

Über einige elektrische Entladungserscheinungen und ihre photographische Fixirung

VON

A. Freiherrn v. Hübl

und

A. v. Obermayer,

c. M. k. Akad.

(Mit 2 Tafeln.)

Die photographische Fixirung elektrischer Entladungserscheinungen ist in letzterer Zeit häufig Gegenstand der Untersuchung gewesen und manches bemerkenswerthe Resultat ist auf diesem Wege gewonnen worden.

Speciell mit der Abbildung elektrischer Funken haben sich Righi¹ und Cardani² befasst und es hat ersterer auch Reproductionen seiner Photographien, sowie farbige Darstellungen von Funkenerscheinungen veröffentlicht.³ Die photographische Fixirung von Blitzschlägen hat über dieselben bereits ganz beachtenswerthe Aufschlüsse gegeben, aber auch Manches zu Tage gefördert, was noch einer Erklärung bedarf.

Das photographische Bild eines elektrischen Funkens auf einer empfindlichen Glasplatte zeigt einen mehr oder minder markirten Canal, welcher beiderseits von einer Aureole umgeben ist. Der Querschnitt dieses Canales nimmt mit der Capacität der entladenen Batterie etwas langsamer, als nach der ersten Potenz der Capacität zu (Cardani) und scheint kreisförmig zu sein.

¹ A. Righi. Sulla fotografia dell' scintille elettriche ed in particolare di quelle prodotto in acqua. Il nuovo Cimento. (3, XVIII Sept. 1885, p. 49.)

² Beiblätter Bd. IX, S. 470.

³ A. Righi. Ricerche sperimentale sulle scariche elettriche. Atti dell' Accademia pontificia dei nuovi Lincei XXIX. Roma 1876.

Da der Funke für sein eigenes Licht durchsichtig ist, erscheint insbesondere bei Funken von kleinem Querschnitte jede Umbiegung des Funkens im Raume, gegen oder vom Apparate hinweg, im Negativ dunkler.

Die Anwendung kleinerer Diaphragmen im photographischen Apparate verschmälert den Durchmesser des photographischen Bildes des Funkencanals und schwächt das Bild der Aureole.

Viel unabhängiger vom Einflusse des Diaphragmas fanden wir die Funkenbilder auf Bromsilberpapier (Morganpapier). Dasselbe ist einestheils weniger empfindlich, andererseits ist durch dessen Anwendung die Reflexion an der Rückseite der Glasplatte vermieden. Die kleineren Diaphragmen schwächen hierbei die Intensität des Bildes im Allgemeinen, verschmälern das Bild der Aureole, ändern aber den Durchmesser des Funkencanalbildes nur unmerklich. In der Anwendung des Papierees zu Photographien von Blitzen scheint ein Mittel zu liegen, um Erscheinungen in der Blitzphotographie, welche der Reflexion an der Rückseite des Glases zugeschrieben werden könnten, zu eliminiren.

Wir haben weiter Bilder des Funkens einer oscillirenden Entladung zwischen Zinnkugeln fixirt, und dann die Bilder Funken hergestellt, wenn dieselben durch einen kräftigen Luftstrom angeblasen wurden.

Ferner sind Versuche über Funken mitgetheilt, welche gegen Wasser schlagen, und zwar aus einer Spitze gegen eine Wasseroberfläche und zwischen Wasserelektroden.

Schliesslich haben wir die Photographie zerstäubender Drähte unternommen und die Bilder mit dem rotirenden Spiegel aufgelöst. Dabei sind sowohl Entladungen angewendet worden, deren Oscillationsdauer so klein war, dass sich in den durch den rotirenden Spiegel aufgelösten Funkenbildern keine deutlich ausgeprägten Anzeichen einer Oscillation finden, als auch Entladungen mit ziemlich grosser Oscillationszeit.

Die Influenzmaschinen und die Batterie.

Zu den Versuchen wurde theils eine Doppelinfluenzmaschine erster Art, von 46 *cm* Scheibendurchmesser; theils eine vierscheibige Influenzmaschine zweiter Art, mit paarweise gegen

Als Batterie konnten 24 Leydnerflaschen benützt werden, die zu je sechs in einem Kasten aufgestellt waren.

