

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

Band: 1 (1917)

Heft: 8

Artikel: Ueber Parallelschaltungen [Fortsetzung]

Autor: Nussbaum, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-873033>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

quement. La traversée d'une colline, d'une butte ou d'un tertre peut, dans certaines circonstances, être recommandable, si la longueur du tracé en est par là sensiblement réduite.

Il faut, en thèse générale, éviter toute traversée de précipice ou d'étendue d'eau nécessitant une portée d'une longueur supérieure à celle de la portée critique.²⁾

Le passage d'une forêt n'est pas un obstacle technique. Il nécessite l'établissement d'une tranchée plus ou moins large suivant l'importance de la ligne et la nature des arbres. Lorsque les frais de l'abatage sont très élevés, ils peuvent provoquer le choix d'une autre solution.

Autant que possible il faut éviter de franchir les localités, car les supports sur toit sont plus coûteux que les poteaux, le choix des emplacements des appuis plus difficile. Presque toujours les rues sont meublées de conduites d'éclairage.

Nous terminerons ces considérations générales en les condensant dans les règles suivantes, pour le choix du tracé:

1. En premier lieu, assurer la *stabilité* de la ligne, c'est-à-dire son fonctionnement normal;

2. Entre deux solutions techniques également satisfaisantes, choisir la plus économique en tenant compte de la *construction* et de l'*entretien*.

Telegraphenwesen.

Ueber Parallelschaltungen.

Von E. Nußbaum, Bern.

II. Parallelschaltung auf Morse-Telegraphenleitungen Einleitung.

Die Versuche zur Einführung der Parallelschaltung auf den Omnibus-Telegraphenleitungen, welche vor einigen Jahren unternommen worden sind, haben zu keinen ermunternden Ergebnissen geführt, obschon als Versuchsobjekte nur kurze Leitungen mit wenig Büreaux gedient haben, zum Beispiel Bern-Gurnigel. Die Erfahrungen, die man hier machte, waren so ungünstige, daß an eine Anwendung der Parallelschaltung auf breiterer Grundlage nicht gedacht werden konnte. Zu dem Mißerfolg mag allerdings der Umstand nicht wenig beigetragen haben, daß ein zwingender Grund, das bisherige System der Reihenschaltung aufzugeben, nicht vorlag, und daß man es infolgedessen bei den Versuchen an einer gewissen Beharrlichkeit hatte fehlen lassen. Den Anstoß zur Vornahme solcher Versuche gab, soweit uns erinnerlich, hauptsächlich die allgemeinere Verwendung von Akkumulatorenbatterien in den größeren Telegraphenbüreaux. Man hoffte, mit Hilfe der Parallelschaltung mit einer einzigen Batteriespannung auszukommen und so die Einrichtung und den Unterhalt der Sammlerbatterien einfacher und billiger gestalten zu können. Das Problem sollte durch die Verwendung von Apparaten mit hochohmiger Wicklung (20—30,000 Ohm) gelöst werden.

Die Verhältnisse haben sich geändert. Mit der Elektrifikation der Eisenbahnen entsteht den Schwachstromeinrichtungen und namentlich dem Telegraphen ein neuer und gefährlicher Feind. Bestanden bis jetzt die Vorkehrungen elektrischer Natur zur Sicherstellung des Telephonbetriebes gegenüber den Starkstromanlagen in der Bekämpfung der durch die sogen. Oberschwingungen erzeugten akustisch störenden Induktion, so haben wir es bei der elektrischen Traktion mit einer viel gefährlicheren und schädlicheren

²⁾ La portée critique est la portée maximale que peut supporter un fil d'une résistance donnée ayant une tension de pose donnée dans l'hypothèse de la surcharge-limite.

