

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung

**Band:** 1 (1923)

**Heft:** 3

**Artikel:** Pupinkabel

**Autor:** Keller, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-873077>

### **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:** 30.01.2026

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

aussi la pression aux contacts. Une tension supplémentaire du ressort ne serait indiquée que si le courant d'appel de l'autre station faisait vibrer le relais. On devra s'abstenir dans tous les cas de courber les ressorts de contact.

Les dérangements de n'importe quelle nature, tels qu'ils peuvent se produire dans toute station, comme aussi l'omission de suspendre le téléphone récepteur, n'entravent en aucune façon la sûreté de fonctionnement de l'autre station.

Le relais de blocage ne fonctionne pas en cas de dérangement de la batterie de blocage; malgré cela, il est possible aux deux stations de correspondre.

Toute la construction du relais de blocage est excessivement simple et présente, par conséquent, les garanties d'un fonctionnement sûr. On peut donc compter sur une grande sécurité d'exploitation de toute l'installation, ce que confirment les expériences faites dans la plupart des réseaux. Relevons, par exemple, que dans le groupe de réseaux de Berne environ 200 abonnés et dans chacun des réseaux de Lausanne et de Fribourg environ 140 abonnés sont raccordés d'après le système décrit ci-dessus, et que ces raccordements fonctionnent d'une manière tout à fait satisfaisante.

Generale, si raccomanda di non sregolare inutilmente le molle antagoniste, la quale cosa muterebbe la pressione del contatto. Un'ulteriore tensione non sarebbe indicata, se non nel caso in cui il soccorritore venisse a vibrare, passandovi la corrente di chiamata dell'altra stazione. Le molle di contatto non devono, sotto alcun rapporto, essere piegate.

Guasti di qualsiasi natura che possono prodursi in qualunque stazione, od anche il mancato aggancio del ricevitore, non influiscono menomamente sull'esercizio dell'altra stazione.

Guastandosi la pila di blocco, il soccorritore di blocco non funziona, rimane tuttavia per le due stazioni la possibilità di corrispondere.

Tutto il complesso del soccorritore di blocco dev'essere considerato come sommamente semplice ed offre quindi la garanzia di un sicuro funzionamento. Perciò si può fare assegnamento su una grande sicurezza di esercizio di tutto l'impianto, il qual fatto viene confermato dalle esperienze fatte sino ad oggi nella maggior parte delle reti. A modo d'esempio citeremo che nel gruppo di reti di Berna vi sono circa 200, ed in ciascuno di quelli di Losanna e di Friburgo circa 140 utenti, collegati col sistema qui descritto, e che codesti raccordi funzionano in modo soddisfacente.

## Pupinkabel.

Von Dr. H. Keller, Bern.

In der letzten Abhandlung, betitelt „Einfluss der Kabelkapazitäten auf die Fortpflanzung der Telefonströme“, wurde gezeigt, wie Sprechströme in gewöhnlichen Kabelleitungen nur über verhältnismässig kurze Strecken ausreichend übertragen werden können. Die Wechselwirkung von Leitungswiderstand und Aderkapazität gibt zu erheblichen Energieverlusten Anlass, so dass die am Ende der Leitung eintreffenden Sprechströme gewöhnlich nur kleine Bruchteile der vom gebenden Mikrophon den Drähten zugeführten Sprechenergiemengen darstellen. Im folgenden soll nun versucht werden, ohne nennenswerte theoretische Erörterungen das Wesen einer Pupinleitung zu erläutern.

