Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 39 (1961)

Heft: 1

Artikel: Ein koaxialer Präzisions-Abschlusswiederstand

Autor: Stäger, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-875232

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: 13.07.2025

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

Wir wissen zu welcher Tageszeit sich der Verkehr besonders konzentriert (Geschäftsstunde, Abendspitze).

Wir berücksichtigen die Sonderwünsche unserer Abonnenten und können die nötigen Spezialeinrichtungen dimensionieren.

Wir kennen die notwendigen Werte, die bezüglich Dämpfung, Frequenzgang, Übersprechen und Speisung eingehalten werden müssen.

Aus all diesen Tatsachen ergibt sich das Pflichtenheft für die Lieferfirma zum Bau der automatischen Zentralenausrüstung, und so sind die Grundlagen geschaffen, damit das Werk im bezugsbereiten neuen Gebäude ausgeführt werden kann.

rapidité d'augmentation des raccordements téléphoniques.

Les mesures du trafic nous donnent la durée et la fréquence des diverses catégories de conversation.

Nous savons à quel moment de la journée le trafic se concentre spécialement (heure des affaires, pointe de la soirée).

Nous tenons compte des désirs particuliers de nos abonnés et pouvons dimensionner les équipements spéciaux nécessaires.

Nous connaissons les valeurs qui doivent être observées au sujet de l'affaiblissement, de la caractéristique de fréquence, de la diaphonie et de l'alimentation.

Tous ces faits servent à élaborer le cahier des charges pour le fournisseur chargé de construire l'équipement automatique du central. Les bases sont ainsi jetées pour que l'ouvrage puisse être exécuté dans le nouveau bâtiment prêt à recevoir son équipement.

CHR. STÄGER, Bern

Ein koaxialer Präzisions-Abschlusswiderstand

DK: 621.372.855.4:621.372.824

1. Allgemeines über Koaxialsysteme

In der Hochfrequenztechnik werden als Verbindungsleitungen in Meßschaltungen und zwischen Apparateteilen häufig Koaxialleitungen verwendet. Das Koaxialsystem ist im Gegensatz zur Hohlleitertechnik breitbandig, das heisst von Gleichstrom bis zu einer Frequenz, deren Wellenlänge ungefähr dem zweifachen Aussenleiterdurchmesser entspricht, kann neben dem Hauptausbreitungsmodus (L beziehungsweise TEM) kein höherer, unerwünschter Modus auftreten.

Das Koaxialsystem eignet sich vor allem für asymmetrische Schaltungen, die bei höheren Frequenzen in der Mehrzahl sind. Trotz verhältnismässig grosser Dämpfung bei hohen Frequenzen werden mindestens als kurze Verbindungen Koaxialleitungen bis beispielsweise f = 10 GHz angewendet. Nachteilig ist der eher komplizierte Aufbau dieser Leitungsart. Man ist genötigt, den Innenleiter mit Hilfe von Isolierscheiben, Wendeln, Schaumstoff oder einem festen Dielektrikum im Zentrum des Aussenleiterhohlraums zu halten. Die Verbindungsstellen sind – steck- oder schraubbar – komplizierter aufgebaut als beim Hohlleiter. Komponenten wie Attenuatoren, Abschlusswiderstände, Übergänge usw. sind im Gegensatz zur Hohlleitertechnik im allgemeinen schwieriger zu verwirklichen.

Für genaue Messungen wurde ein spezielles Koaxialsystem* entwickelt, das gestattet, Komponenten praktisch reflexionsfrei zusammenzuschalten. Sorgfältig dimensionierte Übergänge und Transformatoren passen das System an verschiedene übliche Koaxialsteckerarten und Wellenwiderstände an.

2. Probleme der Abschlusswiderstände

Für Messzwecke und als Impedanznormale werden reflexionsarme Abschlusswiderstände benötigt, die möglichst über das ganze Frequenzband des verwendeten Koaxialquerschnittes brauchbar sein sollen. Es ist nun wenig sinnvoll, einen teuren, reflexionsarmen Abschlusswiderstand mit zum Beispiel C-Anschlussstecker zu kaufen und ihn mit Hilfe eines Überganges an unser Koaxialsystem anzupassen, weil der Übergang und das unvermeidliche Steckerpaar stets eine spürbare Vergrösserung der Reflexionen bewirken. Vielmehr ist es zweckmässig, für unser Koaxialsystem, das sich besonders für Messungen hoher Genauigkeit eignet, einen guten Abschlusswiderstand zu entwickeln und mit reflexionsarmen Übergängen den Anschluss an die andern, weniger genauen Koaxialsysteme zu finden.