Induktion zu tun; hier gilt es nicht nur viel stärkere Oberschwingungen zu bekämpfen, sondern auch die durch die niedrige Betriebsfrequenz des hochgespannten Fahrdrabt-Wechselstromes erzeugte statische und elektromagnetische Induktion selbst, sowie die Wirkung der vagabundierenden Ströme. Sind auch Spannung und Stromstärke im Fahrdrabt nicht sehr verschieden von denjenigen der gewöhnlichen Hochspannungsleitungen, so beruht die viel stärkere Induktionswirkung in dem wesentlichen Umstande, daß wir es bei der elektrischen Traktion eben mit eindrähtigen Hochspannungsleitungen zu tun haben, wobei die Schienen und zum Teil auch die Erde als Rückleitung benützt werden. Bei einer gewöhnlichen Starkstromleitung mit metallischer Rückleitung an einem und demselben Gestänge fließen, abgesehen von den Oberschwingungen, durch jeden Querschnitt der Leitung als Ganzes genommen, stets zwei gleich starke, aber entgegengesetzt gerichtete Ströme, deren Induktionswirkungen in die Ferne sich gegenseitig mehr oder weniger vollständig aufheben.

Seit dem Jahre 1838, als *Steinheil* die Möglichkeit der Rückleitung der Telegraphierströme durch die Erde entdeckte, hat der Telegraph ein zwar ungeschriebenes, aber doch unangefochtenes Prioritätsrecht auf die Erdrückleitung besessen. Später teilte er dasselbe ohne Nachteil für sein eigenes Befinden mit dem Telephon; doch mußte dieses auf die Erleichterung nach und nach verzichten und heute werden bei uns nur noch wenige Telephonleitungen — ausschließlich Abonnenntenleitungen — eindrähtig betrieben. Jetzt hat aber auch für den Telegraphen die Stunde geschlagen, wo er auf sein nunmehr 80-jähriges Recht zu Gunsten der elektrischen Traktion verzichten muß. Die schweizerische Telegraphenverwaltung sieht sich vor die große Aufgabe gestellt, nicht nur alle Telegraphen- und Telephonlinien nach und nach von den Eisenbahnlinien weg zu verlegen, sondern gleichzeitig auch die Telegraphenleitungen zu verdoppeln.

Dadurch erlangt das Problem der Parallelschaltung neue Bedeutung. Sie steht zur Zeit im Vordergrund der für den Schleifenbetrieb in Betracht fallenden möglichen Schaltungen. Die Erörterung dieser Schaltungen und die Untersuchung des Komplexes der zu bekämpfenden Störungserscheinungen würden den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten. Sie sind einer berufeneren Feder vorbehalten. Für uns handelt es sich darum, die Grundlagen der Parallelschaltung im Telegraphenbetrieb in Bezug auf Stromverteilung und Widerstandsverhältnisse mit Hilfe der im ersten Teil entwickelten Formeln zu untersuchen und Anhaltspunkte zu gewinnen für die Bauart der Empfangsapparate und für die Schaltung der Strombrücken.

Der Betrieb einer Telegraphenleitung mit parallel geschalteten Stationen weicht vom Selectorbetrieb in verschiedener Beziehung wesentlich ab.

1. Als Sendestation kommt nicht nur die Anfangsstation in Betracht, sondern auch alle übrigen Stationen. Mit Ausgleichswiderständen ist also hier nichts anzufangen.

2. Die Grenzwerte für die zulässigen Unterschiede in den Stromstärken sind hier eher kleiner als beim Betrieb der Selectoren.

3. Die Telegraphenleitungen sind im allgemeinen länger als Selectorleitungen und der kilometrische Widerstand des verwendeten Leitungsmaterials ($E/3$) ist größer.

4. Auch die Zahl der auf einer Telegraphenleitung eingeschalteten Büreaux ist meistens größer als die Zahl der Selector-Stationen

Für die Beurteilung der Betriebsverhältnisse auf einer solchen Telegraphenleitung müssen wir den ungünstigsten Fall untersuchen, wo die eine der beiden Endstationen sendet. Denn in diesem Falle ist der Spannungsverlust auf der Leitung am größten und die entgegengesetzte Endstation erhält — gleiche Batteriespannungen in allen

Stationen vorausgesetzt — weniger Strom, als wenn eine der näher gelegenen Zwischenstationen sendete.

