

Über  
die Eigenschaft des Öles,  
die Meereswellen zu beruhigen.

Von

**A. v. Obermayer.**

---

Vortrag, gehalten den 9. Jänner 1889.

*(Mit Demonstrationen.)*

Mit fünf Abbildungen im Texte.



Wird auf eine reine Wasseroberfläche in einer sorgfältig gereinigten Schale ein Tropfen Öl gebracht, so sieht man denselben mit großer Geschwindigkeit auseinanderfahren und eine dünne Haut auf der Wasseroberfläche bilden. Das Terpentinöl eignet sich zu dergleichen Versuchen ganz besonders und gibt ein farbig schimmerndes Häutchen.

Auf einer größeren Wasserfläche, z. B. jener eines Teiches, breitet sich das Öl gleichfalls mit großer Schnelligkeit zu einer dünnen Schichte aus.

Eine Wasseroberfläche, welche mit einer solchen Ölschichte bedeckt ist, unterscheidet sich von einer reinen Wasserfläche sehr wesentlich, wie ich im Späteren zu zeigen Gelegenheit haben werde. Sie hat überdies die Eigenschaft, durch Wind kaum zum Kräuseln gebracht zu werden, während die unbedeckte Wasseroberfläche durch den gleichen Wind sofort kleine Wellen zu schlagen beginnt.

Das auf eine, durch den Wind sehr heftig bewegte Wasserfläche gegossene Öl glättet die Oberfläche der Wellen dermaßen, dass ein Überschlagen derselben nicht stattfindet und ein Einstürzen von Wasser in Schiffe vermieden wird.

Diese Thatsache ist schon sehr lange bekannt und der Gebrauch des Öles zur Beruhigung der Meereswellen hat sich bei manchen Seefahrern des Orients, so den griechischen Schiffern, den Fischern der syrischen Küste und des persischen Golfes bis auf den heutigen Tag durch Tradition fortererbt.

Den europäischen Seefahrern ist die erwähnte Eigenschaft des Öles weniger bekannt gewesen, und trotzdem gegen Ende des vorigen und anfangs dieses Jahrhunderts mehrere hierauf bezügliche Schriften<sup>1)</sup> veröffentlicht wurden, welche die Wirksamkeit des Öles bei Seegefahren außer Zweifel stellen, ist der praktischen Anwendung des Öles von Seemannskreisen großes Misstrauen entgegengebracht worden.

Erst die gelungenen Versuche, welche M. Shield

1) Franklin, On the stilling of waves by means of oil. Philos. Trans. LXXIV, 1873, P. I, p. 445.

Van Lelyveld, Berigten en prijsvragen over het storten van olie, traan, teer of andere drijvende stoffen in zeegevaren. Leyde 1775.

Mann, Mémoire dans lequel on examine les effets produits en versant différentes sortes d'huiles sur les eaux, tant tranquilles qu'en mouvement. Mém de l'Acad. de Brux. 1780, t. II, p. 257.

De Leeuw, Algemeene Kunst- en Letterborde 1837, No. 10, p. 157.

Van Beek, Mémoire concernant la propriété des huiles de calmer les flots et de rendre la surface de l'eau parfaitement transparente. Ann. de Chim. et Phys. 1842, sér. II, t. IV, p. 257.

im März des Jahres 1881 in dem Hafen zu Peterhead und später im December desselben Jahres im Eingange des Hafens von Aberdeen anstellte, um zu Zeiten heftigen Seeganges den Schiffen die Einfahrt in die Häfen mit Hilfe von Öl, welches durch Röhrenleitungen unter die Mitte der Hafeneinfahrt gepumpt und dort zur Oberfläche aufsteigen gelassen wurde, zu ermöglichen, haben auch in Seemannskreisen der Überzeugung von der Wirksamkeit des Öles Bahn gebrochen. Die großen Ölmengen, welche bei diesen Versuchen aufgewendet werden mussten, und deren Preis sich bei einem derlei Versuche auf 20 Pfunde Sterling belief, stehen einer allgemeinen Anwendung dieses Verfahrens am Eingange von Häfen im Wege.

Mit der Veröffentlichung officieller Rundschreiben, so desjenigen der englischen Admiralität vom Jahre 1884, worin die Seeleute auf die Vortheile der Anwendung selbst geringer Mengen Öles zur Abwendung von Schaden an größeren Schiffen und insbesondere Booten aufmerksam gemacht wurden, ist die ganze Angelegenheit in die Praxis überführt worden und kann der Anwendung des Öles eine Bedeutung nicht mehr abgesprochen werden.

Das Öl ist nicht imstande, die Wellenbewegung des Wassers aufzuheben oder auch nur zu verringern, dagegen verhindert es die horizontale Verschiebung des Wassers in der Oberfläche der Wellen, welche durch den Wind herbeigeführt wird und zum Überschlagen oder Brechen der Wellen führt, indem es das Absinken

des Gipfels der Welle gegen den Fuß, im horizontalen Sinne beschleunigt.

Durch die Zeugnisse zahlreicher Seefahrer ist nachgewiesen, dass die zum Überschlagen aufgethürmten, drohenden Gipfel der Wellen, in die dünne Ölschichte eintretend, sofort gefahrlos ins Wellenthal absinken.

