

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 43 (1952)

Heft: 25

Artikel: Das Farbflimmern von Leuchtstofflampen

Autor: Rohner, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059213>

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: 21.02.2026

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

Beim Fernsehen müsste dieser Fensterblick eigentlich durch eine zusätzliche Fernsehkamera an einem geeigneten Ort ausserhalb des Studios so eingestellt werden, dass er während der Sendung im richtigen Moment in den Handlungsablauf eingeschaltet werden könnte. Es ist für jeden Techniker leicht übersehbar, dass ein solcher Aufwand für eine kleine Szene wirtschaftlich nicht tragbar wäre. Hier kombiniert der Fernsehregisseur mit Erfolg seine direkten «Life-Aufnahmen» mit einer entsprechenden, vorher aufgenommenen Filmszene, die vorführbereit im Filmprojektor eingesetzt ist. Unser Versuchs-Sendebetrieb verfügt tatsächlich über eine Vorführungskabine, die mit Normal- und Schmalfilmapparaten für Bild und Ton, sowie mit einem Diapositiv-Apparat ausgerüstet ist. Diese Einrichtungen leisten unschätzbare Dienste bei der Abwicklung eines anspruchsvollen Fernsehprogrammes. So ist es z. B. möglich, einen komplizierten Handlungsablauf auf Film zu konservieren und ihn im geeigneten Moment in die direkte Aufnahme im Studio einzuflechten. Während der Vorführungszeit dieses eingeschalteten Filmteiles hat dann der Fernsehregisseur die Möglichkeit, im Studio Dekorationen umbauen oder durch die Schauspieler Kostümwechsel vornehmen zu lassen.

Nicht nur im Film, sondern auch im Fernsehen besteht die Forderung, die *Dynamik* eines Bild- und Szenenablaues zu übertragen. Es ist eine elementare, künstlerische Aufgabe des Regisseurs, nicht statische Bilder aneinander zu reihen, sondern einen flüssigen Bewegungsablauf festzuhalten.

Man wird es mir als Filmregisseur nicht verargen, wenn ich behaupte, dass unser schweizerisches

Fernsehen nur dann zu einem überzeugenden und auch künstlerischen Ausdruck kommen kann, wenn die zukünftigen *Fernseh-Gestalter* ihre Arbeit auf die jahrelangen Erfahrungen der *Film-Gestaltung*, vor allem der Film-Regie aufbauen. Wenn in verschiedenen grossen Filmproduktionsländern die Filmindustrie aus naheliegenden Gründen gegen die Einführung des Fernsehens gearbeitet hat und sogar den bewährten Filmschaffenden verboten wurde, sich dem Fernsehen zur Verfügung zu stellen, so mag das nur ein Beweis dafür sein, wie sehr sich die Filmindustrie ihren Vorsprung in der kombinierten Bild- und Tongestaltung bewahren wollte. Wir in der Schweiz sind in der glücklichen Lage, im Fernsehen keine Konkurrenzierung der einheimischen Filmproduktion befürchten zu müssen. Im Gegenteil: unsere bewährten Filmschaffenden, sowie fast ausnahmslos alle initiativen Filmproduzenten dürften die Television als ein neues Tätigkeitsfeld betrachten, das ihre im allgemeinen nicht leichte Wirtschaftsposition willkommen verbessern kann. Es scheint mir für unsere kleinen schweizerischen Verhältnisse, die uns nicht gestatten, Riesensummen für Elementar-Experimente im Fernsehen auszugeben, geradezu ein Gebot zu sein, dass die Exponenten des schweizerischen Filmschaffens mit denjenigen des Radios für den Aufbau einer einheimischen Television zusammenarbeiten. Wir in Basel sind stolz darauf, von allem Anfang an dafür gesorgt zu haben, dass Kräfte und Erfahrungen des Filmes mit denjenigen des Rundspruchs zu Nutzen unserer Versuchssendungen gepaart worden sind.

Adresse des Autors:

A. Kern, Kern-Film A.-G., Reichensteinerstrasse 14, Basel.

Das Farbflimmern von Leuchtstofflampen

Von E. Rohner, Zürich

621.327.43 : 612.843.53

Das Farbflimmern von verschiedenen Farbtypen von Leuchtstofflampen wurde gemessen und wird graphisch dargestellt. Es folgen eine kurze Diskussion der Resultate und einige Hinweise auf die praktische Bedeutung des Farbflimmerns.