Bekanntlich bezweckt man mit der Pupinisierung von Kabelleitungen, die schädliche Wirkung der Leitungskapazität zu kompensieren. Dies geschieht durch ein Gegengift, die Selbstinduktion. Nach Pupin<sup>1)</sup> werden in bestimmten Abständen Selbstinduktionsspulen passender Grösse eingeschaltet, derart, dass die Induktion der Leitung künstlich auf das günstigste Mass gebracht wird. Der Erfinder hat die Regeln gegeben, nach welchen Spulendistanz und Spuleninduktion für jede vorliegende Leitungsart rechnerisch ermittelt werden können. Auf den ersten Blick will uns scheinen, dass durch die Einschaltung dieser kleinen Drosselspulen, in Serie zur Leitung, die Uebertragung der Telefonströme verschlechtert werde. Dies trifft nicht zu, denn die Pupinspulen wirken gleichsam nur als Puffer gegen

die Verlustströme, die bei jedem Wechsel der Spannung entstehen. Während diese Ströme in gewöhnlichen Kabeln sich nutzlos verzehren, bauen sie in Pupinspulen ein magnetisches Feld auf. Die elektrische Energie, die durch die Kapazität der Kabeladern in Form von Ladungen auf den Adern gebunden war, wird beim Spannungswechsel den Spulen in Form von magnetischer Energie übergeben, um gleich wieder, wie ursprünglich, am Aufbau des neuen elektrischen Feldes mitzuwirken. In gewöhnlichen Kabelleitungen muss das elektrische Feld nach jeder halben Schwingung eines Sprechstromes neu aufgebaut werden. (Für einen Ton von 800 Perioden demnach 1600mal pro Sek.) Die dazu nötige elektrische Energie hat stets die Stromquelle zu liefern mit Ueberwindung aller Widerstände und Verluste. In Pupinleitungen dagegen nehmen die Spulen die sich verlierenden Energiemengen an Ort und Stelle auf und geben sie nach Umkehr der Spannung mit entgegengesetztem Vorzeichen zur Bildung des elektrischen Feldes der Leitung wieder ab. Dadurch wird die Stromquelle wesentlich entlastet, die Verluste längs der Leitung werden geringer, die Dämpfungen kleiner und damit die Uebertragung besser.

Um diese Vorgänge exakter beschreiben zu können, ist es unumgänglich, vorerst die Begriffe von Energie der Lage, Energie der Bewegung, Ueberführung der einen Energieform in die andere, Wellenausbreitung und Wellenlänge an leicht fasslichen Vorgängen aus bekannteren Gebieten der Physik vor Augen zu führen. Wählen wir zu diesem Zwecke das Beispiel der Wasserwellen. Unter Wellenbewegung verstehen wir allgemein die räumliche Fortpflanzung von

<sup>1)</sup> Veröffentlichung durch Pupin im Jahre 1900 in Form von praktischen Regeln. Der allgemeine Grundgedanke der Einschaltung von Spulen ist schon 1893 von Heaviside ausgesprochen worden.

