

# Verluste in den Zahnrädern und Achslagern des Schmalspurbahnmotors Typ TM 14 der Maschinenfabrik Oerlikon

Autor(en): **Kummer, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 12

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-25497>

## **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.

INHALT: Verluste in den Zahnrädern und Achslagern des Schmalspurbahnmotors Typ TM 14 der Maschinenfabrik Oerlikon. — Die bauliche Entwicklung des Hafens von Genau. (Fortsetzung). — Wettbewerb für ein Kurhaus und Schwefelbad in Launen bei Saanen (Kt. Bern) II. — Die X. Jahresversammlung des Vereins deutscher Strassenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen. — Miscellanea: 88. Jahresversammlung der Schweizer Naturforschenden Gesellschaft. Baufortschritt am Weissensteintunnel. Generalversammlung des Verbandes Schweizer Elektrizitätswerke und des Schweizer elektrotechnischen Vereins. Schweizerische Bundesbahnen. Monatsausweis über die Arbeiten am

Rickentunnel. Wiederhergestelltes Gemälde in der Kapuzinerkirche zu Zug. Stephansbrunnen in Karlsruhe i. B. Rathausgasse zu Aarau. Befestigungen von Metz. Strasse von Vätis nach St. Martin. Einweihung der Sernftalbahn. — Konkurrenzen: Höhere Tochterschule auf der Hohen Promenade in Zürich. Obergerichtsgebäude in Bern. Kurhaus und Schwefelbad in Launen bei Saanen. Nekrologie: † Oskar Schreiber. — Literatur: Anzeiger für schweizerische Altertumskunde. Familienhäuser für Stadt und Land. — Vereinsnachrichten: Jubiläum des Eidgen. Polytechnikums. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

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

## Verluste in den Zahnrädern und Achslagern des Schmalspurbahnmotors Typ TM 14

der Maschinenfabrik Oerlikon.

Von Dr. W. Kummer, Ingenieur in Oerlikon.

Für die Eisenbahnverwaltungen der Berner Oberland-Montreux-Bahn und der Sernftal-Bahn sind von der Maschinenfabrik Oerlikon innert Jahresfrist mehrere Wagenausrüstungen mit ihrem, anfangs 1904 auf den Markt gebrachten neuern Schmalspurbahnmotor Typ TM 14 von 70 bis 100 PS für 700 bis 1000 Volt Gleichstromspannung geliefert worden. Die für Spannungen von 700 bis 750 Volt gebauten Motoren dieser Bahnen sind vollständig identisch ausgeführt und besitzen ebenfalls identische Räderpaare zur Herabsetzung der grösseren Tourenzahl der Motorwellen auf die kleinere Tourenzahl der Wagenachsen.

Mit den zwei in der neuesten Zeit für die Sernftalbahn erstellten Zugmotoren sind kürzlich auf dem Veruchsstand für Bahnmotoren der Maschinenfabrik Oerlikon verschiedene Messungen über Verluste in den Zahnrädern und Achslagern ausgeführt worden, welche Messungen nicht bloss für den bei obengenannten Zugmotoren der zwei Bahngesellschaften verwendeten Motortyp Gültigkeit haben, sondern auch ein weiteres allgemeines Interesse beanspruchen dürften.

Tatsächlich fehlt es nämlich zur Stunde in der technischen Literatur an praktisch brauchbaren Angaben über die Verluste in den Zahnrädern und Achslagern von Traktionsmotoren; die nachstehend veröffentlichten Messresultate sollen deshalb das Interesse der Techniker von Neuem auf diese Lücke und auf die in ihrem Wesen noch höchst dunkeln Reibungsgesetze hinlenken, aus welchen man über diese Verluste einfache Formeln zur Vorausberechnung sollte ableiten können.

Dass diese Gesetze immerhin fortwährend Gegenstand der Forschung und Untersuchung sind, mag die Aufzählung nachstehender, neuerer Publikationen in der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ betreffend die

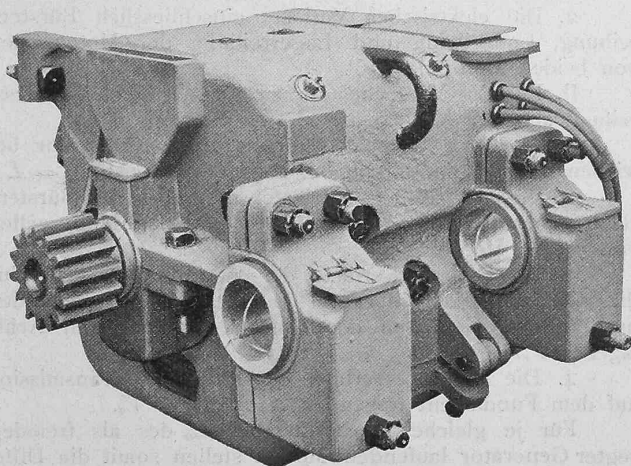


Abb. 2. Gleichstrom-Bahnmotor Typ M 14 der Maschinenfabrik Oerlikon; in geschlossenem Zustand.