Die inneren Belegungen je dreier, nach der Längsrichtung des Kastens stehender Flaschen waren in der gewöhnlichen Weise durch Messingstangen verbunden, welche die Kugeln der von den inneren Belegungen heraufreichenden Stangen durchsetzen. Die Staniolbelegung des Kastens verbindet die äusseren Belegungen der sechs Flaschen. Die Kästen selber sind isolirt aufgestellt. Diese Anordnung gestattet die Batterie in Cascaden zu acht, vier und zwei Gruppen zu schalten oder auch alle 24 Flaschen nebeneinander zu verwenden. Die Schaltung der inneren Belegung geschieht durch Auflegen von mit Messingkugeln versehenen Messingstangen, quer über die oben erwähnten Verbindungsstangen der Flaschen. Die Schaltung der äusseren Belegungen geschieht gleichfalls durch solche Messingstangen, welche über die in Kugeln endigenden Messingstäbe gelegt werden, welche von den Staniolbelegungen der Kästen herausreichen.

Die Leydnerflaschen selbst, sind aus dickwandigen Glas-cylindern von 42 *cm* Höhe und 14 *cm* Durchmesser, durch Belegen mit Staniol, bis zur Höhe von 35 *cm* vom Boden hergestellt. Die sehr veränderliche Wandstärke der Cylinder ist im Mittel etwa 4 *mm*.

Die Flaschen erwiesen sich so widerstandsfähig, dass nie eine derselben von einem Funken durchgeschlagen wurde. Bei zu hoher Spannung fand die Entladung über den Flaschenrand statt. Die nahe an den Rand reichende Staniolbelegung wirkt wie ein Sicherheitsventil.

Um die 35 *cm* Schlagweite der grossen vierscheibigen Influenzmaschine zu erhalten, musste die Batterie als eine Cascade von acht Gruppen zu drei Flaschen angewendet werden.

Um beliebige Bruchtheile der Batterie einschalten zu können, sind zur Vermeidung von Klemmen alle Kugeln der festen Verbindungsstangen mit etwa 2 *mm* im Durchmesser haltenden Löchern versehen. In diese werden die abgeschabten Enden der mit Guttapercha überzogenen Kupferdrähte eingeschoben. Die Ausströmungen, welche so gern an den Klemmen entstehen, sind auf diese Art vermieden.

Die oscillirenden Funken der 24 neben einander verbundenen Flaschen wurden durch einen Schiele'schen Ventilator ¹ von unten angeblasen. Das Ansehen der Funken verändert sich jetzt insoferne, als ein dunkelröthlicher Streifen glühender Metalltheile hinweggeblasen wird. In der Photographie zeigen sich diese Funken von grosser Regelmässigkeit und etwas im Sinne des Luftstromes gebogen. Es scheint fast, als ob mit der Entfernung der rothglühenden Metalltheilchen die Ursache der Unregelmässigkeit und Krümmungen beseitigt worden wäre.

Es war nicht gut ausführbar, diese Funken mit dem rotirenden Spiegel zu analysiren, weil die Versuchsanordnung zu weitläufig ausgefallen wäre.

Bilder von Funken, die auf Wasser schlagen.

Es ist eine schon sehr lange bekannte Erscheinung. ² dass ein elektrischer Funke, welcher auf eine Wasseroberfläche schlägt, sich auf derselben sternförmig ausbreitet. Es entsteht ungefähr dieselbe Erscheinung, welche Rosetti für die Verbreitung eines Funkens auf einer einseitig mit Staniol belegten Glastafel beschrieben hat ³, und welche auch in Russ fixirt werden kann, wenn ein Funke aus einer Spitze auf eine, auf einer Metallplatte aufliegenden Glasplatte schlägt.

Auf der Wasseroberfläche hat Spiess ⁴ diese Erscheinung festzuhalten versucht, indem er auf das Wasser leichte, pulverförmige Körper aufstreuete.

Wir haben versucht, die Erscheinung mit Bromsilbergelatinsplatten in der Camera zu photographiren, sind aber zu keinem Resultate gelangt. In den Bildern war bloss der weisse Funke

¹ Dieser Schiele'sche Ventilator wurde mit elektrischer Kraftübertragung zwischen zwei Crompton-Dynamos angetrieben. Er wurde auf 3000 bis 3500 Touren gebracht. Er eignet sich zum Anblasen des rotirenden Geschossmantels im Versuche von Magnus über die Abweichung rotirender Langgeschosse und zum Betriebe der Helmholtz'sehen Doppelsirene. Er gibt 10 cm Wassersäule Windpressung.

