

DER PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND XXXVIII.

1. Ueber die Entladung negativ electricischer Körper durch das Sonnen- und Tageslicht; von Julius Elster und Hans Geitel.

(Hierzu Taf. VI Fig. 1--2.)

§ 1. In einer vor kurzem in diesen Annalen publicirten Notiz¹⁾ über die Zerstreung negativer Electricität durch das Sonnen- und Tageslicht haben wir mitgetheilt, dass die durch die grundlegenden Arbeiten von Hertz, Hallwachs, Righi u. a. für das electriche Bogen- und Funkenlicht nachgewiesene Eigenschaft, negative Electricität von der Oberfläche electricisirter Körper fortzuführen, auch dem Sonnen- und Tageslicht bei Verwendung bestimmter Metalloberflächen zukommt. Dieses Ergebniss stand im Widerspruch mit den Resultaten fast sämmtlicher Beobachter, welche das Sonnenlicht auf ein derartiges Verhalten prüften. Wir glaubten daher auch unser positives Resultat durch den Umstand erklären zu müssen, dass die letzten Tage des Monat Mai und der Anfang des Juni so überaus klaren Himmel brachten, und es schien uns durchaus nicht unwahrscheinlich, dass zu anderen Zeiten des Jahres die Erscheinung nicht zu beobachten sein würde.

Dies Bedenken veranlasste uns, unsere Beobachtungen in der oben erwähnten Notiz bekannt zu geben, um Gelegenheit zu bieten, die von uns angedeuteten Versuche noch vor dem Beginne des Winters zu wiederholen.

Die gehegte Befürchtung in Bezug auf das Erlöschen der Erscheinung mit niederem Stande der Sonne ist jedoch grundlos gewesen; bei Verwendung geeigneter Stoffe zeigt

1) Elster u. Geitel, Wied. Ann. 38. p. 40. 1889.

sich dieselbe schon im zerstreuten Tageslichte mit vollkommener Deutlichkeit.

Der Zweck der vorliegenden Mittheilung ist einmal, die in jener Notiz ausgesprochenen Behauptungen zahlenmässig zu belegen, ferner einige wesentliche Ergänzungen dazu zu liefern und schliesslich Demonstrationsversuche anzugeben, welche die Entladung durch Sonnenlicht vor einem grösseren Zuhörerkreise zu zeigen gestatten.

Ueberblickt man die unseren Gegenstand betreffende Litteratur, so findet sich, dass nur M. Hoor¹⁾ die Frage, ob Sonnenlicht wirksam ist, bejaht, indem es ihm gelang, in reflectirtem Sonnenlicht eine Abnahme der anfänglichen, negativen Ladung von 6 bis 7 Proc. pro Minute nachzuweisen. Hoor gibt an, dass er mit Kupfer-, Zink- und Messingplatten experimentirte. Sollte Hoor bei allen drei Metallen obige deutliche Abnahme durch auffallendes Sonnenlicht erhalten haben, so würde hierin ein Widerspruch mit unseren Erfahrungen liegen, da nach unseren Versuchen selbst ganz frische Oberflächen von Kupfer und Messing unwirksam sind.

Gegen die Hoor'schen Versuche hat noch ganz kürzlich Righi²⁾ polemisirt, indem er betont, dass er mit Sonnenlicht niemals eine Spur einer Wirkung erhalten habe.

Man wird zugeben müssen, dass die Frage, ob die Oberfläche der Erde von actinoelectrisch wirksamen Strahlen der Sonne getroffen wird, als eine bedeutungsvolle zu bezeichnen ist. Denn, wenn von der Wirkung, wie wir sie am Zinkbogen- oder Funkenlicht wahrnehmen, auch nur ein verschwindend kleiner Bruchtheil für das Sonnenlicht bestehen bleibt, so muss von der bestrahlten Seite der Erdkugel negative Electricität im Laufe eines Tages in die Atmosphäre eindringen, ein Vorgang, der geeignet sein dürfte, die beträchtliche tägliche Variation des Luftpotentials zu erklären. Arrhenius³⁾ hat bekanntlich schon eine vollständige Theorie der Luftelectricität auf dieser Grundlage aufgebaut, die, wenn sie auch nicht frei von angreifbaren Punkten erscheint,

1) M. Hoor, Rep. d. Phys. 25. p. 105. 1889.

2) Righi, Rep. d. Phys. 25. p. 380. 1889.

3) Arrhenius, Meteorol. Zeitschr. 5. p. 297. 1888.

im ganzen doch wohl einen entschiedenen Fortschritt bezeichnet.

Der Haupteinwand, den kürzlich Sohncke¹⁾ gegen diese Theorie erhoben hat, nämlich, dass die Erdoberfläche gar nicht von wirksamen Strahlen der Sonne getroffen werde, kann nach unseren Versuchen nicht mehr in vollem Umfange aufrecht erhalten werden.

Ist dieser Einwand schon an sich nicht sehr schwerwiegend, da eine so geringe Wirkung, wie sie die Arrhenius'sche Theorie bedarf, sich noch nicht an den electrischen Messinstrumenten zu zeigen braucht, so wird er kaum festzuhalten sein, nachdem es gelang, Körper aufzufinden, die fast momentan durch das Sonnenlicht entladen waren.

Wir werden im Folgenden zeigen, dass unter geeigneten Versuchsbedingungen die entladende Kraft der Sonnenstrahlen vollkommen mit jener des Funkenlichtes wetteifert.

§ 2. Die Gesichtspunkte, von welchen wir beim Beginn unserer Untersuchung ausgingen, waren wesentlich meteorologischer Natur. Bei unseren Beobachtungen des normalen Potentialgefälles der atmosphärischen Electricität²⁾ war uns die tägliche Periode desselben (zur wärmeren Jahreszeit) in auffallender Weise entgegengetreten. An klaren Herbst- und Frühlingstagen sank der Potentialwerth im Verlaufe des Tages, also mit zunehmender Insolation des Erdbodens, oft auf einen ganz geringen Bruchtheil des Morgenwerthes herab. (Oft von 250 Volts auf 20 Volts pro Meter). Der von Arrhenius vertretene Standpunkt schien, wie bemerkt, einen Einblick in das Spiel der hier wirkenden Ursachen zu ermöglichen, dabei war allerdings zuvor festzustellen, ob das Sonnenlicht als electrisch wirksam betrachtet werden kann. Diese Frage zu entscheiden, war also die nächste Aufgabe.