Verluste in Zahnrädern und Lagern darlegen. Ueber Zahnräder ist namentlich die Arbeit von O. Lasche: „Elektrischer Antrieb mittels Zahnradübersetzung“ von 1899 und diejenige von K. Büchner: „Beitrag zur Kenntnis der Abnutzungs- und Reibungsverhältnisse bei Stirnrädern“ von 1902 zu nennen; über die Lagerverluste sind die Arbeiten

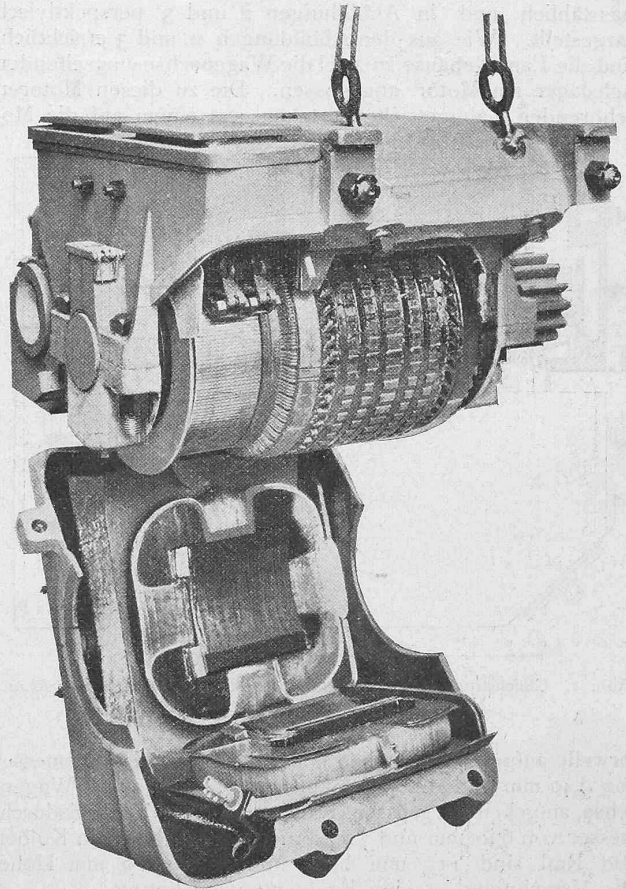


Abb. 3. Gleichstrom-Bahnmotor Typ M 14 der Maschinenfabrik Oerlikon; mit herabgelassenem Unterteil.

von R. Striebeck: „Die wesentlichen Eigenschaften der Gleit- und Rollenlager“, diejenige von O. Lasche: „Die Reibungsverhältnisse in Lagern mit hoher Umlaufzahl“, beide vom Jahr 1902 und jene von H. Heimann: „Versuche über Lagerreibung nach dem Verfahren von Dettmar“, aus dem Jahre 1905 erwähnenswert. Indessen ist keine dieser Publikationen für den Elektro-Praktiker in dem Maasse mündgerecht, wie die im Jahre 1899 in der elektrotechnischen Zeitschrift veröffentlichten Resultate von G. Dettmar über Lagerreibung. Eine ähnliche, zu entsprechend einfachen Resultaten gelangende Arbeit über Zahnradverluste ist mir nicht bekannt.

Ausserdem sucht man auch in dem sonst ziemlich vollständigen Kompendium von Müller und Mattersdorff: „Die Bahnmotoren für Gleichstrom“, Berlin 1903, vergeblich nach eingehender Auskunft über die Verluste in Zahnrädern und Achslagern. Betreffend die Zahnradverluste steht in diesem Kompendium auf Seite 93 nur die unrichtige Angabe, dass der Wirkungsgrad des Zahngetriebes als von der Geschwindigkeit unabhängig angenommen werden dürfe. Was die Angaben dieses Kompendiums über Lagerreibung betrifft, so ist zu bemerken, dass auf Seite 12 bis 14 und auf Seite 21 die Achslagerreibung der Wagen als unabhängig von der Geschwindigkeit angegeben wird, während auf Seite 48 die erwähnten Messresultate von Dettmar, nach denen diese Lagerreibung mit der 1,5ten Potenz der Geschwindigkeit wächst, der Verlustberechnung in den Motorlagern zugrunde gelegt wurden; ungeachtet der verschie-



denen Grössenordnung der Wellengeschwindigkeiten in den Wagenachslagern und in den Motorlagern ist der genannte Widerspruch in einem Kompendium zu rügen; auch stehen, wie die nachfolgenden Messresultate darlegen werden, die Angaben über Achslager mit der Wirklichkeit nicht in Einklang.