² Priestley, Geschichte der Electricität. Deutsch von Krünitz. S. 449 und S. 455.

³ Carl, Rep. 1873, Bd. 9, S. 1.

⁴ Wiedemann, Ann., Bd. 31, S. 975.

bis zur Oberfläche abgebildet, die röthlichweissen Strahlen wären aber ausgeblieben.

Dagegen gelang es auf einem Blatte Morganpapier, welches auf der Wasseroberfläche schwimmt, die strahlenförmige Erscheinung zu fixiren. Ausser den Strahlen, die man mit freiem Auge sieht, zeigt das Bild noch um jeden Strahl herum eine blattartige Verbreiterung. Die Fig. 1, Tab. I stellt einen verkleinerten Abdruck eines solchen Funkenbildes dar,

Einen charakteristischen Unterschied zwischen Entladungen aus positiven und negativen Spitzen konnten wir nicht finden.

Auf gewöhnlichem Packpapier fixirt sich die Erscheinung durch das Wasser, welches durch das Papier an den von dem Funken gestreiften Stellen hindurchtritt. Die Strahlen des Funkens sind aber kürzer und ebenso die blattartige Verbreiterung. Das Papier erscheint an den Enden der Strahlen wie durchstochen.

Zur Ausführung dieses Versuches diente eine in ein Stativ gespannte Kupferplatte, welcher gegenüber eine, von demselben Stativ getragene Spitze in verschiedene Entfernungen eingestellt werden konnte. Auf die Kupferplatte kam eine kreiscylindrische Messingwanne mit dem Wasser zu stehen.

Die Batterie war in eine Cascade, von zwei Gruppen zu 12 Flaschen, geschaltet. Man erhält selbstverständlich auch mit weniger Flaschen die Erscheinung sehr schön, thut aber immer gut, die Batterie in Cascaden anzuordnen.

Damit aus der Spitze keine Büschelentladung stattfand, waren in die beiden Zuleitungen zum Apparate je eine Funkenstrecke eingeschaltet. Die Funken fielen sehr lang aus, insbesondere dann, wenn sie auf der Oberfläche des Wassers gleiten und knallten sehr heftig.

Funken zwischen dem Wasser, in zwei Porzellanschalen mit Schnäbeln, verzweigen sich auf den beiden Wasseroberflächen. Die Verzweigungen können auf Morganpapier, welches auf der Wasseroberfläche schwimmt, fixirt werden.

Funken zwischen den, einige Millimeter dicken Wassersäulen in den engeren Schnäbeln zweier, in Form eines weitgeöffneten V gebogenen Glasröhren, bringen einen Eindruck auf die photographische Platte nicht hervor. Die Entladung ist von endlicher Dauer, knallt nur unmerklich und hat mehr die Gestalt

einer, die beiden Röhren verbindenden Flamme. Es scheint fast, als ob das Wasser hier zerlegt und wieder gebildet würde. Nach der Entladung spritzen die Röhren heftig gegeneinander.

Mitunter schlägt ein weisser Funke von den, in die weiteren Schenkel der V eindringenden Drähten, durch das Wasser und die Luftstrecke. Ein solcher Funke hat dann eine ungewöhnliche Länge.

Durch die elektrische Entladung zerstäubte Drähte.

Die Drähte wurden zwischen die Haken eines Henley'schen Entladers gespannt und auf beiden Seiten derselben Luftstrecken eingeschaltet. Im Übrigen wurde die Camera wie auf die Funken eingestellt (mit Hilfe eines beschriebenen Papieres in der Funkenbahn).

Auf Tabelle II sind die Photographien der verschieden zerstäubten Drähte wiedergegeben.

- Fig. 1. Ein Neusilberdraht.
2. Ein versilberter Kupferdraht.
 3. Ein Cementdraht (Legirung von Kupfer und Zink).
 4. Ein Platindraht.

Der mit Silber überzogene Kupferdraht gibt die schwächste Lichterscheinung conform der Angabe von Feddersen, welcher bei Entladung zwischen Kupfekugeln die Oscillationserscheinung auch sehr wenig ausgeprägt gefunden hat.

