

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 36 (1945)

Heft: 11

Artikel: Grundlagen für die Herstellung einfacher Nomogramme

Autor: Degen, Alfred

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060228>

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: 17.02.2026

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

eines Wandlers ganz allgemein eine starke dritte Harmonische auf, so dass dessen Effektivwert sehr bald 3...5 Prozent grösser sein kann als der Effektivwert der Grundwelle. Wenn wir diesem Gedanken in der Brückenmethode Beachtung schenken, so ist festzustellen, dass auch hier zwischen Messung und Rechnung nur dann volle Uebereinstimmung erreicht werden kann, wenn mit dem Effektivwert der Grundharmonischen des Magnetisierungsstromes gerechnet wird. Die Messfehler, die dadurch bei der Eichung von Wandlern auftreten können, liegen aber, wenigstens bei eichfähigen

Wandlern, hinsichtlich Grösse im allgemeinen wesentlich innerhalb der erwähnten Messgenauigkeit, so dass ihnen mehr theoretische als praktische Bedeutung zukommt.

Näher auf dieses Gebiet einzutreten würde im Rahmen dieses Vortrages zu weit führen und im allgemeinen nur die Herren interessieren, die sich speziell damit zu befassen haben. Vielleicht bietet sich in späterer Zeit hiefür Gelegenheit.

Adresse des Autors:

E. Schneebeli, Ingenieur der Eichstätte des SEV, Seefeldstr. 301, Zürich 8.

Grundlagen für die Herstellung einfacher Nomogramme

Von Alfred Degen, Basel

518.3

Es wird eine Theorie zur Darstellung von Nomogrammen entwickelt, bei denen der gesuchte Wert einer Funktion das Produkt verschiedener Variablen und Konstanten ist. Anschliessend wird an einem Beispiel eine Anwendungsmöglichkeit gezeigt.

1. Einleitung

Die zeichnerische Darstellung einer Funktion mit mehr als 2 Variablen stösst auf praktische Schwierigkeiten, wenn man nicht Korrekturfaktoren einführen kann. Korrekturfaktoren ermöglichen, den gesuchten Wert aus mehreren Kurvenscharen mit Hilfe des Rechenschiebers zu finden. Dieses Verfahren ist jedoch nicht sehr übersichtlich und versagt bald, wenn eine grössere Zahl von Variablen auftritt. Bei Projektierungsarbeiten, wo es auf eine genaue zahlenmässige Auswertung meistens nicht ankommt, kann man aber zur raschen Bestimmung eines Funktionswertes auf eine übersichtliche zeichnerische Darstellung nicht verzichten. Die zu diesem Zwecke oft verwendeten Nomogramme¹⁾ haben den Nachteil, dass die Einarbeitung in ihre Theorie ziemlich viel Zeit erfordert, die dem entwerfenden Ingenieur in der Praxis meistens fehlt. Im folgenden wird deshalb eine kurze, besonders einfache Theorie entwickelt. In dieser wird gezeigt, wie eine Funktion beliebig vieler Variablen in einem Nomogramm dargestellt werden kann. Als Voraussetzung gilt, dass der gesuchte Funktionswert als Produkt von Konstanten und von Variablen zu berechnen ist.

2. Die Darstellung eines Produktes zweier Faktoren

Es sei das Produkt

$$c = a \cdot b \quad (1)$$

zu ermitteln. Dabei können die beiden Faktoren a und b sowohl positiv, als auch negativ sein. Man trägt in einem rechtwinkligen Koordinatensystem auf der Achse 1 den Wert von a unter Berücksichtigung des Vorzeichens auf (Fig. 1) und macht ferner

$$\operatorname{tg} \varepsilon = n \cdot b \quad (2)$$

Mit ε ganz allgemein, resp. mit ε_{l_1} und ε_{g_1} für die

¹⁾ Bull. SEV 1941, Nr. 1, S. 1.

Geraden l_1 und g_1 in Fig. 1, wird immer der Winkel gegen den positiven Teil der Achse 1 bezeichnet.

