

Flüssigkeiten im elektrischen Felde.

Von

Prof. G. Jäger.

Vortrag, gehalten den 19. Dezember 1906.

(Mit Experimenten.)

Mit 20 Abbildungen im Texte.

Wenn wir ein U-Rohr (Fig. 1) mit einer Flüssigkeit füllen, so stellt sich erfahrungsgemäß die Oberfläche in beiden Schenkeln des Rohres gleich hoch ein. Auch wenn wir mehrere Gefäße untereinander verbinden, d. h. sogenannte kommunizierende Gefäße herstellen, finden wir, daß die Flüssigkeitsoberflächen in den verschiedenen Teilen überall dieselbe Höhe haben. Wenn wir jedoch den einen Schenkel unseres U-Rohres sehr

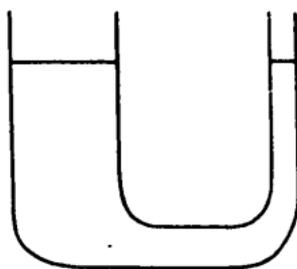


Fig. 1.

eng wählen, so zeigt sich, daß das Flüssigkeitsniveau in den beiden Schenkeln nicht mehr gleich hoch ist, u. zw. kann je nach Wahl der Flüssigkeit in dem engen Schenkel das Niveau höher oder tiefer als in dem weiten stehen. Bringen wir zum Beispiel in ein derartiges U-Rohr aus Glas Quecksilber hinein, so stellt sich die Quecksilberoberfläche im weiten Schenkel höher als im engen. Ja wenn wir den engen Schenkel kürzer machen als den weiten (Fig. 2), so können wir den weiten Schenkel mit Quecksilber bis zu einer bestimmten Höhe füllen, die über dem Ende des engen Schenkels liegt, ohne daß das Quecksilber aus der Öff-

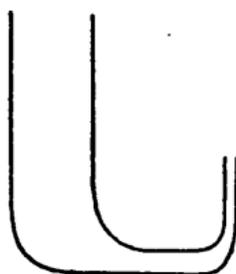


Fig. 2.

nung des engen Schenkels austritt. Erst wenn das Quecksilberniveau im weiten Schenkel diese bestimmte Höhe überschritten hat, fließt das Quecksilber aus dem engen aus, u. zw. solange, bis im weiten Schenkel die Quecksilberoberfläche die bereits erwähnte bestimmte Höhe wieder erreicht hat. Wenn wir nun die Oberfläche an der Öffnung des engen Schenkels genau beobachten, so sehen wir, daß sie sich in Form einer Halbkugel (Fig. 3)

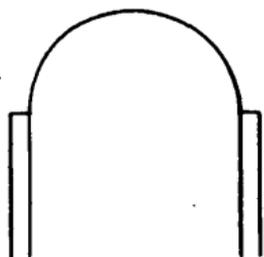


Fig. 3.

über den Rand des Rohres erhebt. Es hat also den Anschein, als wäre das Rohr mit einer Membran überspannt, welche einen Druck auf die Flüssigkeit ausübt und so imstande ist, die Flüssigkeit im weiten Schenkel auf ein höheres Niveau zu drücken. Tatsächlich können wir

uns diese Erscheinung nicht anders erklären, als daß wir annehmen, daß in der Oberfläche des Quecksilbers ein gewisser Spannungszustand herrscht, den wir die Oberflächenspannung nennen, und weil dieselbe zuerst an sehr dünnen Röhren, sogenannten Haar- oder Kapillarröhren beobachtet worden ist, pflegt man die Kräfte, welche die Oberflächenspannung erzeugen, Kapillarkräfte zu nennen.

Derartige Kapillarkräfte sind bei jeder Flüssigkeit vorhanden, weshalb auch jede Flüssigkeit eine Oberflächenspannung besitzt, so daß die Oberfläche einer jeden Flüssigkeit die Tendenz hat, sich soweit als möglich zusammenzuziehen, d. h. soweit als möglich zu verkleinern oder, wie man sich auszudrücken pflegt, eine Minimal-

fläche zu bilden. Denken wir uns demnach eine Flüssigkeit, welche nur den Kapillarkräften, sonst aber keiner anderen Kraft unterworfen ist; es müßte das also eine schwerlose Flüssigkeit sein, damit auch die Schwerkraft keinen Einfluß auf sie ausüben kann. Eine solche Flüssigkeit muß die Gestalt einer Kugel annehmen, da die Geometrie lehrt, daß die kleinste Oberfläche, in welche wir ein bestimmtes Volumen hineinbringen können, die Kugelfläche ist.

Wir sind nun tatsächlich in der Lage, Flüssigkeiten herzustellen, welche dem deformierenden Einflusse der Schwerkraft entzogen sind. Das wäre zum Beispiel schon der Fall, wenn wir eine Flüssigkeit im luftleeren Raume fallen lassen. Solange die Flüssigkeit die Fallbewegung machen kann, erhalten alle ihre Teilchen von der Schwerkraft dieselbe Beschleunigung, so daß die Schwerkraft eine gegenseitige Verschiebung der Teilchen nicht hervorbringen kann, daß also auf die Herstellung der Gestalt der Flüssigkeit nur die Kapillarkräfte von Einfluß sein können. Tatsächlich zeigt sich da, daß die Flüssigkeit in Tropfenform durch den luftleeren Raum fällt. Dies gilt auch für den luftgefüllten Raum, also für den Raum, in dem wir leben, wenn die fallenden Tropfen nur genügend klein sind, so daß die deformierenden Kräfte, welche infolge des Luftwiderstandes an der Oberfläche des Tropfens auftreten, gegenüber der Größe der Kapillarkräfte vernachlässigt werden können.