Die Wellenbewegung des Meeres allein, welche in einem Auf- und Abschwingen des Wassers besteht, fügt den Schiffen keinen Schaden zu, indem dieselben die Schwingungen des Wassers mitmachen, auf die Wellenberge gehoben werden und in die Wellenthäler hinabsinken. Dagegen sind die überschlagenden Wellen, in denen das Wasser eine horizontale Bewegung hat, die sogenannten Brecher, gefährlich, theils durch die heftigen Stöße gegen den Schiffskörper, theils durch die zerstörende Wirkung der sich über Bord ergießenden Sturzseen, welche nicht nur mannigfaltigen Schaden an Bord anrichten, sondern auch die Mannschaft gefährden und kleine offene Boote mit Wasser vollschlagen. Gerade diese zerstörende Wirkung der Meereswellen vermag das Öl, wie schon erwähnt, zu verhüten.

In mehreren jüngst erschienenen Schriften<sup>1)</sup> sind

---

<sup>1)</sup> *Le filage de l'huile par le Vice-Amiral Cloué.* 3<sup>e</sup> Ed. Paris, Gauthiers-Villars.

Die Beruhigung der Wellen durch Öl. Von S. Rottok, Capitänlieutenant a. D. Berlin, S. S. Mittler & Sohn.

Die Verwendung von Öl zur Beseitigung der Wellen. Karlowa. Hamburg, Eckhardt & Mendorf.

zahlreiche Berichte von Seefahrern über die erfolgreiche Anwendung des Öles gesammelt, aus denen ich nur ein Beispiel hervorheben will, welches von dem Capitän Fondacaro de Bagnaro<sup>1)</sup> mitgetheilt wurde, welcher in Genossenschaft zweier Seeleute, Pietro Troccoli und Orlando Grassoni, in einem kleinen Schiffe, „Il Leone di Caprera“, die Strecke von Montevideo nach Gibraltar in 102 Tagen zurücklegte und von dieser Zeit 98 Tage ununterbrochen auf dem Meere zubrachte.

Der Leone di Caprera, ist 8·2 *m* lang, 2·3 *m* breit und 0·3 *m* von Bord bis zur Wasserlinie hoch. Das Schiff ist gedeckt und hat ein Displacement von 3¼ Tonnen.

Öl wurde auf diesem Schiffe in zwei flaschenförmigen Ölsäcken verwendet, welche ins Meer hiengen und das Öl allmählich austreten ließen. Jeder Sack fasste etwa 4 *l* Öl und war an einer, circa 4 *m* langen Leine an einem geeigneten Orte der Schiffes befestigt. Das Öl breitete sich um das Schiff herum aus, und innerhalb der Ölschichte kamen keine Brecher vor. Die 8 *l* Öl reichten für 24 Stunden aus. Bei besonders heftigem Seegange und starkem Sturmwinde, wenn das Schiff nicht unter Segel beiliegen konnte, wurde nebst den Ölsäcken noch ein konischer Treibanker aus Segeltuch benützt, welcher im Vereine mit den Ölsäcken das Schiff selbst dann sicherte, wenn der Seegang weitaus größeren Schiffen gefährlich gewesen wäre.

---

<sup>1)</sup> Voyage du petit bateau Leone di Caprera, commandé par Vincenzo Fondacaro. Milano, Alessandro Lombardi.

Aus den Berichten der Seefahrer, welche durch Anwendung von Öl Erfolge erzielten, ergeben sich Aufschlüsse über die Art der Anwendung des Öles, über die verbrauchten Ölmengen und über die Gattung des Öles.<sup>1)</sup>

In der Regel wurde das Öl in Säcke aus Segeltuch gefüllt, welche, um das Öl besser durchzulassen, mit einer Segelnähnel durchstochen wurden. Der Inhalt der Säcke lag zwischen 4 und 10 l. Öfters wurde auch Werg in die Säcke gefüllt und dieses mit Öl getränkt.

Die Säcke werden je nach den Umständen am Bug oder am Achtertheile des Schiffes so aufgehängt, dass sie gerade die Oberfläche des Wassers berühren und bei den Bewegungen des Schiffes eintauchen.

Über die Mengen des per Stunde verbrauchten Öles geben die Berichte sehr verschiedene Größen.<sup>2)</sup> Von vierzig Schiffen oder Canoes, welche den Ölverbrauch gemessen haben, gaben 22 Schiffe im Mittel nur 1 l per Stunde aus, 18 Schiffe gaben beim Lenzen 1·83 l und 10 beim Beiliegen 2·30 l Öl per Stunde aus. Zwei Schiffe mit dem Winde dwars haben 0·76 l und ein remorquiertes Schiff hat 0·25 l per Stunde aufgebraucht. Zwei Rettungsboote haben 2·25 l per Stunde verbraucht. Das Mittel des Verbrauches der 40 Fahrzeuge ist 2·20 l per Stunde, davon hatten 14 Schiffe weniger als 0·66 l per Stunde aufgewendet.

---

<sup>1)</sup> Le filage de l'huile, p. 32—73.

<sup>2)</sup> Ibid., p. 88.



Da das Öl auf einer bereits fetten Wasserfläche sich nicht ausbreitet, sondern die Gestalt linsenförmiger Tropfen annimmt, ist es sehr begreiflich, dass eine zu große Menge von Öl nichts mehr nützt, sondern dass vielmehr alles Öl, welches über eine bestimmte Menge verausgabt wird, ohne Nutzen ist.

Nicht alle Ölgattungen haben die gleiche Wirkung ergeben. Am geeignetsten erweisen sich animalische und vegetabilische Öle, also Fischthran, Leinöl u. dgl. m. Weniger wirksam sind die schweren Mineralöle und fast unwirksam erweisen sich die leichten Mineralöle, d. i. Petroleum. Die Ölgattungen verlieren an Wirksamkeit, wenn sie durch niedere Temperatur dickflüssig werden oder gar erstarren.

Die Versuche von Mr. Shield haben das von den verschiedenen Seefahrern beobachtete Verhalten verschiedener Öle neuerdings bestätigt.

