

glanzes gegen eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd angestellt habe.

Ich gebe hiernach der Erwägung des Hrn. C. Heumann anheim, ob und inwieweit er — Angesichts meiner früheren und neueren Arbeiten über den in Rede stehenden Gegenstand und bei dem gänzlichen Mangel an beweisenden Versuchszahlen, der seinen eigenen Angaben anhaftet — berufen war, eine so laute Prioritätsreclamation gegen mich zu erlassen; ich gebe seiner Erwägung ferner anheim, ob und inwieweit er unter den obwaltenden Umständen berechtigt war, meine bezüglichen Arbeiten kurzweg als eine „Bestätigung“ seiner Versuche anzusprechen. Wenn eine genaue, überall auf Zahlenbeweise gestützte, ihren Gegenstand erschöpfende Untersuchung als eine Bestätigung unfertiger Versuche bezeichnet werden darf, dann — aber auch nur dann — hat Hr. Heumann ein Recht, in meinen Mittheilungen eine Bestätigung seiner Angabe zu erblicken.

Berlin, am Neujahrstage 1875.

VIII. *Ueber die Wahl des Querschnittes von Blitzableitern;*
von Dr. W. A. Nippoldt in Frankfurt a. M.

Die Angaben von Kuhn in Karsten's „Encyklopädie der Physik“ über das Verhältniß der Querschnitte der Blitzleitungen aus verschiedenen Metallen basiren auf nicht ganz zutreffenden Principien. Kuhn geht nämlich von dem Grundsatz aus, allen Blitzableitern, mögen sie sehr lang oder kurz seyn, aus diesem oder jenem Metall bestehen, die nämliche Leitungsfähigkeit zu geben. Als Norm gilt a. a. O. eine Leitung von Rundeisen von 64 Pariser Fußs Länge und 5 resp. 6 Linien Durchmesser. In dem

Maafse, als der specifische Widerstand eines andern Metalles gröfser oder kleiner ist als der des Eisen oder eine Leitung länger als 64 Fuß, muß, um die nämliche Leitungsfähigkeit zu erzielen, der Querschnitt der andern Leitung von dem der ersteren verschieden seyn. Warum alle Leiter stets den nämlichen elektrischen Widerstand von beiläufig 0,01631 Siemens'schen Einheiten haben sollen, wird in dem Werk nicht näher motivirt.

Es scheint dem Zweck eines Blitzableiters besser zu entsprechen, wenn man die Anlage so herstellt, daß das verwandte Metall den *besten* Leitungsweg von allen in der Nähe befindlichen für Spannungselektricität besitzt. Wird der gespannten Elektricität zu ihrem Ausgleich ein sehr langer dünner Draht geboten, so beobachtet man oft, daß, statt dieser Leitung zu folgen, die Elektricität von ihr abspringt und einen kürzeren Weg etwa durch die Luft nimmt, trotzdem sie hier einen viel größeren Widerstand zu überwinden hat. Dies wird bekanntlich bei Telegraphen-Blitzableitern benutzt, indem man zwei Metallkämme mit ihren Zinken einander gegenüberstellt, ohne daß diese in leitender Verbindung mit einander stehen. Die Entladung der atmosphärischen Elektricität erfolgt dann hauptsächlich durch den Luftraum zwischen den Kämmen und nur ein kleiner Theil derselben durch die Windungen des Relais.

Ist es daher mit Schwierigkeiten verknüpft, die Führung eines Blitzableiters zum feuchten Boden in möglichst directer Richtung herzustellen und ist man genöthigt, lange horizontale Leitungen bis zu einem günstigeren Bodenterrain anzulegen, so kann allerdings der Fall eintreten, daß durch die große Länge der Leitung der Widerstand so vergrößert ist, daß ein Abspringen des Blitzes möglich wird. In diesem Fall muß der Querschnitt des Drahtes vergrößert werden. Ebenso wird ein größerer Querschnitt nothwendig, wenn in dem zu schützenden Gebäude oder in der Nähe desselben große Metallmassen lagern, wie Eisenschienen und dergleichen. Diese Specialfälle werden aber von der ersten Bedingung eingeschlossen; daß näm-

lich der Blitzableiter der *beste* von allen in der Nähe befindlichen Leitern seyn soll, die einen Ausgleich der atmosphärischen Elektricität herbeizuführen im Stande sind.

Von allen möglichen Fällen läßt sich aber der weitaus größte Theil, als unter gewöhnliche Verhältnisse fallend, ausschalten und für diese ergibt sich eine vollkommene Unabhängigkeit des Querschnittes von der Länge der Leitung. Es sind dies die Blitzableiter für solche Gebäude etc., bei denen eines Theils keine größeren Metallmassen lagern, und deren Bauterrain andern Theils nur wenig über dem Grundwasser liegt.

Geht man von dem Erfahrungssatze aus, daß eine Leitung von Rundeisen von 6''' Durchmesser für diese gewöhnlichen Fälle ausreicht, so ergibt sich das Querschnittsverhältniß zu Leitungen aus anderem Metall aus folgenden Betrachtungen.