Nach den Regeln der Trigonometrie wird $\operatorname{tg} \varepsilon$ für Winkel zwischen 0° und 90° positiv und für solche zwischen 90° und 180° negativ. Die Grösse n sei als Verzerrungsfaktor bezeichnet, dessen Wert somit

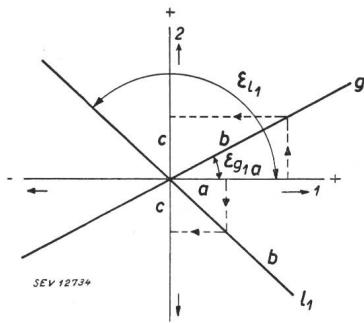


Fig. 1.
Darstellung eines
Produktes

zwischen $-\infty$ und $+\infty$ liegen kann. Mit der Einführung eines Verzerrungsfaktors wird erreicht, dass die Lagen der Geraden g_1 ($0 < \varepsilon_{g_1} < 90^\circ$; $\operatorname{tg} \varepsilon_{g_1} > 0$) und l_1 ($90^\circ < \varepsilon_{l_1} < 180^\circ$; $\operatorname{tg} \varepsilon_{l_1} < 0$) für Ablesungen passend gewählt werden können. Für eine Gerade ist natürlich der zugehörige Verzerrungsfaktor konstant. Man erkennt ferner aus Fig. 1, dass b für die Gerade g_1 positiv und für die Gerade l_1 negativ ist ($a > 0$ angenommen).

Der Maßstab auf der Achse 1 in Fig. 1 sei nun so gewählt, dass eine Einheit der Grösse a durch x cm dargestellt wird. Mit Gl. (2) folgt dann, dass $c = a \cdot b$ durch

$$a \cdot x \cdot \operatorname{tg} \varepsilon = a \cdot b \cdot n \cdot x \text{ cm} \quad (3)$$

also die Einheit auf der Achse 2 durch $n \cdot x$ cm dargestellt werden muss. Damit sind sowohl die Massstäbe auf den beiden Achsen als auch die Lagen der Geraden g_1 und l_1 in Fig. 1 festgelegt. Für andere Werte von b können die zugehörigen Werte von $\operatorname{tg} \varepsilon$ berechnet und daraus die Geradenscharen $g_1 \dots g_n$ und $l_1 \dots l_n$ aufgezeichnet werden.

Wie Ablesungen vorzunehmen sind, wird in Fig. 1 durch Strichelung und durch Pfeile angedeutet.

3. Die Darstellung eines Quotienten

Zur Berechnung des Quotienten

$$c = \frac{a}{b} \quad (4)$$

setzt man $\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{n}{b}$ (5)

worauf die Rechnung wie in Abschnitt 2 durchgeführt werden kann.

4. Konstante Glieder

bei Produkten und bei Quotienten

Wenn das konstante Glied mit k bezeichnet wird, so kann man dieses mit der Variablen b in den Gl. (1), (2), (4) und (5) zu einer neuen Variablen d vereinigen. Die weitere Durchrechnung geschieht dann nach den Abschnitten 2 oder 3, je nachdem es sich um ein Produkt oder um einen Quotienten handelt.

5. Die Darstellung eines zweigliedrigen Ausdruckes

Es sei der Ausdruck

$$c = a \cdot b + k \quad (6)$$

darzustellen, wobei k eine Konstante bedeute. Für die Abbildung des Produktes $c = a \cdot b$ gelten die Ausführungen des Abschnittes 2. Doch verschiebt sich der Nullpunkt der Achse m gegenüber dem Schnittpunkt der Achsen ($m-1$) und m um den Betrag von k . Je nachdem k negativ oder positiv ist,