Es sind ferner Entladungen photographirt worden, bei welchen die Funken aus einem zerstäubenden Drahte durch eine Luftstrecke übertreten. Hiezu waren in die beiden Kugeln eines Funkenmessers feine Löcher gebohrt und in diese wurden kurze Stücke des feinen Drahtes eingesteckt. Auf Tab. II, Fig. 5, 6, 7 sind die entsprechenden Erscheinungen dargestellt. Es wurde Cementdraht angewendet.

Es ist auffallend, dass das Zerstäuben der Drähte sich auch hier bis ans Ende als eine Transversalwirkung offenbart, geradeso wie wenn die Luftstrecke nicht vorhanden wäre.

Die Drahtstücke am negativen Pole zerstäuben immer vollständig. Die Drahtstücke am positiven Pol zeigen unterbrochene

Stellen. Wahrscheinlich werden hier grössere Stücke des Drahtes weggeschleudert.

Bei Vergleichung der Priestley'schen Flecken und der Lichtentwicklung an den Polen gibt die negative Elektrode die stärkere Lichtentwicklung, aber es findet dortselbst der geringere Eindruck statt. Eine Welle graublauen Oxydes schlägt sie daselbst nieder.¹

Die Transversalwirkung, welche die Bilder der zerstäubenden Drähte erkennen lassen, findet sich auch in den Bildern, welche Funken erzeugen, die auf berussten Glasplatten gleiten. In der Mitte solcher Russbilder finden sich bekanntlich einfache oder doppelte, mehrfach gekrümmte Linien, welche im Allgemeinen den Verlauf der Entladung darstellen. Eine geschlossene Russlinie umgibt in einigem, überall gleichem Abstände die Mittellinie. Ausserhalb der geschlossenen Linie sind in dem Russ zahlreiche feine Strahlen, normal zur Funkenbahn, eingerissen. Bei einer Entladung mit ausgesprochener Oscillation, wie dieselbe durch Einschaltung der vorerwähnten Drahtspirale erhalten wird, fällt die geschlossene, die Mittellinie umgebende Russlinie hinweg und die transversalen Strahlen sind weniger lang und schwächer ausgebildet. Auch knallt ein solcher Funke merklich weniger als ein bei metallischer Schliessung erzeugter.

Die Auflösung der Entladungserscheinungen mit dem rotirenden Spiegel.

Als rotirender Spiegel diente eine biconcave Linse von 6 *cm* Öffnung und 50 *cm* Krümmungsradius, welche von Herrn Hauptmann Victor Stadler beiderseits spiegelnd versilbert wurde. Dieselbe war in eine Messingfassung mit Stahlachse eingesetzt, wurde aber durch das Anziehen der Fassung deformirt, so dass bloss die eine Fläche scharfe Bilder gab, und allein benützt werden konnte. Die Stahlachse der Fassung lief in Lagern, die auf einem Holzblock aufgesetzt waren. Die Antriebsrolle hatte 6 *cm* Durchmesser und lag zwischen Lager und einer, das Ende der Achse stützenden Spitze.

¹ Pogg. Ann., Bd. 116, S. 139.

Der Spiegel wurde mit einem Elektromotor (Crompton-Dynamo) von einer 30 cm im Durchmesser haltenden Holzscheibe angetrieben. Die Übersetzung war somit eine sechsfache. Der Motor selbst wurde von einem zweiten, an eine zwei pferdekraftige Gasmachine von Langen und Wolf mittelst Riemen gekuppelten Crompton-Dynamo gespeist.

Durch einen Schnurlauf ist mit der Achse des Motors ein Tourenzähler von Killingworth-Hedges verbunden. In diesem Apparate rotirt eine cylindrische, zum Theile mit einer Flüssigkeit gefüllte Röhre. Die Lage des Scheitels der, zu einem Rotationsparaboloid deformirten Oberfläche der Flüssigkeit gestattet die augenblickliche Zahl der Umdrehungen der Achse abzulesen.