Die Motoren, an denen die nachfolgend veröffentlichten Messresultate gewonnen wurden, sind in Abbildung 1 masstäblich und in Abbildungen 2 und 3 perspektivisch dargestellt. Wie aus den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich, sind die Lagergehäuse zu zwei die Wagenachse umgreifenden Achslager am Motor angegossen. Die zu diesen Motoren gehörenden Zahngetriebe bestehen aus einem auf die Mo-

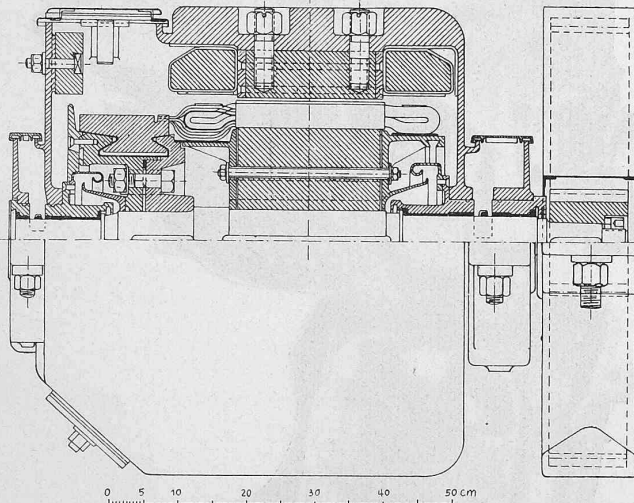


Abb. 1. Gleichstrom-Bahnmotor Typ M 14 der Maschinenfabrik Oerlikon. Schnitt und Ansicht. — Masstab 1 : 10.

torwelle aufgekeilten Kolben mit einem Teilkreisdurchmesser von 140 mm und 16 Zähnen und aus einem auf die Wagenachse aufgekeilten grossen Rade mit einem Teilkreisdurchmesser von 630 mm und 72 Zähnen; die Zähne von Kolben und Rad sind 115 mm breit und haben 19 mm Höhe. Die Verzahnung ist eine Evolventenverzahnung.

Die Untersuchungen sind in zwei Gruppen von Messreihen vorgenommen worden, wobei bei der ersten Gruppe die Verluste von je zwei Motoren ohne Vorgelege und bei der zweiten Gruppe die Verluste von je zwei Motoren mit Vorgelege gemessen wurden. Dabei war folgende Versuchsanordnung getroffen: Für die Untersuchungen der ersten Gruppe — also ohne Vorgelege — wurden die zwei Motoren auf einer gusseisernen Grundplatte aufgespannt und die Motorwellen durch direkte Kupplung verbunden; für die Untersuchungen der zweiten Gruppe — also mit Vorgelege — waren die Motoren in der Weise aufgespannt, dass als Vorgelegewelle für beide Motoren eine gemeinsame Transmission benutzt war, auf der die zwei grossen Zahnräder der Zahngetriebe fest aufgekeilt und die an dem Motorgehäuse angebrachten Achslager der zwei Motoren frei umgreifend aufgesetzt waren; dabei trug die Transmission selbst noch eine, bei den vorliegenden Versuchen stromlos gebliebene, schwere, die Schwungmasse darstellende Dynamo und war auf vier gut in den Grund einbetonierten Bocklagern gelagert; die bei dieser Aufspannungsweise noch ununterstützte Flanke der Motoren wurde schliesslich noch mit dem Betonfundament der Transmissionstraglager durch leicht federnde Tragstützen betriebssicher verbunden.