Immerhin ist es aber schwer, fallende Tropfen genügend beobachten zu können, um deren Gestalt genau zu erkennen. Wir wollen daher ein anderes Mittel er-

wähnen, um den Einfluß der Schwerkraft einer Flüssigkeit zu entziehen, ein Mittel, welches zuerst von dem Physiker Plateau angewandt worden ist. Es hat nämlich schon Archimedes gefunden, daß ein Körper von bestimmtem Volumen, den man in Wasser eintaucht, soviel an Gewicht scheinbar verliert, als eine gleich große Wassermenge wiegt. Was für Wasser gilt, gilt natürlich für jede andere Flüssigkeit auch. Wenn wir demnach einen Körper besitzen, der das spezifische Gewicht einer bestimmten Flüssigkeit hat — d. h. gleich große Mengen des Körpers und der Flüssigkeit müssen gleich schwer sein — so wird er, wenn wir diesen Körper in die Flüssigkeit untertauchen, scheinbar sein ganzes Gewicht verlieren, er wird vollkommen ruhig in der Flüssigkeit schweben, ohne auf- oder abzusteißen. Wir haben auf diese Weise den Einfluß der Schwere dem Körper vollständig entzogen. Der eingetauchte Körper kann nun auch eine Flüssigkeit sein, die natürlich von der umgebenden Flüssigkeit verschieden sein muß und sich mit ihr nicht mischen darf.

Zwei Flüssigkeiten, die sich nicht mischen, sind zum Beispiel Wasser und Olivenöl. Aber das Olivenöl ist spezifisch leichter als das Wasser. Es wird daher nicht in das Wasser eingetaucht werden können, sondern, wenn wir Wasser und Olivenöl gleichzeitig in ein Gefäß bringen, lagert sich bekanntlich das Olivenöl über dem Wasser an. Auch Olivenöl und Alkohol sind Flüssigkeiten, die sich nicht vermischen. Aber auch diese beiden Flüssigkeiten sind verschieden schwer, nur ist

diesmal das Öl die schwerere Flüssigkeit und Alkohol die leichtere. Bringen wir daher beide in das Gefäß, so steht unten das Öl, oben der Alkohol.

Wasser und Alkohol sind Flüssigkeiten, die sich ineinander auflösen, d. h. sich vollkommen vermischen. Gießen wir demnach eine kleine Menge Alkohol in eine große Menge Wasser, so werden wir eine Flüssigkeit erhalten, welche spezifisch etwas leichter ist als das Wasser und die umso leichter wird, je mehr Alkohol wir dazugießen. Wir werden sonach eine Mischung herstellen können, welche dasselbe spezifische Gewicht hat wie das Olivenöl. Wenn wir in diese Flüssigkeit Olivenöl aus einer Pipette langsam einfließen lassen, so wird das Öl als zusammenhängendes Ganzes in dem Wasseralkoholgemisch schweben müssen, da ihm ja nach dem früher Erwähnten der Einfluß der Schwerkraft vollständig entzogen ist. Wir haben also jetzt tatsächlich eine Flüssigkeit, die nur unter dem Einflusse der Kapillarkräfte steht. Unsere Flüssigkeit muß somit die Kugelgestalt annehmen, was in der Tat durch den Versuch vollkommen bestätigt wird. Als eine schöne goldgelbe Kugel schwimmt das Olivenöl in dem kristallhellen Gemisch von Wasser und Alkohol. Durch vorsichtiges Einbringen des Öles in die Plateausche Mischung läßt sich mitunter eine sehr große Ölkugel erzeugen. Es ist Plateau gelungen, Kugeln von 10 und mehr Zentimeter Durchmesser herzustellen.

Je leichter wir eine Flüssigkeit machen können, desto geringer wird sich der deformierende Einfluß der Schwerkraft auf sie äußern. Hätten wir eine Flüssigkeit

vom spezifischen Gewichte der uns umgebenden Luft, so könnten wir ohneweiters Flüssigkeitskugeln erzeugen, die in der Luft schweben. Wir können uns die Sache aber auch so denken. Nehmen wir an, wir hätten eine Flüssigkeitskugel und wir wären imstande, aus dem Inneren der Kugel Flüssigkeit herauszunehmen, dafür aber eine leichte Substanz, zum Beispiel Luft oder irgendein anderes Gas, hineinzugeben, so würden natürlich trotzdem die Oberflächenspannungen so wirken, daß die Kugelgestalt der Flüssigkeit immer erhalten bliebe. Solche Kugeln, deren Oberfläche aus einer dünnen Flüssigkeitshaut besteht, das Innere aber aus Luft oder irgendeinem anderen Gas, können wir tatsächlich herstellen. Es sind die wohlbekannten Seifenblasen, welche die Form von Kugeln annehmen, sobald sie freischwebend in der Luft erzeugt werden.

Wenn wir einen Ring aus Metalldraht in eine Seifenlösung tauchen und ihn dann wieder herausziehen, so läßt es sich leicht erreichen, daß der Ring von einer Flüssigkeitslamelle ausgefüllt ist. Es hat den Anschein, als wäre der Ring mit einer dünnen Wasserhaut überzogen. Hat der Ring eine ebene Gestalt, so nimmt auch die Seifenwasserhaut eine ebene Form an. Ist der Ring verbogen, so ist es auch die Flüssigkeitsmembran und wiederum wird infolge der Oberflächenspannung die Membran die kleinste Fläche besitzen, welche unter den gegebenen Fällen möglich ist. Es bildet dann die Flüssigkeitshaut die Form einer sogenannten Minimalfläche. Stellen wir irgendein körperliches Netz aus Draht her,

zum Beispiel das Netz eines Würfels, eines Oktaeders usw., und tauchen wir diesen Körper in eine Seifenlösung ein, so wird sich beim Herausziehen ein ganzes Netz von Minimalflächen bilden, was mitunter zu den schönsten geometrischen Figuren führt.