L'effet de papillottement de la couleur de lampes fluorescences de diverses teintes a été mesuré et représenté graphiquement. Les résultats sont brièvement discutés et quelques conclusions en sont tirées, en ce qui concerne l'importance pratique de cet effet de papillottement.

Allgemeines

Allgemein wurde bis heute nur dem Intensitätsflimmern von Leuchtstofflampen und den dadurch bedingten Erscheinungen die nötige Beachtung geschenkt. Über das Farbflimmern aber ist auch in Fachkreisen sehr wenig bekannt. Man weiss höchstens, dass bei Leuchtstofflampen ein solches vorhanden ist, kann aber nichts aussagen über seine Grösse und seine Auswirkungen.

Dass ein Farbflimmern auftreten muss, lässt sich leicht erklären. Eine Fluoreszenzlampe löscht bei jedem Nulldurchgang des Wechselstromes. In diesem Moment sinkt die von der Quecksilberdampfentladung herrührende sichtbare Strahlung praktisch auf null. In diesem Zeitpunkt muss die Farbe der Lampe ändern, da der Einfluss des blauen Hg-Lichtes auf die resultierende Lichtfarbe der Leuchtstofflampen von ziemlicher Bedeutung ist. Der Gesamtlichtstrom der Lampe sinkt bei den Nulldurch-

gängen des Röhrenstromes nicht bis auf null, sondern erreicht nur einen bestimmten Minimalwert, da der Leuchtstoff die Eigenschaft des Nachleuchttens besitzt. Die Intensitätsschwankung ist aber nicht bei allen Wellenlängen des ausgestrahlten Lichtes proportional, denn das Nachleuchten des Fluoreszenzbelages ändert sich in Funktion der Wellenlänge des emittierten Lichtes. Dieser Umstand ist die Ursache einer weiteren Farbverschiebung. Die im folgenden beschriebenen Untersuchungen wurden durchgeführt, um ein Bild über die Grössenverhältnisse dieser Farbschwankungen zu erhalten.

Versuche

Für die spektralen Messungen wurde ein Monochromator (Fuess 139a) in Verbindung mit einer Photovielfachröhre (RCA 1P22) verwendet. Der Photostrom wurde direkt auf den Gleichstromverstärker eines Zweistrahl-Oszilloskopographen gegeben

und von dort die Intensitätsschwankungen (Flimmerkurven) in Funktion der Wellenlänge photographisch aufgenommen. Die Maxima sämtlicher Flimmerkurven einer Messreihe über den ganzen Bereich des sichtbaren Spektrums ergeben dann eine relative spektrale Energieverteilung entspre-

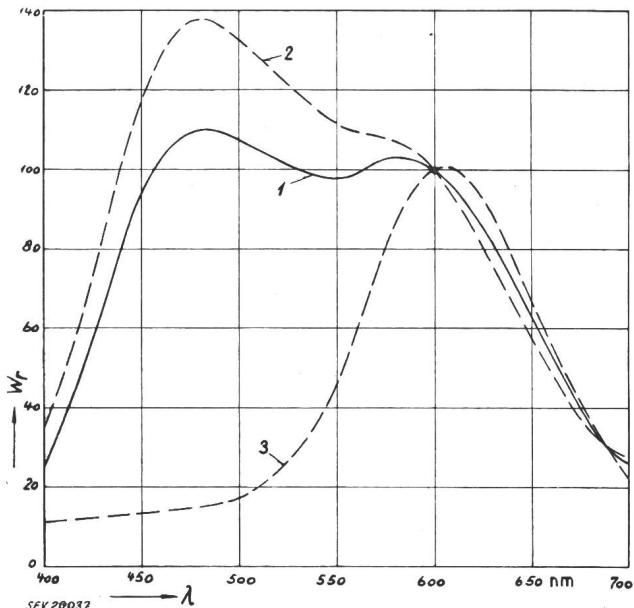


Fig. 1
Relative spektrale Energieverteilung einer Tageslicht-Leuchtstoffröhre

1 Mittelwert entsprechend dem Maximalwert 2 und dem Minimalwert 3 der Flimmerkurven; λ Wellenlänge;
 W_r relative Energie

chend einer oberen Grenze der Schwankung, die Minima eine relative spektrale Energieverteilung entsprechend einer unteren Grenze der Schwankung. Bestimmt man aus diesen Energieverteilungen