Die merkwürdige Eigenschaft einer so dünnen auf der Wasseroberfläche schwimmenden Schichte eines fettigen Stoffes, die durch den Wind aufgepeitschten mächtigen Kämmen der Wellen zum ungefährlichen Hinabsinken in die Wellenthäler zu bringen, hat mannigfache Erklärungen gefunden, von denen jedoch nur diejenigen, welche auf die Veränderung der sogenannten Oberflächenspannung des Wassers durch die aufliegende Ölschichte Rücksicht nehmen, eine Berechtigung für sich haben.

Die Voraussetzung, dass der Wind über eine geölte Wasserfläche leichter hinweggleitet als über eine

reine, ist von J. Aitken<sup>1)</sup> widerlegt worden. Der zu diesem Zwecke ausgeführte Versuch besteht darin, dass ein horizontal über die Flüssigkeitsoberfläche streichender Luftstrahl die in einem kreisförmigen Glasbecken enthaltene Wassermenge in Rotation versetzt und dadurch einen ganz ins Wasser tauchenden, an einem feinen Drahte über der Mitte des Beckens aufgehängenen horizontalen Flügel ablenkt. Diese Ablenkung ist das Maß für die Geschwindigkeit der Bewegung des Wassers. Der Versuch zeigt nun, dass für eine mit Öl bedeckte Wasserfläche in den meisten Fällen eine geringfügige Zunahme des Ausschlages und in weitaus weniger Fällen eine kleine Abnahme eintritt, so dass von einem leichteren Gleiten der Luft über eine geölte Oberfläche, wodurch der Ausschlag verringert werden müsste, keine Rede sein kann.

Eine im Freien dem Winde exponierte Ölfläche zeigt nach Aitken eine stärkere Bewegung als eine mit einer Ölschichte bedeckte Wasserfläche, so dass wohl in der Übereinanderlagerung der Wasser- und Ölschichte die Ursache der Erscheinung zu suchen ist. Auf diesen Umstand nehmen auch thatsächlich die von van der Mensbrugge und J. Aitken veröffentlichten Erklärungen Rücksicht, und ich will versuchen, Ihnen alles zum Verständnisse dieser Erklärungen Nothwendige auseinanderzusetzen. Dazu will ich mit der

---

<sup>1)</sup> John Aitken, On the Effect of Oil on a stormy Sea. Proc of the Roy. Soc. of Edinburgh, Session 1882—1883. Vol. XII, p. 56.

Besprechung der Oberflächenspannung der Flüssigkeiten beginnen.

In der Oberfläche der Flüssigkeit erfahren die Flüssigkeitstheilchen andere Wirkungen als im Innern derselben. Wir schreiben nach Laplace den Flüssigkeitsmoleculen eine gegenseitige Anziehung zu, welche über eine absolut sehr kleine, gegen das Molecül aber große Strecke wirksam ist.

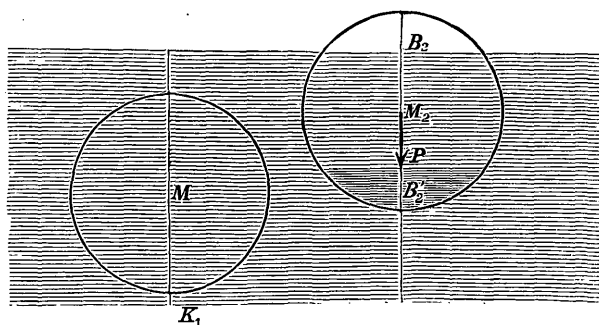


Fig. 1.

Eine Kugelfläche  $K_1$  (Fig. 1), welche alle jene Molecüle enthält, auf welche das Molecül  $M$  noch wirkt, nennen wir die Wirkungssphäre des Molecüles.

Solange diese Wirkungssphäre vollständig in der Flüssigkeit liegt, befinden sich in den beiden Hälften der Wirkungssphäre, welche durch eine zur Oberfläche der Flüssigkeit parallele Ebene abgetrennt werden, gleichviel Molecüle, alle ziehen das Molecül an und die daraus entspringenden Kräfte heben sich gegenseitig auf, oder wenn schon eine Resultierende der Kräfte

vorhanden wäre, so würde sie wegen der ununterbrochenen Verschiebung der Molecüle eine kontinuierliche Richtungsveränderung erleiden und in kurzer Zeit nach allen möglichen Richtungen des Raumes gewirkt haben, sich aber niemals nach einer bestimmten Richtung äußern.

Wird jedoch die Wirkungssphäre von der Flüssigkeitsoberfläche geschnitten, wie in  $M_2$ , dann gibt es jederzeit einen Überschuss an Molecülen in  $B_2'$ , deren Wirkung durch keine in  $B_2$  vorhandenen Molecüle aufgehoben werden kann; das Molecül erfährt einen Zug  $P$  nach einwärts.

Die an der Oberfläche innerhalb einer Schichte von der Dicke des Radius  $S$ , der Wirkungssphäre gelegenen Molecülen erfahren daher insgesamt einen Zug nach einwärts, was mit den weiter innerhalb gelegenen Molecülen nicht der Fall ist.

Jedes Molecül, welches durch irgend eine Ursache aus dem Innern der Flüssigkeit an die Oberfläche gebracht werden soll, hat durch die Oberflächenschichte hindurch gegen einen Widerstand verschoben zu werden, kann also ohne Überwindung desselben, d. h. ohne Arbeitsleistung nicht an die Oberfläche gebracht werden.

