

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 34 (1943)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Einfache Berechnungsmethode für frequenzabhängige Dämpfungsglieder  
**Autor:** Weber, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061738>

### **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:** 04.04.2026

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

rialien zum Bau hydroelektrischer Werke — benötigen, auf spätere Zeit verschoben würde. Diese Vorarbeiten für ein produktives Unternehmen, die den Investitionen ohne Ertrag vorzuziehen sind, werden die lange Bauzeit für das eigentliche Kraftwerk bedeutend verkürzen.

Wenn der Kampf gegen die Inflation und der Wunsch nach Erhaltung des trotz allem beweglichen und fortschreitenden Lebensstandards auf einer bestimmten Höhe die Niederhaltung der Preise rechtfertigen, so wird dadurch auf der anderen Seite die Aufgabe der Elektrizitätswerke bedeutend erschwert. Diese müssen auf eine Anpassung ihrer Tarife, die mit Ausnahme derjenigen für Abfallenergie seit 1939 unverändert geblieben sind, verzichten. Sie müssen der Teuerung, die sich schon bei den Arbeitslöhnen und den Betriebsmaterialien ausgewirkt hat, begegnen und, wenn sie durch vermehrte Energieabgabe — infolge grosser Nachfrage — auch einige neue Einnahmen haben, so vermögen diese kaum die erhöhten Ausgaben zu decken. Dies ist besonders bei den Ueberlandwerken spürbar. Die städtischen Werke und die Gemeindewerke sind in einer andern Lage. Diese bringen ihren Verwaltungen einen bedeutend grösseren Gewinn, der einen fiskalischen Einschlag hat, während die Ueberlandwerke beträchtliche Summen investieren müssen, um ihre Aufgabe der Energieverteilung über weite ländliche Gebiete zu erfüllen.

Auf Vorkriegspreise bezogen, hat man den Betrag, welcher bei Ausführung der im Zehnjahreplan aufgeführten Kraftwerke zu investieren ist, auf 400 Millionen Franken geschätzt. Davon werden allein 170 Millionen als Löhne an die 5000 Arbeiter ausbezahlt, die während 10 Jahren zusammen 15 Millionen Arbeitstage leisten werden und dadurch 12 000 Personen, sie selber inbegriffen, den Lebensunterhalt sichern. Aehnliche Rechnungen können für den Anteil der Bestellungen aller Art, die direkt oder indirekt an Industrie und Gewerbe gehen werden, und für die Ausgaben für Unkosten gemacht werden. Man kann ferner die Arbeit zur Herstellung der Anlagen und Apparate berücksichtigen, die nötig sind, um die 2,2 Milliarden kWh zu verbrauchen. Es werden so mindestens 100 000 Menschen sein, die während 10 Jahren direkt oder indirekt durch die Ausführung des Zehnjahreplanes ihr Auskommen finden <sup>2)</sup>.

Wie gezeigt wurde, schaffen die Elektrizitätswerke durch den Bau neuer Kraftwerke, die zur

<sup>2)</sup> Bull. SEV 1942, Nr. 8, S. 230.

Versorgung des Landes mit Energie nötig sind, Arbeitsmöglichkeiten, die in hervorragender Weise produktiv sind. Die wirtschaftlichen und finanziellen Bedingungen, unter denen diese Arbeiten ausgeführt werden, haben einen bedeutenden Einfluss auf die Zukunft des Landes. Die Behörden, die mit der Wahrung der wirtschaftlichen und sozialen Interessen betraut sind, werden berufen sein, dem Zehnjahreplan die Hilfe und Unterstützung zu Teil werden zu lassen, die sie den Anstrengungen der Elektrizitätswerke gewähren können.

In ihrer Eingabe an den Bundesrat über die Arbeitsbeschaffungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Elektrizität haben der SEV und VSE erklärt, auf jede Subvention à fonds perdu zu verzichten; sie halten auch jetzt daran fest, doch möchten sie angesichts der neuen Situation anregen, dass die für Arbeitsbeschaffung bereitgestellten Mittel auch den Erbauern von Kraftwerken zugute kommen, indem ihnen zu niedrigem Zinsfuss auf lange Frist und mit einer elastischen Tilgungsformel, die sich den wirtschaftlichen Umständen der Nachkriegszeit anpassen lässt, zur Verfügung gestellt werden.

