

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 36 (1945)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Kleintransformatoren in Verbindung mit Messschaltung  
**Autor:** Täuber-Gretler, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060282>

### **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:** 03.04.2025

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

halten vermag. Riesenprojekte sind noch nie auf einen Schlag verwirklicht worden, sondern langsam, schrittweise. Die *heutigen* Forderungen lauten auch noch nicht auf Hunderte von Kanälen über Tausende von Kilometern, sondern auf 10 oder 20 Kanäle zur Verbesserung einer stark überlasteten

Verbindung innerhalb eines regionalen Fernsprechnetzes; deren Erfüllung liegt aber auch im Bereich des heute schon Möglichen.

Adresse des Autors:

Dr. E. Huber, Ingenieur, Stapferstr. 43, Zürich 6.

## Kleintransformatoren in Verbindung mit Meßschaltungen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 7. Oktober 1944 in Luzern, von A. Tüüber-Greiter, Zürich

621.314.22.08

*Es werden einige Meßschaltungen beschrieben, in denen als wesentliche Teile Transformatoren enthalten sind, welche mindestens eine der bei Messwandlern charakteristischen Eigenschaften aufweisen. Zu diesen wird hier ausser der Konstanz des Uebersetzungsverhältnisses und eines kleinen Fehlwinkels innerhalb des jeweiligen Arbeitsbereiches, die Isolierung der Primärwicklung von der Sekundärwicklung gerechnet. Ausser Betracht fallen die in das Gebiet der Nachrichten- und Hochfrequenztechnik gehörenden Meßschaltungen.*

*Brève description de quelques couplages de mesure, qui comportent essentiellement des transformateurs présentant au moins une des propriétés caractéristiques des transformateurs de mesure. Il s'agit non seulement de la constance du rapport de transformation et d'un faible angle d'erreur dans chaque étendue de fonctionnement, mais également de l'isolement de l'enroulement primaire par rapport à l'enroulement secondaire. M. Tüüber laisse toutefois de côté les couplages de mesure utilisés dans la technique des télécommunications et de la haute fréquence.*

### Anleger-Stromwandler

Bei Stromwandlern, die ausschliesslich der Strommessung mit Ampèremetern dienen, ist der Fehlwinkel ohne Einfluss. Verzichtet man zudem auf eine Auswechselbarkeit des Ampèremeters, so kann die Ampèrewindungs-Zahl des Wandlers bedeutend reduziert werden. Instrument und Wandler müssen alsdann zusammen geeicht werden. Eine seit Jahren bekannte Anwendung sind die Anleger mit angebauten oder getrennten elektromagnetischen Ampèremetern mit 1...3 Messbereichen. Ihr Verbrauch beträgt 1...2 VA. Bei einer Bürde von 2 VA kommt man bei noch handlichen Abmessungen des Anlegerkernes auf 30...50 Ampèrewindungen herunter.

Seit der Einführung der Kupferoxyd- und Selengleichrichter in die Messtechnik kann durch Verwendung von Drehspulinstrumenten und solchen Gleichrichtern der Messbereich nach unten auf 5...10 A erweitert werden, da der Eigenverbrauch der Drehspulinstrumente nur einige Hundertstel Watt beträgt. Ein Nachteil ist die Abhängigkeit von der Kurvenform, wie in allen Fällen, wo Trocken-gleichrichter zur Messung von Wechselströmen und -spannungen herangezogen werden.

### Beeinflussung des Skalencharakters von Ampèremetern

Wird der Kern eines Stromwandlers so bemessen, dass er innerhalb des Messbereiches des zugehörigen Ampèremeters, beispielsweise von  $\frac{1}{3}$  des Skalen-Endwertes an, gesättigt ist, so wirkt sich dies in einer gegen das Skalenende hin stetig enger werdenden Teilung aus (Fig. 1). Man erreicht damit gleichzeitig einen Ueberstromschutz für das Instrument. Im Sättigungsbereich sind die Angaben jedoch von der Kurvenform des Primärstromes abhängig.

Bei ferrodynamischen und Ferraris-Ampèremetern hat der Skalenverlauf quadratischen Charakter. Fig. 2 zeigt den Einfluss auf den Skalencharak-

ter bei einer schon von 10% des Endwertes an wirksamen Kernsättigung des Stromwandlers.