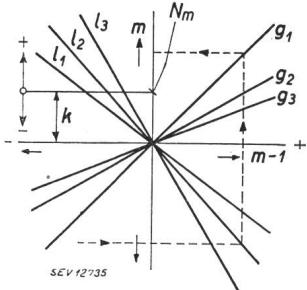


Fig. 2.
Darstellung eines zweigliedrigen Ausdruckes, dessen erstes Glied das Produkt beliebig vieler Faktoren und dessen zweites Glied konstant ist
 N_m = Nullpunkt der Achse m

wandert der Nullpunkt vom Schnittpunkt der Achsen ($m-1$) und m nach oben, resp. nach unten (in Fig. 2 ist k negativ gewählt). Durch Strichelung ist in Fig. 2 angedeutet, wie eine Ablesung vorzunehmen ist.

6. Die Darstellung des Logarithmus des Produktes zweier Faktoren

Es seien gegeben die Faktoren a und b , gesucht ist der Logarithmus des Produktes $c = a \cdot b$, d. h. $\lg c$. Man trägt zu diesem Zwecke auf der Abszissenachse die Grösse a auf. Dann berechnet man für verschiedene konstante Werte von b das Produkt $c = a \cdot b$ und bestimmt mit Hilfe einer Logarithmentafel den Wert von $\lg c$, der dann auf der

Achse 2 aufgetragen wird. Wie eine solche Darstellung grundsätzlich aussieht, zeigt Fig. 3. Die Massstäbe auf den Achsen 1 und 2 sind unabhängig voneinander so zu wählen, dass eine gute Ablesung möglich ist. Die Kurve b ist in diesem Falle keine Gerade mehr. Durch Strichelung ist in Fig. 3 angedeutet, wie eine Ablesung vorzunehmen ist.

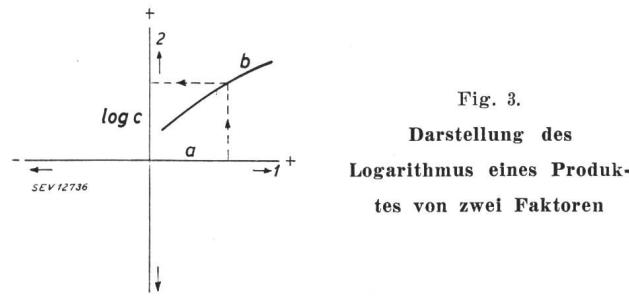


Fig. 3.
Darstellung des Logarithmus eines Produktes von zwei Faktoren

Das Verfahren kann auch angewendet werden, wenn aus den Faktoren a und b nicht $\lg c$, sondern $\lg(c) + k$ bestimmt werden soll. Über die Verschiebung des Nullpunktes durch die Konstante k gelten die Ausführungen des Abschnittes 5.

7. Die Ermittlung der Maßstäbe bei mehrfachen Multiplikationen und Divisionen

Das in den Abschnitten 2 bis 6 angegebene Verfahren kann mit Vorteil auch dann angewendet werden, wenn ein von mehreren Variablen $a_1, a_2, a_3, \dots, b_1, b_2, b_3, \dots$, und Konstanten k_1, k_2, k_3, \dots , abhängiger Wert einer Funktion etwa gemäss Gl. (7)

$$f = \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \dots \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots}{b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot \dots} \quad (7)$$

bestimmt werden soll. Wie die zeichnerische Darstellung aussieht, zeigt Fig. 4. An Hand von zwei Beispielen (gestrichelte Linien mit Pfeilen) ist angegeben, wie die Ablesung, beginnend im Punkte A und endigend in den Punkten B_1 oder B_2 , zum Werte f führt.