Neben der vorgesehenen Zusammenarbeit zwischen den Elektrizitätswerken und dem Delegierten für Arbeitsbeschaffung wäre es nützlich, von den zuständigen Behörden fiskalische Erleichterungen zu erhalten. Die Befreiung von Stempelsteuern (Emissionssteuer und Couponsteuer) bei der Emission von Aktien und Obligationen, die zur Finanzierung neuer Anlagen bestimmt sind, die Befreiung von der auf diesen Wertpapieren lastenden Quellensteuer sowie der Verzicht auf eidgenössische, kantonale und kommunale Steuern auf demjenigen Teil des Kapitals, der zur Deckung der Teuerung dient, und die Reduktion der Kriegsgewinnsteuern würden erlauben, die Beträge für Abschreibungen zu erhöhen, die Anlehensdauern zu verkürzen und schliesslich, zugunsten der Verbraucher die Energiepreise zu senken.

Die vereinigten Anstrengungen des Delegierten für Arbeitsbeschaffung, der Elektrizitätswerke und der Behörden werden aber gegenstandslos sein, keinen Zweck und kein Ziel haben, wenn nicht das grundlegende Problem der Verleihung der Wasserrechte gelöst ist. Der Schweizerische Elektrotechnische Verein und der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke richten deshalb an die Behörden den dringenden Wunsch, diese Frage zu allererst zu lösen.

## Einfache Berechnungsmethode für frequenzabhängige Dämpfungsglieder

Von H. Weber, Bern

621.392.53

*Es wird ein einfaches Verfahren angegeben und an einem Beispiel erläutert, wie frequenzabhängige Dämpfungsglieder berechnet werden können.*

*Une méthode simple, suivie d'un exemple, est donnée pour calculer des atténuateurs avec différentes caractéristiques de fréquence.*

Es gibt in der Uebertragungstechnik viele Fälle, wo Korrekturen in der linearen Verzerrung vorgenommen werden müssen, besonders in der Rund-

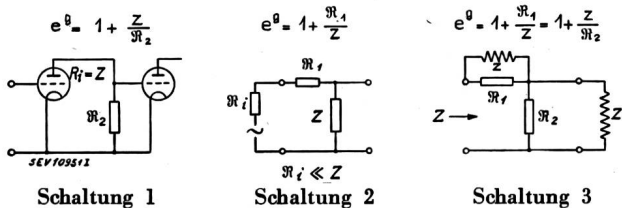
funktechnik, z. B. an den Rundfunkleitungen zwischen Studio und Sender. Aber auch in der Messtechnik genügt eine ungefähre Korrektur nicht.

Es ist deshalb erwünscht, mit einfachen Mitteln auch kompliziertere Entzerrer rechnen zu können. In den meisten Fällen ist es möglich, die Schaltung so zu wählen, dass das Betriebsübertragungsmass  $g$  mit der Impedanz  $R_1$  oder  $R_2$  eines Zweipols folgende Beziehung erfüllt:

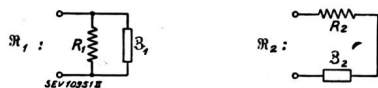
$$e^g = 1 + \frac{R_1}{Z} = 1 + \frac{Z}{R_2} \text{ wo}$$

$$R_1 \cdot R_2 = Z^2 \text{ und } g = b + j a.$$

$Z$  ist ein von der Frequenz unabhängiger ohmscher Widerstand, der durch die Wahl der Schaltung bestimmt wird. Die Impedanzen  $R_1$  und  $R_2$  sind bezüglich  $Z$  zueinander reziprok. Je nach Schaltung ist  $R_1$  oder  $R_2$  zu wählen.



Werden die Zweipole auf folgende Art gewählt,



wo  $Z_1$  und  $Z_2$  nur Kapazitäten und Induktivitäten enthalten, so kann das Uebertragungsmass durch die Beziehung

$$e^g = 1 + \frac{R_1}{Z} \cdot \frac{1}{1 + j \nu} = 1 + \frac{Z}{R_2} \frac{1}{1 + j \nu}$$

ausgedrückt werden.

