Zeitschrift: Technische Beilage zur Schweizerischen Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung = Supplément technique du Journal suisse des postes, télégraphes et douanes

Band: 1 (1917)

Heft: 9

Artikel: Der phonische Antrieb für Baudotverteiler

Autor: Forrer, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-873035

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: 09.07.2025

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

nach Europa herübergebracht wurde, gab es außer den mitkommenden amerikanischen Enthusiasten und einem verschwindenden Trüppchen europäischer Geschäftsleute nur wenige, die der wunderbaren Erfindung Graham Bells kommerzielle Bedeutung beizumessen vermochten. Der wissenschaftliche Erfolg der Erfindung wurde überall begeistert anerkannt, ihr praktischer Wert dagegen offen vorspottet. Der von den Telegraphenbeamten mit Vorliebe wiederholte Satz, daß das Telephon bloß ein wissenschaftliches Spielzeug sei, wurde als bare Münze hingenommen.

Es gibt einige seltene Ausnahmefälle, wo Staatsbeamte, welche dem Telephonwesen vorstanden, dessen Zukunftsmöglichkeiten bis zu einem gewissen Grade verwirklichten und ihm sogar eine größere Ausdehnung verschafften als ihrer ersten Liebe, dem Telegraphen. Dies ist namentlich der Fall in der Schweiz, deren telephonischer Entwicklungsgang von dem in Ländern mit Staatsmonopol üblichen eine glänzende Ausnahme bildet. In der Schweiz hat das Telephon als Ersatz des Telegraphen eine bedeutende Entwicklung durchgemacht und ist viel volkstümlicher geworden als dieser selbst; so viel volkstümlicher, daß in den vergangenen Jahren die Einnahmen aus dem Telephonbetrieb mehr als zweieinhalb mal so groß waren als diejenigen aus dem Telegraphenbetrieb. In der Schweiz sind die Entfernungen verhältnismäßig kurz, und die geringen Gebühren, die der Telephonverwaltung von den staatlichen Behörden vorgeschrieben werden, begünstigen die Entwicklung eines starken interurbanen Nahverkehrs. Die Telephongebühren für kurze Entfernungen sind in der Tat gegenwärtig niedriger als die Telegraphengebühren, obschon die erwiesenen Dienste größer und die beanspruchten Einrichtungen teurer sind. (Schluß folgt.)

Telegraphenwesen.

Der Phonische Antrieb für Baudotverteiler.

(Phonic Motor, System Murray Pattern.)

Von A. Forrer, Bern.

Die Verteilerbürsten, welche die verschiedenen Apparatensätze (Geber und Empfänger) des Mehrfach-Telegraphensystems von Baudot abwechslungsweise mit der Leitung verbinden, werden durch ein Räderwerk mit Gewichtsantrieb in rotierende Bewegung gesetzt. Es ist bei diesem Apparatensystem unerläßlich, daß die Bürstenbewegung (3 Umdrehungen per Sekunde) äußerst gleichmäßig ist und daß die infolge der Reibung im Triebwerk auftretenden Geschwindigkeitsschwankungen auf ein gewisses Minimum reduziert werden. Zur Erzielung eines möglichst gleichmäßigen Ganges des Verteilers ist ein besonders sorgfältig konstruierter Zentrifugal-Regulator in das Triebwerk eingeschaltet.

Der Baudotregulator hat dank seiner besonderen Konstruktion (seitlich schwingende Masse mit Federgegenwirkung) die Eigenschaft, bis zu einem gewissen Grade die Schwankungen der Antriebskraft auszugleichen, zu neutralisieren. Diese Wirkung wird noch dadurch unterstützt, daß infolge der Zentrifugalkraft ein beständiger seitlicher Druck auf die Regulatorenachse ausgeübt wird, also gewissermaßen eine automatische Bremsung der Verteilerachse stattfindet.

Dieses Antriebssystem besitzt den Nachteil, daß infolge der großen Drehgeschwindigkeit des Regulators (ca. 2100 Umdrehungen in der Minute) das Verteilergehäuse dauernd in Schwingungen versetzt wird. Die Vibrationen werden durch den Verteilertisch und das Eisengestell sogar auf den Fußboden übertragen und wirken je nach der Bauart der Lokalitäten mit der Zeit nervenstörend auf das die nahen Arbeitsplätze bedienende Personal. Im weitern werden diese Erschütterungen auf die Dauer besonders in den unter dem Apparatensaal liegenden Räumlichkeiten sehr unangenehm empfunden und haben schon zu öftern Beschwerden Anlaß gegeben.