Ferner ist vorausgesetzt, daß der Betrieb einer Telegraphenschleife mit parallel geschalteten Stationen nur dann als einwandfrei zu betrachten ist, wenn jede Station abwechselungsweise mit allen übrigen Stationen verkehren kann, ohne daß der Empfangsapparat jeweils neu eingestellt zu werden braucht.

Vom Leitungs- und Brückenwiderstand.

Für's erste soll nun untersucht werden, welcher Widerstand R jeder Station einer idealen doppeldrähtigen Telegraphenleitung von der Länge L und mit dem kilometrischen Widerstand w gegeben werden muß, wenn $N = n + 1$ Bureaux in gleichen Abständen l auf die Leitung verteilt sind und der Spannungsunterschied zwischen der sendenden und der empfangenden Station nicht mehr als $p\%$ der **Endspannung** betragen darf¹⁾. Wir könnten uns für diese Untersuchung ohne weiteres der für den Selectorbetrieb gefundenen Formel (16) bedienen, wollen aber vorher noch eine einfachere Beziehung kennen lernen, die mit hinreichender Genauigkeit für den Fall anwendbar ist, wo p sehr klein ist.

Die Spannung der ohne Widerstand gedachten Batterie der stromgebenden Endstation sei E , diejenige an den Klemmen der empfangenden Endstation e . Der Spannungsverlust $E - e$ ist gleich der Summe der Produkte aus Stromstärke mal Widerstand der einzelnen Leitungsabschnitte. Da nach der Voraussetzung p sehr klein ist, so nehmen wir der Einfachheit halber an, jede Station erhalte denselben Strom i . Dann haben wir

$$E - e = e \frac{p}{100} = ir(1 + 2 + 3 + \dots + n), \text{ oder, da } i = \frac{e}{R}$$

$$e \frac{p}{100} = e \frac{r}{R} \left(\frac{n(n+1)}{2} \right); \text{ hieraus folgt}$$

$$R = \frac{100 r n (n+1)}{2 p}; \text{ da aber } n+1 = N$$

$$\text{und } r = \frac{2 L w}{n}, \text{ so erhalten wir schließlich}$$

$$R = \frac{100 L N w}{p} \quad (19)$$

Berechnungsbeispiel:

Welchen Widerstand erhält R , wenn $L = 50$ km, $w = 19 \Omega$, $N = 7$ und $p = 20\%$?

$$R = \frac{100 \times 50 \times 19 \times 7}{20} = 33250 \Omega$$

Nach Formel (16), welche für r oder R etwas genauere Werte liefert, ist

$$R = \frac{r(k_1 - 1)}{\left(\sqrt{9 + 0,06 p \frac{k_1 - 1}{k_1}} - 3 \right)}$$

$$\text{Da } k_1 = \frac{N(N-1)}{2} = 21 \text{ und } r = \frac{2 L w}{N-1} = \frac{1900}{6},$$

so erhalten wir für

$$R = \frac{1900 \times 20}{6 \left(\sqrt{9 + \frac{1,2 \cdot 20}{21}} - 3 \right)} = 34100 \Omega$$

Die Näherungsformel (19) gibt also mit $p = 20$ um etwa $2,5\%$ zu niedrige Werte für R . Sie zeigt, daß, wenn man für p einen bestimmten Höchstwert²⁾ annimmt,

¹⁾ Siehe auch Fig. 1, S. 53, T. B. No. 7.

²⁾ Die Telegraphen-Inspektion der S. B. B. betrachtet 30% noch als zulässig.