Bei dieser Anordnung für die Untersuchungen der zweiten Gruppe, mit Vorgelege, lagen, wie gleich nachgewiesen werden soll, analoge Verhältnisse vor, wie beim Einbau von zwei Motoren in einen zweiachsigen Motorwagen: Jede der beiden Achsen eines solchen Motorwagens dreht sich nämlich in je vier Lagern, von denen je zwei oder zusammen vier mit dem Traggestell des Wagens und je zwei oder zusammen vier mit den Motorgehäusen

zusammengebaut sind; analog dreht sich bei der beschriebenen Versuchsanordnung die genannte, den beiden Wagenachsen entsprechende Transmission ebenfalls in je vier mit den Motorgehäusen zusammengebauten und in je vier weiteren Lagern. In beiden Fällen, nämlich sowohl beim Einbau in einen zweiachsigen Motorwagen wie auch bei der beschriebenen Versuchsanordnung werden somit dieselbe Zahl und Art von Lagern und dieselben Zahngetriebe verwendet und zwar, entsprechend den nach den Verhältnissen der Praxis vorgenommenen Messungen, bei den gleichen Zugkräften und Geschwindigkeiten. Es darf somit behauptet werden, dass die beschriebene Versuchsanordnung erlaubte, alle mechanischen Verluste, die bei einem zweiachsigen Motorwagen auftreten, mit einer für praktische Zwecke ausreichenden Genauigkeit zu messen. Es muss hier noch darauf hingewiesen werden, dass die bei den Versuchen verwendeten Zahngetriebe weder durch besonders sorgfältige, noch durch besonders unsorgfältige Ausführung gekennzeichnet waren und dass sie ebenso in üblicher Weise ohne Anwendung ausserordentlicher Mittel und besonderer Genauigkeit montiert waren; man hatte es mit Durchschnittsfabrikationsware zu tun, wobei immerhin bemerkt werden darf, dass die Ausführung die in den Werkstätten der Maschinenfabrik Oerlikon übliche, gute war.

Die Untersuchungen selbst wurden nun sowohl für die erste Gruppe von Messreihen, ohne Vorgelege, wie auch für die zweite Gruppe von Messreihen, mit Vorgelege, in folgender Weise durchgeführt: Für die sog. Leerlaufversuche liefen beide Motoren in gewöhnlicher Weise serriegeschaltet und parallelgeschaltet und mit und ohne Vorschaltwiderstand, also bei verschiedenen Klemmenspannungen. Für die Versuche mit Belastung lief eine Motor stets als fremderregter Generator bei Belastung durch metallische Widerstände, während der andere Motor sowohl als gewöhnlicher Seriomotor bei konstanter Spannung, wie auch als fremderregter Motor und zwar einmal für den Betrieb bei konstanter Tourenzahl und das andere Mal für Betrieb bei konstantem Drehmoment an der Motorwelle funktionierte.

Bei diesen Versuchen traten nun folgende Energiequantitäten zur Umsetzung in Wärme auf, welche Quantitäten also vom speisenden Gleichstromnetz aufzubringen waren und die in ihrer Gesamtheit mit  $L_a$  bezeichnet werden sollen.

I. Für die Versuche der ersten Gruppe von Messreihen, also ohne Vorgelege:

1. Die von dem als fremderregter Generator betriebenen Motor als Voltampère abgegebene Leistung =  $L_n$ .

2. Die elektrischen Verluste einschliesslich Bürstenreibung, Luftreibung und Lagerreibung der Motorwellen von beiden Motoren =  $V_e$ .

II. Für die Versuche der zweiten Gruppe von Messreihen, also mit Vorgelege:

1. Die von dem als fremderregter Generator betriebenen Motor als Voltampère abgegebene Leistung =  $L_n$ .

2. Die elektrischen Verluste, einschliesslich Bürstenreibung, Luftreibung und Lagerreibung der Motorwellen von beiden Motoren =  $V_e$ .

3. Die Reibungsverluste der zwei Zahngetriebe plus die Reibungsverluste der zwei das Vorgelege umgreifenden und an den Gehäusen der Motoren angebrachten Achslager =  $V_r$ .

4. Die Reibungsverluste der vier die Transmission auf dem Fundament tragenden Achslager =  $V_f$ .

Für je gleiche Energieabgaben  $L_n$  des als fremderregter Generator laufenden Motors stellen somit die Differenzen der Energieaufnahmen des andern Motors gebildet für alle Versuche der ersten und zweiten Gruppe von Messreihen direkt die Summe der unter Ziffer 3 und 4 erwähnten Verluste dar. Diese Summe;

$$V_r + V_f = V_r + f$$

ist in ihre Einzelbestandteile zerlegbar, sobald es gelingt, den einen dieser zwei Bestandteile getrennt für sich zu beobachten. Dies ist der Fall für den Bestandteil  $V_e$ , der bei leerlaufender Transmission sowohl nach der Auslaufs-

methode, wie auch durch Antrieb mittels eines geachteten Motors besonders bestimmt worden ist. Die auf diese Weise für verschiedene Tourenzahlen beobachteten Lagerverluste bei leerlaufender Transmission sind nun auf Grund der schon erwähnten, von Dettmar aufgestellten Reibungsgesetze unverändert auch bei Belastung dieselben, insofern ein gewisser spezifischer Lagerdruck nicht überschritten wird, was im vorliegenden Falle zutrif.