Wir müssen zugestehen, dass wir überrascht waren, so schnell zum Ziele zu gelangen. Als zu belichtendes Metall verwandten wir Zink, weil übereinstimmend angegeben wird, dass dasselbe im Funkenlicht die Entladung negativer Elec-

1) Sohncke, *Himmel und Erde*. 1. p. 523 ff. auch *Beibl.* 13. p. 739. 1889.

2) J. Elster u. H. Geitel, *Wien. Ber.* 98. p. 909. 1889.

tricität sehr ausgesprochen zeigt, zumal wenn seine Oberfläche vorher sorgfältig gereinigt war.

Ferner schien es uns nothwendig, ein möglichst empfindliches Electrometer in Anwendung zu bringen, um eventuell selbst Spuren der in Rede stehenden Erscheinung feststellen zu können.

Die nähere Anordnung der ersten von uns ausgeführten Belichtungsversuche war diese:

Wir haben in dem Garten unserer Wohnung eine Zinkschale von ca. 20 cm Durchmesser isolirt befestigt stehen, von welcher eine ebenfalls isolirte Drahtleitung in unser im Erdgeschoss gelegenes Laboratorium führt, sodass wir die draussen aufgestellte Schale leicht mit einem empfindlichen Quadrantelectrometer (1 Normaldaniell = 50—60 Scalentheile) in leitende Verbindung bringen können. Diese Schale steht in einem cylindrischen Metallgefässe, das durch einen horizontal verschiebbaren Deckel vermittelst einer in das Laboratorium hineingeführten Schnur beliebig geöffnet oder geschlossen werden kann. Ein zwischen Deckel und Schale eingeschaltetes, zur Erde abgeleitetes, weitmaschiges Drahtnetz entzieht die letztere dem Einflusse der atmosphärischen Electricität. Der bewegliche Deckel schloss nicht vollkommen lichtdicht; sollte die Schale in absolutem Dunkel gehalten werden, so musste der umgebende Metallcylinder durch einen cylindrischen Aufsatz geschlossen werden. Die Schale befand sich bei allen Versuchen nur wenige Millimeter unterhalb des schützenden Drahtgitters.

Gleich der erste Versuch zeigte, dass die vom Sonnenlichte getroffene, frisch abgeschmirgelte Schale viel schneller eine negative Ladung verlor, als eine positive, sodass wir nach einigen orientirenden Vorversuchen zu Messungen schreiten konnten.

Von diesen Messungen, von denen wir später eine grosse Zahl vornahmen, möchten wir die erste, ausgeführt am 30. Mai d. J., hier mittheilen.

Als der Schale eine negative Ladung von 388 Scalentheilen ertheilt worden war, wurden bei Belichtung durch Sonnenlicht im Verlaufe von 3 Minuten folgende Abnahmen in Scalentheilen beobachtet:

Zeit:	1	2	3	Minuten
Abnahme:	96	171	215	Scalentheile.

Als der gleiche Versuch angestellt wurde ohne Belichtung, ergaben sich die folgenden Zahlen:

Zeit:	1	2	3	Minuten
Abnahme:	33	62	83	Scalentheile.

Jetzt wurde der Versuch wiederholt mit einer positiven Ladung von 494 Scalentheilen, hier ergab sich:

Zeit:	1	2	3	Minuten
Abnahme: belichtet	21	42	62	} Scalentheile.
unbelichtet	21	41	60	

Aus diesen Versuchen geht der Einfluss der Belichtung wohl unzweifelhaft hervor. Immerhin ist auffallend, dass die Zerstreung der negativen Electricität auch bei geschlossenem Deckel eine grössere ist, als die der positiven Electricität. Es war anzunehmen, dass diese Erscheinung bedingt werde durch das Nebenlicht, welches der horizontal bewegliche Deckel noch seitlich in den Apparat eintreten liess. Diese Vermuthung bestätigt sich, denn als wir den Horizontaldeckel durch den oben erwähnten cylindrischen Aufsatz ersetzten, fand sich die Zerstreung der negativen Electricität viel geringer, als vorher. Bei einer negativen Ladung von 481 Scalentheilen ergaben sich in 3 Minuten folgende Abnahmen:

Zeit:	1	2	3	Minuten.
Abnahme: Horizontaldeckel	25	45	65	} Scalentheile.
Cylindrischer Aufsatz	13	24	31	

Frisch abgeschmirgeltes Zink ist danach selbst gegen zerstreutes Tageslicht empfindlich.

Es stand zu erwarten, dass bei Verwendung höherer Spannungen sich die Erscheinung mit noch grösserer Deutlichkeit zeigen werde. Wir ersetzten deshalb das Quadrant-electrometer durch ein Exner'sches Electroskop, dem mittelst einer trockenen Säule eine Ladung von ca. ± 175 Volts ertheilt werden konnte.

Es ergaben sich hier die folgenden Zahlen:

Belichtung durch Sonnenlicht.

I. Negative Ladung von 175 Volts.				
Datum: 2. VI. 89.	Zeit:	$\frac{1}{2}$	1	Minute.
Abnahme:	{ belichtet	150	175	{ Volts.
	{ unbelichtet	10	15	{
II. Positive Ladung von 175 Volts.				
	Zeit:	$\frac{1}{2}$	1	Minute.
Abnahme:	{ belichtet	—	3	{ Volts.
	{ unbelichtet	5	6	{

Nach 40 Secunden Belichtung war eine deutliche Divergenz des Electroskops, falls die Anfangsladung negativ war, überhaupt nicht mehr zu constatiren.

Die oben erwähnte Empfindlichkeit frisch abgeschmirgelter Zinks liess es wahrscheinlich erscheinen, dass auch die actinoelectriche Kraft des zerstreuten Tageslichtes bei dieser Versuchsanordnung noch deutlicher hervortreten würde. Die Sonne verliess den Apparat ca. 3 Uhr nachmittags. Es wurden nach dieser Tageszeit die obigen Versuche unter Verwendung des Exner'schen Electroskops wiederholt. Es ergaben sich hier noch folgende Abnahmen:

Belichtung durch Tageslicht.