Nachdem verschiedene Versuche zur Dämpfung der Vibrationen des Verteilers kein befriedigendes Ergebnis gezeitigt hatten, wurde anfangs Juli im Telegraphenbureau Bern versuchsweise ein neues Antriebssystem, der sogen. *Phonische Motor* (Phonic Motor, System Murray Pattern) eingeführt. Der Phonische Antrieb besitzt neben seiner äußersten Einfachheit den großen Vorzug, daß er keine Erschütterungen mehr verursacht und daß zudem Geschwindigkeitsschwankungen während des Betriebes sozusagen ausgeschlossen sind.

Dieser neue Verteilerantrieb für Baudotapparate wird in England, in Indien, sowie in Nordamerika bereits mit großem Erfolge allgemein verwendet. Als Stromquelle wird nach der englischen Schaltung Industriestrom (Gleichstrom) benutzt. Da wir jedoch in der Schweiz an den wenigsten Orten ein Gleichstromnetz ohne weiteres für den Telegraphenbetrieb zur Verfügung haben, ergab sich die Notwendigkeit, zum Zwecke der Reduktion der erforderlichen Stromstärke die Wicklungsverhältnisse der verschiedenen Elektromagnete unter möglichster Beibehaltung der gleichen Ampèrewindungszahl derart zu verändern, daß ohne Nachteil die bestehenden Telegraphenbatterien (Akkumulatoren) als Stromquelle für den Phonischen Motor verwendet werden können.

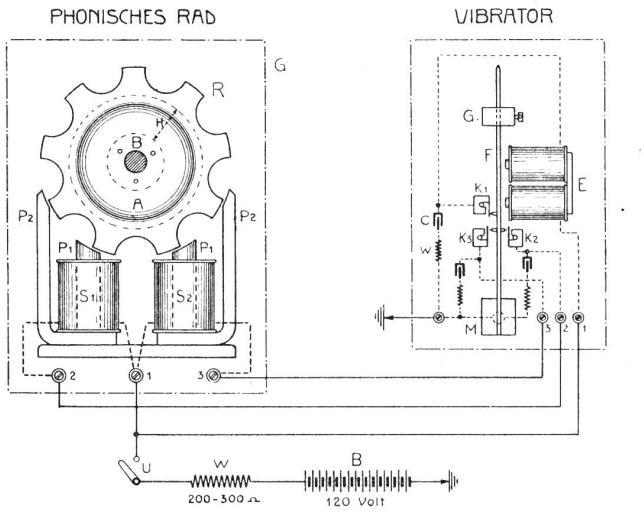
Mit den im Telegraphenbureau Bern installierten zwei Versuchsapparaten wurden bis jetzt so gute Erfahrungen gemacht, daß mit Rücksicht auf die damit erzielbare Erhöhung der Betriebssicherheit in der Baudotkorrespondenz beabsichtigt ist, innert kürzester Frist sämtliche Baudotverteiler der Schweiz mit dieser vorzüglichen Neuerung auszurüsten. Die Apparate werden von der Hasler A.-G. in Bern angefertigt, welche das Fabrikationsrecht von der Firma Donald Murray in London erworben hat.

Die nachstehenden Ausführungen, welche lediglich instruktive Zwecke verfolgen, sollen dazu dienen, das Betriebspersonal der Baudotstationen allgemein mit dieser technischen Neuerung vertraut zu machen; denn es kann nur im Interesse einer guten Dienstabwicklung liegen, wenn die Funktionäre auch in theoretischer Beziehung in die Wirkungsweise der von ihnen bedienten Apparate eingeweiht sind.

Der Phonische Antrieb besteht, wie nachstehendes Schema zeigt, aus zwei Apparaten, dem *Phonischen Rad* mit zwei zugehörigen Elektromagneten und dem *Vibrator* (Selbstunterbrecher), welcher dazu dient, abwechslungsweise kurze Stromimpulse in die genannten Elektromagnetspulen S_1 und S_2 zu senden.