Die Abbildung 4 oben stellt die nach der beschriebenen Messmethode gefundenen Messresultate als Schaulinien in Abhängigkeit von der vom Motoraggregate aufgenommenen Stromstärke dar, wobei der eine der zwei Motoren als Seriomotor bei konstanter Klemmenspannung von 750 Volt und der andere in der erwähnten Weise als fremderregter Generator funktionierte. Die Abbildung 4 lehrt nun, dass die Verluste  $V_{r+t}$  für die verschiedenen aufgenommenen Stromstärken unverändert bleiben; andererseits verlaufen

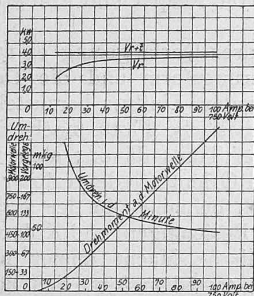


Abb. 4.

$V_r$  = Verluste in den Zahnradern und Achslagern an den Motoren.  
 $V_{r+t}$  = Verluste in den Zahnradern und Achslagern an den Motoren und an der Transmission.

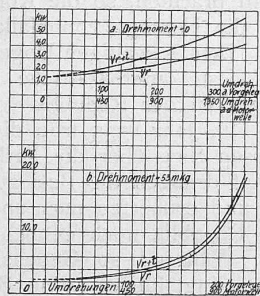


Abb. 5.

die mittels der beobachteten Verluste  $V_t$  durch Bildung der Differenz  $V_{r+t} - V_t$  resultierenden Verluste  $V_r$  nach einer an eine Exponentialkurve erinnernden Kurve in Abhängigkeit von der aufgenommenen Stromstärke.

Die auf diese Weise für zwei normale Seriomotoren beobachteten Verluste  $V_r$  und  $V_{r+t}$  in Verbindung mit den aus den Resultaten der ersten Gruppe von Messreihen durch die Bildung der Differenz

$$L_a - L_n = V_e$$

resultierenden Verluste  $V_e$  erlauben nun folgende Wirkungsgrade für einen einzelnen Motor zu bilden. Es ist:

$$1. \quad \eta_m = \frac{L_a - \frac{1}{2} V_e}{L_a} = 1 - \frac{V_e}{2 L_a}$$

der Wirkungsgrad des Motors ohne Räder und Achslager, und

$$2. \quad \eta_s = \frac{L_a - \frac{1}{2} V_e - \frac{1}{2} V_r}{L_a} = 1 - \frac{1}{2 L_a} (V_e + V_r)$$

der Wirkungsgrad des Motors mit Räderübersetzung und denjenigen Achslagern, die am Motorgehäuse angebracht sind. Somit ist  $\eta_s$  auch der Wirkungsgrad eines „Elektromotors mit Zahnradvorgelege“, wie solche auch bei vielen stationären Anlagen neuerdings sehr häufig zur Anwendung gelangen.

Schliesslich ist:

$$3. \quad \eta_t = \frac{L_a - \frac{1}{2} V_e - \frac{1}{2} V_{r+t}}{L_a} = 1 - \frac{1}{2} \frac{V_e + V_{r+t}}{L_a}$$

der Wirkungsgrad des Motors mit Räderübersetzung und sämtlichen Achslagern einer einzelnen Wagenachse. Also ist  $\eta_t$  sofort auch der totale Wirkungsgrad eines zweiachsigen Motorwagens bei Einbau von zwei Motoren in denselben und allgemein auch der Wirkungsgrad eines  $n$ -achsigen Motorwagens bei Einbau von  $n$  Motoren in denselben.

Durch Bildung des Quotienten  $\frac{\eta_t}{\eta_m}$  bekommt man den Wirkungsgrad:

$$4. \quad \eta_R = \frac{\eta_t}{\eta_m}$$

für Zahnräder und Achslager allein, welchem Wirkungsgrad also ausschliesslich mechanische Reibungsverluste zugrunde liegen.