$\nu$  wird die normalisierte Frequenz genannt und

Ist  $\nu = 0$ , so wird  $(e^g)_{\nu=0} = e^{b_0} = 1 + \frac{R_1}{Z} = 1 + \frac{Z}{R_2}$

reell und zugleich die Dämpfung  $b = b_0$  ein Maximum. Die Dämpfung  $b$  und die Phase  $a$  für  $\nu \neq 0$  kann dann dargestellt werden als eine Funktion der normalisierten Frequenz  $\nu$  mit dem Parameter  $b_0$ :

$$b = \frac{1}{2} \ln \left[ \frac{e^{2b_0} + \nu^2}{1 + \nu^2} \right] \text{ Neper; Dämpfungsfunktion}$$

$$a = - \arctg \left[ \frac{\nu (e^{b_0} - 1)}{e^{b_0} + \nu^2} \right] \text{ Phasenfunktion}$$

Diese Funktionen sind in Fig. 1 und 2 für  $b_0$  in Stufen von 0,2 Neper bis zu 3 Neper aufgezeichnet. Besonders einfach ist die Ermittlung der normalisierten Frequenz  $\nu$  für die halbe maximale Dämpfung

$$\left| \nu_{b=\frac{b_0}{2}} \right| = e^{\frac{b_0}{2}}.$$

Die Dämpfungsfunktion hat hier ihre grösste Steilheit, die Phasenfunktion ihr Maximum.

$$a_{b=\frac{b_0}{2}} = - \arctg \left[ \text{Sinh} \left( \frac{b_0}{2} \right) \right]$$

Die Dämpfungskurve ist in bezug auf diesen Punkt zentrisch symmetrisch. Für die Wahl einer bestimmten Entzerrung ist gerade die Lage dieses Punktes massgebend. Wie im Einzelfall vorzugehen ist, wird an einem Beispiel gezeigt.

Massgebend für die verschiedenen Entzerrer ist die normalisierte Frequenz  $\nu$ . Tabelle I enthält sechs Entzerrertypen, die in den meisten Fällen ausreichen. Der Berechnungsgang ist ebenfalls in der Tabelle kurz angedeutet.

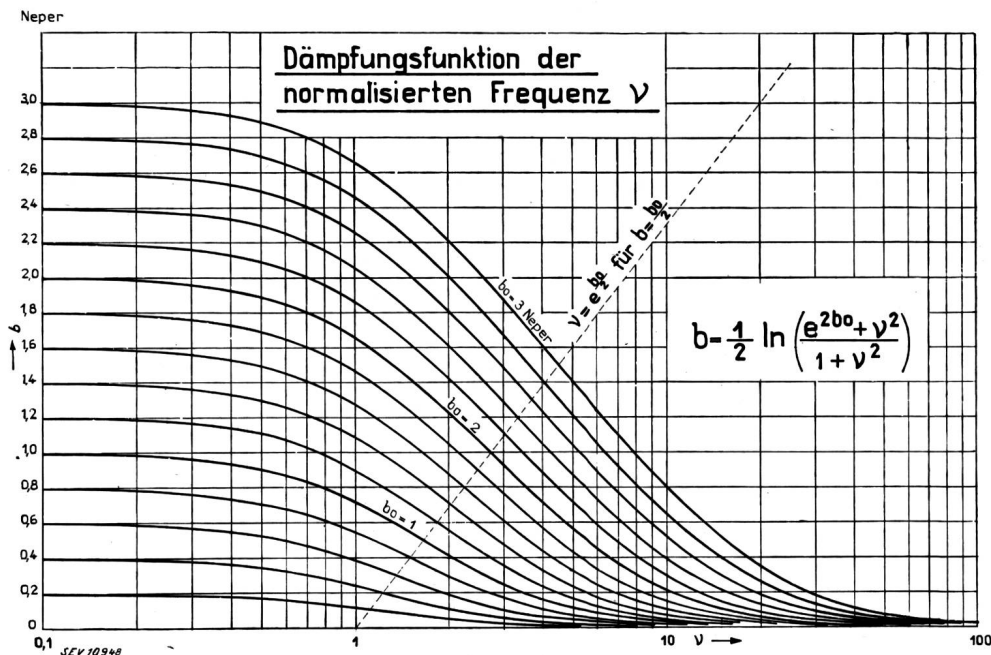


Fig. 1.

ist eine reelle Funktion der Frequenz und der verwendeten (nur reaktiven) Komponenten in  $Z_1$  und  $Z_2$ .