Das gußeiserne, mit 9 Zähnen versehene *Phonische Rad* R sitzt lose auf der im Schnitt angedeuteten Bürstenachse B im Verteilergehäuse G und ist mittels dreier Schrauben am Zahnrad des Korrektionssystems befestigt. Letzteres kommt in eine Vertiefung A in die Vorderseite des Rades zu liegen und hat die gleiche Funktion wie beim alten Antriebsystem. An der Rückseite des Phonischen Rades befindet sich ein mit Quecksilber und dünnem Eisendraht gefüllter Hohlraum H, zum Zwecke der Erzielung einer gleichmäßigen Winkelgeschwindigkeit. Die Wände und Fugen dieses Hohlraumes sind sorgfältig mit Chatterton Compound verdichtet, damit das Quecksilber beim Rotieren sich nicht durch den Eisenguß verflüchtigen kann.

Im Verteilergehäuse befinden sich ferner zwei Elektromagnete S_1 und S_2, deren Polschuhe P_1 und P_2 so angeordnet sind, daß sie genau der Pheripherie des Phonischen Rades gegenüberliegen. Der Zwischenraum zwischen Polschuhen und den Zähnen des Phonischen Rades soll so bemessen sein, daß er der Dicke von höchstens 2 Papierstreifen entspricht. Die beiden Elektromagnete haben einen



Widerstand von je 440 Ohm (7800 Umwindungen von 0,18 mm Kupferdraht mit Seidenisolation); sie sitzen auf einem Gußsockel, der zugleich die Grundplatte für das Verteilergehäuse bildet und auf einem breiten Holzsockel mit Filzunterlage ruht. Zur Aufnahme der äußern Verbindungen dienen 4 Anschlußklemmen, wovon 3 für den Phonischen Motor und 1 für die Erdverbindung des Korrektionssystems benützt werden.

Der *Vibrator*, welcher, wie schon erwähnt, die Spulen des Phonischen Rades mit kurzen Stromimpulsen versorgt, besteht aus einer starken Stahlfeder F, einem Elektromagneten E (2 Wicklungen zu je 1500 Ohm und 18,000 Umwindungen von 0,12 mm Emaildraht) und 3 Kontaktpartien. Sämtliche Organe sind auf einer massiven Gußplatte angeordnet. Auf der den Magnetpolen entfernten Seite der Feder liegen zwei Kontakte K_1 und K_3; ersterer liegt im Stromkreise der Vibratorspulen, während K_3 über Klemme 3 mit der Spule S_2 des Phonischen Rades in Verbindung steht. Die Spule S_1 ist in analoger Weise mit dem auf der andern Seite der Vibratorfeder liegenden Kontakte K_2 verbunden. Das untere Ende der Feder F ist an das Massiv M des Vibrators befestigt; das auf dem freien Ende der Feder sitzende Gewicht G ist verschiebbar und ermöglicht dadurch, die Zahl der Vibrationen willkürlich zu ändern, das heißt die Aufeinanderfolge der für die Spulen S_1 und S_2 bestimmten Stromimpulse zu verlangsamen oder zu beschleunigen. Zur Verhinderung der Funkenbildung sind vor sämtlichen Kontakten je ein Kondensator C von 2 MF und eine Widerstandsspule W von 1000 Ohm im Nebenschluß an die Erde gelegt. Diese Funkenlöscher befinden sich an der Rückseite des Vibrators und bewirken, daß die Entladeströme unter Umgehung der empfindlichen Platinkontakte direkt in die Erde abfließen können.

Zum Betriebe des Phonischen Motors wird die gewöhnliche Telegraphenbatterie (Akkumulatoren) von 120 Volt Spannung verwendet. Aus ökonomischen Gründen wurde die gleiche, für die Baudotmotoren bestehende Schaltung gewählt, obschon der im Hauptstromkreis liegende Vorschaltwiderstand W einen gewissen Spannungsabfall verursacht. Diese Anordnung hat bis jetzt keine nachteiligen Erscheinungen hervorgerufen, da die in den Stromkreisen der Spulen S_1 und S_2 auftretende Differenz der Stromstärke durch entsprechende Verschiebung des Kontaktes K_2 bezw. K_3 vermieden werden kann. Bezüglich des Vorschaltwiderstandes ist zu bemerken, daß mit einer 25-kerzigen Kohlenfadenlampe (ca. 300 Ohm) die besten Erfahrungen gemacht wurden.