In Abbildung 7 sind für den untersuchten Motortyp die Wirkungsgrade  $\eta_m$ ,  $\eta_R$  und  $\eta_t$  in Schaulinien dargestellt. Mittels des Wirkungsgrades  $\eta_m$  ist dann das in Abbildung 4 unten dargestellte Drehmoment an der Motorwelle gebildet worden. Ausser diesem Drehmoment ist in Abbildung 4 unten auch die Motorgeschwindigkeit dargestellt. Da nun die in Abbildung 4 oben dargestellten Grössen  $V_r$  und  $V_{r+t}$  sowohl von der Geschwindigkeit, wie auch vom Drehmoment abhängig sind, lag der Gedanke nahe, sie sowohl für Grenzfälle konstanter Geschwindigkeit, wie auch für Grenzfälle konstanten Drehmoments zu untersuchen. In den Abbildungen 5 und 6 sind die bezüglichen Messresultate in Form von Schaulinien dargestellt und zwar für je zwei verschiedene konstant gehaltene Drehmomente und zwei verschiedene konstant gehaltene Geschwindigkeiten. Zur Konstanthaltung der Grössen Drehmoment, beziehungsweise Geschwindigkeit war es notwendig, den das Aggregat antreibenden Motor als separat erregten Motor laufen zu lassen; es ist dies selbstverständlich in gleicher Weise für die Messgruppe ohne Vorgelege, wie für diejenige mit Vorgelege geschehen. Wie aus den Abbildungen 6 und 7 hervorgeht, wachsen die Verluste  $V_r$  und  $V_{r+t}$  bei konstantem Drehmoment viel rascher mit der Tourenzahl, als bei konstanter Tourenzahl mit dem Drehmoment. Ferner wachsen diese Verluste in Abhängigkeit von der Tourenzahl rascher bei grossem konstantem Drehmoment als bei kleinerem und in Abhängigkeit vom Drehmoment rascher bei grosser konstanter Geschwindigkeit als bei kleinerer. Es mag noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass in Abbildung 6 oben die Differenz von  $V_{r+t}$  und  $V_r$  die Transmissionsverluste ergibt, so wie diese durch direkte Beobachtung ermittelt wurden und zur Bildung von  $V_e$  aus  $V_{r+t}$  in allen Abbildungen 4, 5, 6 zur Verwendung gelangten.

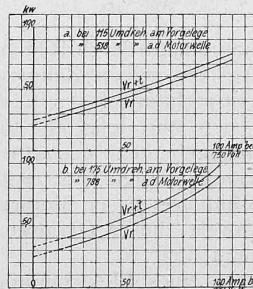


Abb. 6.

$V_r$  = Verluste in den Zahnradern und Achslagern an den Motoren.  
 $V_{r+t}$  = Verluste in den Zahnradern und Achslagern an den Motoren und an der Transmission.

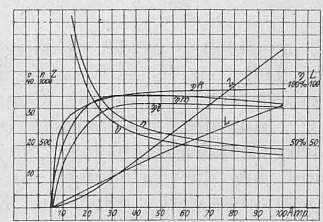


Abb. 7.

$\eta_m$  = Wirkungsgrad des Motors.  
 $\eta_t$  = Totaler Wirkungsgrad.  
 $L$  = Leistung in P.S. am Radumfang.  
 $Z$  = Zugkraft in kg „ „  
 $v$  = Geschwindigkeit in km.St.  
 $n$  = Umdrehungszahl in der Minute.  
 $\eta_R = \frac{\eta_t}{\eta_m}$  = Wirkungsgrad der Räder und Achslager.

Um dem Leser ein Urteil darüber zu gestatten, mit welcher relativen Genauigkeit die in den Abbildungen 4, 5, 6 und 7 enthaltenen Messresultate behaftet sind, sind in Abbildung 8 die den Abbildungen 4 und 7 zugrunde liegenden Beobachtungspunkte selbst aufgezeichnet. Durch Ziehen der Kurven I und II sind dann für die Punktreihen graphische Mittelwerte gebildet worden und ist die weitere Untersuchung mit diesen Mittelwerten ausgeführt. So ist z. B. die Kurve  $V_{r+t}$  in Abbildung 4 nichts anderes als die in anderem Masstab gezeichnete Differenz der Ordinaten der Kurven I und II in Abbildung 8. In Abbildung 8 findet sich noch eine Kurve III für den Erregereffekt des bei den Versuchen als Generator laufenden und fremderregten Motors. Die Summe der Ordinatenwerte der Kurven I und III stellt nun die Kurve der Verluste  $V_e$  dar, wie sie in Abbildung 7 zur Bildung des Wirkungsgrades  $\eta_m$  benutzt wurde; ferner stellt die Summe der Ordinatenwerte der Kurven II und III die Kurve der Verluste ( $V_e + V_{r+t}$ ) dar, wie sie in Abbildung 7 zur Bildung des Wirkungsgrades  $\eta_t$  benutzt wurde.