Nachdem wir uns zur Genüge mit den Eigenschaften der Flüssigkeiten beschäftigt haben, um das Weitere zu verstehen, müssen wir noch einen Blick auf einige elektrische Erscheinungen wenden. Es weiß jedermann, daß Glasstäbe, Siegellackstangen und viele andere Körper durch Reiben an Wolle oder Seide einen Zustand annehmen, der sie befähigt, leichte Körper, wie Papierschnitzel, Holundermarkkugeln und ähnliches anzuziehen. Diese auftretenden Anziehungskräfte schreiben wir der Elektrizität zu. Man kann ferner die Elektrizität, welche wir auf einem geriebenen Körper erzeugen, abgeben an andere Körper, so daß auch diese elektrisch werden.

Es hat sich auch gezeigt, daß die elektrisierten Körper gegeneinander sich nicht immer gleich verhalten. Wenn ich zum Beispiel zwei kleine leichte Kugeln, die an Seidenfäden aufgehängt sind, mit einem geriebenen Glasstab berühre, so daß jede von dem Glasstab Elektrizität empfängt, so zeigt sich, daß sich diese beiden Kugeln abstoßen. Dasselbe zeigt sich auch, wenn ich anstatt des Glasstabes eine Siegellackstange zum Versuche benütze. Wenn ich die eine Kugel nur mit dem Glasstabe, die andere mit der Siegellackstange berühre, so zeigt sich, daß sie sich nicht abstoßen, sondern anziehen.

Wir müssen demnach annehmen, daß wir es mit zweierlei Arten von Elektrizität zu tun haben. Man pflegt diese beiden Arten dadurch zu unterscheiden, daß man die eine positive, die andere negative Elektrizität nennt. Während zwei positiv geladene Kugeln einander abstoßen, ebenso zwei negativ geladene, ziehen zwei Kugeln, deren eine positiv, die andere negativ geladen ist, einander an. Man pflegt diese Erscheinungen gewöhnlich in dem Satze zusammenzufassen, daß gleichnamige Elektrizitäten einander abstoßen, ungleichnamige aber einander anziehen.

Bringen wir in die Nähe eines Körpers, zum Beispiel einer Metallkugel M , welche auf einem Glasfuß G steht (Fig. 4), einen elek-

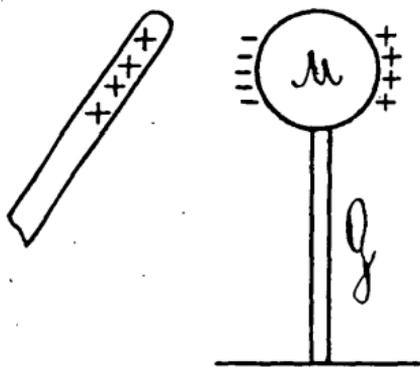


Fig. 4.

trisch geladenen Körper, etwa einen geriebenen Glasstab, und nennen wir die Elektrizität des Glasstabes positiv, was wir mit einem $+$ bezeichnen wollen, so zeigt sich, daß die Seite der Kugel, welche dem Glasstabe zugekehrt ist, negativ, die abge-

kehrte positiv wird. Um dies erklären zu können, müssen wir annehmen, daß in jedem Körper bereits Elektrizität vorhanden ist, aber daß, wenn der Körper sich als unelektrisch erweist, ebensoviel positive als negative Elektrizität gleichmäßig über dem Körper verteilt ist. Bringen

wir jedoch jetzt in die Nähe des Körpers einen anderen elektrisch geladenen, so wird er die gleichnamige Elektrizität im zweiten Körper abstoßen, die ungleichnamige anziehen. Es müssen sich somit die beiden Elektrizitäten in dem Körper trennen und es erscheint der Körper als elektrisch. Wir nennen einen derartigen Vorgang in einem Körper Elektrisierung durch Verteilung.

Denken wir uns zwei parallele Metallplatten *PP* (Fig. 5). Die eine sei positiv, die andere negativ elektrisch geladen. Zwischen die beiden Platten bringen wir einen kleinen positiv elektrisch geladenen Körper, etwa eine kleine Holundermarkkugel *H*, die an einem Seidenfaden *S* aufgehängt ist. Dieselbe wird von der positiven Platte abgestoßen, von der negativen angezogen. Die Holundermarkkugel wird infolgedessen von links nach rechts gehen, bis sie die negative Platte

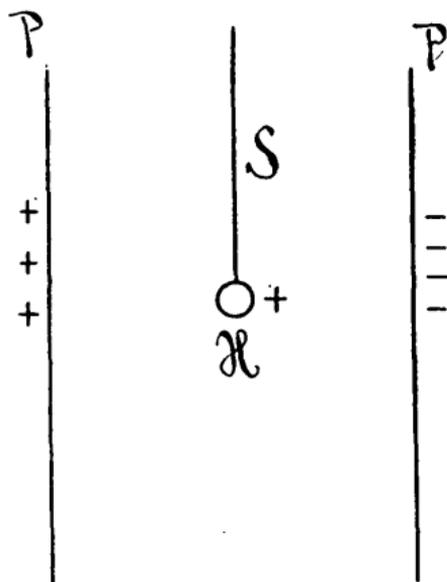


Fig. 5.

berührt, und wird dort ihre kleine positive Elektrizitätsmenge verlieren, hingegen negativ von der Platte geladen werden. Das hat zur Folge, daß die Kugel jetzt von der gleichnamigen Elektrizität abgestoßen wird, also zur

positiven Seite wandert. Dort vertauscht sie wieder ihre Elektrizität und muß also solange zwischen beiden Platten hin- und hergehen, solange die eine einen Überschuß von positiver, die andere von negativer Elektrizität besitzt. Wir nennen eine solche Vorrichtung ein elektrisches Pendel und den Raum zwischen den beiden Platten ein elektrisches Feld. Sind die beiden Platten groß genug, so zeigt sich, daß die Kräfte, welche sie auf eine bestimmte Elek-

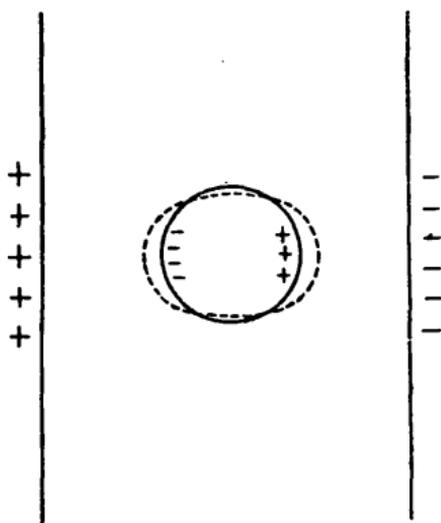


Fig. 6.

trizitätsmenge, die etwa in unserer Holundermarkkugel vereinigt ist, ausüben, an allen Punkten zwischen den beiden Platten gleich groß sind, daß die Stärke des elektrischen Feldes demnach überall dieselbe ist. Wir besitzen ein sogenanntes homogenes elektrisches Feld.