Eine Vergrößerung der Flüssigkeitsoberfläche, wobei ja eine solche Verschiebung vieler Molecüle aus dem Innern an die Flüssigkeitsoberfläche eintreten muss, ist daher mit einer Arbeitsleistung verbunden.

Ein sehr einfacher, das bisher Gesagte sehr gut

illustrierender Fall einer Oberflächenvergrößerung besteht in dem Aufblasen eines Tropfens Seifenwasser zu einer Seifenblase, etwa mit einem kleinen Glas-trichter an einem Kautschukschlauche. Die Oberfläche der Blase ist vielmals größer als jene des ursprünglichen Tropfens.

Die Arbeit zur Vergrößerung der Flüssigkeits-oberfläche leiste ich jetzt durch das Einblasen der Luft, welches mit ziemlicher Anstrengung geschehen muss. Ich setze die Blase vorsichtig auf einen etwas angerosteten und mit Seifenwasser benetzten Draht-dreifuß auf, blase noch weiter, die Blase hat jetzt einen Durchmesser von 15 *cm* erreicht, und jetzt trenne ich den kleinen Trichter davon, durch welchen ich das Aufblasen besorgte.

Bei dieser Gelegenheit will ich in der jetzt gebildeten Blase eine zweite aufblasen, indem ich die erstere mit dem, mit Seifenwasser gefüllten kleinen Trichter durchstoße.

Sie sehen jetzt beide Blasen wachsen, ich habe jetzt vier Flüssigkeitsoberflächen gleichzeitig zu bilden.

Wenn zur Vergrößerung der Flüssigkeitsoberfläche Arbeit aufgewendet werden musste, so wird eine Verkleinerung der Oberfläche einen Gewinn von Arbeit ergeben, da die Molecüle den auf sie wirkenden Kräften nach dem Innern der Flüssigkeit folgen können. Eine solche Seifenblase müsste daher imstande sein, indem sie sich zusammenzieht, die Luft wieder auszuquetschen und die zum Aufblasen verwendete Arbeit wieder her-

vorzubringen. Das geschieht auch in der That. Ich blase jetzt eine zweite Seifenblase auf, setze aber das Aufblasen nicht so lange wie früher fort, sondern lasse die Blase bloß eine sehr mäßige Größe erlangen, etwa 5 bis 6 *cm* im Durchmesser. Ohne sie vom Trichter zu trennen, gebe ich jetzt die Öffnung des an dem Trichterrohre angesetzten Kautschukschlauches frei. Die Blase beginnt sofort sich zu verkleinern, zuerst langsam, dann schneller, und wenn sie schon recht klein ist, recht rasch, und jetzt ist sie wieder zum Tropfen geworden.

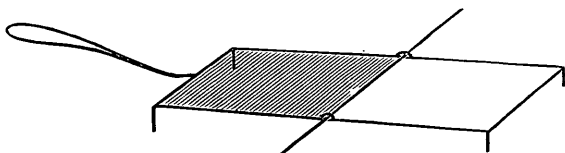


Fig. 2.

Durch Verkleinerung der Oberfläche hat sie die eingeschlossene Luft gegen den Atmosphärendruck bewegt, es ist Arbeit gewonnen worden.

Einen andern derlei Versuch führe ich mit einem rechteckigen Rahmen aus etwas angerostetem Eisendraht aus (Fig. 2). Indem ich den Rahmen in das Seifenwasser tauche, erhalte ich eine rechteckige Lamelle. Nun lege ich quer über diese Lamelle einen angerosteten, mit Seifenwasser befeuchteten Eisendraht, an welchen zwei kleine Scheibchen angelöthet sind, die gerade in den rechteckigen Rahmen hineinpassen. Die Lamelle wird hiedurch nicht zerstört,

aber in zwei Lamellen gesondert. Mit einem Stückchen Fließpapier zerstöre ich die untere dieser Lamellen. Augenblicklich sehen Sie den Eisendraht nach oben gezogen, so dass die Flüssigkeitsoberfläche sich verkleinert. Dabei wird der Eisendraht längs des sanft geneigten Rahmens nach aufwärts gezogen, also zur Erhebung seines Gewichtes Arbeit geleistet. Diese Arbeit war in der großen Oberfläche der Seifenlamelle enthalten gewesen. Indem ich den Rahmen stärker neige, sinkt der Eisendraht wieder herab, er leistet jetzt Arbeit und bildet wieder die große Oberfläche der Lamelle. Durch eine Veränderung der Neigung kann ich die Lamelle sich wieder zusammenziehen lassen, und dies so lange fortsetzen, bis die Lamelle reißt.

In der vergrößerten Oberfläche einer Flüssigkeit liegt eine Fähigkeit zur Arbeitsleistung, zufolge der augenblicklichen Anordnung der Flüssigkeitstheilchen, d. h. es sitzt in der vergrößerten Flüssigkeitsoberfläche eine potentielle Energie, ähnlich wie in einer gespannten Kautschukhaut, einer gespannten Stahlfeder oder einem erhobenen Gewichte.

Der veränderte Zustand der Flüssigkeitsoberfläche äußert sich in einer Spannung derselben, welche bei dem Versuche mit der rechteckigen Lamelle zur Geltung kam, und welche ich noch durch einen Versuch nachweisen will.