Während der Versuche lief der Motor mit 900 bis 1200 Touren in der Minute. Der rotirende Spiegel führte daher 90 bis 120 Umdrehungen in der Secunde aus. Die Erschütterungen waren dabei so heftig, dass wir Anstand nahmen, die Tourenzahl noch weiter zu steigern, was allerdings noch möglich gewesen wäre, trotzdem die Gasmachine ausser der Kraftübertragung noch die vierscheibige Influenzmaschine, an einer Transmission hängend, zu treiben hatte.

Dem rotirenden Spiegel gegenüber war ein Funkenmesser mit Zinnkugeln aufgestellt. Unter demselben befand sich ein zur Aufnahme der matten Glastafel oder der Casette adaptirter Kasten eines alten Daguerotypapparates.

Zu den Versuchen konnte die Casette nach angebrachten Marken verschoben werden, so dass auf einer Platte sechs nebeneinander liegende Funkenbilder der aufeinander folgenden Entladungen entstanden. Ein rechteckig ausgeschnittenes Diaphragma unmittelbar an der Platte, lässt das Funkenbild durchtreten und schützt den übrigen Theil der Platte vor Belichtung.

Die Batterie wurde zum Theile als Cascade von zwei Gruppen, zum Theile mit allen Flaschen nebeneinander geschaltet.

Die Oscillationsdauer τ der elektrischen Entladungen ist bestimmt durch $\tau = \pi \sqrt{CL}$; worin C die Capacität der Batterie und L der Selbstinductionscoefficient ist.

Bei kurzem metallischen Schliessungskreise gaben unsere Funkenbilder, selbst bei Anwendung der grössten Capacität, nur

schwache Anzeichen einer Oscillation. Durch Einschalten einer Spirale in den Entladungskreis lässt sich die Selbstinduction der Schliessung so weit vergrössern, dass sehr deutlich ausgebildete Oscillationen auftreten.

Die Anwendung einer Spirale im Schliessungskreise ist übrigens in letzterer Zeit auch von v. Öttingen¹ zur photographischen Fixirung der Interferenz elektrischer Schwingungen benützt worden.

Die von uns benützte Spirale war durch zwei Sorten Gutta-perchadraht gebildet. Von den ganz dünnen Windungen waren 128 um eine 1·8 *cm* im Durchmesser haltende Glasröhre gewickelt. Darüber war eine 2·8 *cm* weite Glasröhre geschoben und darauf 100 Windungen einer 1·5 *mm* dicken mit Guttapercha sehr gut isolirten Drahtes in zwei Lagen gewunden. In die enge Glasröhre war noch ein Eisenstab eingesteckt, eine Massregel, die allerdings von nicht ganz abzuschätzendem Werthe ist.

Da in den erhaltenen Funkenbildern die Maxima circa 5 *mm* abstanden, die Distanz von Spiegel und photographischer Platte 50 *cm* betrug, so resultirt, circa 100 Umdrehungen in der Secunde angenommen, eine Schwingungsdauer von 0·000032 *Sec.*, wobei ein intensiveres und ein schwächeres Maximum zu einer vollständigen Hin- und Herschwingung gehören.

Um auch von den zerstäubenden Drähten mehrere Bilder auf eine Platte bringen zu können, waren auf einer Achse zwei gleicharmige Kreuze befestigt, zwischen deren correspondirenden Armen die Drähte ausgespannt wurden. Zur Befestigung der Drähte dienten Messingstäbchen, welche ausserhalb der Kreuze zu Ösen, innerhalb zu scharf zusammengepressten, etwas federnden Haken umgebogen waren.

Die Ösen der Drähte waren senkrecht zur Richtung des Stabes umgebogen also an die Armé der Kreuze angelegt. In dieselben schnappten die etwas federnden Kugeln eines Funkenmessers ein, welche mit den Zuleitungsdrähten verbunden waren. Indem an der Achse der Kreuze gedreht wurde, stellten sich dieselben in vier Lagen durch vorbezeichnete Einrichtung fest und

¹ Wiedemann Ann. Bd. XXXIV, Heft 3, S. 570. Dr. J. H. v. Öttingen: Über Interferenz oscillirender elektrischer Entladungen.

brachten dabei den untersten Draht an die richtige Stelle vor den Spiegel.

Es wurden Drähte zerstäubt als der Schliessungsbogen, ausser der erforderlichen Luftstrecke kurz metallisch geschlossen war.