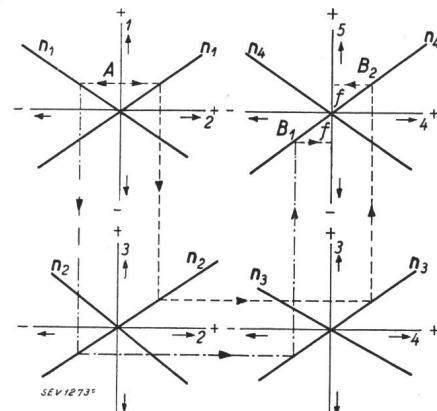


Fig. 4.
Darstellung einer Funktion mit m Variablen und ungleichen Vorzeichen
— - - Beispiel 1
- - - Beispiel 2

In Fig. 4 ist im Prinzip eine Funktion dargestellt, deren Variablen sowohl positiv als auch negativ sein

können. Eine Vereinfachung lässt sich immer dann durchführen, wenn in einer Funktion sämtliche Variablen das gleiche Vorzeichen besitzen (Fig. 5). Zur Darstellung einer Variablen wird dann nur ein Quadrant des rechtwinkligen Koordinatensystems benötigt, in Fig. 4 dagegen alle 4 Quadranten.

Wenn in einer Funktion Variable mit dem gleichen Vorzeichen (alle positiv oder alle negativ) und solche mit beiden Vorzeichen vorhanden sind, so wird man zweckmäßig zuerst die erstgenannten nach Fig. 5 darstellen. Mit dem Endwert von Fig. 5 geht man dann zu einer Darstellung nach Fig. 4 über, bis man das gewünschte Schlussresultat erhält.

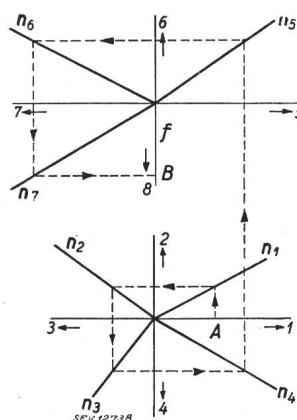


Fig. 5.
Darstellung einer Funktion
mit m Variablen und gleichen Vorzeichen

Bezeichnet man in Fig. 4 die aufeinanderfolgenden Achsen mit $1, 2, 3, \dots$, die Verzerrungsfaktoren in den verschiedenen Quadranten mit n_1, n_2, n_3, \dots , die zugehörigen Winkel mit $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots$, sowie die Einheiten auf den verschiedenen Achsen in cm mit x_1, x_2, x_3, \dots , so folgt aus Fig. 4 für die Maßstäbe auf den verschiedenen Achsen:

$$\begin{aligned} \text{Achse } 1 : 1 \text{ Einheit} &= x_1 \text{ cm} \\ \text{Achse } 2 : 1 \text{ Einheit} &= x_2 = x_1 \cdot n_1 \text{ cm} \\ \text{Achse } 3 : 1 \text{ Einheit} &= x_3 = x_1 \cdot n_1 \cdot n_2 \text{ cm} \\ \text{Achse } m : 1 \text{ Einheit} &= x_m = x_1 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \dots n_{m-1} \cdot \text{cm} \end{aligned}$$

Damit ist es möglich, in einem Nomogramm den Maßstab einer beliebigen Achse zu bestimmen, unabhängig vom Maßstab der vorangehenden Achsen. Normalerweise genügt es, den Maßstab der Achsen 1 und m zu kennen, da Zwischenwerte in physikalischer Hinsicht vielfach keine Bedeutung haben.

Bei einer Darstellung nach Fig. 4 kann der Drehsinn links oder rechts herum gewählt werden; der einmal festgelegte Drehsinn muss jedoch für eine und dieselbe Figur stets beibehalten werden. Die Lage der Achse 1 , von der aus die Ablesungen beginnen, kann beliebig gewählt werden, z. B. auf der Ordinatenachse.

Es ist zu beachten, dass in Gl. (7) die Variablen $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, \dots$ auch als ganze oder gebrochene Potenzen, als logarithmische oder als trigonometrische Funktionen auftreten können; die Kurven g_1 und l_1 in Fig. 1 werden immer als Gerade erscheinen.

Im weiteren muss noch bemerkt werden, dass an Hand der vorangehenden Abschnitte 2...7 auch weitere Funktionen, z. B.

$$f = \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \dots \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot \dots} + k \quad (8)$$

oder

$$f = \lg (a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \dots) + k \quad (9)$$

dargestellt werden können.