In dem kleinen eisernen Ring mit drei Füßen (Fig. 3) erzeuge ich jetzt eine kreisförmige Seifenlamelle. Auf derselben schwimmt ein zusammengeknüpfter Cocon-

faden, der mittels drei Fäden an den Ring gebunden ist. Sie sehen das Bild des mit Kalklicht beleuchteten Fadens durch die Linse auf den Schirm geworfen. Mit einem Stückchen Fließpapier zerstöre ich die Lamelle innerhalb des Coconfadens. Augenblicklich zieht sich der Coconfaden zu einem Kreise aus, und in der kreisförmigen Lamelle ist jetzt ein kreisförmiges, durch den Faden begrenztes Loch. Die genaue kreisförmige Gestalt

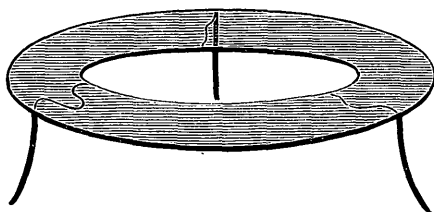


Fig. 3.

kann der Faden nur annehmen, wenn er allseitig von gleichen Kräften gezogen wird, die ganze Lamelle befindet sich in einem Zustande gleichmäßiger Spannung.

Dasselbe ist übrigens auch mit der Seifenblase der Fall. Wenn ich eine solche aufblase und an den Kautschukschlauch ein kleines Wassermanometer ansetze, so sehen Sie, dass dieses einen Überdruck von einigen Millimeter anzeigt.

Die Größe der in Rede stehenden Spannung lässt sich messen, etwa in der Weise, dass mit dem Dreifuß mit Hilfe einer Lamelle ein zweiter kleiner Dreifuß gehoben wird, der so lange belastet wird, bis er die



Lamelle so weit herabgezogen hat, dass die letzten Flächenelemente vertical stehen. Das Gewicht des kleinen Dreifußes dividiert durch den Umfang desselben gibt die doppelte Oberflächenspannung, da der Lamelle ja zwei Oberflächen zukommen.

Es gibt indessen eine weniger mühevollere Methode zu dieser Bestimmung, welche in der Messung der Erhebung einer Flüssigkeit in einer Capillarröhre besteht.<sup>1)</sup>

Auf diesem Wege findet Quinke<sup>2)</sup> die Oberflächenspannung auf Gramm und Centimeter bezogen:

Wasser . . . . .	0·0825
Olivenöl . . . . .	0·0376
Terpentinöl . . . . .	0·0303
Steinöl . . . . .	0·0323

d. h. eine Wasserlamelle würde per Centimeter Berührungslinie ein Gewicht von  $2 \times 0\cdot0825$  gr, d. i.  $0\cdot1650$  gr tragen oder zur Erzeugung von einem Quadratcentimeter Wasseroberfläche ist eine Arbeit von  $0\cdot0825$  gr-cm erforderlich. Auf dem Quadratmeter bezogen liefert dies das  $100 \times 100$  fache, d. i. eine Arbeit von  $8\cdot25$  gr-cm oder  $0\cdot0082$  kg-m.

1) Ist  $r$  der Halbmesser der Capillare,  $h$  die Steighöhe der Flüssigkeit,  $s$  deren spezifisches Gewicht, dann ist die Oberflächenspannung  $p$ :

$$p = \frac{a^2 s}{2} = \frac{h r s}{2}$$

worin  $\frac{a^2}{2}$  auch Capillarconstante genannt wird.

2) Quinke, Pogg. Ann., Bd. CXXXIX, p. 1.

Olivenöl würde per Quadratmeter Oberfläche bloß eine Arbeit von  $0\cdot00376 \text{ kg}\cdot\text{m}$  erfordern, d. i. kaum die Hälfte jener, welche zur Bildung einer Wasseroberfläche erforderlich ist.

Eine örtliche Verminderung der Oberflächenspannung hat in der Oberfläche einer Flüssigkeit sofort Bewegungserscheinungen zur Folge. Eine solche Veränderung tritt im allgemeinen ein, wenn ein Tropfen einer spezifisch leichten Flüssigkeit auf die Oberfläche einer zweiten Flüssigkeit gebracht wird.

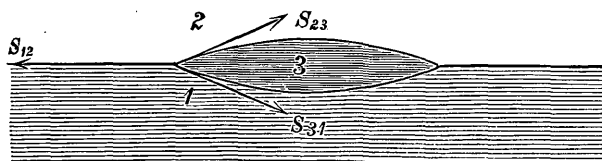


Fig. 4.

Der kugelförmige Tropfen läuft auf der Oberfläche der Flüssigkeit auseinander und nimmt eine linsenförmige Gestalt an.

Die Fig. 4 stellt den Schnitt durch einen solchen Tropfen dar. Auf die Längeneinheit beim Punkte *A* des Randes wirkt die Spannung  $S_{12}$  zwischen der Trennungsfläche der Flüssigkeit 1 und der Luft, d. i. Flüssigkeit 2; die Spannung  $S_{23}$  der Trennungsfläche zwischen Luft und der Flüssigkeit 3 und die Spannung  $S_{31}$  der Trennungsfläche zwischen den Flüssigkeiten 1 und 3. Die Größen  $S_{12}$  und  $S_{23}$  sind die Oberflächenspannungen

in dem Sinne, wie wir sie bisher auffassten. Die Größe  $S_{31}$  entzieht sich in vielen Fällen unserer Beobachtung. Für einzelne Combinationen von Flüssigkeiten hat Quinke diese Größe bestimmt,<sup>1)</sup> und zwar aus der Messung der Tropfenhöhe der einen Flüssigkeit in der zweiten.

Es wurde hiebei gefunden:

Wasser — Olivenöl	0·03760
„ — Terpentinöl	0·01177
„ — Steinöl	0·03834

in demselben Maße wie früher.

Wenden wir nun diese Zahlen auf Wasser—Olivenöl an, so haben wir  $S_{12} = 0·0825$ ,  $S_{23} = 0·0376$  und  $S_{13} = 0·0376$ .