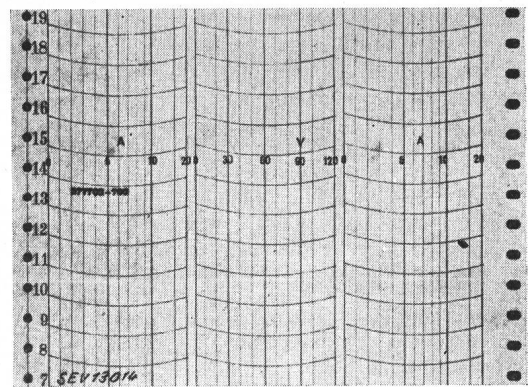


Fig. 1.

Diagramm-Vordruck mit Eichteilung zu einem Störschreiber, bestehend aus zwei Drehspulampèremetern und einem Drehspulvoltmeter für Wechselstrom in Verbindung mit Gleichrichtern.

Die Ampèremeter besitzen kleine Zwischenwandler, die infolge Kernsättigung ein von ca. 5 A an gegen das Skalenende zunehmendes Engerwerden der Intervalle bewirken.

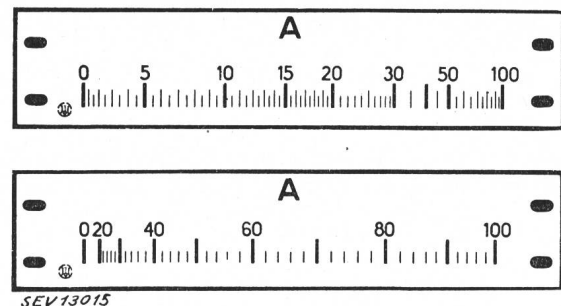


Fig. 2.

Skalenbilder von ferrodynamischen Registrier-Ampèremetern

Obere Skala: gegen das Ende stark gedrückte Intervalle, erzielt durch Kernsättigung von 10% des Endwertes an.

Untere Skala: normaler, angenähert quadratischer Verlauf.

### Summen- und Differenzstromwandler

Sollen die Leistungen mehrerer auf dasselbe Sammelschienen-System arbeitender Generatoren in

einem Wattmeter summiert werden, so geschieht das am einfachsten über Zwischenstromwandler mit derselben Zahl Primärwicklungen wie Leistungen zu summieren sind.

Die Nennleistungen der Generatoren können beliebig verschieden sein. Bedingung für die richtige Summierung ist nur, dass sich die primären Ampèrewindungszahlen der Zwischenstromwandler unter sich gleich verhalten wie die entsprechenden primären Nennströme der Generatoren. Die Summenbildung erfolgt vektoriell, d. h. unter Berücksichtigung der Phasen der einzelnen Stromvektoren.

In analoger Weise wie die Summe kann auch die Differenz zweier Ströme gebildet werden. Die Methode versagt aber, sobald einzelne Generatoren auf ein anderes unabhängiges System arbeiten.

### Wechselstrom-Brückenschaltungen

Bei Temperaturmesseneinrichtungen, bestehend aus Widerstandsthermometern in Brückenschaltung, lässt sich mit Vorteil für den Netzanschluss bestimmte Spannungswandler sekundärseitig als Teil der Messbrücke ausbilden. In Fällen, wo das Widerstandselement aus Sicherheitsgründen elektrisch vom zu überwachenden Objekt zu isolieren ist (z. B. unter Hochspannung stehende Wicklungen), wird das Element über einen Isolier- oder Schutztransformator an die Brücke gelegt (Fig. 3). Als vierter Brücken-zweig dient ein elektrisch und magnetisch genau gleicher Transformator mit konstanter Sekundärbelastung.

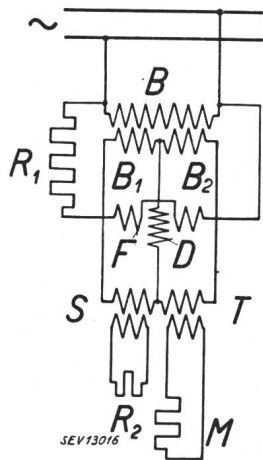


Fig. 3.

Prinzipschema einer Wechselstrom-Brückenschaltung mit induktiven Zweigen

- B Brückentransformator
- B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> zwei Brücken-zweige, gebildet durch die Sekundärwicklung von B
- D Drehschule } des Anzeige-
- F Feldwicklung } instruments
- T Isoliertransformator
- M Messelement (variabler Widerstand)
- S Vergleichstransformator
- R<sub>2</sub> Konstanter Widerstand
- S, T bilden die übrigen beiden induktiven Brücken-zweige.