Wir wollen jetzt in ein homogenes Feld eine Metallkugel bringen (Fig. 6). Das Metall ist ein sogenannter guter Leiter der Elektrizität. Es wird demnach sofort jene Seite der Metallkugel, welche der positiven Platte zugekehrt ist, negativ elektrisch werden, jene, welche der negativen Platte zugekehrt ist, positiv elektrisch. Die Zeichnung läßt auch ohneweiters erkennen, daß die

Kugel auf diese Weise in horizontaler Richtung einen Zug erfahren muß, und wenn sie nicht aus einem festen

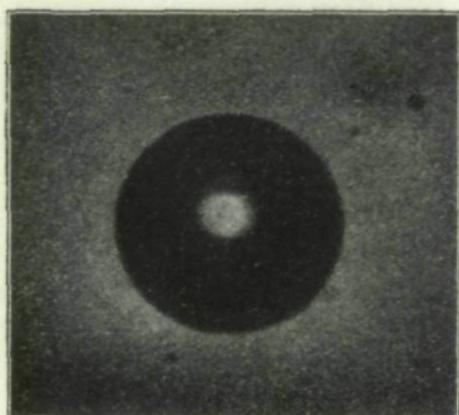


Fig. 7.

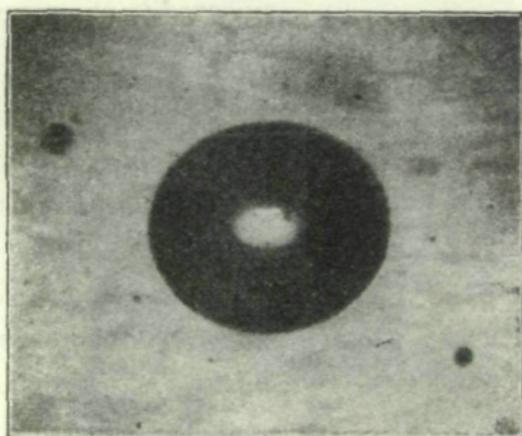


Fig. 8.

Metallkörper besteht, sondern sehr weich und biegsam wäre, würde sie eine Gestaltsveränderung erfahren in der

Art, daß sie sich in der horizontalen Richtung ausdehnen, in der vertikalen zusammenziehen müßte, d. h. die Kugel

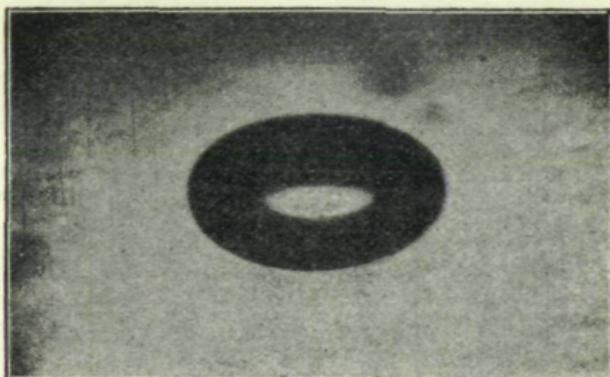


Fig. 9.

müßte eine Form annehmen, welche Ähnlichkeit mit einem Ellipsoid hat, wie es durch die punktierte Linie in unserer Zeichnung dargestellt wird.

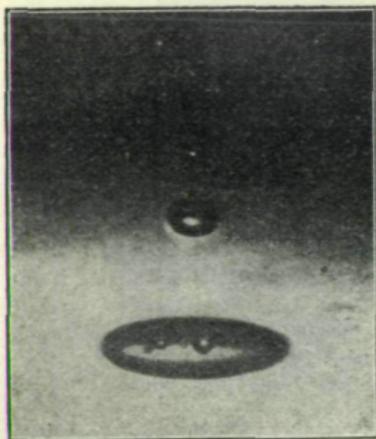


Fig. 10.

Ein derartiges Experiment können wir in folgender Weise ausführen. Auf dieselbe Art, wie Plateau Ölkugeln in einem Gemisch von Wasser und Alkohol hergestellt hat, können wir auch umgekehrt Kugeln von dem Wasseralkoholgemisch in Öl erzeugen. Dies hat für uns den

Vorteil, daß wir dann eine Kugel aus einem Leiter der Elektrizität in einem Nichtleiter haben, indem das Wasser-

alkoholgemisch die Elektrizität gut leitet, das Öl jedoch nicht. Wir stellen uns in beiden Seiten des Gefäßes parallel Metallplatten auf und verbinden die eine Platte mit dem positiven, die andere mit dem negativen Pol einer Elektrisiermaschine. Versetzen wir die Maschine in Tätigkeit, so zeigt sich sofort, daß die schwebende Kugel ihre Gestalt verändert in dem von uns angegebenen Sinne,