Wie Sie bemerken, ist  $S_{23} + S_{13} = 0·0752$  kleiner als  $S_{12}$ . Wenn also der Olivenöltropfen sich noch so sehr abflacht, so würde die Oberflächenspannung des reinen Wassers doch noch immer die Spannung zwischen Öl—Luft und Öl—Wasser überwiegen, es wird kein Gleichgewicht eintreten, der Tropfen wird auseinanderfahren.

Wir sind hiernach nicht imstande, auf einer reinen Wasserfläche einen Öltropfen in Linsenform zu erhalten, ebensowenig wie bei Terpentinöl und Steinöl, der Tropfen breitet sich aus.

Ich will diesen Versuch mit Terpentinöl zeigen. Ich bringe mit Hilfe eines Glasstabes einen Tropfen

---

<sup>1)</sup> Quinke, Pogg. Ann., Bd. CXXXIX.

desselben auf die Oberfläche des Wassers, welches in einer Krystallisierschale enthalten ist, die auf einer Glasplatte zwischen zwei parallelen unter  $45^{\circ}$  zur Verticalen geneigten Spiegeln aufgestellt ist. Sie sehen die Flüssigkeit sich ausbreiten und ein Häutchen bilden. Weitere Tropfen bleiben linsenförmig und breiten sich erst nachdem sie eine Weile auf der Oberfläche der Flüssigkeit gelegen haben aus.

Eine andere derlei Erscheinung spielt sich auf der Glasplatte ab, welche ich jetzt auf die horizontale Glasplatte meines Spiegelapparates auflege. Ich bringe auf dieselbe einen Tropfen Toluol (oder Benzol).<sup>1)</sup> Sie sehen denselben auf dem Schirme. Ich nähere jetzt einen in Äthyläther getauchten Glasstab, sogleich beginnt der Tropfen sich zusammenzuziehen und läuft auf der Glasplatte vor dem Glasstabe her.

Der Dampf des Äthers, der auf die Tropfenoberfläche trifft und sich dort condensiert, setzt die Oberflächenspannung auf demselben einseitig herab, und die Oberflächentheile mit kleiner Spannung werden so rasch gegen jene mit größerer Spannung gezogen, dass der ganze Tropfen in Bewegung geräth.

Noch ein Versuch soll hier angeführt werden, welcher die Bewegung infolge Veränderung der Oberflächenspannung ersichtlich macht. Auf eine reine

---

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. LIX, Febr. 1869. Versuche über einige Capillarerscheinungen von A. v. Obermayer.

Wasserfläche, die keine Spur von Fett enthalten darf, wird ein hirsekorngroßes Stück Kampfer gebracht. Sie sehen dasselbe sofort die lebhaftesten Bewegungen ausführen und auf der Oberfläche des Wassers herumfahren und in Bewegung bleiben. Die Lösung des Kampfers in Wasser erfolgt von verschiedenen Punkten ungleichmäßig stark, an den Vorsprüngen rascher als an anderen Stellen und ändert die Oberflächenspannung. Das Kampferstück wird nach der Stelle großer Spannung hingezogen, dadurch kommt es nicht nur in fortschreitende Bewegung, sondern es rotiert auch mit großer Geschwindigkeit.

Werden zwei Kampferstücke mit Bienenwachs auf einen Papierstreifen gepickt und dieser mit dem Kampfer nach abwärts auf eine reine Wasseroberfläche gelegt, dann fängt sich der ganze Papierstreifen in der verwickeltesten Art durch längere Zeit zu bewegen an.

Ein von Aitken<sup>1)</sup> angegebener Versuch, der hier ausgeführt werden soll, wird den Einfluss einer Ölschichte auf Wasser zeigen.

Ein rechteckiges Gefäß mit Glasboden ist mit Wasser gefüllt. Quer über die Wasserfläche wird ein Papierstreifen gelegt, welcher nur wenig kürzer ist als die Breite des Gefäßes, und welcher durch befestigte Fäden bewegt werden kann.

Auf der völlig reinen Wasserfläche kann der Streifen beliebig verschoben werden, er bleibt nach

---

<sup>1)</sup> Aitken, *ibid.*, p. 65.

der Verschiebung in seiner neuen Stellung im Gleichgewichte. Ich bringe jetzt Öl auf die Wasseroberfläche. Nun müssen die bewegenden Fäden gespannt werden, um den Papierstreifen zu bewegen, und beim Nachlassen der Fäden kehrt der Papierstreifen gegen seine frühere Stellung zurück.

Die Reinheit einer Wasseroberfläche lässt sich durch die vorbezeichnete Verschiebung eines Papierstreifens prüfen. Die geringste Verunreinigung bringt eine Rückverschiebung des Streifens hervor.

Auf der reinen Wasseroberfläche ist die Arbeit zur Bildung einer neuen Oberflächenschicht kompensiert durch die Arbeit, welche beim Zusammenschieben der von dem bewegten Papierstreifen gebildeten gewonnen wird; eine Arbeit ist nicht zu leisten, eine potentielle Energie wird nicht erzeugt und damit auch nicht die Tendenz zur Zurückbewegung des Streifens gegen die frühere Lage.

Auf der öligen Wasseroberfläche wird vor dem Papierstreifen Öl zusammengeschoben und aus der Verkleinerung der Oberfläche Arbeit gewonnen. Hinter dem Papierstreifen wird die Wasseroberfläche frei gemacht. Dazu ist aber eine viel größere Arbeit erforderlich, als vor dem Papierstreifen gewonnen wurde. Der Überschuss der geleisteten Arbeit hat sich in potentielle Energie umgesetzt, hat eine Spannung in der Flüssigkeitsoberfläche erzeugt, welche den Streifen gegen seine frühere Lage zurückführt, sobald er freigegeben wird.