Ueber die Wirkungsweise und Regulierung des Vibrators, welcher auf dem Prinzip des Wagner'schen Hammers beruht, ist Folgendes zu sagen: Beim Schließen des Stromkreises (Batterie B, Widerstand W, Abzweigungspunkt nach U, Anschlußklemme 1 des Vibrators, Elektromagnet E, Kontakt K_1, Feder F, Massiv und Erde) vermittels des Schalters U wird die starke Feder F vom Elektromagnet E ein wenig angezogen. Infolge der Bewegung der Feder gegen die Magnetpole wird der genannte Kontakt sofort unterbrochen, worauf erstere wieder zurückfällt und den Kontakt K_1 neuerdings berührt. Dieser Vorgang wiederholt sich, und nach einer gewissen Anzahl von Stromschlüssen gelangt schließlich die Feder dank ihrer Elastizität und unterstützt durch die lebendige Kraft des mitschwingenden Gewichts G in immer stärkere Schwingungen, deren stabiler Höhepunkt von der Lage des Gewichtes G, sowie von der Distanz zwischen Feder und Elektromagnet abhängt. Zur Erleichterung der Beobachtung des Schwingungsausschlages ist gegenüber der Spitze der Vibratorfeder eine kleine Skala angebracht, deren äußere Teilstriche 7 mm auseinander liegen.

Es ist besonderes Augenmerk darauf zu richten, daß in der Ruhelage die Feder den Kontakt K_1 nur ganz leicht berührt.

Die schwingende Bewegung der Feder wird dazu benutzt, die Stromkreise der Spulen S_1 und S_2 abwechslungsweise zu schließen. Bei der Bewegung nach rechts, d. h. beim Anziehen der Feder durch den Elektromagnet E wird folgender Stromkreis geschlossen: Batterie B, Widerstand W, Abzweigungspunkt nach U, Anschlußklemme 1 des Verteilers, Spule S_1, Klemmen 2, Kontaktpartie K_2 des Vibrators, Feder und Massiv zur Erde (Spule S_2 ist isoliert). Bei der Linksbewegung ist die Spule S_1 isoliert und der Strom fließt von der Verteilerklemme 1 über Spule S_2, Klemmen 3, Kontakt K_3, Feder und Massiv zur Erde.

Der verschiebbare Elektromagnet E soll in der Regel so eingestellt sein, daß der Raum zwischen Feder und Magnetpolen im Mittel 3 mm beträgt und keinesfalls ein Minimum von 2,5 mm und ein Maximum von 4 mm überschreitet. Der Ausschlag der Vibratorfeder soll mindestens 6 mm und höchstens 8 mm betragen. Im allgemeinen ist darauf zu achten, daß die Grenze der Schwingungen ungefähr auf die äußern Teilstriche der Skala fällt, da ein häufiges Ueberschreiten dieser Norm mit der Zeit den Bruch der Stahlfeder verursachen könnte.

Die Kontakte K_2 und K_3 sollen erst dann geschlossen werden, wenn die Feder ihren normalen Ausschlag erreicht hat. Die Stromimpulse, die in regelmäßiger Aufeinanderfolge durch die Spulen S_1 und S_2 des Phonischen Rades zirkulieren, müssen möglichst gleich stark sein. Dies ist zur Erzielung eines gleichmäßigen, ruhigen Laufes der Verteilerbürsten absolut notwendig und kann durch entsprechende Regulierung der Kontakte K_2 und K_3 unter Zuhilfenahme eines Milliampère- oder Voltmeters ohne besondere Schwierigkeit erreicht werden.

Das Phonische Rad bleibt beim Zirkulieren der Ströme in den Spulen S_1 und S_2 vorerst unbeweglich; es muß mit der Hand in der gewünschten Richtung (in der Richtung der Bürstenbewegung) so lange angetrieben werden, bis der Synchronismus zwischen der Vorwärtsbewegung der einzelnen, den Magnetpolen gegenüberliegenden Zähne und dem Wechsel der Stromimpulse hergestellt ist. Von diesem Momente an wird das Phonische Rad infolge der magnetisierenden Wirkung der Polschuhe P_1 u. P_2 eine andauernde, äußerst gleichmäßige Drehbewegung annehmen.