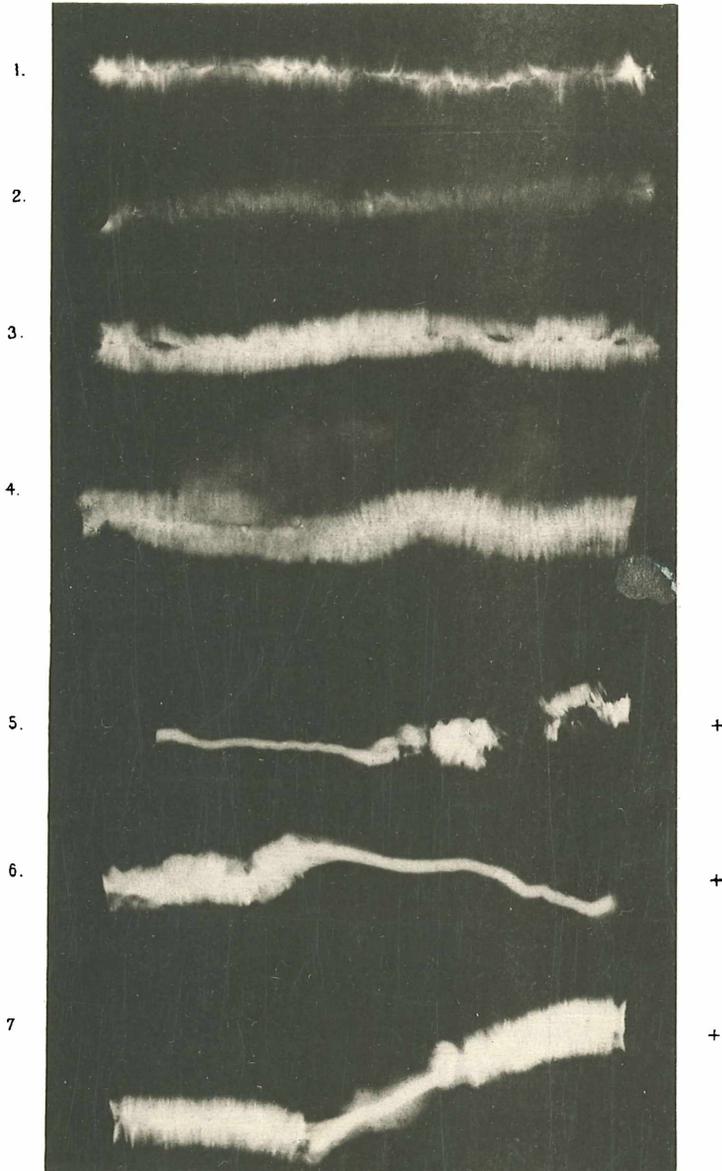
Die Fig. 2, Taf. I gibt die, durch einen rotirenden Spiegel aufgelöste Zerstäubungserscheinung eines Cementdrahtes wieder. Der Spiegel machte etwa 90 Umdrehungen in der Secunde und stand 50 *cm* vom Draht und der photographischen Platte ab.

Die oscillirende Entladung, mit Hilfe der vorerwähnten Spirale erzeugt, gibt dem durch den rotirenden Spiegel aufgelösten Bilde des zerstäubenden Drahtes, ein parallel zur Draht-richtung gebändertes Ansehen.

Die Oscillationen der Entladung (aller 24 Flaschen nebeneinander) gehen durch die glühenden Metalltheilchen, in welche der Draht zerstäubt, wie durch einen Leiter hindurch. Ein Ausblasen von der Befestigungsstelle des Drahtes, wie das in den aufgelösten Bildern der oscillirenden Funken vorkommt, ist hier nicht wahrzunehmen. Die Fig. 3 der Tab. I gibt das Bild einer durch einen Spiegel aufgelösten oscillirenden Entladung durch einen zerstäubenden Draht wieder. Die Tourenzahl des Spiegels betrug circa 90 in der Secunde und der Abstand des Spiegels vom Drahte ist 50 *cm*.



Ph. Lith. v. J. Barth, Fünfstaus, Wien



Ph. Lith. v. J. Barch. Söfnhaus. Wien

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [98_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Hübl Arthur Freiherr von, Obermayer Albert von

Artikel/Article: [Ober einige elektrische Entladungserscheinungen und ihre photographische Fixirung 419-430](#)