Die Anzeigeeinstrumente in Brückenschaltungen sind sehr empfindlich auf kleinste Aenderungen ihrer einzelnen Zweige. Beim Brückentransformator und den Schutzwandlern werden daher hohe Anforderungen an die Konstanz der magnetischen Eigenschaften des Kerns gestellt. Die Schaltung nach Fig. 3 kann auch für die Feststellung von Windungsschlüssen in Spulen verwendet werden. Wird dabei die zu prüfende Spule über den einen als Stab ausgebildeten Brücken-zweig geschoben, so stört sie das Brückengleichgewicht, sofern sie kurzgeschlossene Windungen enthält.

### Gleichstromwandler bis ca. 300 A

Die Aenderung der Permeabilität durch Vormagnetisierung mittels Gleichstrom wird im Gleich-

stromwandler ausgenützt, der speziell zur Messung kleiner Ströme verwendet wird. Wird der Kern des einen Wandlers auf eine Gleichstrom führende Leitung gesteckt, so erhält man eine, abgesehen von Remanenzwirkungen, eindeutige Anzeige des durchfließenden Gleichstromes. Es sind 10...15 Ampèrewindungen für Vollausschlag nötig. Kleinere Ströme

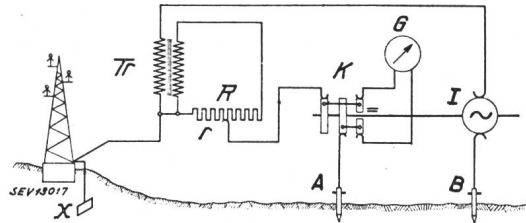


Fig. 4.

Prinzipschema eines Erdwiderstandsmessers

- Tr Stromwandler zur Schaffung von 2 Stromkreisen
- R Vergleichswiderstand
- I Kurbelinduktor
- K Kommutator
- G Galvanometer
- A, B Sonden
- X zu messender Erdwiderstand.

als 10 A benötigen daher eine entsprechende Wicklung, welche für die von Fall zu Fall geforderte Prüfspannung gegen die Wechselstromwicklung und den Kern zu isolieren ist. Kerne aus Silizium-Eisen verursachen bei steigendem und fallendem Strom für denselben Wert einen Remanenzfehler von etwa 5 %. Dieser Fehler vermindert sich auf weniger als 1 % bei Nickel-Eisen-Kernen (Permalloy C oder Mümetal).

### Wechselstrom-Kompensationsschaltungen

#### a) Der Erdwiderstandsmesser

Um Erdwiderstände direkt, d. h. ohne Hilfserden und ohne Zwischenrechnung ermitteln zu können, ist eine Kompensationsschaltung nötig (Fig. 4). Diese erfordert bei Verwendung einer einzigen Stromquelle (Kurbelinduktor) die Schaffung zweier voneinander getrennter Kreise; hierzu dient wieder ein kleiner Stromwandler, welcher von verschiedenen Bürden, bedingt durch 2...3 Messbereiche, nur wenig beeinflusst werden darf.

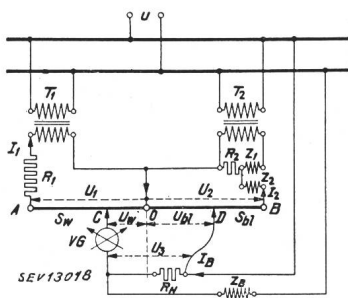
#### b) Wechselstrom-Kompensationsapparat und Bürdenmesser

Eine nach Grösse und Richtung beliebige Wechselspannung kann nur kompensiert werden, wenn zwei Spannungsteiler verfügbar sind, wobei der erste von einem Strom durchflossen wird, welcher in Phase mit der Bezugsspannung ist, und der zweite von einem um 90° gegen die Bezugsspannung verschobenen Strom durchflossen wird.