R einen von der Länge und der Natur der Leitung und von der Zahl der parallel geschalteten Bureaux abhängigen Wert darstellt und daß es daher für homogene doppeldrähtige Leitungen eine durch das Produkt LN ausgedrückte Grenze gibt, bis zu welcher ein einheitlicher Apparat mit hochohmiger Spulenumwicklung ohne Vorschaltwiderstände verwendet werden kann.

Dieser Grenzwert beträgt nach Formel (19)

$$LN = \frac{R}{w} \cdot \frac{p}{100} \quad (20)$$

Setzt man $R = 20,000$, $w = 19$ (für Eisendraht 3 mm) und $p = 30$, so wird $LN = 316$; für $N = 7$ wird $L = 45$ km.

Der aus der Formel (17) abgeleitete genauere Wert

$$L = \frac{R}{w} \cdot \frac{1}{N - \frac{2}{N-1}} \left[\sqrt{9 + 0,06 p \left(1 - \frac{2}{N(N-1)} \right)} - 3 \right]$$

ist etwas kleiner, nämlich 43 km.

Sollte die praktische Erfahrung zeigen, daß mit Abweichungen von der mittleren Stromstärke i_m bis zu $\pm 13\%$ (also $p = 30\%$) ohne Nachregulierung noch ein einwandfreies Telegraphieren möglich ist, so wird man also bei 3 mm Eisendrahtschleifen bis zum Wert $LN = \sim 300$ und mit einem einheitlichen Apparat mit $20,000$ Ohm Spulen-Widerstand ohne Vorschaltwiderstand auskommen.

Wenn aber $LN > 300$, so müssen die Strombrücken entsprechend mehr Widerstand erhalten.

* *

Mit der Wahl des richtigen Verhältnisses r/R ist es natürlich nicht getan. Durch dieses Verhältnis wird wohl in einfacher Weise der Spannungsverlust der Leitung und die Stromverteilung während des stationären Zustandes geregelt; aber auf die sonstigen elektrischen Eigenschaften der Strombrücken, wie Natur, Länge und Querschnitt des Drahtes, auf die Zahl der Ampère-Windungen (AW), auf Stromstärke und Spannung, sowie auf die für die Telegraphiergeschwindigkeit so wichtige Periode des veränderlichen Zustandes (Zeitkonstante bei Stromschluß und Stromunterbrechung) ist dabei noch keine Rücksicht genommen. In dieser Hinsicht müssen die Verhältnisse mit besonderer Sorgfalt geprüft werden; ja die Frage des elektrischen Verhaltens der Strombrücken während der veränderlichen Periode bildet geradezu den Kernpunkt des Problems der Parallelschaltung.

Selbstinduktion und Kapazität.

Bekanntlich erreicht die Stromstärke in einem kapazitätslosen, mit Selbstindukten behafteten Stromkreis bei Stromschluß nicht momentan ihren durch Spannung und Widerstand bestimmten Höchstwert. Infolge der gegenelektromotorischen Kraft der Selbstinduktion wird dieser Wert erst nach einer gewissen Zeit erreicht. Bezeichnet man denselben mit J , die Selbstinduktion mit L und den Ohm'schen Widerstand mit R , so gilt für den Momentwert des Stromes i zur Zeit t Sekunden nach Stromschluß die Beziehung (Helmholtz)

$$i = J \left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}} \right)$$

worin e die Basis der natürlichen Logarithmen $= 2,718\dots$

Wenn $t = \frac{L}{R}$, so wird $\frac{Rt}{L} = 1$ und $e^{-\frac{Rt}{L}} = e^{-1} =$

$$= \frac{1}{e} = \frac{1}{2,718} = 0,37;$$

$$\text{daher } i = J \left(1 - \frac{1}{e} \right) = 0,63 J$$

Die Zeit, welche vergeht, bis der Strom 63 % seines Höchstwertes erreicht hat, ist also ausgedrückt durch das Verhältnis $\frac{L}{R}$. Man nennt dasselbe die **Zeitkonstante** des Stromkreises. Je größer dieselbe, desto geringer die Telegraphiergeschwindigkeit.