Zur Vorwärtsdrehung des Rades um einen Zahn ist je ein Stromimpuls in den beiden Spulen S_1 und S_2 erforderlich. Für eine ganze Umdrehung des Phonischen Rades werden also $9 \times 2 = 18$ Stromimpulse benötigt. Da die Verteilerbürsten im Mittel eine Geschwindigkeit von 180 Touren per Minute aufweisen, muß der Vibrator in einer Sekunde im Gesamten 54 Stromschlüsse für die Spulen S_1 und S_2 vermitteln. Zum Hervorbringen dieser

54 Stromimpulse, welche sich gleichmäßig auf die Kontakte K_2 und K_3 verteilen, ist es infolgedessen nötig, daß die Vibratorfeder per Sekunde 27 ganze Schwingungen ausführt.

Ein Haupterfordernis zur einwandfreien Funktion des Phonischen Motors liegt in der Wahl eines günstigen Standortes des Vibrators. Aus den starken Schwingungen der Vibratorfeder ergibt sich die absolute Notwendigkeit, denselben mit der Federspitze nach oben an eine massive Mauerwand zu befestigen. Würde der Apparat an eine noch so solide Holzwand angeschraubt, so wären Geschwindigkeitsschwankungen während des Betriebes dennoch an der Tagesordnung. Das rührt daher, daß die Vibrationen der Feder infolge der mechanischen Resonanz auf die Holzwand übertragen werden. Es entstehen Gegenschwingungen, welche den Ausschlag der Feder störend beeinflussen, was naturgemäß auch auf das Phonische Rad übertragen wird.

Als Grundregel zur Normierung der Geschwindigkeit ist zu merken, daß letztere bei Vergrößerung des Ausschlages langsamer wird (Hinaufschieben des Gewichts). Im umgekehrten Falle (bei geringerem Ausschlag) wird eine Beschleunigung der Bürstenbewegung erreicht. Die großen Geschwindigkeitsänderungen werden ausschließlich durch Verschieben des Gewichtes vorgenommen. Dazu ist wie früher das Abschalten der Batterien nötig, damit beim Anhalten der Verteilerbürsten keine Kurzschlüsse entstehen können.

Das neue Antriebsystem bietet aber den Vorzug, daß kleine Geschwindigkeitsänderungen auch während des Betriebes vermittels sorgfältigen Verschiebens des Elektromagnets E ausgeführt werden können. Diese Möglichkeit wird namentlich beim korrigierten Posten als große Erleichterung empfunden werden. Selbstverständlich sind dabei die früher erwähnten Grenzen der Distanz zwischen Vibratorfeder und Magnetpolen in keinem Falle zu überschreiten.

Die Vorteile des beschriebenen Phonischen Antriebes, im Vergleich zum alten Antriebsystem, können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

1. Aeußerste Einfachheit und Solidität der Apparate (es sind keine Bestandteile vorhanden, die der raschen Abnützung ausgesetzt sind).
2. Wegfall der komplizierten elektrischen und mechanischen Aufzugvorrichtung, sowie des Räderwerks und des Baudotregulators.
3. Große Oelersparnis, was bei den gegenwärtigen enormen Oelpreisen von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.
4. Gleichmäßige Geschwindigkeit der Verteilerbürsten (die störenden Einflüsse der Staubbildung sind vollständig beseitigt).
5. Außerordentlich ruhiger Gang des Phonischen Rades und infolgedessen Wegfall jeglicher Erschütterung des Verteilertisches.
6. Einfacher Unterhalt der Apparate (einmaliges tägliches Oelen der Lager der Verteilerachse und leichtes Reinigen der Vibratorkontakte mit glattem Papier).

Mit Rücksicht auf all diese tatsächlich vorhandenen Vorzüge und unter Hinweis auf die bereits gemachten Erfahrungen darf die Behauptung aufgestellt werden, daß mit der Einführung des Phonischen Motors eine nicht unerhebliche Steigerung der Betriebssicherheit in der Baudotkorrespondenz erreicht wird. Es ist nicht daran zu zweifeln, daß nach dem Kriege auch im Auslande die Tage des Baudotregulators gezählt sind, und der manchen Baudotdirigeur in Harnisch bringende Ruf: „Vérifiez votre vitesse" wird in absehbarer Zeit nurmehr der Vergangenheit angehören.

Ueber Parallelschaltungen.

Von E. Nußbaum, Bern.

II. Parallelschaltung auf Morse-Telegraphenleitungen

(Schluß.)

Die Ampèrewindungszahl (AW).