Damit das Metall ungeändert bleibe, muß man es vor allen Einflüssen, die es schädigen könnten, schützen. Diese schädlichen Einflüsse können mechanischer oder molecularer Natur seyn. Sieht man von den ersteren ab, so bleiben als letztere vornehmlich Structuränderungen ¹⁾, chemische und Wärmewirkungen. Gegen die Structuränderungen schützt man sich durch die Wahl eines passenden Metalles, gegen die chemischen (Oxydation etc.) durch einen unveränderlichen Ueberzug: Anstrich, Ueberziehen des Leiters mit einer dünnen Schicht einen edleren Metalles etc. Gegen die Wärmeeinflüsse kann man sich nur schützen durch einen ausreichenden Querschnitt der Leitung. Die Hauptwirkungen einer Blitzesentladung sind aber gerade die thermischen und diese dürfen nie so groß seyn, daß der Draht Structuränderungen erfährt, noch sich so weit erwärmt, daß die hohe Temperatur den Leitungsdraht selbst oder seiner nächsten Umgebung schädlich wird.

1) Messing hat bekanntlich die mißliche Eigenschaft, wenn es längere Zeit der Atmosphäre ausgesetzt ist, brüchig und mürbe zu werden, so daß es seine ursprüngliche Festigkeit nicht behält.

Es sind die Untersuchungen von Riefs, welche hier ihre practische Anwendung finden, nämlich die über die Wärmeerzeugung durch eine elektrische Entladung in den *einzelnen Theilen* eines Leiters.

Man gehe also von der Forderung aus, daß kein Theil des Blitzableiters sich soweit erwärmen soll, daß dadurch in irgend einer Weise für ihn oder seine Nachbarschaft Gefahr droht; oder man sage: die Temperaturerhöhung, durch einen Blitzschlag erzeugt, darf ein gewisses Maafs nicht überschreiten. Eine Eisenleitung von 6" Durchmesser erfülle diese Forderung. Wie groß muß alsdann der Querschnitt eines Blitzableiters seyn, welcher aus einem andern Metall gefertigt werden soll?

Das Maximum der Intensität der bis jetzt beobachteten Blitzschläge, für welches jene Normalleitung ausreicht, sey J , so wird diese Intensität weder verringert noch vermehrt, ob man auch einen Blitzableiter von größerer oder geringerer Leitungsfähigkeit anlegt; denn man bedenke, daß der elektrische Strom außer durch das Metall des Leiters noch durch ein großes Stück Luft zu schlagen hat, deren Leitungsfähigkeit gegen die des Blitzableiters verschwindend klein ist. Die Wärmemenge, die durch eine elektrische Entladung in einem Theil des ganzen Leitungsweges erzeugt wird, ist proportional dem Widerstand desselben. Die Temperaturerhöhung, die das Stück des Leiters erfährt, ist abhängig außer von der entwickelten Wärmemenge, von seiner specifischen Wärme, von seiner Masse und seinem Wärmeleitungsvermögen. Bei atmosphärischer Luft oder trockenem Erdreich ist die Temperaturerhöhung trotz der großen Masse, welche erwärmt wird, so groß, daß in ersterer Lichterscheinung, der Blitz, sichtbar wird und in letzterem Schmelzungen entstehen, die unter dem Namen Blitzröhren bekannt sind. Das geringe Wärmeleitungsvermögen der Luft und des Erdreichs verhindert die Ausbreitung der Wärme, die Wirkungen derselben concentriren sich auf einen äußerst engen Weg. Das Metall des Blitzableiters wird indeß erwärmt, indem

alle Punkte eines Querschnittes des Drahtes die nämliche Temperatur gleichzeitig annehmen.

Sollen zwei Blitzableiter aus verschiedenen Metallen dieselbe Temperaturerhöhung erfahren oder soll diese in den einzelnen Theilen einer Leitung, die aber aus verschiedenen Metallen bestehen mag, nicht über das nämliche Maafs gehen, so liefert uns diese Bedingung die untere Gränze des Querschnittes der verschiedenen Metalle, unter welche nicht gegangen werden darf.

Bezeichnet man mit

ΔR den elektrischen Widerstand eines Stückes der Leitung von der Länge ΔL ,

J das erfahrungsmässige Maximum der Intensität einer Blitzesentladung,

ΔW die durch J in ΔL erzeugte Wärmemenge, so ist bekanntlich

$$\Delta W = C \cdot J^2 \cdot \Delta R,$$

wo C eine Constante ist, deren Grösse von der Wahl der Einheiten abhängt. Die Temperaturerhöhung ergibt sich folgendermassen.

Bezeichnet

ΔM die Masse des in ΔL enthaltenen Leitungsstückes,

q den Querschnitt,

s das specifische Gewicht,

w die specifische Wärme,

r den specifischen Widerstand der Leitung,

so ist die Temperaturerhöhung, welche die Masse ΔM erfährt

$$T = \frac{\Delta W}{\Delta M \cdot w} = \frac{\Delta W}{\Delta L \cdot q \cdot s \cdot w}.$$

Der Widerstand ΔR des Leitungsstückes ergibt sich zu

$$\Delta R = \frac{\Delta L}{q} \cdot r$$

also

$$T = \frac{C \cdot J^2 \cdot r \cdot \Delta L}{q^2 \cdot s \cdot w \cdot \Delta L} = \frac{C \cdot J^2 \cdot r}{q^2 \cdot s \cdot w}.$$

Solange also r , s und w dieselben Werthe behalten, bleibt auch q constant, da die Temperaturerhöhung T als Constante, als erlaubtes Maximum anzusehen ist.