Energie in einem elastischen Mittel. Die Bewegung kommt dadurch zustande, dass sich eine äussere Störung von einem bestimmten Ausgangspunkt auf benachbarte Stellen überträgt und sich immer weiter mit konstanter Geschwindigkeit fortpflanzt. Das Charakteristische dabei ist, dass an jeder betrachteten Stelle, wo die Welle hinkommt, ein Vorgang sich abspielt wie am Ausgangspunkt der Störung selbst. Taucht man in eine ruhende Wasseroberfläche beispielsweise eine Metallkugel einmal rasch ein und aus, so spielen sich an diesem Störungsherd folgende Vorgänge ab: Die Wasserteilchen unter der Kugel werden teils nach unten, teils nach der Seite verdrängt. Da das Wasser nur in sehr geringem Masse zusammendrückbar ist, werden die seitlich benachbarten Wasserteilchen gehoben. Bei Entfernung der Kugel suchen sich die Wasserteilchen wieder in ihre Gleichgewichtslage zu stellen. Diejenigen an Orten der Vertiefung werden eine Beschleunigung nach oben erhalten, die erhöhten Teilchen nebenan eine solche nach unten. Ihre Geschwindigkeit in vertikaler Richtung ist gerade am grössten, wenn sie auf der Höhe der ursprünglichen Wasseroberfläche angelangt sind. Sie können daher ihre Bewegung nicht plötzlich aufgeben, und die Bewegung wird über die ursprüngliche Ruhelage hinaus weitergehen. Da wo ein Tal gewesen ist, wird allmählich nun ein Wasserberg entstehen. Dabei geht Energie der Bewegung kontinuierlich in Energie der Lage über, denn jeder erhöhte Körper ist ja befähigt, beim Fallen auch wieder Energie zu leisten, indem er sich wiederum eine Geschwindigkeit aneignet. Indem die Störung seitlich auf neue Wasserteilchen übergreift, erhalten wir die bekannte Wellenbildung. Die Wellenberge und -täler breiten sich mit konstanter Geschwindigkeit in immer grösser werdenden Ringen um den Störungsherd aus. Die Zahl der Wellenberge und -täler ist gleich der Zahl der Auf- und Abwärtsbewegungen der Wasseroberfläche an der Störungsstelle. Man ersieht aus diesem Beispiel, wie Energie der Lage in Energie der Bewegung umgewandelt wird und umgekehrt, wodurch ein Schwingungsvorgang zustandekommt. Den Weg, den der erste oder einer der folgenden Wellenberge in einer Sekunde zurücklegt, nennt man Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wasserwellen, und unter Wellenlänge versteht man den Abstand zweier benachbarter Wellenberge. Kleine Holzstückchen, die auf dem Wasser schwimmen und von den Wellenzügen erreicht werden, vollführen ähnlich wie am Störungsherd nur Bewegungen in vertikaler Richtung und werden von den Wellen nicht seitlich verschoben oder gar mitgenommen. Dies ist ein Beweis, dass an allen Stellen ähnliche Vorgänge sich abspielen wie dort, wo die Bewegung eingeleitet wurde. Die sich ausbreitenden Wellen verflachen allmählich infolge der Dämpfung durch Reibung und Energieverteilung. Ein anderes mechanisches Beispiel der Umwandlung von Energie der Lage in solche der Bewegung wären die Schwingungen eines Uhrpendels.

Wir betrachten nun im weiteren einen einfachen elektrischen Schwingungsvorgang. Nach Figur 1 werde ein Kondensator mit einer Kapazität  $C$  und eine Selbstinduktionsspule mit dem Induktionswert  $L$  Henry in Serie in einen geschlossenen Kreis ge-

schaltet. Durch irgendeinen Vorgang, beispielsweise durch einen überspringenden Funken, möge dem Kondensator von aussen eine gewisse elektrische Energiemenge zugeführt werden. Kapazität ist das Vermögen des Kondensators, Energie bei einer gegebenen Spannung aufzuspeichern. Unser Kondensator, der nun auf die Spannung  $V$  Volt geladen sein möge, besitzt eine elektrische Energie  $U = \frac{1}{2} CV^2$ . Diese elektrische Energie ist als Energie der Lage aufzufassen, denn wenn der Kondensator isoliert wird, kann diese Energie im Zustande der Ruhe aufbewahrt werden. Träger der Energie sind die Belegungen und der umgebende Luftraum. Man nennt diesen Raum das elektrische Feld des Kondensators. Letzterer sucht sich nun über die Spule zu entladen. Sobald Strom durch die Spule zu fließen beginnt, entsteht durch und um die Spule herum ein magnetisches Feld.