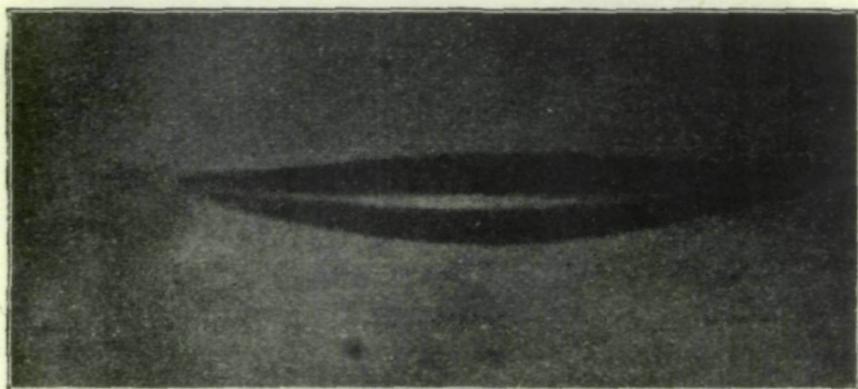


Fig. 11.

wie dies am besten aus den beigefügten Photographien zu erkennen ist. Wir sehen in Fig. 7 die Kugel, auf welche noch keine elektrischen Kräfte wirken. In dem Momente, wo wir die Platten mit Hilfe der Elektrisiermaschine laden, wird aus der Kugel ein Rotationsellipsoid, dessen Gestalt bei schwachem elektrischen Felde nur wenig von einer Kugel abweicht (Fig. 8). Wachsen die elektrischen Kräfte, so wird das Verhältnis der großen zur kleinen Achse des Ellipsoids immer größer (Fig. 9).

In Fig. 10 sehen wir mehrere Tropfen, auf welche starke Kräfte wirken. Es zeigt sich, daß größere Tropfen auch größere Dehnungen erlangen, was daher kommt, daß die elektrischen Kräfte, welche den Tropfen aus-

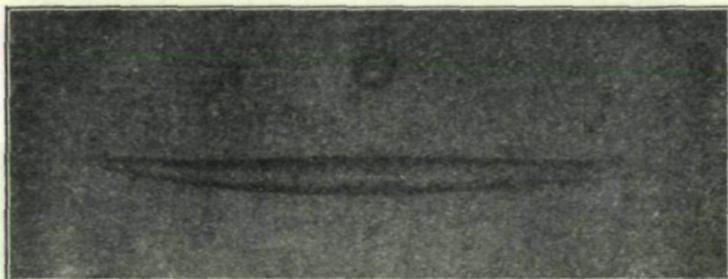


Fig. 12.

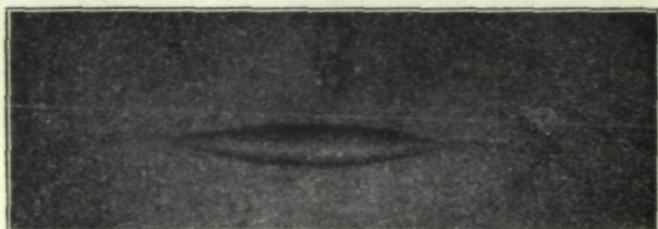


Fig. 13.

einanderzuziehen streben, gegenüber den zusammenziehenden Kapillarkräften unter sonst gleichen Umständen umso mehr ins Gewicht fallen, je größer der Tropfen ist.

Steigern wir nun die elektrischen Kräfte weiter, so zeigt sich, daß die Tropfen eine längliche, an den beiden Enden zugespitzte Gestalt annehmen (Fig. 11, 12, 13). Der Körper ist dann nicht mehr stabil, sondern er wird zerrissen. Unsere Figuren 11, 12 und 13 sind also nicht

als ruhende Erscheinungen aufzufassen, sondern es sind Momentaufnahmen eines Körpers, der sich unter dem Einflusse der elektrischen Kräfte von einer elliptischen zu einer Gestalt mit spitzen Enden auszieht, die sich in kleine Tropfen auflösen. Dieses Zerstieben der Enden

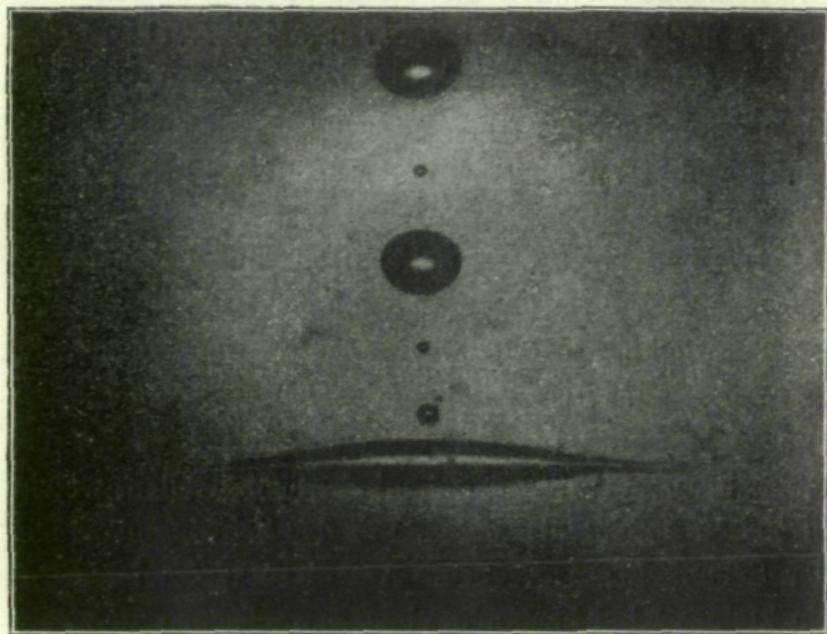


Fig. 14.

erfolgt oft sehr heftig und hat den Anschein, als würden die kleinen Tropfen aus einer Brause kommen. In Fig. 14 haben wir einen derartigen zersprühenden Körper. Gleichzeitig sind andere Tropfen vorhanden, welche wegen ihrer Kleinheit ein noch stabiles Ellipsoid bilden.