Zur Vervollständigung der zum vorliegenden Traktionsmotortyp gehörenden Messresultate und als Beleg zur Leistungsbezeichnung desselben werden in den Abbildungen 9 und 10 die Temperaturkurven dieses Motors gegeben, wobei zu bemerken ist, dass die angegebenen Motortemperaturen

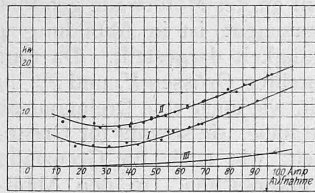


Abb. 8.

Legende zu Abb. 8:  
 Kurve I = Differenz der aufgegebenen und abgegebenen KW bei den Messreihen I (ohne Vorgelege).  
 Kurve II = Differenz der aufgegebenen und abgegebenen KW bei den Messreihen II (mit Vorgelege).  
 Kurve III = Erreger-Effekt für den als Generator laufenden Motor.

die höchsten im Motor mittels Thermometer überhaupt messbaren darstellen und die auf der Armatureoberfläche mitten zwischen den Feldspulen herrschende Temperatur betreffen.

Es sei ferner darauf aufmerksam gemacht, dass in dem Verluste  $V_r$ , Zahnradverluste und Achslagerverluste zusammen ausgedrückt sind, obschon es eine sehr einfache Sache gewesen wäre, dieselben in ganz analoger Weise experimentell zu trennen, wie dies für die Verluste  $V_r + i$  und

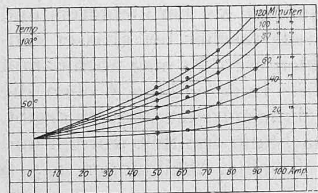


Abb. 9.

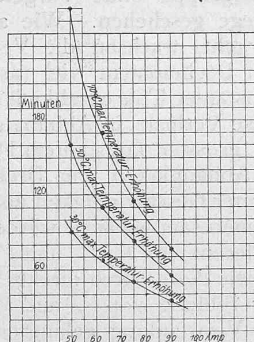


Abb. 10.

$V_r$  ausgeführt wurde. Uebrigens kann man durch Bildung der Differenz  $V_r - V_i$  ohne weiteres die reinen Zahnradverluste mit hinreichender Genauigkeit rechnerisch ermitteln.

Aus diesen Versuchen lassen sich nun folgende einfache Grundsätze ableiten, die als massgebend zu betrachten sind für die Erteilung von Wirkungsgradgarantien für Traktionsmotoren durch die Konstrukteure dieser Motoren und für den messtechnischen Nachweis dieser Garantien. Als solche Grundsätze wären zu empfehlen:

1. Unter dem Wirkungsgrad  $\eta_m$  eines Elektromotors schlechthin versteht man den durch Gleichung 1 definierten und entweder durch Bestimmung der Einzelverluste oder durch direkte Abbremsung messtechnisch nachweisbaren Wirkungsgrad.

2. Unter dem Wirkungsgrad  $\eta_s$  eines Elektromotors mit Vorgelege versteht man den durch Gleichung 2 definierten Wirkungsgrad, dessen messtechnischer Nachweis sowohl direkt wie auch mittels des nachstehend definierten Wirkungsgrades  $\eta_t$  und einer Hilfsmessung (Verlust  $V_i$ ) möglich ist.

3. Unter dem Totalwirkungsgrad  $\eta_t$  eines Traktionsmotors oder eines  $n$ -achsigen Motorwagens mit  $n$  Motoren versteht man den durch Gleichung 3 definierten Wirkungsgrad, der messtechnisch mittels einer in der richtigen Lagerzahl umlaufenden Vorgelegewelle nachgewiesen werden kann.

4. Der durch den Wirkungsgrad  $\eta_R$  laut Gleichung 4 dargestellte Zusammenhang von  $\eta_m$  und  $\eta_t$  kann a priori gebildet werden, unter Benutzung der Tatsache, dass beim Betrieb eines Traktionsmotors als Seriomotor die Summe der Räderverluste und der totalen Achslagerverluste bei jeder Belastung konstant bleibt und einen bestimmten Prozentsatz der nominellen Motorleistung ausmacht. Korrigiert man diesen Prozentsatz durch die nach dem Dettmar'schen Gesetze berechenbaren Achslagerverluste der am Wagen angebrachten Achslager, so ist ebenfalls der Zusammenhang zwischen  $\eta_m$  und  $\eta_s$  herstellbar.