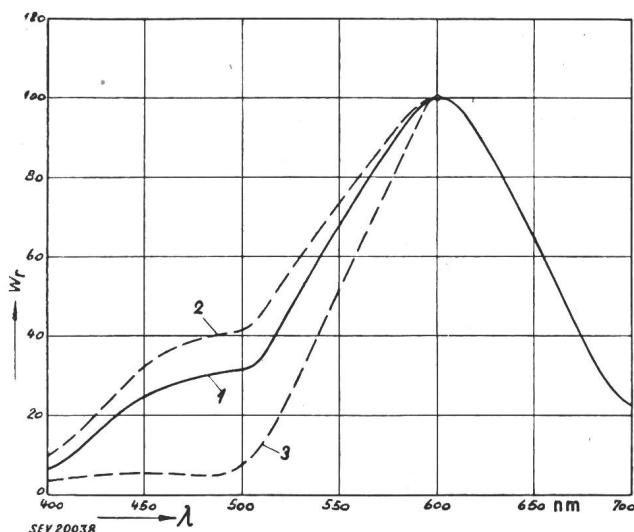


Fig. 2
Relative spektrale Energieverteilung einer Weiss-Leuchtstoffröhre (mit zusammengesetztem Leuchtstoff)
Bezeichnungen siehe Fig. 1

die Lage der ihnen zugehörigen Farbpunkte im Farbdreieck, so erhält man einen Überblick über die Grösse der Farbschwankung.

Im weiteren wurde die mittlere spektrale Energieverteilung direkt mit Monochromator, Verviel-

facher-Röhre und Spiegelgalvanometer ermittelt. Ihr entspricht wiederum ein Farbpunkt im Farbdreieck, der auf der Verbindungsgeraden der beiden Extrempunkte der Farbschwankung liegt und die Strecke den energetischen Verhältnissen entsprechend teilt. Zur Eichung der Messanordnung

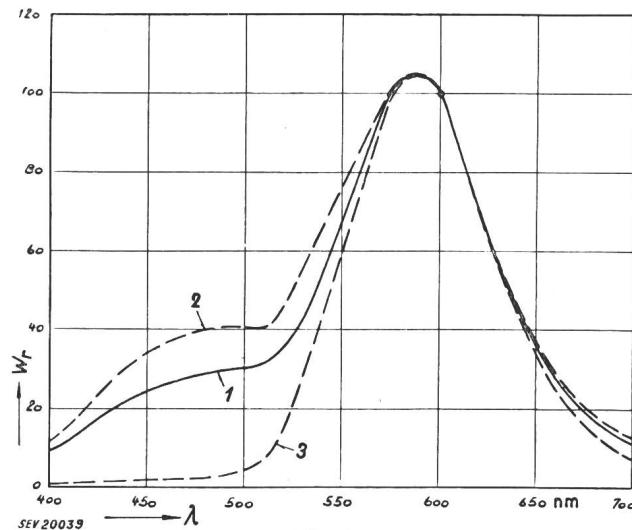


Fig. 3
Relative spektrale Energieverteilung einer Weiss-Leuchtstoffröhre (mit Halogenleuchtstoff)
Bezeichnungen siehe Fig. 1

wurden drei verschiedene Leuchtstofflampen verwendet, deren spektrale Energieverteilung bekannt war (gemessen im Eidgenössischen Amt für Mass und Gewicht). Als Bezugsgrösse für die relativen Energiemessungen wurde die Energie bei der Wellenlänge 600 nm gewählt, die gleich 100 gesetzt wurde.