Mit diesem Versuche sind wir bei der Erklärung

der Wirkung des Öles zur Beruhigung der Meereswellen angelangt. Wir erkennen, dass eine auf dem Wasser ausgebreitete Ölschicht die horizontale Verschiebung der Oberflächentheilchen behindert, und haben jetzt nur noch zu erörtern, was für eine Wirkung dies auf die Gestalt der Meereswellen äußern kann.

Ich will Ihnen zuerst einen Versuch vorführen, welcher von den Gebrüdern H. und W. Weber<sup>1)</sup> angestellt wurde, um die Vorgänge in den Wasserwellen überhaupt zu untersuchen, und mich dazu des von diesen Forschern angegebenen Apparates, der Wellenrinne bedienen.

Durch die Bewegung eines Stückes Holz vermag ich in dem Wasser Wellen zu erzeugen, welche gegen das Ende der Wellenrinne laufen, dort reflectiert werden und mit den ankommenden Wellen zusammentreffen.

Ogleich die Welle fortläuft, bleiben die Wasser-

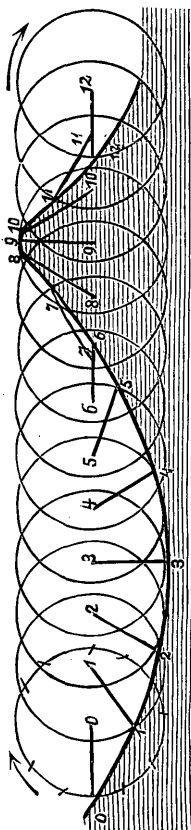


Fig. 5.

<sup>1)</sup> H. und W. Weber, Wellenlehre. Leipzig 1825.

theilchen doch an demselben Orte oder rücken doch nur wenig weiter.

Die Untersuchungen der Gebrüder Weber und theoretische Untersuchungen über die Wellenbewegung ergaben, dass die Wassertheilchen in Kreisen oder Ellipsen schwingen.

Ein Wellenapparat, den ich Ihnen hier vorzeige (Fig. 5), gibt das Bild der fortschreitenden Wasserwelle.

Eine Zahl von 16 Kugeln stecken an Armen, die rechtwinklig zu Achsen angesetzt sind, die durch einen Kasten hindurchgehen, und durch eine Kurbel und entsprechende Übersetzungen alle gleichzeitig gedreht werden können. Jede folgende Kugel macht aber ihre Drehung später als die vorhergehende, sie ist um den achten Theil des Kreisumfanges gegen die vorhergehende in ihrer Bahn zurück. Man bezeichnet dies durch den Ausdruck, dass jedes folgende Theilchen um eine Phasendifferenz von  $\frac{1}{8}$  Schwingung in seiner Bewegung gegen das unmittelbar vorhergehende zurück ist.

Sie sehen, dass die Gestalt der Welle genau dieselbe ist wie jene der Wasserwelle: das breite Thal und die schmalen steilen Gipfel.

Die Welle läuft fort, die Theilchen, welche durch ihre Schwingungen die Welle erzeugen, bleiben jedoch stehen.

Dasselbe, was ich Ihnen hier vorzeigte, tritt auch im offenen freien Wasserbecken ein. Auch dort schwingen die Wassertheilchen in nahe kreisförmigen oder



spiralförmigen Bahnen und verlassen ihren Platz nicht merklich.

Die Wellen freier Wasserflächen werden durch den Wind erregt. Man sieht auf einer glatten Wasserfläche, eines Sees etwa, das Auftreffen des Windes aus der Farbenänderung der Oberfläche durch die erregten kleinen Wellen. Der Wind trifft nicht gleichmäßig auf die Oberfläche des Wassers auf, sondern ergreift verschiedene Theile verschieden. Die Bewegung kleiner im Wasser schwimmender Körperchen ist eine sprungartige und von einem Körperchen zum nächsten verschieden. So kommt eine Kräuselung der Oberfläche zustande, welche dem Winde schon mehr Angriffspunkte bietet und allmählich zur Vergrößerung der Wellen führt, indem die Oscillationsgröße der Wassertheilchen vermehrt wird.

Die Höhe und Länge der Wellen hängt von der Tiefe und Ausdehnung der Wasserfläche ab. Während in einem kleinen Weiher die Wellen höchstens mehrere Centimeter Höhe erlangen, steigen sie auf kleinen Seen zu 0·2 *m*, auf Seen mittlerer Größe zu 0·6 *m*, auf großen Seen, z. B. auf dem Bodensee, zu 1·2 *m*, in der Adria zu 5 *m* und im freien Ocean zu 10 *m* Höhe.

So fand Commandeur Davis auf dem U. S. S. „Juniata“<sup>1)</sup> bei einer Reise über den atlantischen Ocean eine Wellenhöhe von 7·6 *m*, eine Länge der Wellen von 112 *m*, eine Oscillationsdauer von 7·5 Se-

---

<sup>1)</sup> Nature XXXV, p. 180.

cunden und daraus eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 15 *m*. Der Wind hatte dabei eine Geschwindigkeit von 5 *m* per Secunde.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Wellenbewegung fortrückt, ist für die 150—180 *m* langen Wellen des Oceans auch von anderen Beobachtern zwischen 11 und 16 *m* in der Secunde gefunden worden. Es ist indessen sehr wahrscheinlich, dass diese Geschwindigkeit von der Wellenlänge abhängt und kürzere Wellen langsamer laufen als längere.

In seichten Gewässern hängt dieselbe auch von der Wassertiefe ab.

