

MITTHEILUNGEN

DER

NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

IN ZÜRICH.

N^o 94.

1854.

Hr. J. W. Deschwanden, Prof. — Die Entstehung der Wasserhosen durch Wirbelwinde.

(Vorgetragen den 28. Novbr. 1853.)

(Schluss.)

Soll sie bei einer Geschwindigkeit der Luft am Umfange des Wirbels von 10^m , in einer Höhe von $4,49^m$, oder ungefähr in ihrer halben Höhe, eine Dicke von 1^m haben, so muss der sie erzeugende Luftwirbel, da für diesen Werth von h das Verhältniss $\frac{R}{r} = 30$ ist, einen Durchmesser von 30^m haben; oder allgemeiner: bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Wirbels von 10^m ist sein Durchmesser etwa 30 Mal so gross, als der Durchmesser der Wassersäule in ihrer halben Höhe. Bei grösseren Geschwindigkeiten des Wirbels ist das Verhältniss seines Durchmessers zu dem der Säule kleiner, bei kleineren grösser.

In der Wirklichkeit wird die Höhe der bisher betrachteten Wassersäule übrigens beträchtlich grösser sein können, als diese Rechnungen ergeben haben, indem das Wasser durch den früher beschriebenen, aufsteigenden

Luftstrom weiter nach oben fortgerissen werden wird. Es ist indessen hiermit eine andere Erscheinung verbunden, welche eine besondere Betrachtung verdient.

Untersucht man nämlich den Zustand des die Säule bildenden Wassers, so wird man finden, dass dasselbe weder während der Entstehung der Säule, noch auch nach ihrer vollständigen Ausbildung in Ruhe sein kann. Da die Säule rings von der mit sehr grosser Geschwindigkeit wirbelnden Luft umgeben ist, so muss das Wasser der Säule, durch die Reibung an den Lufttheilchen genöthigt, nach und nach auch eine ähnliche drehende Bewegung annehmen. Dieselbe wird am Fusse der Säule am kleinsten, in grösseren Höhen immer grösser sein, weil sie unten einen grössern Durchmesser, als oben hat, die Geschwindigkeit der wirbelnden Luft in verschiedenen Entfernungen von der Axe aber verkehrt proportional mit diesen Entfernungen ist. So würde z. B. bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Wirbels von 10^m die Geschwindigkeit der Luft an der Oberfläche der Säule in einer Höhe von $0,63^m$ gleich 100^m , in der halben Höhe von $4,49^m$ schon 300^m , in einer Höhe von $8,09^m$ schon 500^m u. s. w. betragen. Man kann daher annehmen, dass die drehende Geschwindigkeit der Säule an ihrem Umfange bei zunehmender Höhe in ähnlichem Verhältnisse zunehme. — Ausserdem erhält das Wasser, wie schon bemerkt, durch den aufsteigenden Luftstrom noch eine aufwärtsgehende Bewegung, so dass die vollständige Bewegung eines Wassertheilchens annähernd eine, in einer Schraubenlinie von unten nach oben aufsteigende ist, und zwar so, dass der Durchmesser dieser Schraube unten grösser ist und sich nach oben mehr und mehr verkleinert.

Diese drehende und zugleich aufsteigende Bewegung

des Wassers in Verbindung mit den verschiedenen auf das Wasser einwirkenden Kräften nöthigen nun die Säule, sich auf eine, von der Natur ihres bisher beschriebenen Theiles sehr verschiedene Weise weiter zu entwickeln, und bringen dadurch eine zweite, von der ersten ganz verschiedene Hälfte der Erscheinung hervor.