Dasselbe, was wir an einer Kugel aus einem Wasseralkoholgemisch in Öl haben zeigen und photographieren

können, müßte sich streng genommen auch mit einer Seifenblase erzielen lassen. Wenn man den Versuch unternimmt, so zeigt sich eine Seifenblase in Luft derart beweglich, daß sie eher an irgend eine der beiden Metallplatten hinanfliegt und daran zerstiebt, als es zu den Erscheinungen kommt, die wir an unseren Flüssigkeitskugeln nachweisen konnten. Will man Seifenblasen benützen, so müssen demnach die elektrischen Kräfte sehr klein sein. Das hat wieder zur Folge, daß die Abweichung von der Kugelgestalt an den Seifenblasen kaum wahrnehmbar ist.

Was wir jedoch an Seifenblasen auf diese Art wie auf keine andere leicht erzielen können, ist die Erzeugung von Schwingungen. Wenn wir einen Körper, der schwingen kann, zum Beispiel eine Schaukel, eine Glocke, ein Pendel in Schwingungen versetzen wollen, so ist dies möglich, sobald wir der Schaukel Stöße erteilen, welche in Zeiten aufeinanderfolgen, die der Schwingungsdauer der Schaukel entsprechen. Auf diese Weise ist selbst ein kleines Kind imstande, einen erwachsenen Menschen immer höher und höher zu schaukeln. Würde das Kind jedoch unregelmäßig an der Schaukel rütteln, so würde es auch bei viel größerem Arbeitsaufwande die Schaukel nicht in große Schwingungen versetzen können.

So kann ein jeder Körper, der Schwingungen zu machen fähig ist, durch einen zweiten ins Mitschwingen gebracht werden, wenn nur die Schwingungsdauer für beide Körper dieselbe ist. Denken wir uns zum Beispiel einen Stab von rechteckigem Querschnitte. Denselben

spannen wir an seinem unteren Ende in einen Schraubstock ein. Ziehen wir nun das obere Ende mit der Hand aus seiner Gleichgewichtslage und lassen es los, so macht der Stab Schwingungen. Die Zahl der Schwingungen, welche er in der Sekunde vollführt, ist jedoch verschieden, je nachdem wir ihn parallel der kürzeren oder parallel der längeren Querschnittsseite ausbiegen. Befestigen wir demnach oben am Stabe einen Kreisel, den wir in rasche Rotation versetzen, so bleibt der Stab vorerst vollkommen ruhig. Wird nun die Umlaufszahl des Kreisels immer geringer, so zeigt sich, daß der Stab allmählich zu zittern anfängt und plötzlich sehr weite Schwingungen nach einer bestimmten Richtung ausführt. Es ist das dann der Fall, wenn die Umlaufszahl des Kreisels mit der Schwingungszahl des Stabes übereinstimmt, und es gelingt die Sache besonders gut, wenn wir einen nicht vollkommen symmetrischen Kreisel besitzen, sondern einen, dessen rotierende Scheibe durch ein Gewicht seitwärts belastet ist, indem durch die Fliehkräfte, welche sich nicht mehr gegenseitig aufheben, bei der Rotation des Kreisels der Stab dann hin- und hergerüttelt wird. Während der Kreisel allmählich abläuft, kommt der Stab ein zweites Mal in heftige schwingende Bewegung. Das ist dann der Fall, wenn die Tourenzahl des Kreisels gleich der langsameren Schwingungszahl des Stabes geworden ist.

Dieses Prinzip des Mitschwingens wollen wir nun benützen, um Seifenblasen in Schwingungen zu versetzen. Denken wir uns etwa ein vertikales Glasrohr auf einem Stativ befestigt, so daß wir leicht Seifenblasen an seinem

unteren Ende erzeugen können. Unter der Seifenblase stellen wir eine Metallplatte auf, welche mit Hilfe einer Elektrysiermaschine rasch elektrisch geladen und entladen werden kann. Es ist nicht schwer, diese Ladungen in regelmäßigen Abständen und mit beliebiger Schnelligkeit erfolgen zu lassen. Beginnen wir mit dem Laden der Platte, so wird die Seifenblase von der Platte ange-

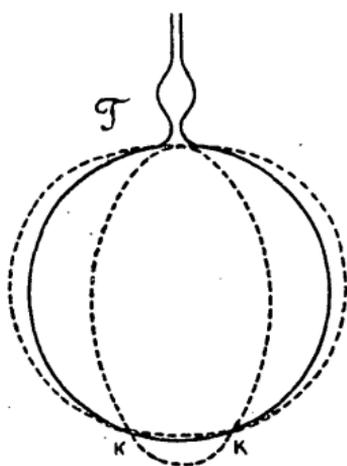


Fig. 15.

zogen und bildet eine von oben nach unten längliche Gestalt. Entladen wir die Platte, so nimmt die Seifenblase ihre ursprüngliche runde Gestalt wieder an. Steigern wir jetzt allmählich die Zahl der Entladungen, so fängt zu einer bestimmten Zeit die Seifenblase mit ihrem unteren Ende heftig auf- und abzuschwingen an. Es ist dies dann der Fall, wenn in

der Sekunde ebensoviel Ladungen, beziehungsweise Entladungen erfolgen, als die Seifenblase Schwingungen machen kann. Es sind dies gleichzeitig die langsamsten Schwingungen, welche eine Seifenblase vollführt. In Fig. 15 sehen wir voll ausgezogen die Gestalt der Seifenblase in ihrer Ruhelage als eine Kugel, während die beiden punktierten Linien die Grenzlagen angeben, welche die Blase bei den Schwingungen einnimmt. Dort, wo sich die beiden Grenzlagen mit der Ruhelage

der Seifenblase durchschneiden, finden wir Punkte, die in Ruhe bleiben, die zusammen einen Parallelkreis der Kugel bilden. Man nennt diesen Parallelkreis KK eine Knotenlinie. Eine zweite Knotenlinie bildet der Rand des Trichters T , aus welchem die Seifenblase erzeugt wird. Steigern wir jetzt die Zahl der Ladungen, so kommt die Seifenblase wieder in Ruhe und fängt nach einiger Zeit, während welcher Ladung und Entladung immer rascher wechseln, von neuem zu schwingen an. Die Schwingungen, welche die Blase jetzt vollführt, sind aber wesentlich verschieden von den früheren. Es sind Schwingungen, welche weitaus rascher erfolgen, und zwar in einer Weise, wie sie die Fig. 16 zeigt. Wir erhalten jetzt