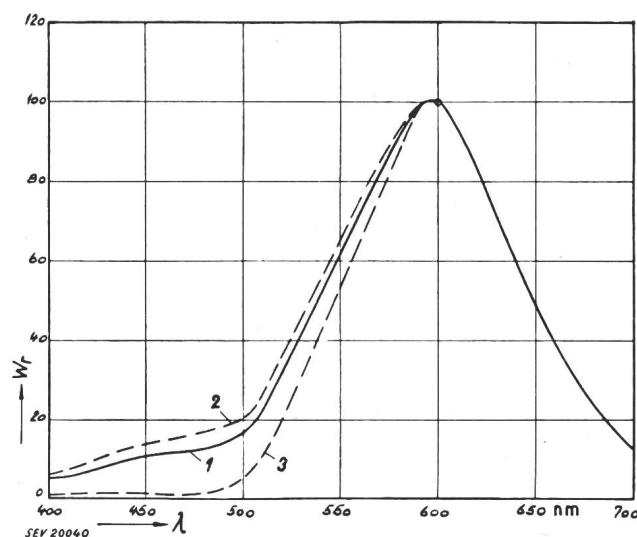


Fig. 4
Relative spektrale Energieverteilung einer Warmweiss-Leuchtstoffröhre
Bezeichnungen siehe Fig. 1

Untersucht wurden vier verschiedene Farbtypen von Leuchtstofflampen, eine «Tageslicht»-Lampe, zwei «Weiss»-Lampen (eine mit einem aus mehreren Komponenten zusammengesetzten Leuchtstoff, die andere mit Halogenleuchtstoff) und eine

«Warmweiss»-Lampe. In Fig. 1...4 sind die relativen spektralen Energieverteilungen (Kontinuen) aufgetragen. Fig. 5 zeigt die Farbpunkte der ausgemessenen Röhren und ihre Farbschwankungsreiche, eingetragen in einem vergrösserten Ausschnitt des Farbdreiecks. Bei der Ermittlung der

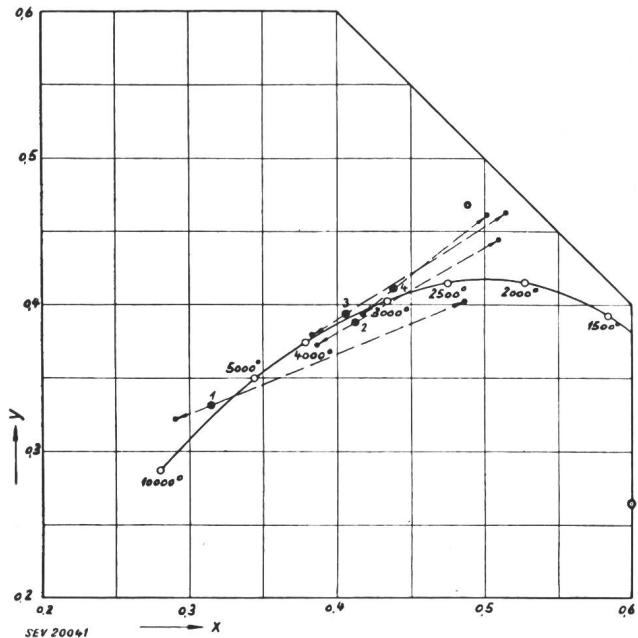


Fig. 5

Farbpunkte der ausgemessenen Leuchtstoffröhren und ihre Farbschwankung

x, y Koordinaten. Die Kurve ist der Farbort der schwarzen Strahlung

Lage der Farbpunkte wurden natürlich die Energien der Quecksilberdampf-Linien mitberücksichtigt.