Untersucht man nämlich, welche Kräfte auf die, die Säule bildenden Wassertheilchen einwirken, so findet man leicht folgende. Zunächst ist, ausser der Schwere, welche von dem von unten nach oben wirkenden Luftdrucke aufgehoben wird und desshalb nicht in Anschlag zu bringen ist; die Anziehungskraft der einzelnen Wassertheilchen gegen einander zu beachten. Denkt man sich irgend einen Querschnitt der Säule, so sucht diese Kraft alle Theilchen dieses kreisförmigen Querschnittes nach dem Mittelpunkte desselben hinzuziehen und wirkt auf jedes einzelne Theilchen, namentlich auf die in der Nähe des Umfanges befindlichen, um so stärker, je grösser die Zahl aller Theilchen, d. h. je grösser der Querschnitt ist. Eine weitere Kraft, welche ebenfalls sämtliche Theilchen eines Querschnittes nach dessen Mittelpunkte hindrängen sucht, ist der Druck der die Säule umgebenden Luft. Dagegen wirkt in gerade entgegengesetzter Richtung, nämlich radial vom Mittelpunkte eines jeden Querschnittes nach aussen hin, die Zentrifugalkraft, welche ein jedes Theilchen, vermöge seiner um die Axe der Säule drehenden Bewegung, belebt. Die Veränderungen, welche die beiden ersten Kräfte an der Säule hervorzubringen suchen, sind daher derjenigen gerade entgegengesetzt, welche die letzte zu bewirken sucht. Die gegenseitige Anziehungskraft und der Luftdruck suchen die einzelnen Wassertheilchen zusammenzuhalten und die Säule als ein Ganzes zu erhalten; die

Zentrifugalkraft dagegen sucht die einzelnen Wassertheilchen von der Axe der Säule zu entfernen, daher zu trennen und zu zerstreuen. Verfolgt man nun das Spiel dieser drei Kräfte vom Fusspunkte der Säule an bis zu ihrem Gipfel, so findet man, dass zu unterst, wo die Säule wegen ihres grösseren Durchmessers noch von der dichtesten Luft umgeben ist, auch der Luftdruck noch, wenn auch nicht ganz den Werth des ganzen Atmosphärendruckes, doch einen grossen, diesem nahe kommenden Werth besitzt. Ebenso ist hier die Anziehungskraft der Wassertheilchen, wegen der bedeutenden Mächtigkeit der Säule, sehr stark. Dagegen kann hier die Zentrifugalkraft des Wassers nur erst eine kleine Grösse erreicht haben, theils weil hier, wie oben entwickelt wurde, die drehende Bewegung der die Säule umgebenden Luft noch keine sehr grosse Geschwindigkeit besitzt, theils weil hier dem Wasser, das ohne eine drehende Bewegung aus der Wasserfläche aufgehoben wurde, noch nicht einmal auch nur diese geringere Geschwindigkeit der Luft vollständig mitgetheilt werden können. Es werden also in der Nähe des Fusses der Säule diejenigen Kräfte bei weitem überwiegend sein, welche die Säule zusammenzuhalten suchen, und diese wird mithin hier als ein massiver Wasserkörper bestehen bleiben. Steigt man aber in grössere Höhen der Säule hinauf, so verändert sich das Verhältniss dieser Kräfte zu einander. Der Luftdruck wird allmählig kleiner in dem Verhältnisse, wie die betrachtete Stelle der Säule höher liegt; die gegenseitige Anziehungskraft, oder vielmehr die Summe der Anziehungskräfte aller Theilchen eines Querschnittes nimmt ebenfalls ab, weil die Querschnitte selbst kleiner werden; die Zentrifugalkraft dagegen vergrössert sich in hohem Masse, weil die Geschwindigkeit

der die Säule umgebenden Luft bei den kleineren Durchmessern der Säule weit grösser ist, als bei den grössern und tiefer liegenden, und weil die Luft nun auch schon mehr Zeit gehabt hat, ihre eigene Geschwindigkeit dem Wasser vollständiger mitzutheilen.

Es muss daher in einer gewissen Höhe der Säule eine Stelle kommen, bei welcher die nach Zerstreung der Wassertheilchen strebende Zentrifugalkraft die beiden andern, zusammenhaltenden Kräfte überwindet.

Von dieser Stelle an muss die Säule aufhören ein massiver Wasserkörper zu sein und dagegen die Gestalt annehmen, welche sich annähernd aus folgenden Betrachtungen ergibt.