Zur Betätigung des Ankers eines Elektromagneten ist eine bestimmte magnetomotorische Kraft erforderlich. Dieselbe ist proportional dem Produkt aus der Stromstärke A und der Zahl der Drahtwindungen W und man nennt dieses Produkt AW die Ampèrewindungszahl des Elektromagneten. Es besagt, daß mit einem schwachen Strome bei großer Umwindungszahl die gleiche Wirkung hervorgebracht werden kann, wie mit einem starken Strom bei kleiner Windungszahl, wenn nur in beiden Fällen das Produkt AW dasselbe ist. Mit welchem Wert AW haben wir es bei der Parallellschaltung zu tun und welches ist das Verhältnis zwischen Stromstärke und Windungszahl?

Unser Normalfarbschreiber besitzt bekanntlich 2 Elektromagnetspulen mit je 250 Ohm Widerstand und 7500 Umwindungen in einem Wicklungsraum von rund 6 cm^2. Die Normalstromstärke beträgt 0,014 A und die Ampère-Windungszahl daher $0{,}014 \times 2 \times 7500 = 210$. Diese Zahl AW = 210 werde auch unserem Parallelschaltungssystem zu Grunde gelegt.

Die Wickelung.

Um bezüglich der Windungszahl einen ersten Anhaltspunkt zu gewinnen, wollen wir annehmen, der Widerstand der Strombrücke solle 20,000 Ohm betragen und als Empfangsapparat werde der Farbschreiber direkt mit der Leitung verbunden. Mit dem minimalen Brückenwiderstand von 20,000 Ohm erhalten wir bei einer Klemmenspannung von 60 Volt eine Stromstärke von 0,003 A. Da AW = 210, so wird W = 210 : 0,003 = 70,000 oder **35,000 pro Spule.** Dies ergibt für die Flächeneinheit des verfügbaren Wicklungsraumes 35,000 : 6 = 5833 W. Nach einer im Bändchen Nr. 155 der Sammlung Göschen: *Das Fernsprechwesen, von Dipl.-Ing. W. Winkelmann,* auf Seite 55 enthaltenen Aufstellung über Kupfer- und Nickelindrähte ergibt eine regelmäßige Lagenwicklung von 0,1 mm Kupferdraht mit einfacher Seidenumspinnung per cm^2 Wicklungsraum eine Windungszahl von 6400. Wird der verfügbare Wicklungsraum von 6 cm Länge und 1 cm Tiefe mit solchem Draht ausgefüllt, so erhalten wir $6 \times 6400 = 38{,}400$ Windungen auf jeder Spule und mithin eine Stromstärke von 210 : 76,800 = 0,0027 A bei einer Spannung von 54 Volt für R = 20,000. Diese Wicklung soll aber einen Widerstand von 10,000 Ohm aufweisen. Zur Berechnung des wirklichen Widerstandes suchen wir die mittlere Länge einer Windung. Da die Spulenhülse einen äußern Durchmesser von 12 mm hat, so ist der mittlere Durchmesser der Drahtwindungen $1{,}2 + 1 = 2{,}2$ cm und die durchschnittliche Länge einer Windung somit 6,9 cm. Bei 38,400 Umwindungen erhalten wir eine Drahtlänge von 2650 m und — da 1 m = 2 Ohm — einen Spulenwidersand von 5300 Ohm, also 4700 zu wenig. Es ist nun klar, daß bei Verwendung eines dünneren Drahtes mit der nämlichen Windungszahl ein größerer Widerstand und außerdem, bei vollständiger Ausnützung des Wicklungsraumes, auch eine größere Windungszahl erzielt würde. Nähmen wir z. B. Draht von 0,07 mm Drahtdurchmesser, so erhielten wir bei ausgefülltem Wicklungsraum pro Spule $6 \times 9000 = 54{,}000$ Windungen mit $4{,}55 \times 0{,}69 \times 54{,}000 = 17{,}000$ Ohm Widerstand. Bei nur 38,400 Windungen desselben Drahtes wäre die Schicht 6400/9000 = 0,71 cm dick, die mittlere Länge einer Windung daher $(1{,}2 + 0{,}71)\,\pi = 6$ cm und der Widerstand der Wicklung also $0{,}06 \times 38{,}400 \times 4{,}55 = 10{,}500$ Ohm.

Aus Gründen der Betriebssicherheit muß aber der für die Elektromagnet-Wicklung verwendete Draht auch eine