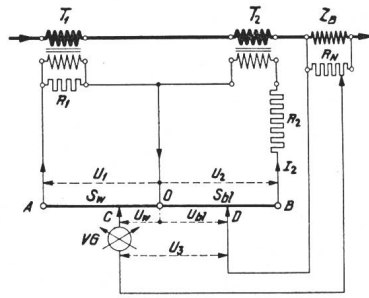
Im Prinzipschema (Fig. 5) ist links die Kompensationsschaltung zum Anschluss an eine Spannungsquelle dargestellt. Deren wesentliche Teile sind 2 Spannungswandler, die sekundärseitig einen mit der Speisespannung phasengleichen Strom und einen um 90° verschobenen Strom liefern, welche durch die 2 Schleifdrähte S<sub>w</sub> und S<sub>bl</sub> fließen. Rechts ist eine analoge Schaltung, jedoch unter Verwendung von

2 Stromwandlern, dargestellt. Diese sind primärseitig in Reihe mit der zu messenden Impedanz geschaltet und liefern einen Meßstrom in Phase bzw. 90° phasenverschoben zum Primärstrom. An

rere Messbereiche entsprechend den üblichen Nennbürden. Die Ablesung erfolgt direkt in VA, bezogen auf Nennspannung bzw. auf Nennstrom, wobei es gleichgültig ist, welche Stromstärke oder Spannung



$T_1$  Hilfswandler  
 $R_1$  Induktionsfreier Widerstand  
 $S_w$  Schleifdraht zur Kompensation der Wirkkomponente bzw. Blindkomponente  
 $T_2$  Hilfswandler



$R_2, Z_1, Z_2$  Ohmsche Widerstände und Drosselspulen zur Erzielung eines um 90° gegen die Speisespannung  $U$  verschobenen Stromes ( $I_2$ )  
 $R_N$  Messwiderstand in Reihe mit der Spannungs-Bürde  $Z_B$

Fig. 5.

Prinzipschema eines Kompensationsapparates zur Spannungs- und Strom-Bürdenmessung

- $T_1$  Hilfsstromwandler
- $R_1$  Ohmscher Widerstand
- $S_w$  Schleifdraht zur Messung der Wirkkomponente
- $T_2$  Gegeninduktivität, eisengeschlossen
- $R_2$  Ohmscher Widerstand
- $S_{bl}$  Schleifdraht zur Kompensation der Blindkomponente
- $R_N$  Ohmscher Spannungsteiler parallel zu der zu messenden Strombürde (allgemein einem induktiven Widerstand  $Z_B$ )
- $VG$  Vibrationsgalvanometer.

den Schleifdrähten können Spannungen bis zu 30 mV direkt kompensiert werden oder, unter Verwendung von Spannungsteilern, auch entsprechend höhere Spannungen.

Man misst mit dem Apparat nach erfolgter Null-einstellung gleichzeitig Wirk- und Blind-Widerstände sowie den Scheinwiderstand. Um die Ablesung dieser 3 Größen übersichtlicher zu gestalten, sind die beiden Schleifdrähte senkrecht zueinander angeordnet. Auf der sich ergebenden Flächenskala wird im Schnittpunkt der Einstelllineale abgelesen (Fig. 6).

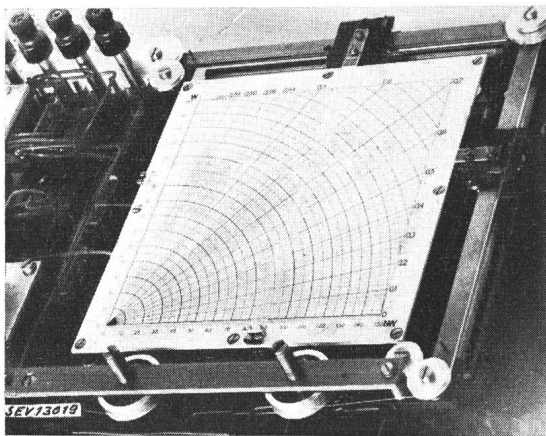


Fig. 6.

Détails zum Bürdenmesser

Rechts: Flächenskala mit Schleifkontakttantrieb und Ablese-linealen  
 Links: 3 der Hilfswandler.

An die eingebauten Spannungs- und Stromwandler müssen hohe Genauigkeitsanforderungen gestellt werden, damit innerhalb möglichst weiter Grenzen Uebersetzungsfehler und Fehlwinkel vernachlässigbar sind. Dies ist bei den sehr kleinen Abmessungen der Wandler wiederum nur durch Verwendung von Nickel-Eisen-Kernen möglich.