8. Anwendung

Es soll das Nomogramm für den Kupferverlust einer Leitung von der Länge l (in km), dem Drahtdurchmesser d (in mm), dem spezifischen Wider-

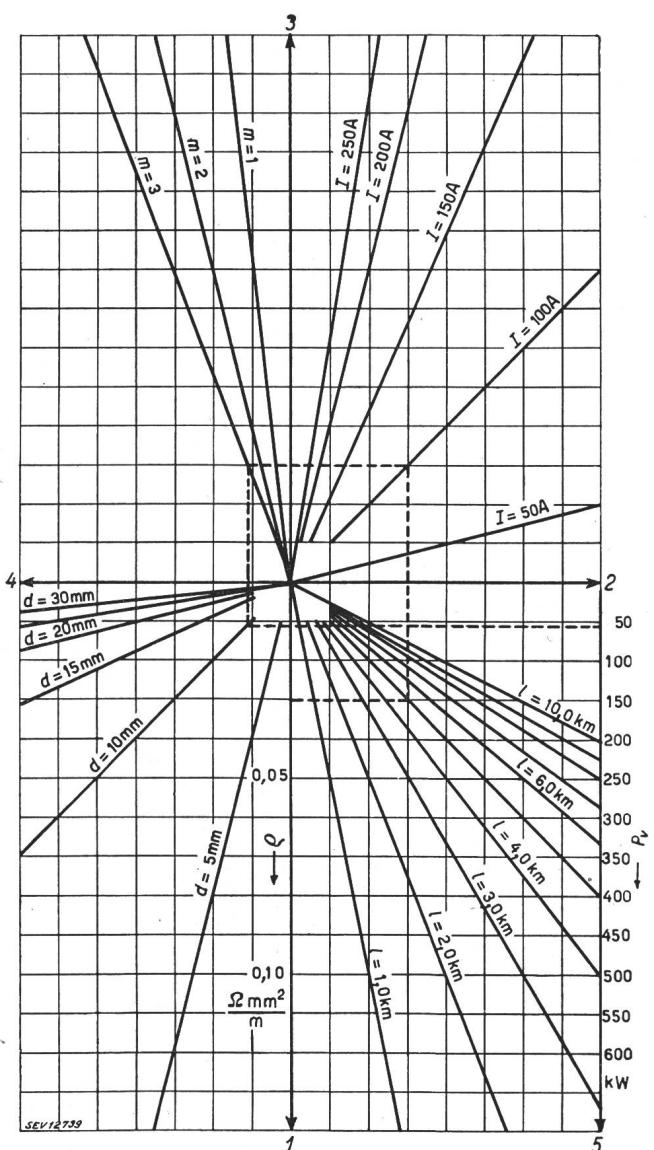


Fig. 6.
Kupferverlust einer Leitung

- P_V Kupferverlust in kW
- e Spezifischer Widerstand des Drahtes in $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$
- l Leitungslänge in km
- I Stromstärke in A
- m Zahl der Leiter
- d Drahtdurchmesser in mm

stand ρ (in $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$), dem Strome I (in A) und der Zahl der Leiter m aufgestellt werden. Mit dem Widerstand R (in Ohm) wird der Verlust

$$P_v = m \cdot I^2 \cdot R \cdot 10^{-3} = m \cdot I^2 \cdot \frac{l \cdot 10^3 \cdot \varrho}{\pi \cdot d^2} \cdot 10^{-3}$$

$$= 1,273 \cdot \frac{m \cdot I^2 \cdot l \cdot \varrho}{d^2} \text{ kW} \quad (10)$$

Für Drehstromleitungen wird $m = 3$, für Einphasenleitungen wird $m = 2$. Ist nur der Verlust pro Pol zu bestimmen, so wird $m = 1$.