3. Konstruktive Möglichkeiten

Bei der Konstruktion von Breitbandabschlüssen kleiner Leistung können grundsätzlich zwei Wege beschritten werden:

a) man verwendet Schichtwiderstände als absorbierende Elemente oder
b) man führt verlustbehaftete Dielektrika in das Koaxialsystem ein.

Die Gruppe a) teilt sich in verschiedene Ausführungsformen, von denen zwei angedeutet werden. Die scheibenförmigen Schichtwiderstände liegen quer

* *G. Epprecht.* Ein System von koaxialen Bauelementen für Präzisionsmessungen. Bericht der Forschungs- und Versuchsanstalt GD PTT Bern, Nr. 35.58.35, 31.12 1958.

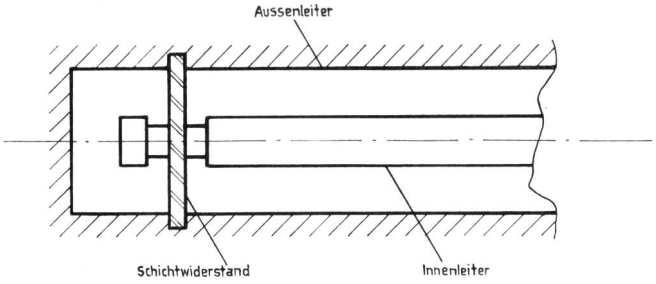

Fig. 1. Abschluss mit Schichtwiderstand in Scheibenform

im Koaxialleiterzug *(Fig. 1)* oder werden als Verlängerung des Innenleiters an den sich konisch oder exponentiell verjüngenden Aussenleiter angeschlossen *(Fig. 2)*. Abschlusswiderstände dieser Art haben keine untere Grenzfrequenz, das heisst sie sind bis Gleichstrom verwendbar. Die Belastbarkeit ist wegen der ungünstigen Wärmeableitung klein. Man kann sie aus konstruktiven Gründen nicht gut als verschiebbare Abschlusswiderstände bauen, was für ihre Anwendung bei der Messung kleiner Vierpolreflexionen sowie für die Bestimmung ihrer eigenen Reflexionsverläufe ungünstig ist. Gute Abschlüsse mit Schichtwiderständen sind relativ teuer, da für die Erzielung kleiner Eigenreflexionen an die Homogenität der Schichten und die Einhaltung bestimmter Widerstandswerte hohe Anforderungen gestellt werden müssen. Oberhalb von Frequenzen von ungefähr 3 GHz sind mit Schichtwiderständen Reflexionen $r < 1\%$ kaum mehr zu erreichen.

Für diese höheren Frequenzen eignet sich die Konstruktion nach b) besser. Das verlustbehaftete Dielektrikum, das meistens als konisch zugespitztes Rohr ausgebildet ist und im Raum zwischen Innen- und Aussenleiter liegt *(Fig. 3)*, absorbiert die Hochfrequenzenergie. Die allmähliche Dickenzunahme des Widerstandskörpers verhindert weitgehend das Auftreten von Reflexionen bis zu einer untern Grenzfrequenz, deren Wellenlänge ungefähr gleich gross ist wie die Länge des Widerstandselementes. Die Restreflexionen sind nicht nur von der Formgebung, sondern auch noch von der Konzentration des Absorptionsmaterials in der verwendeten Mischung abhängig. Die Formgebung des zugespitzten Endes des Widerstandskörpers beeinflusst lediglich die Reflexionen am obern Bandende. Der Abschlusswiderstand ist aussen zylindrisch und liegt an der Aussenleiterinnenwand an. Das bewirkt eine gute Wärmeabgabe an den metallischen Aussenleiter, weshalb diese Abschlüsse relativ hoch belastbar sind.

Die meisten, zu unserem Koaxialsystem gehörenden Komponenten wie variable Reaktanzen, Richtungskoppler, Messleitungen, abgestimmte Sonden sowie verschiedene Attenuatoren haben eine untere Grenzfrequenz bei 0,5–1 GHz. Für die Konstruktion eines genauen Abschlusswiderstandes wird deshalb mit Vorteil die zuletzt beschriebene Lösung angewendet.