Da **R** als gegeben zu betrachten und sein Wert sowohl nach oben, wie auch nach unten begrenzt ist, so muß zur Verminderung der Zeitkonstante **L** möglichst klein gehalten werden. **L** ist aber theoretisch proportional dem Quadrat der Windungszahl des Elektromagneten. Folglich müßte man zur Erzielung einer möglichst kleinen Zeitkonstante die Elektromagnete der Empfangsapparate mit einer möglichst kleinen Zahl Windungen versehen.

Mit der Selbstinduktion wirken aber auch die Kapazität und die Ableitung der Leitung, die mechanische Trägheit des Ankers und die Wirbelstromverluste in den Elektromagnetkernen im gleichen Sinne ungünstig auf die Zeichenbildung ein. Die Zeitkonstante L/R für sich allein fällt beim Morsebetrieb auf unsern Inlandleitungen für die Telegraphiergeschwindigkeit kaum in Betracht. Infolge der Kapazität der Leitung kann aber die Deformation der Kurve des ankommenden Stromes unter Umständen einen solchen Grad erreichen, daß Zeichengebung und Telegraphiergeschwindigkeit in fühlbarer Weise beeinträchtigt werden.

Eine mit erheblicher Kapazität behaftete Doppelleitung mit parallel geschalteten Stationen läßt sich schematisch wie Fig. 3 darstellen. Verbindet man die Leitung durch

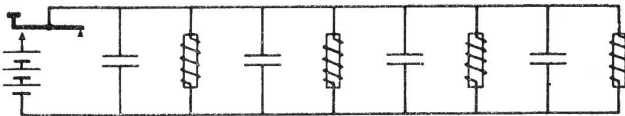


Fig. 3.

Niederdrücken der Taste mit der Stromquelle, so wird jene von dem in sie hineinfließenden Strome zunächst elektrostatisch geladen. Die hierzu hergegebene Elektrizitätsmenge bewirkt eine Schwächung des weiterfließenden Stromes und demnach ein verzögertes Ansteigen des Stromes beim fernen Amte.²⁾ Sobald die Stromgebung unterbrochen wird, entladet sich die Leitung durch die Widerstände der Strombrücken, deren Selbstinduktionsspannung gleichgerichtet ist wie die Ladespannung. Ist nur eine Brücke vorhanden, so muß die ganze Ladung sich durch deren Widerstand ausgleichen, und dieser Ausgleich dauert um so länger, je größer die Kapazität der Leitung und der Widerstand der Brücke und deren Selbstinduktion ist. Je mehr Strombrücken vorhanden sind, desto steiler fällt die Kurve des verschwindenden Stromes ab. Infolge der Selbstinduktion der Strombrücken setzt sich der Entladungsstrom unter Umständen noch über den Moment hinaus fort, wo die Entladung der Leitung vollständig war, und es kann sogar eine schwächere Aufladung der Leitung im entgegengesetzten Sinne stattfinden.

Der Betrieb einer mit erheblicher Kapazität behafteten Doppelleitung ist also bis zu einem gewissen Punkte besser, wenn mehrere Strombrücken, d. h. Stationen, vorhanden sind und wenn deren Widerstand und Selbstinduktion möglichst klein gehalten sind. Hieraus folgt auch, daß direkte Doppelleitungen ohne Zwischenstationen am besten mit niedrigohmigen Apparaten betrieben werden.

Die Kapazität unserer Telegraphenleitungen kann im Verhältnis zum Widerstand und zur Selbstinduktion der Strombrücken erhebliche Werte annehmen. Es gibt nicht mehr viele Leitungen und es werden deren nach der Elektrifikation noch weniger sein, die nicht kürzere oder längere Kabelstrecken aufweisen.

²⁾ Vergleiche Noebels, Schluckebier und Jentsch — Telegraphie und Telephonie — S. 84.