	Zeit:	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	Minuten.
Abnahme:	{ bel.:	95	54	65	95	{ Volt.
	{ unbel.:	8	18	30	31	{

Die Zahlen in der letzten Horizontalreihe würden auch hier bedeutend kleiner ausgefallen sein, wenn wir den Apparat nicht durch den Horizontaldeckel, sondern durch den cylindrischen Aufsatz geschlossen gehalten hätten.

In gleicher Weise wie blankes Zink, vielleicht sogar noch kräftiger, wirkten frisch gereinigte Oberflächen der Metalle Aluminium und Magnesium.

§ 3. Die von F. Exner construirten transportablen Apparate¹⁾ zur Bestimmung der atmosphärischen Electricität erlaubten uns, die bislang beschriebenen Versuche, wenn auch in etwas anderer Anordnung, im freien Felde zu wiederholen. Wir benutzten einfach Drähte aus Zink, Aluminium und Magnesium, die direct an dem Knopfe des Exner'schen

1) F. Exner, Wien. Ber. 95. II. Abth. p. 1084. 1887.

Electroskops befestigt wurden, nachdem sie zuvor sorgfältig abgeschmirlgelt waren.

Verwandte man einen Aluminiumdraht von 30 cm Länge, so hielt ein so hergerichtetes Electroskop im Sonnenlichte negative Electricität überhaupt nicht; in weniger als 2 Sekunden nahm die Spannung von 200 Volts auf Null ab. Sobald man im Sonnenlichte die Verbindung zwischen dem negativen Pole einer trockenen Säule und dem Aluminiumblättchen des Electroskops aufhob, verschwand die Ladung fast momentan, um, wenn das Electroskop auf freiem Felde emporgehalten wurde, sofort einer hohen, oft 150 Volts betragenden positiven Spannung Platz zu machen.

Wie wir weiter unten ausführen werden, ist die letztere Ladung einer Einwirkung der atmosphärischen Electricität zuzuschreiben. Will man daher den Einfluss der Belichtung allein studiren, so ist der zu belichtende Körper in dem Inneren eines zur Erde abgeleiteten Drahtgitters unterzubringen. Bei allen weiteren Belichtungsversuchen im Freien haben wir daher diese Vorsichtsmaassregel gebraucht. Stellt man die Versuche im Inneren eines Zimmers bei geöffnetem Fenster an, so kann dieser Schutz natürlich entbehrt werden.

Ogleich durch ein solches Drahtnetz ein Theil der Lichtstrahlen aufgefangen wird, ist doch die Entladung auf freiem Felde eine so schnelle, dass, wenn man die Erscheinung bei hohem Sonnenstande messend verfolgen will, Aluminiumdrahtstückchen von nur circa 10 mm Länge in Anwendung gebracht werden können.

Bei dem Bestreben, das Exner'sche Electroskop in eine Art Photometer für die actinoelectrisch wirksamen Strahlen der Sonne umzuwandeln, erkannten wir bald, dass eine Hauptschwierigkeit in dem Umstande lag, dass die Entladungszeit so ungemein stark von der Oberflächenbeschaffenheit der belichteten Metalle abhängt. Frisch abgeschmirlgelte Oberflächen der lichtempfindlichen Metalle zeigen die Entladung durch Sonnenlicht oft in dem doppelten Maasse, wie Oberflächen, die vielleicht 5 Minuten lang dem Lichte ausgesetzt waren.

Dieser sehr störende Uebelstand lässt sich dadurch stark vermindern, dass man eine jedesmal frisch amalgamirte Zinkkugel in Anwendung bringt.

Beim Gebrauche solcher Kugeln stellt es sich heraus, dass eine amalgamirte Zinkfläche fast noch lichtempfindlicher ist, als alle die zuvor genannten Metalle. Eine derartige Kugel von 3 cm Durchmesser entladet an klaren Tagen ein bis zum Maximum geladenes Exner'sches Electroskop, ohne Anwendung von Sonnenlicht, lediglich unter dem Einflusse des blauen Himmelslichtes in wenigen Secunden vollständig.

Auch bei ganz bewölkttem Himmel lässt sich bei geöffnetem Fenster die Entladung durch das zerstreute Tageslicht selbst im Zimmer noch deutlich zeigen.

Verbindet man ferner eine derartige Zinkkugel mit dem negativen Pole einer aus 4000 Plattenpaaren bestehenden Zamboni'schen Säule von grossem inneren Widerstande dauernd, so sinkt die Spannung dieses Poles auf ein Minimum, sobald die Kugel vom Sonnenlicht getroffen wird.

Die Verwendung solcher Kugeln als lichtempfindliche Körper in einem Photometer für die actinoelectrisch wirkenden Strahlen der Sonne scheint ausführbar zu sein; eine Beschreibung der Methode, falls sie sich bewährt, möchten wir einer späteren Mittheilung vorbehalten.

§ 4. Es ist ohne Frage ein sehr bemerkenswerther Umstand, dass bislang nur electropositive Metalle sich gegen das Sonnen- und Tageslicht empfindlich zeigten. Es stand daher zu erwarten, dass, wenn Metalle gewählt wurden, welche noch electropositiver sind, als Zink, Aluminium, Magnesium, mindestens die gleiche Lichtempfindlichkeit hervortreten würde. Wir schritten daher zu Versuchen mit Kalium und Natrium. Leider verbietet die Natur dieser Metalle eine unmittelbare Verwendung, da eine Herstellung blanker Oberflächen derselben in atmosphärischer Luft unmöglich ist. Die Lichtempfindlichkeit der Amalgame brachte uns auf den Gedanken, auch hier die Metalle durch ihre Amalgame zu ersetzen. Aber selbst diese überziehen sich, der Luft ausgesetzt, sofort mit einer Schicht der Hydroxyde der betreffenden Metalle. Völlig reine Oberflächen sind möglich an einem ausfliessenden Strahle.

Wir halfen uns daher dadurch, dass wir geringe Quantitäten der Alkalimetalle in Hg auflösten (um das Erstarren der

Amalgame zu verhindern, darf der Gehalt an Alkalimetall nur gering gewählt werden) und das Licht auf freie Strahlen dieser Lösung wirken liessen. In Fig. 1 ist der von uns zu diesen Versuchen benutzte Apparat dargestellt.