Bei der graphischen Darstellung von Funktionen mit dem Aufbau von Gl. (10) muss immer entschieden werden, welche Variable auf der Achse I aufzutragen ist. Im genannten Falle kann man entweder mit l oder mit ϱ beginnen. Das Auftragen von I^2 ist nicht zweckmäßig, da die Skala quadratisch würde. Das Auftragen von m ist gleichfalls nicht zu empfehlen, da nur drei Geraden aufzuzeichnen sind und Zwischenwerte nicht vorkommen. Da in Gl. (10) sämtliche Variablen positiv sind, ergibt sich eine Darstellung nach Fig. 5.

In Fig. 6 ist das zu Gl. (10) gehörende Nomogramm aufgezeichnet. Für die Aufzeichnung auf Normalformat A₄ (210 × 297 mm) erweisen sich die folgenden Maßstäbe und Verzerrungsfaktoren als zweckmäßig:

$x_1 = 100 \text{ cm}$	für $\varrho = 0 \dots 0,12 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
$n_1 = 0,2$	$l = 1 \dots 10 \text{ km}$
$n_2 = 0,0001$	$I = 50 \dots 300 \text{ A}$
$n_3 = 0,1$	$m = 1 \dots 3$
$n_4 = 100$	$d = 5 \dots 25 \text{ mm}$

Nach Abschnitt 7 erhält man aus diesen Werten $x_5 = 0,02$, d. h. 1 cm auf der Achse 5 entspricht 50 kW.

An einem Beispiel mit $m = 3$, $\varrho = 0,03 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, $l = 5 \text{ km}$, $I = 100 \text{ A}$ und $d = 10 \text{ mm}$ ergibt sich aus Fig. 6 (durch Strichelung dargestellt) $P_v = 56 \text{ kW}$, während die Bestimmung mit dem Rechenschieber $P_v = 57,4 \text{ kW}$ liefert. Dieses Beispiel soll zur Beurteilung der Brauchbarkeit der beschriebenen Methode dienen.

Adresse des Autors:

A. Degen, Dipl. El.-Ing. ETH, Colmarerstr. 85, Basel.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

50 Jahre

Ateliers de constructions mécaniques de Vevey S. A.

Das Doppeljubiläum der Ateliers de constructions mécaniques de Vevey S. A. verdient nicht nur im engen Kreis der welschen Schweiz, sondern im ganzen Lande Erwähnung. 100 volle Jahre sind es her, seit an der Stelle der heutigen respektablen Fabrik die ersten Werkstätten für mechanische Konstruktionen erstanden und 50 Jahre sind es seit der Geburt der heutigen Aktiengesellschaft, die nach allerhand wechselvollen Schicksalen die genannten Produktionsstätten übernahm, zusammenfasste und ausbaute. Der Verwaltungsrat der Gesellschaft liess es sich nicht nehmen, eine grosse Zahl von Gästen aus allen Teilen unseres Landes einzuladen, um mit ihnen im Anschluss an die Generalversammlung den bedeutungsvollen Tag festlich zu begehen.

Zuerst wurden die Gäste in Gruppen unter kundiger Führung durch die Fabrikräume geführt, wodurch sie einen schönen und eingehenden Ueberblick über das Arbeitsgebiet und die Arbeitsweise der Werke erhielten. Zuerst ging es in die Giesserei, wo 3 Kupol-Ofen zu 2 und 4 t ständig in Betrieb sind. Wieder einmal tat man einen Blick in die interessante Tätigkeit der Giesserei und stellte u. a. fest, dass ein Grossteil der Bundesbahn-Bremsklötzte aus Vevey stammt. Besondere Beachtung fand die geradezu luxuriös ausgestattete Wasch- und Duscheinrichtung, aus der die sonst als schwarze Gesellen bekannten Giesser täglich frisch gewaschen und geschniegelt ihre Arbeitsstätte verlassen können. Nebenan war eben ein grosses Pelton-Turbinaufrad in Bearbeitung; es wurden daran die scharfen und genauen Formen der Löffel-Räder ausgeschmiedet. Ein besonderer Raum ist der Präzisionsmessung und Präzisions schleiferei gewidmet, wobei als Kuriosum das magnetische Aufspannen besonders empfindlicher Werkstücke Beachtung fand. Präzisionslehrenkontrollapparate für Kugeldruckproben usw. geben Zeugnis von der Sorgfalt und der Wichtigkeit, die der Genauigkeit der Arbeit gewidmet werden. Es sind auch viele allermodernste Apparate für Dreh-, Schleif- und Hobelarbeiten zu sehen, wo sich der Einzelantrieb durchsetzt, während die ältern Maschinen noch mit Transmissionen angetrieben sind. Eine Ueberschau für viele Besucher war gewiss die Traktorenmontage-Halle, in welcher imposante Traktoren für die Landwirtschaft, für die Industrie und für die Armee nach modernen Prinzipien gebaut werden.