Beispiel: Die ausgezogene Kurve in Fig. 3 sei nachzubilden. Der Typ 3a in Tabelle I scheint geeignet. Für  $f_0$  setzen wir 2400 Hz, für

$$a = \frac{4200}{2400} = 1,75, b_0 = 0,4 \text{ Neper.}$$

$$R_1 = Z \cdot (e^{b_0} - 1) = Z \cdot 0,493 \quad (1)$$

$$x_b = \frac{b_0}{2} = \frac{1250}{2400} = 0,52 = x_1$$

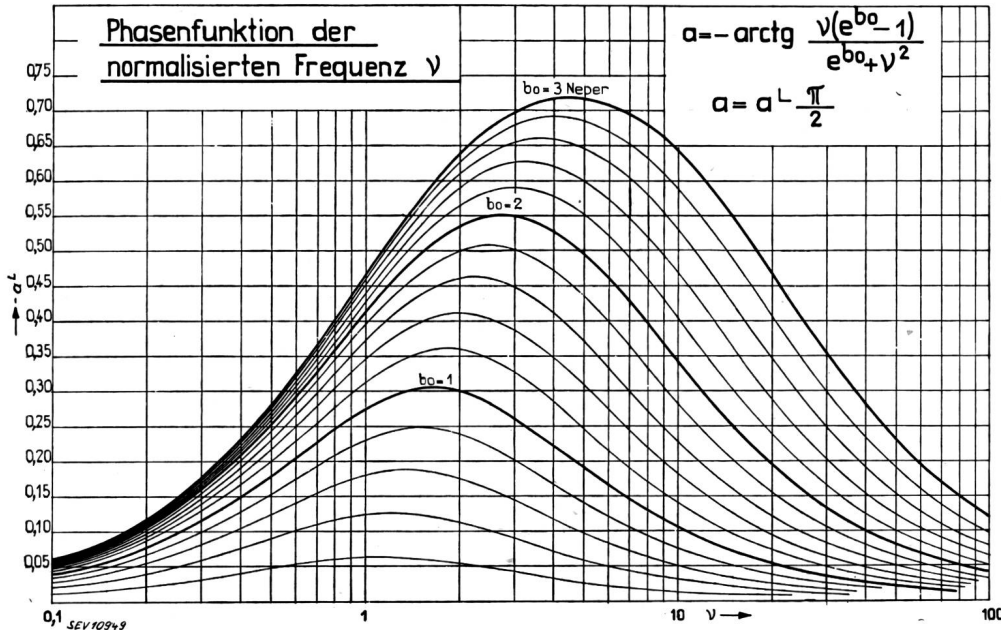


Fig. 2.

$$L_1 C_1 = \left[ \frac{1}{2 \pi \cdot 2400} \right]^2 = 0,0663 \cdot 10^{-6} \quad (2)$$

$$\frac{C_1}{C_1'} = a^2 - 1 = 2,06 \quad (3)$$

$$v_b = \frac{b_0}{2} = e^{\frac{b_0}{2}} = 1,222 =$$

$$= \omega_0 C_1 R_1 \cdot x_1 \left[ \frac{1}{a^2 - 1} + \frac{1}{1 - x_1^2} \right] \quad (4)$$

Tabelle I.