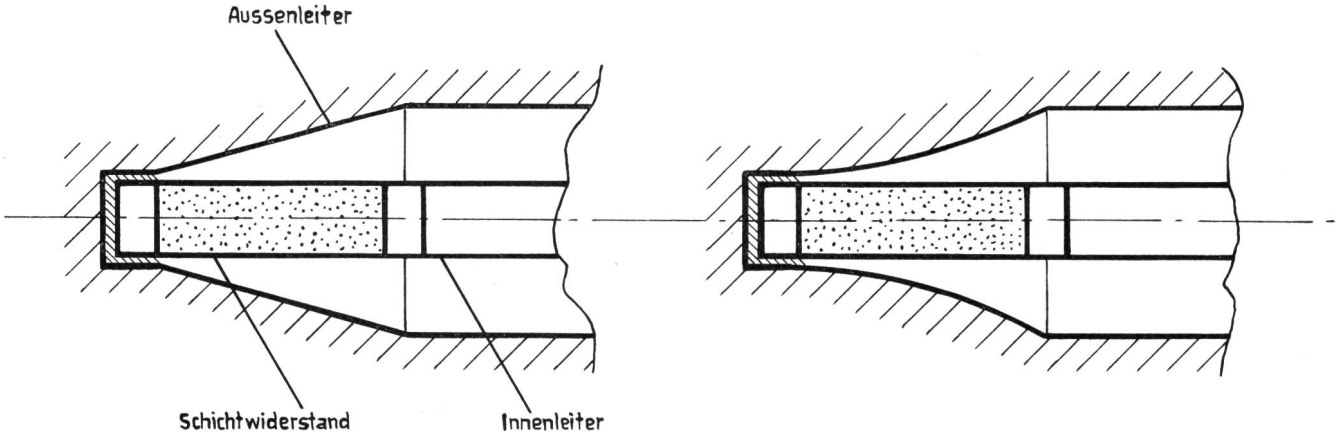

Fig. 2. Abschlüsse mit Innenleiterschichtwiderständen

4. Konstruktive Einzelheiten und Meßschaltungen

Ausgedehnte Messungen an verschiedenen Mischungen und Formen ergeben als optimale Konstruktion einen Widerstandskörper aus Eisenpulver mit elastischem Bindemittel in der Form eines konisch verjüngten Rohres. Gegen das eine Ende hin nimmt die Wandstärke gleichmässig bis auf Null ab. Die Gesamtlänge des Elementes beträgt 30 cm. Das dickwandige Ende ist mit einer kurzschliessenden Silberschicht bedeckt. Die Aussenwand ist zylindrisch und passt genau in die Öffnung des Koaxialaussenleiters. Mit einer einfachen Mitnehmervorrichtung versehen, kann der Abschluss als Gleitlast verwendet werden, was aus mehreren Gründen wünschenswert ist:

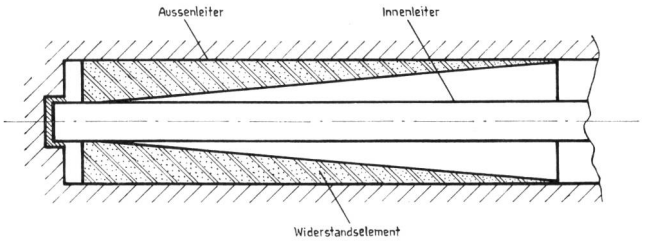

Fig. 3. Abschluss mit Absorptionsmaterial

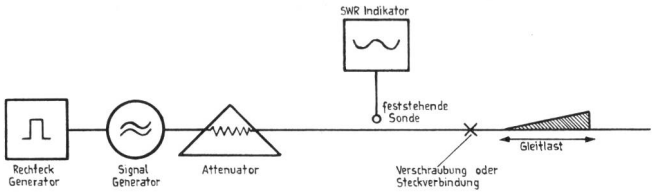

Fig. 4. Schaltung für die Messung der Reflexionsverläufe

a) Reflexionsverläufe von Gleitlasten sind sehr einfach messbar. *Figur 4* zeigt die Meßschaltung. An der Sonde bilden sich, als Funktion des Gleitlastortes, stehende Wellen, die ein Mass für deren Reflexionen sind. Alle übrigen im Meßsystem stationär auftretenden Reflexionen wirken sich wegen der feststehenden Sonde nicht auf die Messung aus, vorausgesetzt, dass sie verhältnismässig klein sind ($r < 10\%$). Zusätzlich muss noch die Bedingung erfüllt sein, dass am Widerstandsende keine HF-Energie austreten kann (deshalb die vorhin erwähnte Silberschicht!).
b) Wenn in Meßschaltungen Unsicherheiten auftreten, lässt sich die Güte des Abschlusswiderstandes wie vorangehend angegeben, stets überprüfen.
c) Nur bei Verwendung einer Gleitlast können die Reflexionen der unvermeidlichen Anschlußstellen (Verschraubung oder Steckverbindung) von denjenigen des Widerstandselementes getrennt werden.
d) Bei der Messung von kleinen Vierpolreflexionen kann die Restreflexion des Abschlusswiderstandes, die normalerweise in die Messung eingeht (vektorielle Addition zur gesuchten Reflexion), durch dessen Längsverschiebung von der gesuchten, feststehenden Reflexion getrennt werden.

5. Resultate

Der Reflexionsverlauf eines Widerstandselementes (Meßschaltung wie Fig. 4) hat die in *Figur 5* dargestellte prinzipielle Form. Die Frequenzlage und Grösse der Minima und Maxima sind von Abschlusswiderstand zu Abschlusswiderstand verschieden. Einzig der Reflexionsanstieg am untern Bandende ist systematisch und zeigt den Einfluss der untern Grenzfrequenz. In *Figur 6* ist eine statistische Verteilung der grössten Reflexionen, zwischen 2 und 8 GHz gemessen, von 40 fabrizierten Widerstandselementen aufgetragen. 80% aller Abschlusswiderstände weisen keine grösseren Reflexionen als $r = 0{,}6\%$ auf. Einige Widerstände haben sogar grösste Werte von $r = 0{,}3\%$, was bezogen auf den grossen Frequenzbereich 2–8 GHz als ausserordentlich gutes Resultat gewertet werden darf. Die Spezifikation der Abschlusswiderstände ist in *Tabelle I* zusammengestellt. Da die Dämpfungskonstante der verwendeten Mischung mit steigender Frequenz zunimmt, ist die Belastbarkeit der Abschlusswiderstände frequenzabhängig. Bei 3 GHz sind sie mit 10 W belastbar, bei höheren Frequenzen entsprechend weniger. Genaue Messungen