Ganz besonders interessant ist die Versuchsstation für Wasserturbinen, die für die relativ kleine Fabrik sehr sorgfältig und weitgehend ausgebaut ist. Die Besucher hatten Gelegenheit, die Wirkungsweise eines Pelton-Rades und diejenige eines Kaplan-Rades in stroboskopischer Beleuchtung zu studieren und die raffinierte Ausgestaltung des klassischen Pronyschen Zaums zu einem Präzisionsinstrument der Leistungsmessung festzustellen. Der weitere Rundgang führte durch das heute so wichtige Eisenlager zur Montagehalle für die Reparatur von Eisenbahnwagen, die recht eigentlich eine Klinik für Kriegsopfer dieses Sektors ist, wo hoffentlich recht ausgiebig die Kriegsschäden eigener und fremder Eisenbahnverwaltungen behoben werden. Hier wird auch sonstiges Eisenbahnmateriale, z. B. Zahnräder, Weichen, Kreuzungsstücke usw. fabriziert. In der Kesselschmiede fiel uns Elektrikern verschiedentlich die vertraute Form grosser Transformatorenkessel auf, während daneben in silberner Reinheit Gefäße der verschiedensten Art aus rostfreiem Material glänzten, die für chemische Betriebe Verwendung finden. Dass die Firma auch Krane und ähnliche Erzeugnisse sowie Eisenkonstruktionen in weitem Sinne pflegt, war ebenfalls an einigen interessanten Detailstücken zu sehen. Mit aller Hochachtung vor der Vielgestaltigkeit des Fabrikationsprogrammes und der klaren und sauberen Organisation schied man aus den Fabrikhallen.

Um 20 Uhr vereinigte im Hotel «Trois Couronnes» ein solenes Bankett, das vom Verwaltungsrat gestiftet war, diesen und wohl an die 200 Gäste. Im Anschluss daran kamen — zum Teil auch in deutscher Sprache — die Redner zu ihrem Recht. Verwaltungsrat und Direktion gaben vor allem einen historischen Rückblick über die Entwicklung des Unternehmens. Die Staats- und Gemeindebehörden brachten durch ihre Sprecher ebenfalls ihre Glückwünsche dar und betonten, wie wichtig das Unternehmen für die Gegend ist, beschäftigt es doch gegen 500 Arbeiter und über 100 Angestellte, übrigens ein bezeichnendes Verhältnis, das beweist, wie sehr die Firma bestrebt ist, durch Geistesarbeit und Forschung den guten schweizerischen Grundsatz der Qualitätsarbeit zu pflegen. Darum sind wir Elektriker der Firma auch besonders dankbar, war sie es doch, die im Jahre 1923 den Mut hatte, nach Wynau die ersten Propeller-Turbinen zu liefern und damit den Weg frei zu machen zu den Schnellläufer-Niederdruckturbinen, nachdem man gerade damals daran war, dieses Problem durch die Einführung von Zahnrädern zu lösen. Der verstorbene Dir. Marty vom EW Wynau hatte damals die richtige Auffassung, dass dies hier