Eine offene Pappschachtel AA' (Metallische, selbst Eisenschalen, können nicht verwandt werden, da sie bei der Berührung mit Alkalimetallamalgame sofort amalgamirt werden) durch drei Sieglackfüßchen x isolirt, trug einen Ständer T , an welchem ein gläsernes Tropfgefäß B mittelst eines angekitteten Drahringes befestigt war. Wurde B mit kalium- oder natriumhaltigem Quecksilber gefüllt, so trat das Metall in feinem Strahle aus der Oeffnung O aus. Offenbar bildet sich hier momentan stets eine reine Oberfläche. Wir hatten drei solche Apparate hergerichtet, einen für reines Quecksilber, einen zweiten für die Auflösung von Na in Hg und einen dritten für die Lösung von K in Hg. Um Tropfensammlerwirkungen auszuschliessen, wurden die abgeflossenen Quecksilbermengen durch einen Eisendraht leitend mit dem Metall im Tropfgefäß verbunden. Zugleich vermittelte dieser Draht die Verbindung mit dem zu den Versuchen verwandten Exner'schen Electroskope.

Es zeigte sich bei positiver Ladung bei keinem der Apparate irgend eine Einwirkung des Lichtes, dagegen nahm die Ladung selbst im zerstreuten Tageslichte (bei sehr trübem Himmel) schnell ab, sobald sie negativ war, und das Quecksilber Spuren von K oder Na enthielt; reines Quecksilber dagegen war vollkommen unwirksam. Letzteres wurde auch noch auf andere Weise bestätigt, indem ein mit eben filtrirtem, reinen Quecksilber gefülltes Schälchen dem directen Sonnenlichte ausgesetzt wurde. Irgend eine abnorme Zerstreung negativer Electricität war hier nicht wahrzunehmen.

Eine Beobachtungsreihe, betreffend die Lichtempfindlichkeit der Amalgame, mag hier Platz finden. Dieselbe wurde am 2. October 1889 bei stark verschleiertem Sonnenlichte durchgeführt. Als Electrometer diente das calibrirte Exner'sche Electroskop. In folgender Tabelle bezeichnet V_0 die dem Tropfapparat ertheilte Spannung V_i den Rest derselben

nach t Secunden Belichtung. Es ergaben sich bei negativer Ladung folgende Zahlen:

	V_0 (Volt)	V_t (Volt)	t''
1) Reines Hg	185	175	30''
2) Hg + Zn	195	116	15''
3) Hg + Na	195	0	10''
4) Hg + K	195	0	5''

Wenn in den Amalgamen das in dem Hg gelöste Metall das wirksame Agens ist, so dürften obige Versuche erlauben, die verschiedenen Metalle nach ihrer Lichtempfindlichkeit in folgender Weise zu ordnen:

K, Na, (Mg, Al), Zn, Sn.

Es ist interessant, dass diese Reihe genau mit der Volta'schen Spannungsreihe zusammenfällt. Auch Zinn konnte in diese Reihe mit aufgenommen werden, da amalgamirte Oberflächen dieses Metalls eine, wenn auch vergleichsweise schwache, doch immerhin deutlich wahrnehmbare Wirkung zeigen.

Versuche mit reinen, aber nicht amalgamirten Oberflächen der Metalle: Zinn, Cadmium, Blei, Kupfer, Messing, Eisen, (Kohle), Platin haben nur negative Ergebnisse geliefert, mochten wir sie in dem eingangs beschriebenen Belichtungsapparate oder unmittelbar am Exner'schen Electroskope verwenden.

§ 5. In meteorologischer Hinsicht schien uns die Frage von Wichtigkeit, wie sich eine dem Lichte ausgesetzte Wasseroberfläche verhalten würde. Wir verwandten daher zunächst reines (Regen-) Wasser, mit welchem wir die Schale des in § 2 geschilderten Belichtungsapparates füllten; ferner auch stark dampfendes heisses Wasser, um festzustellen, ob vielleicht der von der Wasseroberfläche aufsteigende Dampf unter dem Einflusse des Sonnenlichtes negative Electricität mit sich führe. Schliesslich verwandten wir noch kalte und heisse Kochsalzlösungen, und zwar im Hinblick auf den Verdampfungsprocess auf der Oberfläche des Meeres.¹⁾ Bei allen diesen Flüssigkeiten haben wir eine deutliche actinoelectrische Einwirkung der Sonnenstrahlen nicht feststellen können. Zwar

¹⁾ Palmieri findet negative Electricisirung mit Meerwasser gefüllter belichteter Schalen. Vgl. Beibl. 13. p. 23. 1889.

zeigte sich häufig bei geöffnetem Apparate ein etwas grösserer Electricitätsverlust, als bei geschlossenem, doch dürften sich die geringen beobachteten Unterschiede auf die lebhaftere Circulation der immer staubhaltigen Luft in dem geöffneten Apparate zurückführen lassen.

Wenn in den letztgenannten Fällen wirklich noch eine actinoelectrische Wirkung der Sonnenstrahlen vorhanden ist, so ist sie jedenfalls viel hundertmal geringer als die, welche an blanken Zink- und Aluminiumflächen wahrgenommen wird.

Mit den Versuchen an Wasserflächen steht im Einklange, dass benetzte lichtempfindliche Metalle fast vollständig unwirksam sind. Es genügt, einen frisch abgeschmirgelten Aluminiumdraht einige mal durch die Finger zu ziehen, um seine Lichtempfindlichkeit auf ein Minimum herabzusetzen.

Interessant ist, dass wenigstens ein nicht metallischer Körper aufgefunden werden konnte, der deutlich auf das Sonnenlicht reagirt; es ist dies die Balmain'sche Leuchtfarbe. Dieselbe wurde in Pulverform in einer kleinen offenen Pappschachtel, durch deren Boden ein mit dem Exner'schen Electroskop verbundener Eisendraht geführt war, dem Lichte ausgesetzt. Die ganze Vorrichtung umschloss, um ein Stäuben des leichten Pulvers zu verhindern, ein oben mit einer Gypsplatte verschlossener Metallkasten. Zur Controle wurden die Versuche mit leerer Schachtel wiederholt.

Es ergaben sich bei Verwendung von Sonnenlicht hier folgende Zahlen:

Versuche mit Balmain'scher Leuchtfarbe.

1) Pappschachtel allein:

Datum: 2. X. 89. negative Ladung:

V_0		V_t		t'
Diverg.	Volt	Div.	Volt	
29,0	258	28,4	254	60''

2) Pappschachtel mit Balmain'scher Farbe gefüllt:

a. negative Ladung:

29,2	260	19,8	197	60''
------	-----	------	-----	------

b. positive Ladung:

24,5	228	23,2	219	60''
------	-----	------	-----	------

Flächen, die mit einer Balmain'sche Farbe enthaltenen Gelatinelösung bestrichen sind, zeigen keine Einwirkung des Lichtes.