Oerlikon, 28. Juli 1905.

## Die bauliche Entwicklung des Hafens von Genua.

Von E. Bavier, Ingenieur in Zürich.

(Fortsetzung.)

**Niedergang der Republik.** Nach der Niederlage der genuesischen Flotte bei Chioggia gegen die Venetianer und nach der Entdeckung der Seewege nach Amerika und Indien durch die Spanier und Portugiesen brachen die schon seit Jahrhunderten andauernden innern Feinden zwischen den Parteien der Welfen und Ghibellinen, d. h. hier der päpstlich und der kaiserlich Gesinnten, mit erneuter Heftigkeit aus; diese Parteikämpfe hatten bald zur Folge, dass nach jeder Niederlage die besiegte Partei den Beistand fremder Fürsten anrief, von denen mehrere in der Folge die geschwächte Republik zeitweise unter ihre Oberherrschaft brachten, so die Könige von Neapel und Frankreich und die Herzoge von Mailand.

Dem gewaltigen Dogen Andrea Doria gelang es 1528, eine feste aristokratische Regierungsform und die Unabhängigkeit der Republik von fremdem Einfluss herzustellen.

Im Jahr 1535 trug die genuesische Flotte noch einen grossen Sieg über die Türken bei Tunis davon; aber bald darauf drangen die Besiegten im Orient wieder erfolgreich vor und eroberten nach und nach beinahe alle der sinkenden Republik noch gebliebenen Besitzungen und Kolonien.

Während so Genuas politische Macht immer mehr zurückging, fuhren seine Bürger trotzdem fort, sich durch grossartige Handelsunternehmungen zu bereichern; denn die wichtigen und gewinnbringenden Handelsbeziehungen der einzelnen Kaufleute und Handelsgesellschaften mit dem Orient und den Mittelmeerländern hatten alle kriegerischen und politischen Niederlagen der Republik überdauert. Und mit dem Reichtum der Bürger wuchsen auch ihre Ansprüche auf Bequemlichkeit und Lebensgenuss. Ein üppiges Wohlleben verdrängte nach und nach die frühern einfachen Sitten und die hervorragendsten und mächtigsten Familien der Handelsherren suchten sich gegenseitig durch die Pracht ihres äussern Auftretens und ihrer Wohnungen zu überbieten. So entstanden im Laufe des XVI. Jahrhunderts, hauptsächlich nach den Entwürfen und unter der Leitung Galeazzo Alessis, eines Schülers Michel Angelos, die prachtvollen Renaissance-Paläste, die noch heute den Stolz Genuas bilden und demselben mit Recht den Namen der „Superba“ eintragen. Auch die Malerei erfuhr im folgenden Jahrhundert reiche Förderung durch kunstsinnige Patrizier, die durch Rubens und Van Dycks Pinsel ihre eigenen und die Züge ihrer Familienangehörigen der Nachwelt überliefern liessen.

**Erstellung des Molo nuovo.** Der im XVI. und XVII. Jahrhundert immer mehr aufblühende Handel und Schiffsverkehr liessen nach und nach eine Vergrösserung und bessere Sicherung des kleinen Hafens als unbedingt notwendig erscheinen. Ein im Jahre 1613 hereingebrochener Sturm von unerhörter Heftigkeit, dem 44 im Hafen verankerte Schiffe zum Opfer fielen, veranlasste einen grundsätzlichen Beschluss des Senats und der Bürgerschaft, die zum genannten Zwecke erforderlichen Arbeiten baldigst zu beginnen; doch brach ein heftiger Zwiespalt aus zwischen den Anhängern der beiden hiezu möglichen Auskunftsmitel, der Verlängerung des bestehenden Hafendammes, oder der Erstellung eines neuen Wellenbrechers zunächst der westlichen Hafengrenze. Zwei Jahrzehnte dauerte dieser verhängnisvolle Kampf; ein im Jahre 1630 eingetretener weiterer heftiger Sturm, der grossen Schaden an den im Hafen liegenden Schiffen und ihrer Befrachtung anrichtete, brachte endlich die streitenden Parteien zu einem Uebereinkommen; doch erst im Jahre 1638 fasste der Senat der Republik den Beschluss, vom Leuchtturm-Vorgebirge aus einen neuen Querdamm zu erstellen, den *Molo nuovo*, der, in annähernd gleicher Richtung wie der schon bestehende, von nun an *Molo vecchio* genannte Schutzdamm, von WNW nach OSO streichend, mit diesem zusammen eine besser gesicherte Einfahrt in den Hafen ermöglichen und den