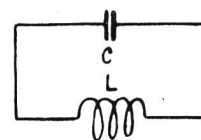


Fig. 1

Die nunmehr verschwindende elektrische Energie des Kondensators wird im Feld der Spule in magnetische Energie  $T = \frac{1}{2} LJ^2$  umgewandelt. Da die Induktionsspule dem Anwachsen des Stromes  $J$  entgegenwirkt, wird dieser zeitlich verzögert und erreicht erst seinen höchsten Wert, wenn der Kondensator spannungslos geworden ist. In diesem Moment ist somit die elektrische Energie Null, die magnetische Energie  $T$  ein Maximum, weil  $J$  am grössten ist. Die elektrische Energie hat sich in magnetische Energie umgesetzt. Das magnetische Feld sucht jede Stromänderung zu verhindern. Weil der Kondensator keinen Strom mehr zu liefern vermag, beginnt das magnetische Feld von diesem Moment an selbst für das Fortbestehen des Stromes zu sorgen, gibt aber damit seine Kraft ab. Der Strom fliesst somit weiterhin in gleicher Richtung. Da er im Grunde nichts anderes ist als ein Transport von  $+$  Elektrizität, werden sich die positiven Ladungen auf der früher negativ geladenen Belegung anhäufen. Der Kondensator wird entgegengesetzt aufgeladen, bis die ursprüngliche Spannung  $V$  zwischen den Belegungen wieder vorhanden ist. In diesem Moment ist die magnetische Energie aufgezehrt, und der Strom  $J$  ist Null geworden. Die elektrische Energie  $U$  hat ihr Maximum erreicht. Die magnetische Energie hat sich in elektrische umgesetzt. Von nun an würde ein Strom in umgekehrtem Sinne zu fließen beginnen. Auf diese Weise wird die Energie dieses Schwingungskreises mehrmals im Schliessungskreis hin und her pendeln, was ohne das Vorhandensein der Spule nicht der Fall wäre. Die magnetische Energie ist aufzufassen als Energie der Bewegung, denn sie ist an das Bestehen eines elektrischen Stromes gebunden, der ja Bewegung darstellt. Die so erzeugten elektrischen Schwingungen sind freie Schwingungen, die eine bestimmte Periodenzahl haben. Ihre Schwingungsdauer beträgt

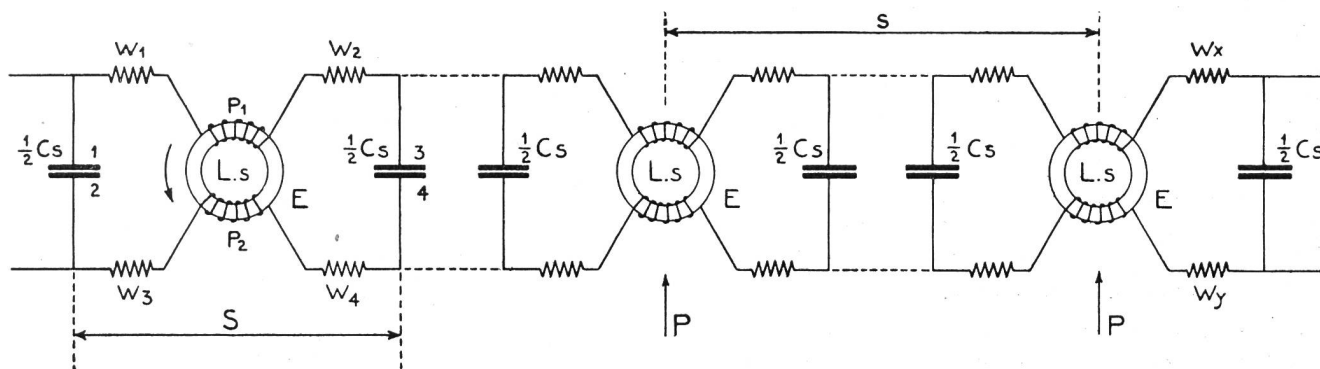


Fig. 2.

$$t = 2 \pi \sqrt{L C} \quad \text{sec.}^1)$$

Es können aber auch erzwungene Schwingungen<sup>2)</sup> erhalten werden, wenn der äussere Anstoss periodisch erfolgt. Gerade bei den Pupinkabeln werden durch die Sprechströme solche erzwungene Schwingungen in elektrischen Schwingungskreisen verursacht, welche letztere nur wenig von der soeben besprochenen Grundschaltung abweichen. Figur 2 zeigt schematisch ein Pupinkabel, und zwar in einer Darstellungsweise, welche die einzelnen Schwingungskreise leicht erkennen lässt.

Die Buchstaben der Figur haben folgende Bedeutung:

$s$  = Länge eines Spulenfeldes oder Spulendistanz.

$S$  = einzelner Schwingungskreis.

$L$  = Induktion pro km.