Es wäre von Interesse, andere phosphorescirende Substanzen auf ihre electriche Lichtempfindlichkeit zu untersuchen.

§ 6. Zur bequemen Ausführung und Demonstration der Mehrzahl der beschriebenen und noch zu schildernden Versuche verwandten wir den folgenden einfachen Apparat.

Ein kreisrunder, starker Metallteller AB (Fig. 2) ist in seiner Mitte M durchbohrt. Hier ist eine aussen stark mit Sieglack umkleidete Glasröhre eingeführt. Wahrscheinlich wird sich hier noch besser ein durchbohrter Ebonitcylinder, der ganz dünn mit Schellackfirniss¹⁾ überzogen ist, verwenden lassen.

Der etwa 1 cm dicke und 25 cm lange Eisenstab AC ist bei A an die Metallplatte angenietet und dient zum Befestigen des Apparates in einem eisernen Retortenthalter.

Als lichtempfindlicher Körper dient eine massive, amalgamirte Zinkkugel K von 3 cm Durchmesser, in welche ein etwa 2 mm starker Eisendraht fest eingeschraubt ist. Letzterer muss durch die Bohrung des isolirenden Trägers EF willig hindurch passen. Das Schraubchen s gestattet, die lichtempfindliche Kugel mit einem (zweckmässig calibrirten) Gold- oder Aluminiumblattelectroskop in Verbindung zu setzen. Die innen geschwärzte Metallhülle H dient dazu, die Kugel vor der Einwirkung des Lichtes zu schützen, solange keine Belichtung derselben gewünscht wird. Ueber den etwa 2 cm hohen Metallrand RR' kann entweder ein Cylinder aus Drahtnetz oder ein solcher aus Metall mit geradem, verbreitertem Rande geschoben werden. Letzterer Cylinder ist in der Figur mit H' bezeichnet und punktirt angedeutet.

Die Zinkkugel K (Fig. 2 a u. b) wird durch das trichterförmige Glasgefäss (Fig. 2 c) ersetzt, wenn es sich um die Untersuchung von Flüssigkeitsoberflächen handelt. Auch ein analog construirtes metallenes Schälchen ist für viele Versuche zweckdienlich.

§ 7. Zur Anstellung des Fundamentalversuches mit Sonnen- oder hellem Himmelslichte verfährt man folgender-

1) Vgl. F. Exner, l. c. p. 1090. Anm. 2.

massen: Nachdem die Zinkkugel frisch amalgamirt, die hierzu verwandte verdünnte Schwefelsäure durch Waschen in reinem Wasser entfernt und durch festes Abreiben mit einem groben leinenen Tuche sorgfältig jede Feuchtigkeit entfernt worden ist, führt man die Kugel schnell in den Apparat ein, indem man ein Berühren ihrer blanken Oberfläche mit den Fingern vermeidet, und deckt die Hülle *H* darüber. Als dann ertheilt man dem Electroskope und damit auch der Kugel eine negative Ladung und entfernt die Hülle *H*. Es findet dann im Sonnenlicht bei offenem Fenster alsbald ein schnelles Zusammenfallen der Blättchen des Electroskopes statt. Man wiederholt jetzt den Versuch mit positiver Electricität und überzeugt sich leicht, dass eine positive Ladung fast gar keinen Verlust erleidet, selbst nicht bei minutenlanger Belichtung, vorausgesetzt, dass alle isolirenden Stützen und natürlich auch das Electroskop selbst vorzüglich isoliren.

Wird der Versuch im Freien angestellt, so ist das cylindrische Drahtgitter in Anwendung zu bringen, um den Einfluss der atmosphärischen Electricität zu eliminiren, sonst verfährt man natürlich in gleicher Weise.

Auch der oben erwähnte Versuch, dass der negative Pol einer vielplattigen trockenen Säule von grossem inneren Widerstande durch das Sonnenlicht mittelst der Zinkkugel entladen wird, lässt sich mit vorstehendem Apparate leicht bewahrheiten.

Das Austreten negativer Electricität aus der belichteten amalgamirten Zinkkugel kann auch durch folgende Abänderung des Versuches gezeigt werden. Man ersetze die Zinkkugel *K* durch eine Messingkugel und lade das Electroskop positiv; es tritt keine Aenderung der Ladung ein, mag man die Messingkugel belichten oder nicht. Nähert man dagegen die amalgamirte Kugel *K*, die zur Erde abgeleitet und belichtet ist, der Messingkugel bis auf eine geringe Entfernung (1—5 mm), so fallen sofort die Blättchen des Electroskops zusammen.

§ 8. Da die in Rede stehenden Erscheinungen selbst im zerstreuten Tageslichte nachweisbar sind, so liegt die Vermuthung nahe, dass auch Strahlen von geringerer Brechbarkeit, als man bisher annahm, actinoelectrisch wirksam

sind. Man kann sich davon leicht überzeugen, indem man die Kugel mit der Hülle H' umgibt, deren obere Oeffnung durch verschiedene, auf kurzweiliges Licht mehr oder weniger absorbirend wirkende Substanzen (Glasplatten verschiedener Färbung, Glimmer, Gypsplatten) verschlossen werden kann.

Eine derartige Versuchsreihe bei heiterem, wenn auch nicht absolut klarem Himmel möchten wir hier mittheilen. Der Apparat war dabei aus einem schrägen Fenster des Hausdaches emporgehoben. Bezeichnet man wieder die der Kugel mitgetheilte negative Anfangsladung mit V_0 , den Rest der Ladung nach t Secunden Belichtung mit V_t , so kann man die bei verschiedenen absorbirenden Substanzen gemachten Beobachtungen in folgender Weise zusammenstellen:

Datum: 24. IX. 89.	V_0 (Volt)	V_t (Volt)	t Secunden
1) Kugel frei . . .	260	0	5
2) Gypsplatte . . .	260	93	5
3) Fensterglas . . .	260	85	60
4) Blaues Cobaltglas	260	142	60
5) Rothcs Glas . . .	260	250	60
6) Kugel frei . . .	260	20	5

Aus dieser Reihe geht hervor, dass die Wirkung durch Gyps fast ungeschwächt hindurchgeht, dass gewöhnliches und blaues Glas einen beträchtlichen Theil der Wirkung hindurchlassen, dass dagegen rothes Glas die Wirkung aufhebt.