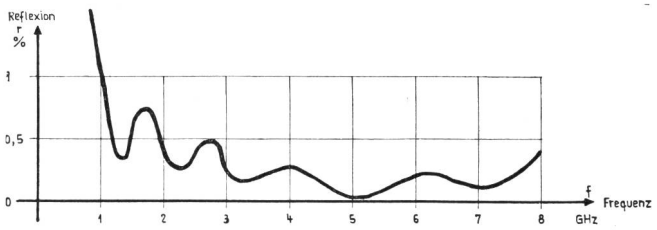

Fig. 5. Reflexionsverlauf eines Widerstandselementes

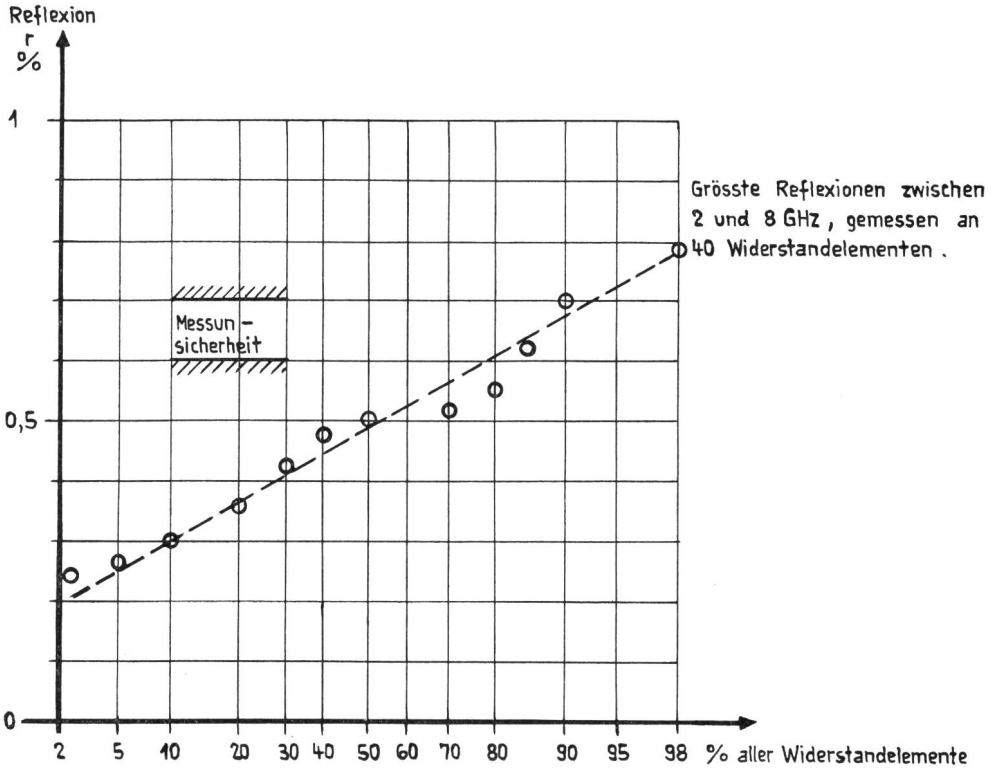

Fig. 6.
Statistische Verteilung der grössten Reflexionen von 40 Widerstandselementen

Tabelle I.

Spezifikation des koaxialen Präzisions-Abschlusswiderstandes.

Wellenwiderstand Zo	50 Ω
Koaxialsystem des Widerstandskörpers	Aussen 15 ⌀ innen 6,53 ⌀ mm
Frequenzbereich f	1–9 GHz
Belastbarkeit bei f = 3 GHz	10 W
Länge inkl. C-Stecker	50 cm
Grösster Durchmesser aussen	30 mm
Gewicht	1 kg
Reflexion r von 1–2 GHz Güteklasse I	< 1%*
Reflexion r von 1–2 GHz Güteklasse II	< 2%*
Reflexion r von 2–8 GHz beide Güteklassen	< 0,6%*

* Diese Reflexionen beziehen sich auf den Anschluss an unser 15er Koaxialsystem. Bei Verwendung von Übergängen auf Typ C, N, BNC, Dezifix, GR-Stecker sind höhere Reflexionen zu erwarten, die aber lediglich von der Güte dieser Steckerpaare abhängig sind, z.B. für den C-Stecker r ≈ 2%

darüber konnten in Ermangelung genügend leistungsstarker Generatoren noch nicht gemacht werden.

Figur 7 zeigt einen fertig montierten Abschlusswiderstand mit C-Stecker. Am rechten Ende ist die mit dem Widerstandselement gekoppelte Schiebestange zu erkennen. Rechts im Bilde liegt ein ausgebautes Widerstandselement. Das koaxiale Anschlussende ist so ausgebildet, dass neben unserem Koaxialsystem alle gebräuchlichen HF-Stecker montiert werden können.

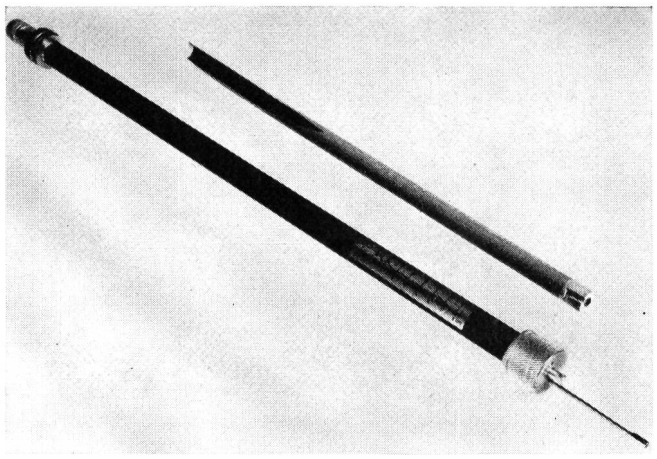

Fig. 7. Oben: Ein ausgebautes Widerstandselement
Unten: Ansicht eines Abschlusswiderstandes

Die beschriebene Konstruktion wurde in Zusammenarbeit mit dem chemischen Labor der Forschungs- und Versuchsanstalt der GD PTT und der TT-Werkstätte in Ostermundigen entwickelt und lässt sich ohne weiteres auf andere Dimensionen, Wellenwiderstände und Frequenzbänder übertragen. Es müssen nur entsprechende Pressformen und koaxiale Leiter gebaut werden.