$C$  = Kapazität pro km.

$L.s$  = Induktion pro Spulenfeld.

$\frac{1}{2}Cs$  = Kapazität des halben Spulenfeldes.

$P$  = Pupinspulen.

$4w$  = Schleifenwiderstand pro Spulenfeld.

$E$  = Eisenkerne der Pupinspulen.

In diesen modifizierten Schwingungskreisen bestehen Induktionsspule und Kondensator aus zwei

Hälften. Die Wirkungen der Spulenzweige verstärken sich bei dieser Schaltung gegenseitig. Die pendelnde elektrische Energie benützt als Lagerraum abwechselnd bald den einen, bald den andern Kondensator ( $\frac{1}{2}Cs$ ). Im Schwingungskreis links sei in dem betrachteten Moment die Belegung 1 des ersten Kondensators positiv, die Belegung 2 negativ geladen. Es beginnen gleichzeitig zwei Ströme zu fließen, nämlich ein positiver Strom von 1 über  $w_1 p_1 w_2$  nach 3 und ein negativer Strom von 2 über  $w_3 p_2 w_4$  nach 4. Beide erzeugen in vereiner Wirkung im Kern der Spule ein magnetisches Feld, dessen Kraftlinien in angegebener Pfeilrichtung verlaufen. Aus der elektrischen Energie der Belegungen 1 und 2 wird in der Pupinspule zuerst magnetische Energie erzeugt, welche sich ihrerseits wieder in elektrische umsetzt, die im Kondensator rechts (Belegungen 3 und 4) ihren Sitz hat. Nun erfolgt im Schwingungskreis die Umkehr der Stromrichtungen, und zwar bei erzwungenen Schwingungen im Tempo der jeweiligen Sprechstromfrequenzen, bei Eigenschwingungen des Kabels nach der Formel

$$t = \pi \sqrt{L \cdot C \cdot s} \quad \text{Sekunden,}$$

wo  $t$  die Eigenschwingungsdauer des Pupinkabels bedeutet. (Schluss folgt.)

## Verschiedenes. — Divers.

### Inaugurazione del monumento a Rinaldo Simen.

Il 6 maggio scorso fu inaugurato a Bellinzona un monumento scultoreo alla memoria di Rinaldo Simen, il quale, da semplice telegrafista, salì a membro del Consiglio di Stato ticinese e del Consiglio degli Stati, che presiedette nel 1899. C.

### Communication téléphonique Zurich—Prague.

Au moment où paraîtront ces lignes, le circuit téléphonique Zurich—Prague, qui fait l'objet d'une convention passée en 1922 entre la Tchécoslovaquie, l'Allemagne et la Suisse, aura été mis en exploitation. Il contribuera à rapprocher deux pays qui ont de nombreux intérêts communs, et leur rendra les meilleurs services. Mi.

<sup>1)</sup>  $L$  in Henry und  $C$  in Farad ausgedrückt.

<sup>2)</sup> Die Periodenzahl steht hier im Rhythmus mit den Wechseln der Stromquelle.

### Correspondance téléphonique entre la Suisse et la France.

Suivant entente entre les deux Administrations intéressées, des conversations téléphoniques seront dorénavant admises entre tous les réseaux téléphoniques suisses et tous les réseaux téléphoniques français des Départements ci-après: Ain, Doubs, Jura, Haut-Rhin, Haute-Saône y compris le territoire de Belfort, Savoie, Haute-Savoie et Vosges. Les relations admises jusqu'ici entre la Suisse et des localités situées dans d'autres Départements français ne subissent, de ce fait, aucune modification.

### Telephonverkehr Schweiz—Belgien.

Seit 16. April dieses Jahres können von sämtlichen schweizerischen Ortschaften aus Gespräche mit Antwerpen und Brüssel geführt werden. Die Verbindungen werden über Paris geleitet und sind an Werktagen auf die Stunden von 18 bis 9 Uhr (mitteleuropäische Zeit) beschränkt. An Sonn- und französischen Feiertagen fällt diese Beschränkung dahin.