Resultate und Schlussfolgerungen

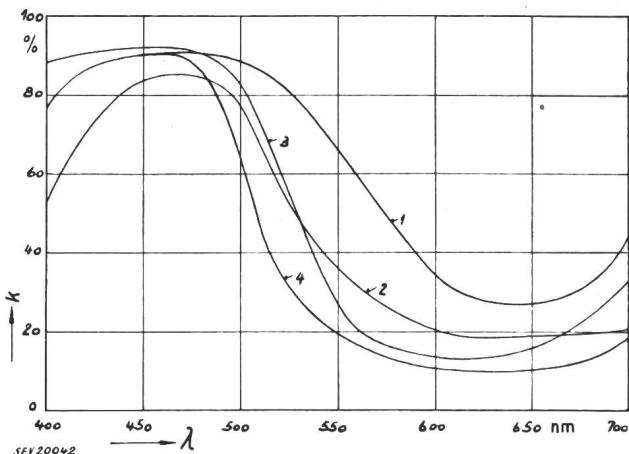
An Hand dieser Figuren lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Das Farbflimmern ist zur Hauptsache die Folge des ungleichmässigen Nachleuchtens des Leuchtstoffes über den Bereich des sichtbaren Spektrums. Mit abnehmender Wellenlänge, also gegen das Gebiet der blauen Strahlung, sinkt auch die Nachleuchtfähigkeit des Fluoreszenzbelages. Das hat zur Folge, dass im Moment des Nulldurchgangs des Stromes durch die Lampe der Blauanteil des ausgestrahlten Lichtes sehr klein wird, insbesondere da in diesem Moment auch das Blau der Quecksilberdampfentladung fehlt. Die Farbe der Röhre muss sich dadurch in diesem Zeitpunkt stark gegen das Rote hin verschieben. Dieser Effekt ist sowohl bei Röhren mit einem zusammengesetzten Leuchtstoff vorhanden, als auch bei Lampen mit Halogenleuchtstoff. Ein wesentlicher Unterschied ist bei diesen beiden Leuchtstoffen nicht festzustellen. Es ist somit klar, dass die Farbschwankungen bei einer Leuchtstofflampe mit starkem Gehalt an blauer Strahlung (z. B. «Tageslicht-Lampe») in stärkerem Masse auftreten als bei sogenannten «wärmeren» Leuchtstoffröhren (z. B. «Warmweiss»), die einen geringeren Blauanteil aufweisen. Dort ist es weniger

die Ungleichmässigkeit im Nachleuchten des Leuchtstoffes, als in stärkerem Masse die Schwankung des blauen Hg-Lichtes, die das Farbflimmern verursacht. Fig. 5 zeigt, dass die Farbschwankungen ein Vielfaches der Toleranz eines Farbschrittes (nach C. Zwikker ca. 800 °K) betragen, und somit unter geeigneten Voraussetzungen visuell sehr gut wahrgenommen werden können. In Fig. 6 sind die Flimmerfaktoren der ausgemessenen Lampen¹⁾ in Funktion der Wellenlänge aufgetragen. Die Kurven zeigen deutlich, dass alle Lampen im blauen Bereich des sichtbaren Spektrums sehr viel stärker flimmen als im roten Bereich. Wäre der Flimmerfaktor über sämtliche Wellenlängen konstant, d. h. die Intensitätsschwankungen des ausgestrahlten Lichtes bei allen Wellenlängen proportional gleich gross, so würde kein Farbflimmern auftreten. Bei den Quecksilberdampflinien erreicht der Flimmerfaktor natürlich nahezu den Wert von 100 %.

Normalerweise kann ein Flimmern bei einer Frequenz von 100 Hz vom menschlichen Auge nicht mehr festgestellt werden. Somit ist auch das Farbflimmern unter gewöhnlichen Umständen nicht mehr wahrnehmbar. Das Auge bildet den Mittelwert über die Schwankungen und vermittelt den Farbeindruck, der diesem entspricht. Das Farbflimmern kann aber auf stroboskopischem Wege leicht sichtbar gemacht werden.

Es stellt sich nun die Frage, ob diesem Farbflimmern nur theoretische Bedeutung beizumessen ist. Diese Frage ist zu verneinen, denn die Praxis hat gezeigt, dass das Farbflimmern unter Umständen sehr störende Einflüsse hervorrufen kann. So kann es z. B. in der Textilindustrie, Färbereien usw. bei bewegten farbigen Gegenständen unliebsame perio-



Flimmerfaktor k in Funktion der Wellenlänge λ
1 Tageslicht; 2 Weiss (mit zusammengesetztem Leuchtstoff); 3 Weiss (mit Halogenleuchtstoff); 4 Warmweiss

dische Farbänderungen verursachen, die Farbwahrnehmungen sehr erschweren und das Auge zudem stark ermüden. Ferner können Störungen, hervorgerufen durch das Farbflimmern von Leuchtstofflampen, beim Arbeiten mit optischen Instrumenten auftreten, die in Bezug auf ihre Farbfehler nicht korrigiert sind. (Diese Erscheinung wurde in

¹⁾ siehe Bull. SEV Bd. 43(1952), Nr. 11, S. 472.

der Praxis von A. Farner beobachtet und untersucht.)