In Bezug auf Glimmer findet man übereinstimmend von allen Beobachtern angegeben, dass die vom Zinkbogenlichte oder Funkenlichte ausgehende Wirkung durch Zwischenschaltung eines dünnen Blättchens genannten Minerals vollständig vernichtet wurde. Für Sonnenlicht und amalgamirte Zinkflächen ist diese Behauptung nicht zutreffend, auch durch Glimmer geht ein grosser Theil der actinoelectrischen Wirkung hindurch, wie die folgende Versuchsreihe zeigt, bei welcher das Licht des blauen Himmels, also nicht directes Sonnenlicht, in Verwendung kam:

Datum: 2. X. 89.	V_0 (Volt)	V_t (Volt)	t''
1) Kugel frei	231	127	15''
2) Glimmer .	231	120	60''
3) Kugel frei	231	0	60''

§ 9. Es ist bekanntlich durch Hallwachs¹⁾ festgestellt worden, dass eine von ultraviolettem Lichte getroffene Metallplatte eine spontane, positive Ladung annimmt, eine Ladung, die nach den Versuchen von Bichat und Blondlot²⁾ noch dadurch gesteigert werden kann, dass ein kräftiger Luftstrom auf die blanke Oberfläche des Metalls geleitet wird. Wir haben diese Versuche mit Sonnenlicht wiederholt und auch hier eine positive Ladung einer Zinkplatte, sowohl rein wie amalgamirt, und einer Aluminiumscheibe nachweisen können.

Verbindet man die letztere, während sie dem Sonnenlichte ausgesetzt ist, mit dem Quadrantelectrometer, so erfolgt sofort eine langsam bis etwa $2\frac{1}{2}$ Volt ansteigende Ablenkung der Electrometernadel. Leitet man jetzt mittelst eines Kautschukgebläses einen kräftigen Luftstrom auf die Platte, so steigert sich die Electrisirung der letzteren so, dass die Scala aus dem Gesichtsfelde verschwindet. Man constatirt leicht, dass die beschriebene Wirkung gänzlich ausbleibt, sobald man die Aluminiumscheibe durch irgend eine beliebige andere Metallplatte ersetzt.

§ 10. Es erübrigt nun noch, auf die oben berührte Einwirkung der atmosphärischen Electricität auf belichtete Drähte oder Flächen der empfindlichen Metalle zurückzukommen.

Es war bemerkt worden, dass ein mit solchen Metallen verbundenes Electroskop, wenn es bei hellem Tageslicht auf freiem Felde emporgehalten wird, einen Ausschlag zeigte, dem eine häufig weit über 100 Volts gehende positive Spannung entsprach. Dass die Lichtstrahlen an sich eine derartige starke positive Electrisirung hervorbringen sollten, war durchaus unwahrscheinlich, und in der That zeigten einige einfache Controlversuche, dass die Divergenz der Blättchen lediglich durch die atmosphärische Electricität verursacht wurde.

Es wirken Drähte der genannten Metalle gerade so, als ob mit dem Knopfe des Electroskopes ein Flammencollector leitend verbunden wäre. Hiervon überzeugten wir uns durch folgenden Versuch:

1) Hallwachs, Wied. Ann. **34**. p. 731. 1888.

2) Bichat u. Blondlot, Beibl. **13**. p. 38. 1889.

Am 18. Juni d. J., einem heiteren Tage, stellten wir auf freiem Felde unter Mittag eine isolirte Flamme auf, und dicht daneben, ebenfalls isolirt, einen horizontal gerichteten, gereinigten Aluminiumdraht von ca. 20 cm Länge. Die Spitze des Drahtes war im Niveau mit der Spitze der Flamme. Man konnte so schnell hintereinander bald die Flamme, bald den Draht als Collector verwenden. Am Electroskop zeigten sich folgende Divergenzen:

	Divergenzen					Mittel
1) Collector die Flamme:	11,9	12,5	12,5	12,0		12,2
2) „ der bel. Draht:	12,2	12,5	12,8	12,5	12,5	12,5
3) „ die Flamme:	12,5	12,5	12,0	12,3	12,4	12,3

Drähte aus anderen Metallen, wie Kupfer, Eisen, Messing, Platin, zeigen die Erscheinung durchaus nicht, selbst nicht auf hohen Bergspitzen unter der Influenz eines Potentialgefälles von nahezu 2000 Volts pro Meter, wie analoge Versuche am 16. Juli d. J. an einem ganz normalen Tage oben auf dem Gerner-Grat, also in einer Meereshöhe von 3136 m zeigten. An eine Spitzenwirkung im gewöhnlichen Sinne darf also bei diesen Versuchen nicht gedacht werden, vielmehr beweisen dieselben in Uebereinstimmung mit den Ergebnissen von Lenard und Wolf¹⁾ bei künstlicher ultravioletter Belichtung, dass von der Oberfläche der Metalle Zink, Aluminium, Magnesium sich leitende Theilchen entfernen müssen. Es wirken daher solche Drähte gerade so, wie Wassercollectoren oder Flammen.

§ 11. Stellen wir schliesslich die Resultate unserer Untersuchung kurz zusammen, so ergibt sich Folgendes:

Blanke, frische Oberflächen der Metalle: Zink, Aluminium, Magnesium werden durch das Sonnen- und Tageslicht entladen, falls ihnen eine negative Ladung ertheilt wurde. Dabei nehmen sie spontan eine positive Ladung an, deren Betrag durch Anblasen erhöht werden kann.

Eine noch bedeutendere Lichtempfindlichkeit zeigen die Amalgame gewisser Metalle. Ordnet man dieselben nach dem Grade ihrer Empfindlichkeit, so ergibt sich folgende Reihenfolge: K, Na, Zn, Sn. Da reines Quecksilber keine Wirkung gibt, so ist die Voraussetzung vielleicht gestattet,

1) Lenard u. Wolf, Wied. Ann. 37. p. 443. 1889.

das wirksame Agens das im Hg gelöste Metall anzusehen. Unter dieser Annahme ergibt sich für die Lichtempfindlichkeit folgende mit der Volta'schen übereinstimmende Reihe:

K Na (Mg Al) Zn Sn.