Stromstärke und Spannung.

Diese Größen sind vorläufig noch unbestimmt. Um aber bei den nachfolgenden Erörterungen über die praktischen Grenzwerte von Spannung und Stromstärke Anhaltspunkte zu besigen, wollen wir von der Annahme ausgehen, daß der Wattverbrauch bei der Parallelschaltung nicht wesentlich größer sein darf, als bei der Reihenschaltung und daß auch die Batteriespannung und mithin die Zahl der Elemente in den Telegraphenbureaux sich ungefähr gleich bleiben soll. Rechnen wir bei der Reihenschaltung mit einem mittleren Widerstand von 700 Ohm für jede Station, einschließlich 10 km Leitung, und mit einer Betriebsstromstärke von 0,015 A, so ergibt sich pro Station ein Energieverbrauch von 0,16 Watt.

Bei der Parallelschaltung herrscht nun theoretisch am Empfangsapparat einer jeden Station eine Klemmenspannung, die annähernd gleich ist der Batteriespannung der sendenden Station. Nehmen wir hiefür einen praktischen Mittelwert von 60 Volt an, so kann für jede Station mit einer mittleren Stromstärke von $0,16 : 60 = 0,0027$ A gerechnet werden. (Schluß folgt.)

Verschiedenes.

Die Aenderung des Leitvermögens mit der Temperatur.

Aus: Die Elektrizitätsleitung in Metallen. Von Dr. U. Meyer.
(A. f. P. u. T.)

Wenn man von sehr tiefen Temperaturen absieht, nimmt der Widerstand der Metalle bekanntlich mit steigender Temperatur zu, und zwar ungefähr proportional der Temperatur. Der Temperaturkoeffizient ist für alle reinen Metalle fast gleich und kommt dem Ausdehnungskoeffizienten der Gase nahe. Bei den Legierungen gelten für ihn ähnliche Gesetze, wie für die Leitfähigkeit selbst. Bei den Gemengen läßt er sich nach der Mischungsregel berechnen, er muß dem der reinen Metalle nahezu gleich sein. Bei den festen Lösungen ist er kleiner als der der Bestandteile, in normalen Fällen, z. B. beim Konstantan, Manganin, wird er sehr klein. Beim Uebergang eines Metalls vom festen in den flüssigen Zustand nimmt die Leitfähigkeit im allgemeinen sprunghaft ab, bei vielen Metallen gerade auf die Hälfte.

In den letzten Jahren hat man ein sehr merkwürdiges Verhalten der Leitfähigkeit bei den tiefen Temperaturen gefunden; sie nimmt dort nämlich immer rascher zu und erreicht schließlich ganz außerordentlich hohe Werte. Der holländische Forscher Kammerlingh-Onnes hat Leitfähigkeiten von der Größenordnung 10^{15} gefunden. Ein solcher Körper setzt dem Stromdurchgang also fast gar keinen Widerstand entgegen, wie auch folgender Versuch zeigt. Wenn man in einem in flüssigem Helium (Temperatur = 269° C) befindlichen Bleiring einen Strom induziert, z. B. durch Annäherung eines Magneten, fließt er in fast unänderter Stärke sehr lange Zeit weiter, wie man durch Ablenkung einer kleinen Magnetnadel feststellen kann. Schätzungsweise sinkt die Stromstärke erst in ungefähr 4 Tagen auf die Hälfte ihres Anfangswertes. Es sei erwähnt, daß die Erscheinungen vom theoretischen Standpunkt aus nicht so erstaunlich sind. Man hat auch für andere physikalische Größen ein ähnliches Verhalten gefunden; z. B. fällt die spezifische Wärme ebenso wie der Widerstand beim absoluten Nullpunkte ($= 273^{\circ}$ C) der Temperatur auf Null herab und es ist hier gelungen, die Abnahme theoretisch vollkommen zu erklären.