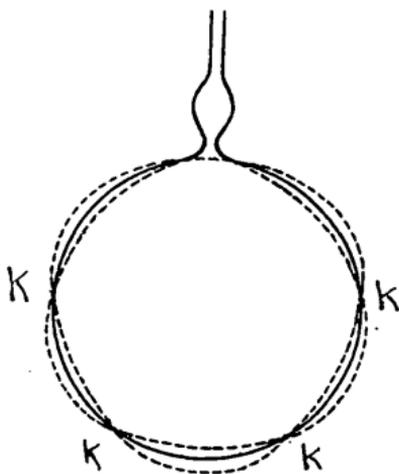


Fig. 16.

neben dem Trichterrande noch zwei Parallelkreise KK und $K'K'$, welche feststehende Knotenlinien darstellen, während die dazwischenliegenden Teile der Seifenblase wieder zwischen punktierten Grenzlagen hin- und herschwingen. Es zeigt sich auch, daß bei noch weiterer Steigerung der Ladungszahl der Platten noch kompliziertere Schwingungen der Seifenblase erreicht werden können.

Es gibt aber noch andere Methoden, eine kugelförmige Seifenblase in Schwingungen zu versetzen. Bringen

wir eine Seifenblase zwischen zwei parallele Metallplatten *PP* (Fig. 17), welche wir elektrisch laden, so daß gleichzeitig die eine positiv, die andere negativ ist, so werden die den Platten näherliegenden Teile der Seifenblase

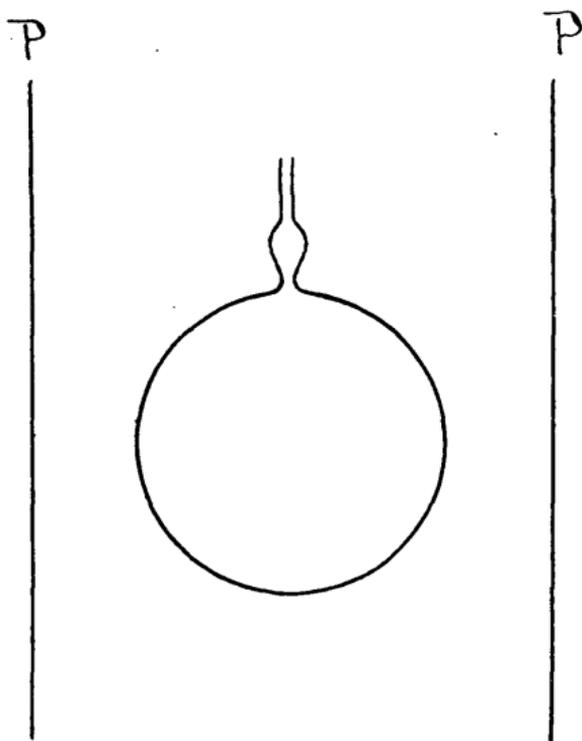


Fig. 17.

gegen die Platte gezogen. Es entsteht eine Art Ellipsoid, wie wir es früher bei der schwebenden Flüssigkeitskugel geschildert haben, doch dürfen die Kräfte nicht zu stark sein, weil sonst leicht die Blase ganz zur einen oder anderen Platte gezogen wird und zerplatzt. Wenn wir unsere Platten wieder in rascher Aufeinanderfolge

laden und entladen, so entstehen auch auf diese Weise Schwingungen der Seifenblase, welche jedoch zum Teile gänzlich anderer Art sind als jene, die wir bereits geschildert haben. Die langsamsten Schwingungen, welche hier auftreten, sind identisch mit den langsamsten der früheren Methode. Auf diese folgen Schwingungen, die wir bisher noch nicht kennen gelernt haben. Von der

Seite betrachtet nehmen sie Formen an, wie sie Fig. 18 zeigt. Der oberste und unterste Punkt der Seifenblase bleiben dabei in Ruhe und es tritt die auffallende Erscheinung ein, als würde die Seifenblase abwechselnd kleiner und größer, indem sie zwischen den beiden punktierten Grenzlagen hin- und herschwingt. Wenn wir die Seifenblase jedoch

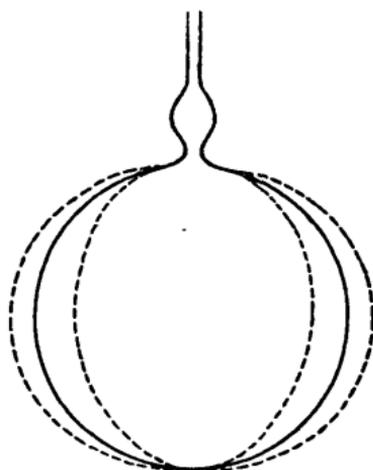


Fig. 18.

von oben betrachten, so erkennen wir ohneweiters, daß bei dieser Art von Schwingungen das Volumen der Seifenblase sich trotzdem nicht ändert, da, sobald die Stellen links und rechts etwa nach einwärts schwingen, die vordere und hintere Partie der Seifenblase sich nach auswärts bewegen und umgekehrt, so daß wir von oben betrachtet eine Figur sehen, wie Fig. 19 zeigt. In der Mitte sehen wir den Rand des Trichters. Die vollausgezogene Kreislinie gibt uns die Begrenzung der Sei-

fenblase in der Ruhelage, während die punktierten Linien uns wieder die Grenzlagen der beiden Schwingungen angeben. Die vier Punkte K , welche in Ruhe bleiben, sind Punkte von Knotenlinien, welche als Meridiane die Seifenblase in vier gleiche Teile teilen.