Eine Verminderung des Farbflimmerns kann mit Hilfe der Duo-Schaltung von zwei Leuchtstofflampen erreicht werden. Seine vollständige Beseitigung erreicht man natürlich, wenn die Röhren mit Gleichstrom betrieben werden. Auch das Speisen der Lampen mit einem Wechselstrom höherer Frequenz würde eine Verbesserung in Hinsicht auf das gesamte Flimmern mit sich bringen. Weiter haben die Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen einen begrenzten Einfluss sowohl auf das Farbflimmern, als auch auf das Intensitätsflimmern. Die Entla-

dung sollte nach dem Nulldurchgang der Wechselspannung an der Röhre sofort ohne Verzögerung wieder zünden, damit die Strompausen, innerhalb welcher der Röhrenstrom auf null sinkt, einen minimalen Wert erreichen. Damit wird auch die Abklingzeit des Nachleuchtens der Lampe auf ein Minimum beschränkt.

Die Messungen wurden im Lichttechnischen Laboratorium des Institutes für höhere Elektrotechnik an der ETH (Prof. Dr. M. Strutt) durchgeführt.

Adresse des Autors:

E. Rohner, dipl. Ingenieur ETH, Institut für höhere Elektrotechnik der ETH, Gloriastrasse 35, Zürich 6.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Ein wenig bekannter Pionier des Schnell-Distanzschutzes

621.316.925.45

Nach fast 50jähriger Entwicklungszeit, von den ersten unbestimmten Vorschlägen an, ist der Distanzschutz heute zum vorherrschenden Selektivschutz der Hochspannungsnetze geworden. Etwa um 1923 fing man an, Distanzrelais in die Netze einzubauen; es waren Apparate, deren Auslösezeit mit der Distanz des Kurzschlussortes anstieg. Diese Erstkonstruktionen konnten im Wettlauf mit dem sprunghaften Wachsen und Vermaschen der damaligen Hochspannungsnetze den steigenden Ansprüchen jeweils nicht lange genügen. Ein Aufsatz aus dem Jahre 1931 von M. Walter, Berlin¹⁾ behandelt den geschichtlichen Werdegang dieses ersten Zeitschrittmessers.

Seither war man vor allem bemüht, die Eigeneit der Relais zu verkürzen, und es gelang schliesslich mit dem Einperioden-Distanzschutz bis nahe an die eigene Grenze des Messprinzipes zu kommen. Das äusserst schnelle Abschalten der Kurzschlüsse ist bekanntlich mit Rücksicht auf die Netzstabilität entscheidend wichtig, wenn grosse Energiemengen auf sehr weite Entfernung zu übertragen sind. Mit dem Drehfeldprinzip wurde es ferner möglich, den vorher unvereinbar scheinenden Gegensatz zwischen Reaktanz-Charakter und Pendelsicherheit zu überwinden und gleichzeitig auch die Distanz der Störungsstelle wesentlich genauer zu erfassen.

Wenn wir nach diesem kurzen Überblick nun rückschauend untersuchen, welche der zahllosen Einzel-Erfundenen aus der Frühzeit ihren Wert noch im heutigen Schnell-Distanzschutz unverändert beibehielten, so stossen wir auch auf die Arbeiten von Paul Ackerman, damals Protection-Engineer der Shawinigan Water & Power Company in Canada, der darüber in «The Engineering Journal» 1922 berichtete²⁾. Ackerman beendigte 1908 seine Studien an der ETH. Er baute seinen für den Eigenbedarf der Shawinigan hergestellten, doppelstufigen Impedanzschutz 1920 in diesem Strahlen-Netz ein, noch bevor 1923 in Deutschland der erste Impedanz-Zeitschutz für vermaschte Netze in Betrieb kam. Wenn seine Verdienste bei uns wenig bekannt sind, so hat das mehrere Gründe. Einmal nahm er für seine Erfundenen keinen Patentschutz, so dass sie weder durch den normalen Weg der Veröffentlichung noch der Industrie-Reklame konkret gefasst vorlagen. Dann konnte die Tragweite des Neuen damals noch nicht richtig beurteilt werden, weil es, dem üblichen Bedarf vorauselend, erst mehrere Jahre später als unentbehrliches Erfordernis für den Selektivschutz aufrat. Schliesslich aber auch, weil die bereits erwähnte Veröffentlichung¹⁾ den Verdiensten Ackermans in mehrfacher Hinsicht keineswegs gerecht wurde.