Alle anderen bislang in das Bereich der Untersuchung gezogenen Metalle, als:

Sn, Cd, Pb, Cu, Fe, Hg, Pt und Gaskohle

zeigten obige Wirkung nicht. Ebenso verhielten sich im allgemeinen die Oberflächen sonstiger, nichtmetallischer Körper; der einzige nichtmetallische Körper, der eine deutliche Einwirkung des Sonnenlichtes erkennen liess, war pulverförmige Balmain'sche Leuchtfarbe.

Ebensowenig zeigte sich die fragliche Erscheinung bei den untersuchten Flüssigkeiten. Kaltes und heisses Wasser, kalte und heisse Kochsalzlösungen waren vollkommen unwirksam. Dementsprechend kann man die Lichtempfindlichkeit der zuerst genannten Metalle sofort durch Benetzung ihrer Oberflächen zerstören.

Die Belichtungsversuche können in doppelter Weise angestellt werden. Bei Versuchen im freien Felde empfiehlt sich die Verwendung von Zink-, Aluminium-, Magnesiumdrähten oder kleinen, mit Eisenstift versehenen, amalgamirten Zinkkugeln. (Hier überzeugt man sich auch leicht, dass die belichteten Oberflächen genannter Metalle an Stelle von Flammen als Collectoren verwandt werden können.) Oder man benutzt — und dies empfiehlt sich namentlich für Demonstrationszwecke — den beschriebenen Belichtungsapparat. Mit demselben lässt sich zeigen, dass:

- 1) amalgamirtes Zink bei negativer Ladung im Sonnenlicht fast momentan entladen wird;
- 2) dass das letztere nicht eintritt bei positiver Ladung;
- 3) dass eine amalgamirte Zinkkugel einen ihr nahe gebrachten positiv electricischen Körper unter dem Einflusse des Lichtes entladet;
- 4) dass auch im zerstreuten Tageslichte deutliche Entladung eintritt, wenn auch erst in längerer Zeit;

5) dass von lichtabsorbirenden Substanzen die Wirkung vollends aufhebt: rothes Glas, dass dagegen die folgenden die Wirkung fast ganz oder doch theilweiss durchlassen: Gyps, Glimmer, Fensterglas, blaues (Cobalt-)Glas.

In meteorologischer Beziehung dürften die hier mitgetheilten Versuche noch insofern von Interesse sein, als sie zeigen, dass der Haupteinwand, der gegen die Arrhenius'sche Theorie der Luftpolarität erhoben worden ist, nämlich die Unwirksamkeit der Sonnenstrahlen, nicht mehr in vollem Umfange aufrecht erhalten werden kann.

Wolfenbüttel, im October 1889.