Alle die von uns geschilderten Erscheinungen, sowohl die Gestaltsänderungen einer schwebenden Kugel

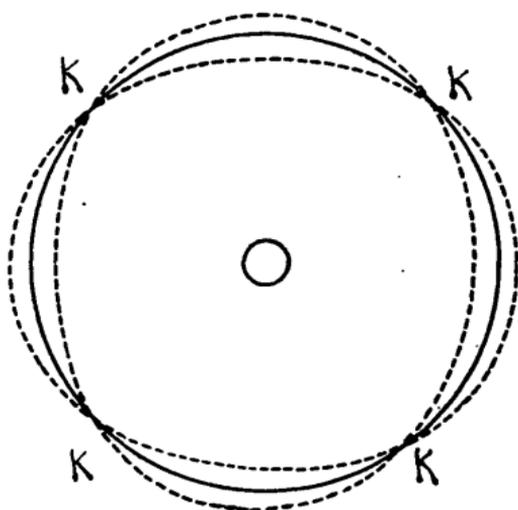


Fig. 19.

unter dem Einflusse elektrischer Kräfte, als auch die schwingenden Seifenblasen haben den großen Vorteil, daß sie sich leicht projizieren und so einem großen Publikum vorführen lassen. Wir haben es hier nur mit durchsichtigen Körpern zu tun, die leicht mit Hilfe einer Bogenlampe von rückwärts intensiv beleuchtet und mit Hilfe einer Projektionslinse auf einem Schirme vergrößert zur Darstellung gebracht werden können. Auch die letzte Figur

der schwingenden Seifenblase läßt sich objektiv darstellen, wenn wir folgendermaßen verfahren. Wir bringen unter die Seifenblase *S* einen Spiegel *MM'*, der unter

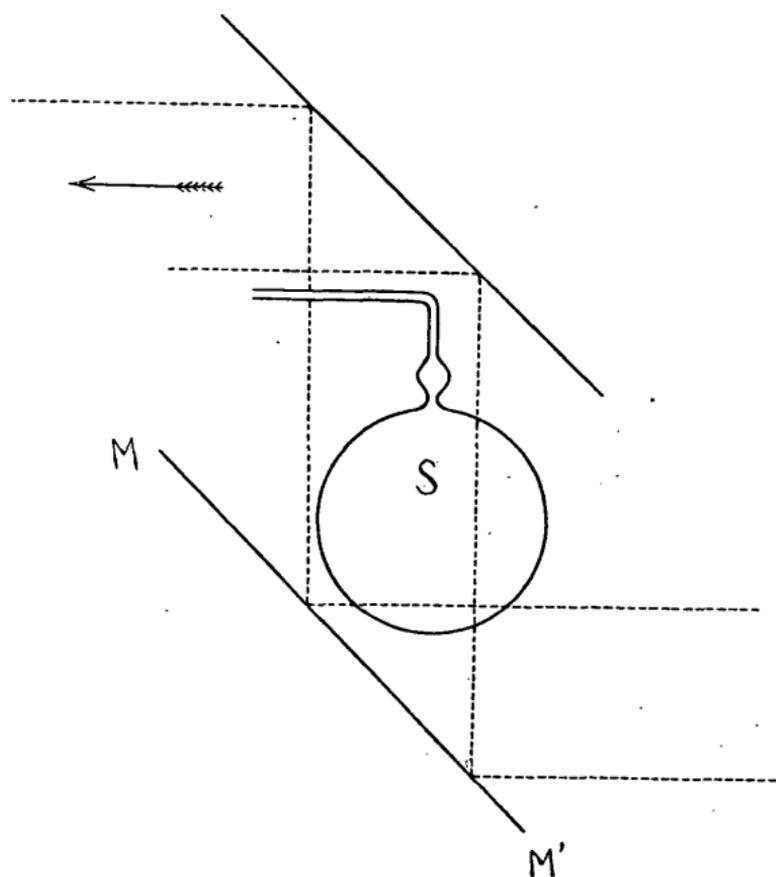


Fig. 20.

45° gegen den Horizont geneigt ist, und darüber einen parallelen Spiegel (Fig. 20). Das Licht der Projektionslampe läßt man von rechts auf den unteren Spiegel fallen, so wie durch die punktierten Linien angedeutet ist. Es

wird dann auf den oberen Spiegel geworfen und von diesem nach vorne, so daß man es wiederum mit Hilfe einer Linse auf einen Schirm werfen kann, und da das Licht dabei die Seifenblase auf seinem Gange vollkommen von unten nach oben durchstrahlt hat, so bekommen wir auf dem Schirme tatsächlich eine Ansicht der Seifenblase von oben. Durch die Projektion können wir die Seifenblase leicht bis zu einem Meter und mehr Durchmesser vergrößern. Infolge des dabei auftretenden bunten Farbenspieles kommt es, selbst wenn die Seifenblasen noch in Ruhe sind, aber viel mehr noch, wenn sie zu schwingen anfangen, zu Erscheinungen von großer ästhetischer Wirkung.

Ein besonders hübsches Farbenspiel läßt sich auf folgende Weise erzielen. Wir erzeugen in einem Metallringe, den wir in Seifenwasser eintauchen, eine Flüssigkeitsmembran, stellen den Ring dann mit seiner Ebene vertikal auf, beleuchten die Membran mit intensivem Bogenlicht und projizieren im reflektierten Lichte die Membran auf eine Wand. Wir sehen sie dann in den schönsten Farben schillern, die wir in heftige Bewegung versetzen können, wenn wir schwach gegen die Membran blasen. Es eignet sich dazu am besten der sogenannte elektrische Wind, welcher von einer Metallspitze ausgeht, die man mit dem einen Pol der Elektrisiermaschine verbindet. Bringt man diese Spitze in die Nähe der Flüssigkeitsmembran, so geraten die Farben derselben in heftige Bewegung und erzeugen auf einem Schirme einen prächtigen, buntfarbigen, die verschiedensten Bewegungen hervorbringenden Farbenknäuel.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: [Flüssigkeiten im elektrischen Felde. 175-200](#)