Der Apparat ist in Ausführung nach Fig. 7 speziell für Bürdenmessung an Strom- und Spannungswandlern konstruiert und geeicht. Er besitzt meh-

eingestellt ist, sofern sie nur zwischen 20 und 120 % des Nennwertes liegt. Der abgelesene Wert bezieht sich zwangsläufig auf sinusförmigen Strom- und Spannungsverlauf, da als Nullinstrument ein auf



Fig. 7.

Bürdenmesser für Strom- und Spannungswandlerbürden

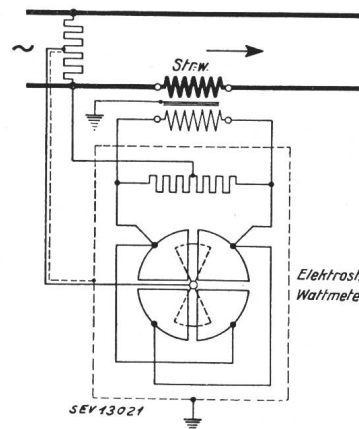


Fig. 8.

Prinzipschema des elektrostat. Wattmeters

die Grundwelle abgestimmtes Vibrations-Galvanometer verwendet wird.

Die zusätzliche Bürde infolge des Eigenverbrauches der eingebauten Hilfswandler liegt innerhalb 1 Watt.



### Elektrostatische Wattmeter für Frequenzen bis 10 kHz

Der Bedarf für ein solches Instrument liegt heutzutage vor. Das elektrodynamische sowie das Hitzdrahtprinzip sind gegenüber dem elektrostatischen weniger vorteilhaft. Eine Apparatur nach Fig. 8 ist im Versuchsstadium und greift auf eine an sich seit Jahren bekannte Schaltung zurück, abgesehen vom Spezial-Stromwandler, welcher das für die Quadranten erforderliche Potential an einem Spannungsteiler abzugreifen erlaubt. Für den Stromwandler kommt nur Nickel-Eisen aus dünnem Draht oder feinem Blech in Frage. Die Ampèrewindungszahl kann und muss sehr niedrig gehalten werden, um

den bei den höheren Frequenzen sich einstellenden induktiven Abfall entsprechend klein zu halten.

Mit dieser Aufzählung einiger Beispiele sollte nur auf die mannigfache Verwendung von Strom- und Spannungswandlern kleinster Abmessungen in Verbindung mit Meßschaltungen hingewiesen werden. Bei den meisten ist die Verwendung von Nickel-Eisenblech unerlässlich.

Es ist zu hoffen, dass die Nickel-Eisen-Legierungen in früherer Qualität bald einmal wieder erhältlich sind, wenn möglich in der Schweiz selber hergestellt. Ernsthaftige Vorarbeiten hiezu wurden, soviel uns bekannt, bereits gemacht.

Adresse des Autors:

Dr. sc. techn. A. Täuber-Gretler, Trüb, Täuber & Co. A.-G., Zürich.

### Geschichte einer merkwürdigen Blitzaufnahme

Von E. Rüst und K. Berger, Zürich

551.594.2

*Eine Blitzaufnahme aus Ascona vom Jahr 1937 machte in Form einer Postkarte und Zeitungsreproduktionen den Weg um die Welt. Sie zeigte eine noch unbekannte Blitzform, die überall viel Kopfzerbrechen verursachte. Photographische Untersuchungen und Fortschritte in der Kenntnis der Blitznatur ergaben nun mit aller Sicherheit, dass es sich bei dieser viel diskutierten Blitzphotographie um eine verwackelte Aufnahme handelt. Sie ist aber gleichzeitig die Bestätigung eines Blitzes von mehr als  $\frac{1}{50}$  Sekunde Dauer.*

*La photographie d'un éclair prise à Ascona en 1937 et reproduite en carte postale, ainsi que dans des journaux, a fait le tour du monde. Elle montrait une forme d'éclair inconnue jusqu'alors et qui intrigua de nombreux savants. Des recherches photographiques et une meilleure connaissance de la nature de l'éclair ont prouvé que cette photographie si discutée était due à un déplacement de l'objectif au moment de la prise de vue. Elle apporte toutefois la confirmation d'un éclair d'une durée de plus de  $\frac{1}{50}$  de seconde.*