Bibliographie

Bostick, Glynn. Microwave Terminations. Electronics Jan. (1960), 50.

Montgomery, C. G. Techniques of Microwave Measurements, Radiation Laboratory Series, Vol. II. New York 1948.

Verschiedenes — Divers — Notizie varie

Anno dazumal . . . Erinnerungen einer Telephonistin

Am 1. August 1881 wurde in Basel der Telephonverkehr eröffnet. Das Netz umfasste noch keine hundert Abonnenten, die in der Zentrale an ein paar kleine Pulte angeschlossen waren. Die Anrufe wurden durch fallende Klappen sichtbar. Für die Bedienung der Zentrale wurden sechs Töchter ausgebildet und als Telephonistinnen angestellt. Eine Ersatztelephonistin wurde für Absenzen bei Krankheitsfällen auf Pikett gestellt; sie ist aber vom 1. August 1881 bis zum 1. Mai 1882 nicht einen einzigen Tag einberufen worden. Dafür kam sie im Abenddienst gelegentlich besuchsweise in die Zentrale und bediente dort mit. So war sie vollständig auf dem laufenden, als am 1. Mai 1882 der Nachtdienst eingeführt ward und sie angestellt wurde.

Die *Arbeitszeit* umfasste täglich neun Stunden, der Nachtdienst dauerte von 9 Uhr abends bis 7 Uhr morgens. Jeder zweite Sonntag war dienstfrei. In den ersten Jahren sollen zehn Tage Ferien zugestanden worden sein, dann 14. Später wurden jene Sonntage, an denen gearbeitet werden musste, als Ferien vergütet, so dass wir im Jahre 52 freie Tage hatten. Noch später wurden auch die auf Werktage fallenden Feiertage verrechnet, und so wurden es 60 freie Tage im Jahr.

Das *Gehalt* betrug damals 80 Franken monatlich, nach zwei oder drei Jahren stieg es auf 90 Franken. Für den Nachtdienst wurde 1 Franken extra vergütet, und am darauffolgenden Tag musste nur ein halber Tag gearbeitet werden.

Die *Bedienung* in der Zentrale wickelte sich so ab, dass der anrufende Abonnent von der den betreffenden Arbeitsplatz bedienenden Telephonistin nach seinem Begehren gefragt und mit einer Randklinke verbunden wurde, worauf der Telephonistin, an deren Arbeitsplatz der gewünschte Abonnent war, dessen Namen mit Angabe der Randklinke zugerufen wurde, auf die dann dieser gesteckt, und so die Verbindung hergestellt wurde.

Ausser der Bedienungsform, trafen diese Bedingungen noch zu, als ich am 15. Mai 1893, mit fünf andern Anfängerinnen, nach einem kleinen Examen in Deutsch, Französisch und Rechnen, als Lehrtochter angenommen wurde. Die Lehrzeit sollte sechs Wochen betragen. Mir ging es aber besser als meinen Kolleginnen, denn nach vier Wochen musste ich meine Angestelltenlaufbahn gleich mit einem Nachtdienst antreten, und, obwohl mir etwas bange war, die ganze Nacht allein die Verantwortung tragen zu müssen, war ich doch stolz darauf, dass mir diese Aufgabe anvertraut wurde. Die *Nachtdienste* waren damals überhaupt etwas gefürchtet, denn wenn, was öfters geschah, Brandfälle in der Stadt ausbrachen, so konnte sich eine einzige Telephonistin der Anfragen nicht erwehren. Später wurden alle Feuerwehrleute an den gleichen Arbeitsplatz geschaltet, so dass deren Anrufe zuerst berücksichtigt werden konnten. Ein weiterer Umstand, warum die Nachtdienste unbeliebt waren, war der ungenierte Besuch der vielen Mäuse in der Zentrale, die sich hie und da sogar erfrechten, auf der Suche nach etwas Essbarem, in die Schürzentaschen der Telephonistinnen die grössten Löcher zu nagen.

Die Zentrale, in der ich meinen Dienst begann, umfasste 12 oder 14 Arbeitsplätze, wo auf 6–7 Multipeln etwa 1600 Abonnenten