Nr.	b	$\mathcal{N}_1$	$\mathcal{N}_2$	Normalisierte Frequenz $\nu$	Berechnungsgang:
1a			$R_2 = \frac{Z^2}{R_1}$ $L_2 = C_1 \cdot Z^2$	$\nu = \omega C_1 R_1$	1. Gegebene Größen: $b_0, \omega_0$ und $a$ 2. $R_1 = Z(e^{b_0} - 1)$ 3. Wahl von $\omega$ , bzw. $x$ für $b = \frac{b_0}{2}$ $\nu_b = \frac{b_0}{2} = e^{\frac{b_0}{2}}$ gibt die noch fehlende Gleichung zur Bestimmung aller Komponenten.
1b			$R_2 = \frac{Z^2}{R_1}$ $C_2 = \frac{1}{Z^2}$	$\nu = -\frac{R_1}{\omega L_1}$	
2a			$R_2 = \frac{Z^2}{R_1}$ $L_2 = Z^2 C_1$ $C_2 = \frac{1}{Z^2}$	$\nu = \omega_0 C_1 R_1 \left( x - \frac{1}{x} \right)$	
2b			$L_2 = Z^2 C_1$ $R_2 = \frac{Z^2}{R_1}$ $C_2 = \frac{1}{Z^2}$	$\nu = -\frac{\omega_0 C_1 R_1}{\left( x - \frac{1}{x} \right)}$	
3a			$L_2 = Z^2 C_1$ $R_2 = \frac{Z^2}{R_1}$ $C_2 = \frac{1}{Z^2}$	$\nu = \omega_0 C_1 R_1 x \cdot \left[ \frac{1}{a^2 - 1} + \frac{1}{1 - x^2} \right]$	
3b			$L_2 = Z^2 C_1$ $R_2 = \frac{Z^2}{R_1}$ $C_2 = \frac{1}{Z^2}$	$\nu = -\frac{\omega_0 C_1 R_1}{x} \cdot \left[ \frac{a^2}{1 - a^2} - \frac{x^2}{1 - x^2} \right]$	

$a$  bedeutet hier das Verhältnis zweier Frequenzen. Für die fehlende Beziehung wählen wir den Punkt mit halber Dämpfung auf dem untersten Ast unserer Kurve

(1) und die bekannten Grössen in (4) eingesetzt, ergibt

$$1,222 = C_1 \cdot Z \cdot 7170 \text{ und daraus } C_1 = \frac{170,5}{Z} \mu\text{F}$$

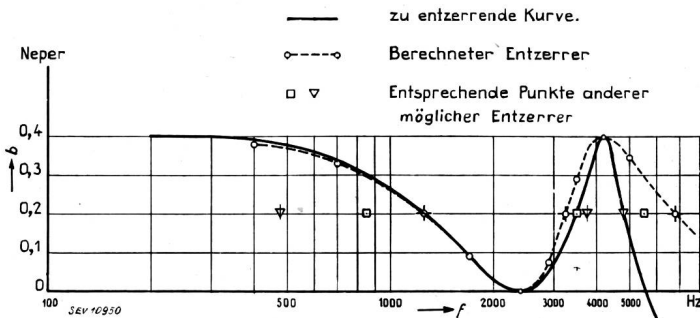
$C_1$  in (2) und (3) eingesetzt:

$$L_1 = Z \cdot 0,39 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$C_1 = \frac{82,7}{Z} \mu\text{F}$$

Für  $Z = 500 \text{ Ohm}$  erhalten wir folgende Werte:

$$C_1 = 0,341 \mu\text{F} \quad C_1' = 0,1654 \mu\text{F} \quad L_1 = 0,195 \text{ H}$$



Die Werte für  $\Re_2$  ergeben sich zu

$$L_2 = 0,08525 \text{ H} \quad L_2' = 0,04135 \text{ H} \quad C_2 = 0,78 \mu\text{F}$$

Es interessiert uns zu wissen, bei welcher Frequenz die beiden übrigen Punkte mit halber Dämpfung unseres so bestimmten Entzerrers zu liegen kommen. Die Formel für  $\nu$  gibt für drei verschiedene Werte von  $x$  den gleichen Wert von  $\nu$ , wobei  $\nu$  auch negativ werden kann. Wir besitzen für  $\nu = 1,222$  bereits einen Wert von  $x$ :  $x_1 = 0,52$ ,  $\nu$  wird positiv.  $x$  erfüllt die Gleichung:

$$x^3 - x^2 \alpha (a^2 - 1) - x a^2 + \alpha (a^2 - 1) = 0$$

$$\alpha = \frac{\nu}{\omega_0 C_1 R_1}$$

für  $x = x_1$  wird  $a = \left| x_1 \left[ \frac{1}{1-x_1^2} + \frac{1}{a^2-1} \right] \right|$ ; in der

obigen Gleichung eingesetzt und dieser Ausdruck durch  $(x - x_1)$  dividiert, ergibt eine quadratische Gleichung für die beiden andern Lösungen:

$$x^2 - x x_1 \left( \frac{a^2 - 1}{1 - x_1^2} \right) - \left( \frac{a^2 - x_1^2}{1 - x_1^2} \right) = 0$$

$$a = 1,75; \quad x_1 = 0,52; \quad x^2 - 1,47x - 3,825 = 0;$$

$$x_2 = 2,825; \quad x_3 = -1,36$$

Die dritte Lösung  $x_3$  ist positiv zu nehmen, da  $a$  bei positivem  $x_3$  negativ wird und somit  $x_3$  positiv die Gleichung

$$x^3 + x^2 \alpha (a^2 - 1) - x a^2 - \alpha (a^2 - 1) = 0 \text{ befriedigt.}$$

Die Punkte sind in Fig. 3 eingetragen. Wird versucht, den Entzerrer einem andern Ast der Kurve anzugleichen, so resultieren die entsprechend gleich markierten Punkte. Dies hat natürlich andere Werte der Komponenten zur Folge. Die Dämpfungskurve des gewählten Entzerrers ist leicht zu berechnen, indem man für verschiedene Frequenzen  $\nu$  berechnet und den dazugehörigen Dämpfungswert  $b$  aus Fig. 1 auf der entsprechenden  $b_0$ -Kurve abliest. Ebenso erhält man die Phase  $a$  aus Fig. 2, was bei der Konstruktion von gegengekoppelten Verstärkern sehr nützlich ist.

Um die berechnete Kurve auch bei der Messung des ausgeführten Entzerrers zu erhalten, müssen die Komponenten möglichst verlustfrei gewählt werden.

## Das neue Konsumabrechnungsverfahren der Lichtwerke und Wasserversorgung der Stadt Chur

Von A. Gfeller, Chur

658.88 : 621.311(494.26)

Mit dem Jahr 1942 wurde das gesamte Abrechnungs- und Inkassowesen der Lichtwerke und Wasserversorgung Chur neu organisiert. Im besonderen wurde vom «Holsystem» (Vorweisen einer quittierten Rechnung) zum «Bringsystem» (Zustellen einer unquittierten Rechnung und eines Einzahlungsscheines) übergegangen. Die im Jahre 1942 mit der neuen Organisation gesammelten Erfahrungen sind ausgezeichnet. Im folgenden werden das alte und das neue System beschrieben und die Vorteile und Nachteile werden einander gegenübergestellt. Die Erfahrungen werden zahlenmässig mitgeteilt.

Die stark veränderte Lebensgestaltung, bedingt durch Krieg und Teuerung, stellt uns vor die Aufgabe, unser Abrechnungs- und Inkassowesen so umzustellen, dass unsere Konsumenten ihren Verpflichtungen müheloser, als dies beim bisherigen teilweisen Quartalseinzug möglich war, nachkommen können. Mit diesem primären Vorhaben waren gleichzeitig weitere Änderungen, z. B. Neuanlage der Standbücher, Verbesserung des Rechnungsformulars, Einflechtung einer vollendeten Mengentastik, Uebergang vom «Hol»- zum «Bring»-System,

*En 1942, la comptabilité et le service des encaissements des Entreprises d'éclairage électrique et de distribution d'eau de la Ville de Coire ont été complètement remaniés. L'ancien système, qui consistait à présenter à l'abonné une facture acquittée, a notamment été remplacé par l'envoi d'une facture accompagnée d'un bulletin de versement. Les expériences faites en 1942 avec la nouvelle organisation ont été concluantes. Description de l'ancien et du nouveau système et exposé de leurs avantages et désavantages, avec indications numériques.*

Einführung von Mahngebühren und Schaffung einer selbständigen Debitorabteilung, verbunden.

Nachdem die Neuorganisation — die anfänglich hohe Anforderungen an das gesamte Personal stellte, weil der Uebergang vom alten zum neuen System, das Ausprobieren der passendsten Arbeitsmethoden, die Anlernung an die neue Fakturiermaschine, die Einführung der neuen Angestellten, das Nebeneinanderlaufen der Debitorforderungen nach alter und neuer Ordnung sowie die geplante Arbeitskontinuität trotz teilweisen militärischen Absenzen —