Es soll hier noch hervorgehoben werden, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen von der Windgeschwindigkeit unabhängig ist. Wir bezeichnen auf dem Lande Wind bis zur Geschwindigkeit von 7 *m* per Secunde als mäßig, von 7—11 *m* als frisch, von 11—17 *m* als stark und von 17—28 *m* als Sturm und darüber als Orkan.

Die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Wasserwellen ist aber stets zwischen 11 und 15 *m* beobachtet worden.

Die Wirkung des Windes auf die Wellenbewegung besteht eben, wie schon erwähnt, in der Vergrößerung der Oscillationsweiten der Wassertheilchen, aber nicht in der Vergrößerung der Geschwindigkeit der Verschiebung der Welle.

Je größer die Oscillationen der Wassertheilchen, desto länger und flacher werden die Wellenthäler und

desto spitzer die Wellenberge. Die Gestalt der Wellen, bei kleinen Oscillationen eine verkürzte Cykloide, nähert sich mit wachsenden Oscillationen einer Cykloide.

Auf jeder größeren Welle pflegen kleinere Wellen aufzutreten, welche die Gestalt mannigfaltig verändern.

Indem der Wind auf den steilen Rücken der Welle wirkt, kann er die Wellengipfel auch zum Überschlagen bringen; dazu ist nothwendig, dass die Wassertheilchen im Gipfel der Welle eine horizontale Verschiebung ausführen und demzufolge der allgemeinen Oscillation fortlaufender Wellenberge vorausseilen, d. h. die Theilchen der durch den Wind getriebenen Wellengipfel befinden sich bereits in einer späteren Schwingungsphase als jene im Gipfel einer gleich großen, mit derselben Geschwindigkeit laufenden Wasserwelle, in welcher die Schwingungen der Wassertheilchen durch den Wind nicht verändert werden. Die kleinen treppenartigen Wellen auf dem Rücken der großen bieten dem Winde günstige Angriffspunkte zur Oberflächenverschiebung des Wassers, zur Vergrößerung der Schwingungsphase.

Die Bildung der kleinen Wellen verhindern, bedeutet daher so viel als dem Winde die Angriffspunkte zur Verschiebung des Wassers im horizontalen Sinne zu nehmen und dem Winde die tangentielle Verschiebung des Wassers auf dem Wellenrücken zu erschweren.

Auf jenen Wellen, die unter einer mit einer feinen Ölschichte bedeckten Wasseroberfläche verlaufen, wird der Wind weniger Angriff haben als auf einer

reinen Wasserschichte, da die Bloßlegung der Wasserfläche durch Zerreißen der Ölschichte einen weitaus beträchtlicheren Horizontalzug bedingt als auf einer reinen Wasserfläche.

In jenen Wellen, welche von der sich ausbreitenden Ölschichte erreicht werden, wird durch die Differenz in der Oberflächenspannung der bedeckten und der unbedeckten Wasserfläche eine Horizontalverschiebung mit großer Geschwindigkeit von der Leeseite zur Luvseite in der Oberfläche der Welle hervorgebracht, und durch diese momentane Verzögerung des horizontalen Fortschreitens des Wassers im Wellengipfel, welche einer Phasenverzögerung gleichkommt, führt die Oscillation die Wassertheilchen an der Leeseite der Welle empor, und die durch das Öl zurückgeschobenen Wassertheilchen des Wellengipfels sinken in das folgende Wellenthal, ohne überstürzen zu können.

Eine sehr anschauliche Beschreibung dieses Vorganges liefert der holländische Schiffer Isaak Kalisraaz von Hardingen.<sup>1)</sup> Er berichtet: „Ich goss eine Pinte Öl (Fischthran) in dem Augenblicke ins Meer, als die Welle sich hinter unserem Schiffe hoch emporhob, um sich zu biegen und wie ein Donnerschlag auf das Wasser zu fallen, in diesem Augenblicke goss ich das ganze Maß aus, während wir alle die Wirkung beobachteten. Ich wiederholte dies drei- bis viermal, als die Welle sich zum Übersturze bog, aber es schien

---

<sup>1)</sup> Ibid., van der Mensbrugge.

als hätten die unbezähmbaren Wellen mehr Achtung vor dem Öle als manches Kind vor seinem Vater, denn sie verloren ihre Wuth und ihre Kraft dermaßen, dass weder uns, noch den uns folgenden Schiffen der geringste Schaden zustieß.“

Aber nicht das Öl allein glättet die Oberfläche der Wellen und verhindert das Brechen derselben, auch die Anwesenheit kleiner, auf der Meeresoberfläche schwimmender Körperchen bringt diese Wirkung hervor. Auch hier verhindern diese Theilchen das Voreilen der Schwingungsphase in den Wellengipfeln, indem sie die oberflächlichen Wasserschichten gleichsam mit den tiefen verbinden und tangentiale Verschiebungen der Oberfläche auf die tieferen Wasserschichten übertragen und so einen nicht unbedeutlichen Widerstand gegen die Verschiebung wachrufen.

So zeigt uns das Verhalten des Öles und der kleinen Körperchen auf der Wasseroberfläche, wie in der Natur oft geringfügige Ursachen gewaltige zerstörende Wirkungen hintanhaltend, und wie die Kenntnis und kluge Benützung dieser Naturerscheinungen dem Seefahrer zu einem wertvollen Schutzmittel gegen die entfesselten Elemente werden können.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 1889

Band/Volume: [29](#)

Autor(en)/Author(s): Obermayer Albert von

Artikel/Article: [Über die Eigenschaft des Öles, die Meereswellen zu beruhigen. 277-305](#)