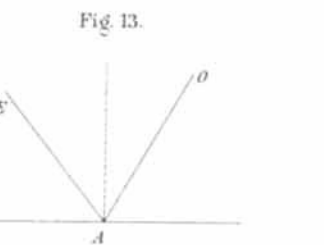
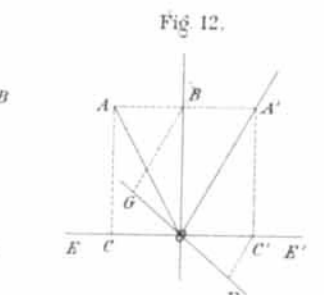
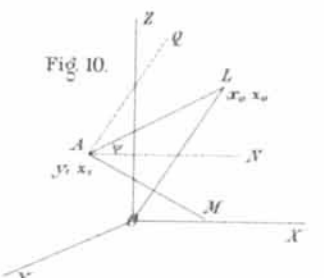
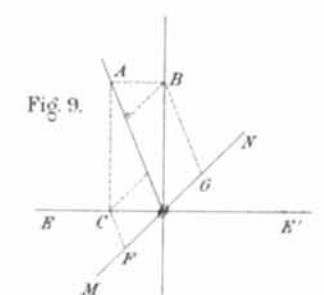
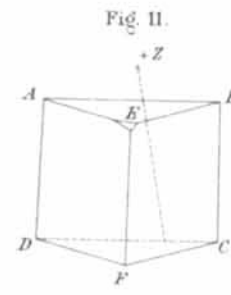
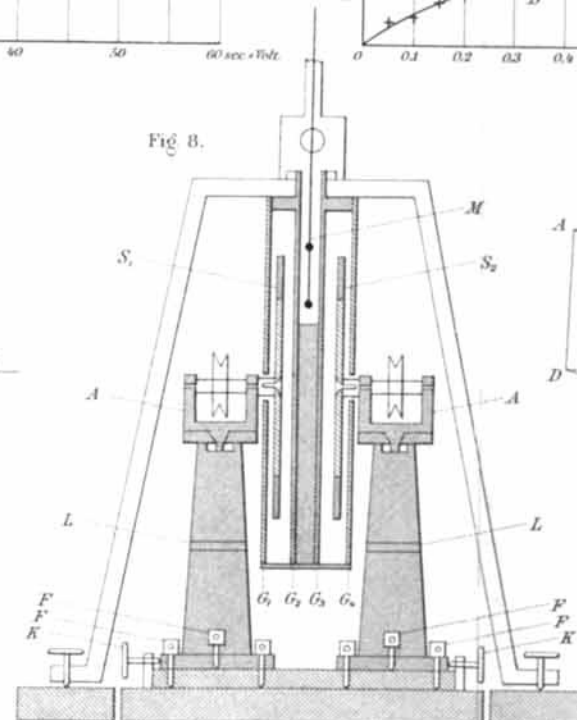
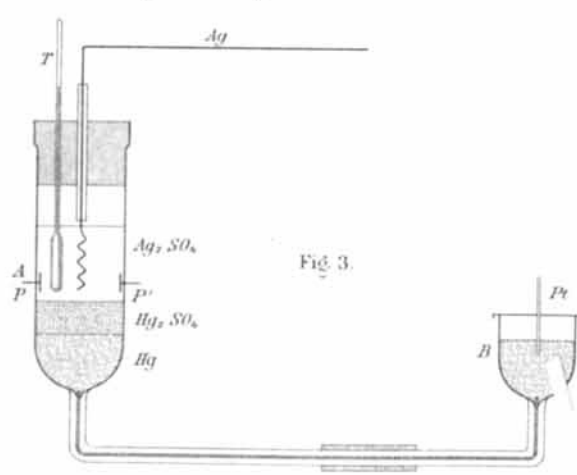
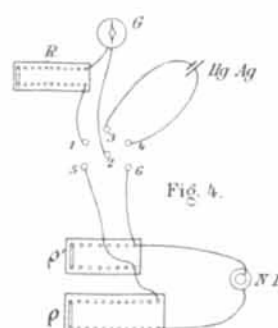
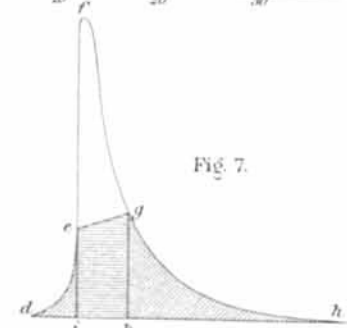
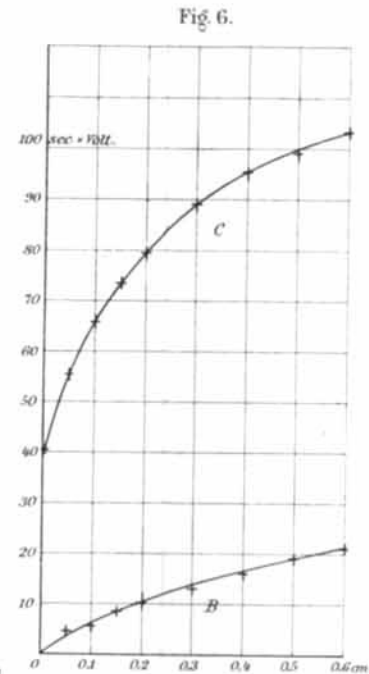
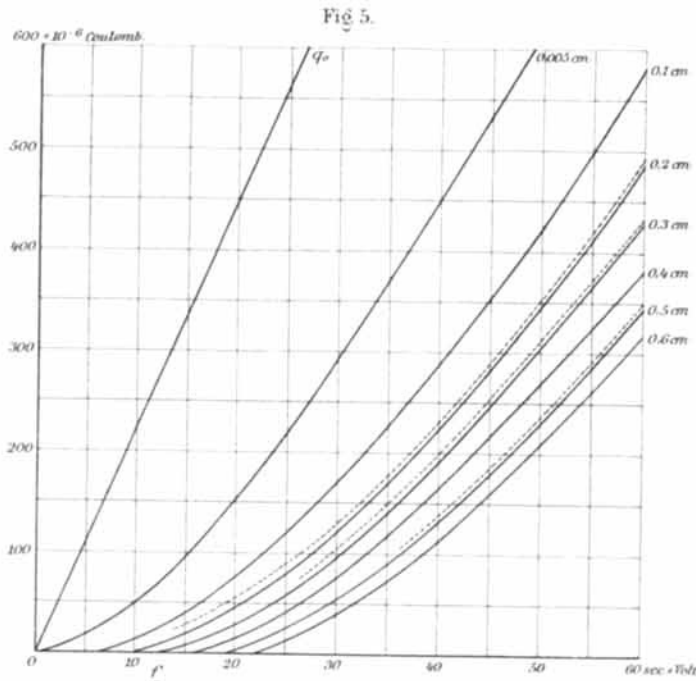
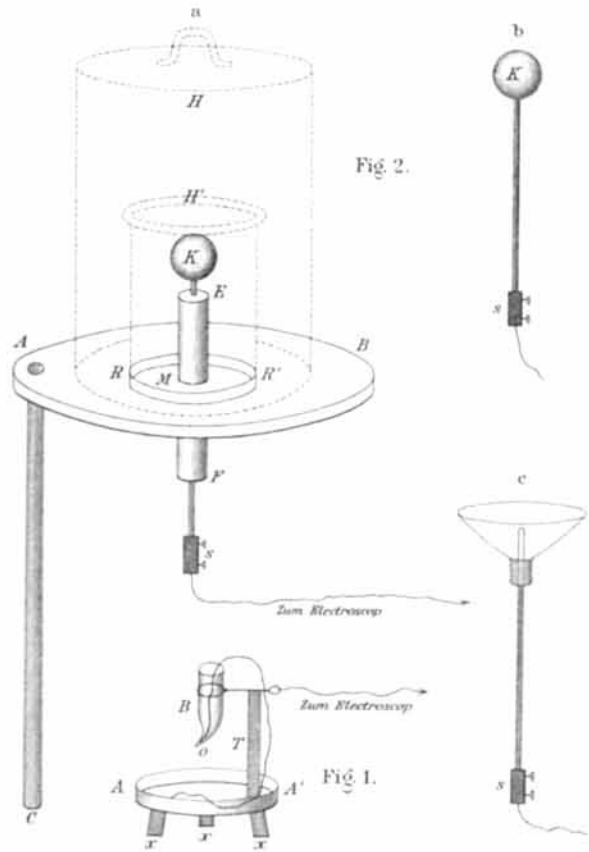
II. Ueber ein Silber-Quecksilberelement und dessen Beziehung zur Temperatur; von Franz Streintz.

(Aus den Sitzungsber. d. kais. Acad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Cl., Bd. 98. Abth. IIa. vom 4. April 1889; mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

(Hierzu Taf. VI Fig. 5-6.)

Die Anwendung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik auf die electrolytischen Vorgänge im reversibeln galvanischen Elemente durch H. v. Helmholtz¹⁾ führt zu dem Ergebnisse, dass die Differenz zwischen der electricen und der chemischen Energie des Elementes äquivalent ist dem Producte aus der absoluten Temperatur mit dem Differentialquotienten der an den Polen auftretenden Potentialdifferenz nach der Temperatur, welche letztere Grösse als Temperaturcoefficient des Elementes früher nur von rein praktischem Interesse war. Uebertrifft die chemische Energie (die Wärmetönung) die als Stromarbeit auftretende electriche Energie, so tritt der umgekehrte Fall ein, dann ist derselbe positiv. Aus diesem Verhalten des Coefficienten ist dann sofort ersichtlich, ob das Element seine chemische Energie nur theil-

1) H. v. Helmholtz, Berl. Ber. 1882. p. 22 u. 525.



Elster u. Geitel Fig. 1-2. Streitz Fig. 3-4. Heydweiller Fig. 5-7. Himstedt Fig. 8. Geigel Fig. 9-13.