu bewegen.

Für grössere Zugsgeschwindigkeiten lässt sich das gleiche Motor-Modell G. B. S. $_{175}$ bei 1500 Volt Betriebsspannung auch für eine effektive Leistung von 110 *P. S.* an der Wagenachse bauen. Dabei beträgt die Motordrehzahl 630 in der Minute und kommt man bei einer für dieses Modell maximal möglichen Uebersetzung von 1 : 4,12 und 840 *mm* Laufraddurchmesser auf rund 25 *km* Zugsgeschwindigkeit. Der Motor erhält in diesem Falle nur zwei Windungen auf eine Ankerspule und stellt sich bezüglich der Kommutierungsverhältnisse eher noch etwas günstiger als die Versuchsausführung.

Nachdem wir nun also heute in der Lage sind, durchaus betriebssichere Bahnmotoren für Schmalspur von 75 bezw. 110 *P. S.* Leistung und 1500 bis 1700 Volt Betriebs-Spannung zu bauen, so ist der Bau von Motoren für Normalspur und 2000 bis 2500 Volt Spannung durchaus in den Bereich des Möglichen gerückt, und es ist zu hoffen, dass in dieser Richtung bald weiteres geleistet werde, das dazu dienen wird, die Einführung des elektrischen Betriebes auf den Normalbahnen zu fördern.

Moderne Pariser Bauten.

Von Architekt *R. Streiff* in Zürich.

II. (Schluss.)

Auch das stattliche Privathaus an der Ecke der vornehmen Avenue Malakoff und der Avenue du Bois de Boulogne (Abb. 7 und 8) scheint von Plumet zu stammen. Es steht sehr kokett neben den steifen, imitierten Palais dieses eleganten Quartiers und schaut mit seinen spitzen Giebeln lustig in das weltliche Treiben der tausend Wagen, die sich hier täglich Rendez-vous geben. Mit dem Pförtnerhaus und dem kleinen Hof mit dem Treppenturm (Abb. 9) bildet es eine malerische Gruppe. Die Loggien zeigen wieder das merkwürdige Motiv der die Bogen gleichsam durchdringenden Säulen und das Steindach des luftigen Giebelerkers läuft in weicher Linie in die Giebelfläche aus. Gelbbraune, feingemusterte Fliesen bekleiden zwischen dem feinen Kalkstein die Wände des Giebels und der Veranden und dazu stehen die grauen Gitter sehr gut. Etwas geziert erscheinen die Balustersäulchen aus gelber Majolika. Das Pförtnerhaus (Abb. 10) ist in graugelbem Backstein einfacher gehalten und wird durch das grosszügige Hofgitter gut mit dem Hauptbau vereinigt. Wenn auch etwas überreich an Einzelheiten, geht doch durch das Ganze ein munterer, frischer Zug, der gewiss besser zu

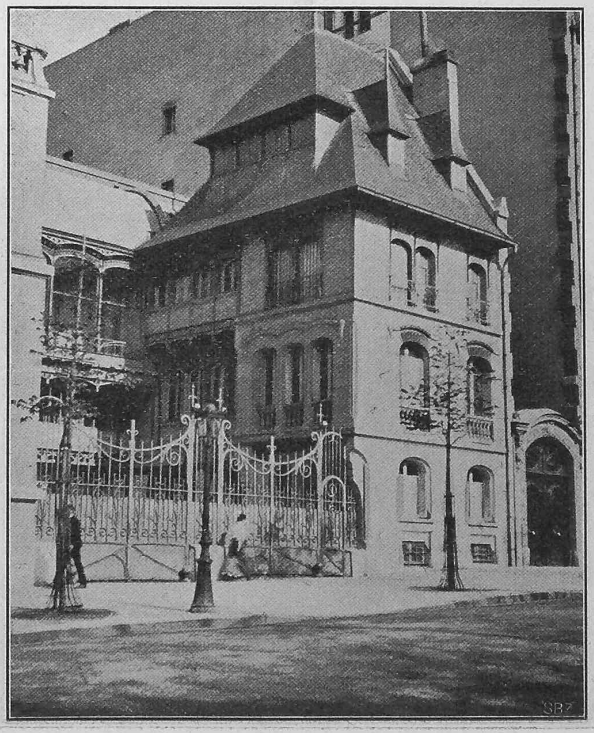

Abb. 10. Pförtnerhaus des Hauses in der Avenue Malakoff.