Im 50-kV-Netz der Shawinigan, das im wesentlichen aus zwei 87 km langen, parallelen Leitungen vom Kraftwerk Shawinigan Falls nach der Schaltstation Victoriaville bestand und von hier mit 2 Abgängen von je etwa 77 km zu den Transformatoren-Stationen der Verbraucher führte, waren ursprüng-

lich stromabhängige Überstrom-Zeitrelais eingebaut. Es zeigte sich nun, dass der Schutz bei starkem Generator-Einsatz richtig arbeitete, dass aber bei Schwachlast-Betrieb Abschalt-Versager vorkamen. Ackerman ging der Ursache der im Sommer 1919 genau beobachteten Fehler auf den Grund und erkannte dabei ein prinzipielles Unvermögen des Überstrom-Schutzes. Nach mehreren unbefriedigenden Anläufen entdeckte er die «Current Potential Overbalance Protection», wie er seinen neuen Schutz damals nannte, liess ihn ausführen und im Netze einbauen. Es waren Relais mit einem Strom- und einem Spannungsmagnet beidseitig eines Waagebalkens, ohne störende Zusatzkräfte, also messtechnisch saubere Impedanzmeter. Die Eigenschaften dieses Relais fasste er in der erwähnten Veröffentlichung folgendermassen zusammen:

1. Its actuation depends entirely on the relation between current and voltage irrespective of their actual magnitude.

2. The protection will be just as effective, therefore, for currents below normal load current; and in consequence the functioning can be made the same for all operating conditions and irrespective of the generator capacity.

Damit zeigte Ackerman erstmals den Weg, um beim Selektivschutz von der Grösse des Stromes unabhängig zu werden. Wenige Jahre später wurden dann die gleichen Verhältnisse wie im Netz der Shawinigan auch in deutschen Hochspannungsnetzen festgestellt und zur Abhilfe Impedanz-Anregeglieder eingesetzt. Das Impedanzrelais ist inzwischen zum Standard-Apparat geworden; es wird auch heute angewendet, wenn Kurzschlußströme unter Nennstrom zu erwarten sind oder wenn die Reichweite des Schutzes einen bestimmten Punkt im Netz (z. B. Transformator) nicht überschreiten soll. Auch diese letzte Anwendungsart geht auf Ackerman zurück, wie der folgende Punkt seiner Zusammenfassung darlegt:

3. The actuation of the relay depends on the location of the short circuit, so that its radius of action can be fixed. In consequence, selective action of switches in series can be obtained by limiting the active radius of the relay, instead of by time selective setting, usw.

Auch das war eine ebenso neue wie grundlegend wichtige Erkenntnis; um selektiv abschalten zu können, braucht man keine Zeit mehr (und auch keine Hilfsleitungen, wie beim damals bekannten, momentanwirkenden Längsdifferentialschutz). Nur weil es den Relais — damals wie heute — praktisch nicht möglich ist, den Endpunkt der Leitung genau genug festzustellen, muss für das Ende der Strecke eine Zeitstufe eingeführt werden. Das ist die treppenförmige Zeitcharakteristik des modernen Schneldistanzschutzes. Die Zeitstufe wird heute — meist bei Schnellwiedereinschalten — durch einen Hochfrequenzbefehl des Gegenrelais beseitigt. Ackerman stellte seine momentan wirkenden Impedanzrelais der ersten Stufe etwas kürzer als die geschützte Leitung ein (This set can be made instantaneous since its balance adjustment prevents it from operating for a short circuit beyond switch B, so that no time selective adjustment will be required for this set.), während als zweite Stufe ein Impedanzrelais mit Zeitverzögerung, auf grössere Distanz eingestellt, den Rest der Strecke und die Sammelschienen schützte. Wenn diesbezüglich — um ein einziges Beispiel anzuführen — im bereits zitierten Aufsatz¹⁾ zu lesen ist:

¹⁾ Walter, M.: Die Entwicklung des Distanzschutzes. VDI Z. Bd. 75(1931), Nr. 52, Dez. 1931, S. 1555..1558.

²⁾ Ackerman, P.: Relay Protection for Radial Transmission and Distribution Systems. J. Engng. Inst. Canada Bd. 5 (1922), Dezember, S. 571.