Für die Praxis reicht es vollkommen aus, wenn man annimmt, daß sich s und w nur gleichzeitig ändern können d. h. die geringen Unterschiede der Dichte und specifischen Wärme desselben Metalles sind für den vorliegenden Zweck als verschwindend zu betrachten. Hingegen muß man die bessere und geringere Metallsorte hinsichtlich ihres specifischen elektrischen Widerstandes wohl von einander unterscheiden. Für einen Blitzableiter aus einem andern Metall, oder für ein Leitungsstück desselben Blitzableiters von anderem Metall ergibt sich die Constante

$$T = \frac{C \cdot J^2 \cdot r_1}{q_1^2 \cdot s_1 \cdot w_1},$$

wo r_1 , q_1 , s_1 und w_1 dieselbe Bedeutung hat wie früher. Hieraus findet sich schliesslich das Verhältniß der Querschnitte für verschiedene Metalle

$$\frac{q_1}{q} = \sqrt{\frac{r_1}{r}} \cdot \sqrt{\frac{s \cdot w}{s_1 \cdot w_1}}$$

in vollständiger Unabhängigkeit von der Länge des Leitungsstückes und zwar proportional der *Quadratwurzel* aus dem Verhältniß der specifischen elektrischen Widerstände, während Kuhn unter der Annahme, daß die ganze Leitung stets höchstens den Widerstand von 0,01631 S.-E. haben darf, einfache Proportionalität und Abhängigkeit des Querschnittsverhältnisses von dem Längenverhältniß vorschreibt ¹⁾.

Setzt man für Eisen (Stabeisen von 6 Par. Lin. Dicke)

$$s = 7,788; w = 0,1138; q = \frac{36 \cdot \pi}{4} \square''' = 144 \square \text{ Mm.}$$

und für Kupfer

$s_1 = 8,95; w_1 = 0,0933; \frac{r_1}{r}$ der Reihe nach $= \frac{1}{5}; \frac{1}{6}; \frac{1}{7}; \frac{1}{8}$ und $\frac{1}{9}$, so ergibt sich

$$\frac{q_1}{q} = \sqrt{\frac{s \cdot w}{s_1 \cdot w_1}} \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r}} = 1,030 \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r}} = \begin{cases} 0,4607 & \text{wenn } \frac{r_1}{r} = \frac{1}{5} \\ 0,4206 & \text{" " } = \frac{1}{6} \\ 0,3894 & \text{" " } = \frac{1}{7} \\ 0,3642 & \text{" " } = \frac{1}{8} \\ 0,3434 & \text{" " } = \frac{1}{9} \end{cases}$$

1) Encyklop. der Physik, Bd. XX, S. 76 und 85.

$q_1 = 66,35; 60,56; 56,07; 52,45$ oder $49,45$ Quadratmillimeter, je nachdem der specifische Widerstand des Kupfers $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{9}$ von dem des Eisens ist. Dieser grössere Querschnitt des Kupfers ändert auch die bei Kuhn angeführten Preisverhältnisse und da der verzinkte Eisendraht für telegraphische Zwecke jetzt massenhaft hergestellt wird, so stellt sich derselbe aus diesem Grund schon um mindestens 25 Proc. billiger, als der dort angeführte Preis sagt. Rechnet man dies grössere Querschnittsverhältniß von Kupfer zu Eisen hinzu, so wendet sich der Vorthail ganz entschieden auf Seite des verzinkten Eisendrahtes, wenn man bedenkt, daß man diesen Draht in Seilform herstellen kann und also neben der Unveränderlichkeit noch den Vorthail hat, daß Compensationen, wegen Temperaturwechsels bei massiven Metallstangen nothwendig, hier fortfallen.

IX. *Eine Bemerkung zum Aufsatze des Hrn. Prof. E. Edlund: Ueber das Wesen der Elektrizität; von Dr. Georg Baumgartner.*

Nach Ansicht des Hrn. E. Edlund besteht der galvanische Strom in nichts Anderem, als in dem Transport des freien Aethers nach der Länge des galvanischen Leiters. Prof. Edlund zeigt zwar an vielen Beispielen (nicht allein in dem oben erwähnten Aufsatze, sondern auch in der sehr geistreichen Arbeit: Ueber die Beschaffenheit des galvanischen Leitungswiderstandes etc.), daß man mit dieser Ansicht über das Wesen des galvanischen Stromes ganz gut auskommen könne.

Doch mit der Thatsache, daß nämlich der leere Raum (oder besser gesagt die Annäherung an den leeren Raum wie wir ihn unter den Recipienten der Luftpumpe herstellen können) gar keine Leitungsfähigkeit besitzt, scheint