Sowie die Zentrifugalkraft überwiegt, entfernt sich jedes Wassertheilchen des Querschnittes, in welchem dieses stattfindet, von der Säulenaxe. In Folge dessen könnte bei ganz regelmässiger Bewegung die Wassermasse zwei verschiedene Gestalten annehmen: entweder die einer hohlen, sich unter der fortdauernden Einwirkung der Zentrifugalkraft stets erweiternden Säule, deren Querschnitt also ein stets grösser, aber daher auch stets schmaler werdender Ring wäre; oder es könnte eine Trennung nach der Richtung der einzelnen Radien eines Querschnittes eintreten, und mithin die ganze Säule in sehr viele, aber sehr dünne Zylindersegmente zerfallen, die sich immer weiter von der Axe und von einander entfernten. Da aber die leiseste Ungleichheit der verschiedenen wirkenden Kräfte eine so regelmässige Trennung stört, so wird auch in der Wirklichkeit weder die eine noch die andere dieser beiden Trennungsarten unvermischt, sondern es werden vielmehr beide zugleich eintreten. Die Säule wird mithin zugleich in Segmente und in Ringe, d. h. sie wird in eine Menge

kleiner Wassertheilchen, in eine Masse von Tropfen zerfallen. Dieser Zerstreung in Tropfen wird ferner nicht nur etwa der anfänglich gebildete Gipfel der massiven Säule anheimfallen, um den übrigen Theil der Säule dann unangetastet bestehen zu lassen; denn sobald durch diese Zerstreung das Gewicht, welches die untern Theile der Säule zu tragen hatten, vermindert worden ist, werden diese selbst genöthigt, höher hinaufzusteigen und dadurch fort und fort neue Wassermassen in jene Höhe zu erheben, wo sie der Zerstreung unterliegen. Sowie diess geschieht, saugt aber die Säule auch unten neue Wassermassen aus der Wasserfläche, auf der sie steht, an sich, hebt auch diese in schraubenförmigen Windungen bis zu der Höhe hinauf, wo sie nicht mehr bestehen können, und setzt auf diese Weise einen Prozess fort, der die ganze umliegende Wassermasse zwingt, gewissermassen ihrer eigenen Auflösung entgegenzueilen.

Wenden wir indessen unsere Aufmerksamkeit noch einen Augenblick jener Tropfenmasse zu, um auch das weitere Schicksal derselben zu erfahren.

Alle Tropfen haben eine drehende und in Folge der Zentrifugalkraft zugleich eine radiale Bewegung in der Richtung von innen nach aussen. Beide Bewegungen werden nicht etwa bald aufhören, denn die Luftmasse, in welcher sich die Tropfen befinden, hat selbst dieselbe wirbelnde Bewegung; durch die Erhaltung dieser aber wird auch die nach aussen treibende Zentrifugalkraft erhalten. In Folge dieser beiden Bewegungen allein würde daher jeder Tropfen einen Weg beschreiben, der einer von der Axe ausgehenden und um dieselbe sich herumwindenden; aber zugleich immer mehr erweiternden Spirallinie gliche. Es kömmt aber nun noch, theils in Folge der nicht aufgehobenen, aufwärts gerichteten Bewegung,

welche das Wasser schon in der massiven Säule besass, theils wegen des früher beschriebenen aufwärts gehenden Luftstromes, welcher nun auf die freischwebenden Tröpfchen noch eine verhältnissmässig weit grössere Kraft ausüben kann, als auf die massive Wassermasse, eine aufwärts gerichtete Bewegung hinzu. Daher werden die Ringe jener Spirale nicht in gleicher Höhe bleiben, sondern um so höher hinaufsteigen, je weiter sie werden, so dass jeder einzelne Tropfen eine aufsteigende, sich nach oben immer mehr und mehr erweiternde Schraubenlinie beschreibt. Betrachtet man die ganze Tropfenmasse, so wird diese daher annähernd die Gestalt eines umgekehrten Kegels haben, dessen Spitze mit dem Gipfel der massiven Säule zusammenfällt, und dessen Basis nach oben zu liegt.

In wie grosse Höhen diese Tropfenmasse steigen möge, ob sie wohl mit der früher beschriebenen obern Hälfte des Luftwirbels in genauerem Zusammenhang stehe oder nicht, wie sich die Natur der Tropfen bei der fortwährenden, ausserordentlich heftigen Einwirkung, welche sie von der wirbelnden Luft zu erleiden haben, ändern möge, ist wohl schwierig mit Sicherheit zu entscheiden, jedenfalls aber nicht meine Sache. Ich bin daher genöthigt, die Reihe der, aus der Anwendung mechanischer Prinzipien gezogenen, Folgerungen hier zu schliessen.