Am 20. Juli 1937 gingen in Ascona am Lago Maggiore drei heftige Gewitter nieder. Der Photograph A. Baumann begab sich mit der Absicht, Blitzaufnahmen zu machen, am Abend auf die am See gelegene Piazza. Da es noch nicht dunkel genug war, um die Photokammer auf ein Stativ zu stellen und mit geöffnetem Verschluss den Blitz abzuwarten, stellte er den Verschluss auf  $\frac{1}{50}$  Sekunde und hielt, an eine Säule des Palazzo Municipale gelehnt, die Kamera in der Hand, gegen den See gerichtet. Plötzlich schlug ein blendener Blitz mit gewaltigem Knall hinter den Uferbäumen in den See, so dass die Leute aufschrien. Der Photograph drückte im Schreck auf den Auslöser und fing den Blitz auf dem Film ein.

Der entwickelte Film war sehr dicht und schwer kopierbar. Der Photograph stellte daher über ein Diapositiv ein besser kopierbares Duplikatnegativ her, von dem Fig. 1 abgezogen wurde. Der Blitz zeigt darin eine völlig ungewohnte und unbekannt Form. Er ist ausserordentlich breit und wie aus ovalen Scheiben zusammengesetzt.

Die Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt, die die Blitzphotographie vorgelegt wurde, äusserte sich am 23. August 1937 etwas unbestimmt:

«Die Erklärung der Erscheinung ist eine sehr schwierige. Sie scheint eine Bestätigung der Ansicht des Prof. Matthias zu sein, der die Bildung durch die elektrische Entladung einer besonderen explosiven Materie annimmt.

Das Ganze gibt den Eindruck einer derartig wirbelartig durch den Blitzschlauch herunterfallenden Materie. Es ist höchst bedauerlich, dass die Bäume den Unterteil des Blitzes gerade unsichtbar machen. Merkwürdig ist auch, dass von dem Blitz kaum etwas an der Seeoberfläche selbst zu erkennen ist. Im Gegenteil ist das untere Ende desselben sehr lichtklar und gibt den Eindruck eines kugeligen Endes des Blitzschlauches, wie wenn ein Tropfen glühender Materie durch die Luft heruntertropfte.»

Die «Hamburger Seewarte» gab am 23. 8. 1937 den Bericht:

«Auf die Zuschrift vom 13. ds. erwidere ich ergebenst, dass ich die übersandte Blitzphotographie genau angesehen und sie auch einer grösseren Anzahl von Fachgenossen gezeigt habe. Von all diesen hat kein einziger jemals einen derartigen Blitz gesehen oder in der Literatur gefunden. Physikalisch erscheint ein solcher Blitz ausserordentlich schwer deutbar. Man kennt zwar sog. Perlschnurblitze; doch haben diese ein wesentlich anderes Aussehen.

Betrachtet man das Bild näher, so findet man verschiedene Merkwürdigkeiten: Z. B. liegt der unterste Teil des Blitzes vor den Kronen der Bäume, während er zweifellos hinter den Bäumen eingeschlagen haben müsste. Weiterhin enden die einzelnen Bögen, aus denen sich der Blitz zusammensetzt, zum Teile frei in der Atmosphäre, während sie zumindest geschlossene Bögen darstellen sollten. Auch sonst finden sich noch eine Reihe von Verdachtsmomenten, die es wahrscheinlich machen, dass hier die Retusche eine ganz ausschlaggebende Rolle gespielt hat.»

In Amerika soll die Echtheit des Blitzes ebenfalls bezweifelt worden sein. Trotzdem machte die Blitzaufnahme in einer Reihe von ausländischen Zeitungen als merkwürdige Naturerscheinung die Runde. So in der Berliner Illustrierten Nr. 38 vom September 1937, in dem Nieuwe Rotterdamsche Courant Nr. 411 vom September 1937, in The illustrated London News vom 17. September 1937 und in Le Matin Nr. 19525 vom 5. September 1937. Die Schweizer Zeitungen lehnten die Aufnahme ab.

Die Erklärung der merkwürdigen Blitzform war verschieden: «Er drehte sich in rasender Geschwindigkeit zu der Form eines glühenden, gewundenen Dochtes — eine riesenhafte Spirale von blendendem weiss (Berliner Illustrierte); «Er gehört zu dem Typus, den die Deutschen Schlauchblitz nennen» (Rotterdamsche Courant); «Ein ausserordentlicher Blitz, et-