Eine Vergleichung der hier dargestellten Erscheinung mit der wirklichen Erscheinung der Tromben aufzustellen ist kaum nöthig, indem sowohl die Eigenschaften, welche sie gemein haben, als auch ihre Unterschiede in die Augen springen. Die annähernde Aehnlichkeit der Trombe mit zwei Kegeln, deren abgestumpfte Spitzen in der Mitte zusammenkommen, während die Basis des untern auf der Wasserfläche aufrucht und der obere sich

in eine wolkenartige Masse auflöst, das schraubenförmig gewundene Aussehen und die rasche drehende Bewegung, der Umstand, dass oft schwere, schwimmende Gegenstände mit in die Trombe hinaufgezogen werden, was beweist, dass auch das Wasser derselben nicht nur eine scheinbare, sondern eine wirkliche Bewegung nach oben besitzt, alle diese Eigenschaften hat die wirkliche Trombe mit der oben dargestellten gemein. Auch der Umstand, dass die Blitze leicht in die höheren Theile der Tromben schlagen, kann durch eine der wesentlichsten Eigenschaften der dargestellten Trombe erklärt werden, nämlich durch den luftverdünnten Raum, der ihre Axe umgiebt *). Auch die Thatsache, dass oft beim Entstehen der Tromben der eine Kegel von unten nach oben steigt, während sich der andere aus den Wolken von oben nach unten senkt, bis beide mit ihren Spitzen zusammentreffen und dann eine vollständige Trombe bilden, kann noch mit jenen beiden Hälften des die Trombe erzeugenden Luftwirbels, von denen die grössere, untere den bekannten aufwärts steigenden, und die kleinere, obere den früher beschriebenen, abwärts steigenden Luftstrom enthält, in Verbindung gebracht werden, indem dieser letztere bei seiner Entstehung leicht eine über ihm befindliche Wolkenmasse mit sich abwärts ziehen kann, während die erste Hälfte des Wirbels schon beginnt den Wasserkegel emporzusaugen. Die am wenigsten zuverlässige Vergleichung dagegen kann zwischen den Höhen der dargestellten und wirklichen Trombe angestellt werden; denn einerseits sind die meisten Angaben über beobachtete Tromben, obgleich oft Höhen von mehreren 100 Fuss

*) Diese Bemerkung machte Hr. Prof. Mousson während der Diskussion über diesen Gegenstand.

genannt werden, doch immerhin unsicher, andererseits aber lässt sich durch Rechnung mit noch weniger Sicherheit angeben, wie weit die ganze Höhe der hier dargestellten Trombe über jene 10^m der Wassersäule, deren Gewicht dem Luftdrucke das Gleichgewicht hält, hinaufsteigen kann.

Immerhin ist es möglich, dass ausser den hier angegebenen, rein mechanischen Ursachen der Entstehung der Tromben auch noch andere vorhanden sind; allein auch dann noch bleibt der beschriebene Antheil der mechanischen Einwirkungen unangefochten, und dürfte also stets im Stande sein, wenigstens einen Theil der Erscheinung zu erklären.

Hr. M. Ulrich, Prof. — Die Erstelung des Tödi.

(Vorgetragen den 19. Dezember 1853.)

Ich habe Sie seit einigen Jahren in die Gebirgswelt des Wallis geführt, und das Dunkel, das in topographischer Beziehung über jenen Gegenden waltet, einigermassen aufzuhellen gesucht. Nun möchte ich Ihre Aufmerksamkeit für einige Zeit in Anspruch nehmen, um Ihnen einen Gebirgsstock zu schildern, der Ihnen Allen wohl bekannt ist, ja der Ihnen so zu sagen täglich vor die Augen tritt, über den ich daher in topographischer Rücksicht durchaus Nichts zu bemerken habe, sondern diese kurze Mittheilung soll Ihnen nur den Weg schildern, der auf seinen Gipfel führt, und den Nimbus der Unbesteiglichkeit dieses Schneeberges etwas lüften.

Betrachtet man den Tödi oberflächlich von Zürich aus, so bietet sich nur Ein Gipfel dem Auge dar, der