

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Wind- und Wasserhosen in Europa

Wegener, Alfred

Braunschweig, 1917

Sechstes Kapitel. Bildung und Auflösung der Trombe

unten schwächer und trennte sich bald darauf ganz von ihrem Fuße, worauf das Kochen und Aufbrausen aufhörte.“ Auch Napier hatte Erfolg¹⁾ bei einer in denselben Gewässern beobachteten Wasserhose, welche durch „das in solchen Fällen übliche Mittel“, nämlich einen Kanonenschuß, auf $\frac{1}{3}$ Seemeile Entfernung „geteilt“ wurde, sich aber bald wieder herstellte. Bonnafont²⁾ meint, das Schießen bezwecke hauptsächlich, den Wasserturm im Innern der Trombe — der freilich, wie später gezeigt werden wird, keineswegs immer vorhanden ist — zum Zusammensturz zu bringen und auf diese Weise zu verhindern, daß sein Zusammensturz erst beim Überschreiten des Schiffes erfolgt, was jedenfalls viel Wasser auf Deck gibt. Da in der Tat recht geringe Änderungen des Rotationssystems zu genügen scheinen, um diese Veränderung herbeizuführen, so erscheint hiernach ein gewisser Erfolg des Schießens nicht ganz ausgeschlossen³⁾.

Sechstes Kapitel.

Bildung und Auflösung der Trombe.

1. Bildung der Trombe.

Im folgenden seien zunächst die **anschaulichsten Beschreibungen** angeführt, welche sich auf die Entstehung der Tromben beziehen.

43. Gewitterwolken nordöstlich des Schiffes. „Die Unterfläche der Wolken berührte die Berge von Istrien, und schien daher nach Augenmaß nicht mehr als eine Meile [1855 m] hoch zu sein. Sie war durchaus einförmig, mit Ausnahme eines Wulstes, der auf der einen Seite vorhanden war; und dort erschien die Wolke infolge ihrer größeren

¹⁾ Gilberts Ann. d. Phys. **73**, 95, 1823.

²⁾ Sur les trombes de mer et sur une nouvelle théorie de ce phénomène, Publ. de l'Union Médicale (nouv. Série), des 17 et 20 Mai 1859.

³⁾ Röding, Allg. Wörterbuch der Marine, Bd. II, S. 879, Hamburg 1796, sagt nach Erwähnung dieses Brauches: „Man glaubt auch, daß sie sich zerstreuen, wenn man scharfe Messer- und Degenklingen daran bringt und deswegen stellen Seeleute solche bey dieser Gelegenheit auf den Bord“.

Dicke schwärzer. Außer der fortschreitenden Bewegung nach Osten, welche auch die übrigen Teile der Wolke zeigten, hatte dieser Wulst noch eine wirbelnde Bewegung; und da, wo er stand, leuchteten die Blitze und grollte der Donner häufiger, ohne daß ein Anzeichen von Regen zu sehen war. Der Wolkenwulst entsprach, auf das Meer projiziert, einem Orte, der nicht mehr als fünf Meilen [9,3 km] von uns entfernt war. In dem Augenblick, als ich die Augen auf diesen Wulst als auf das augenfälligste Objekt gerichtet hielt, beobachtete ich, wie es sich in der Mitte plötzlich zu einer Art umgekehrtem Kegel verlängerte; andere Kegel erschienen sogleich auf dieselbe Weise neben dem ersten, welche außerordentlich, auch im großen, den lotrechten Stalaktiten von der Wölbung einer unterirdischen Höhle ähnelten. Aber diese Gruppe von Kegeln verschwand sogleich wieder; kurze Zeit darauf bildete sich ein anderer Kegel an demselben Orte, aber viel größer, welcher, sich schnell verlängernd und senkrecht hinabfallend, in sehr kurzer Zeit ohne Unterbrechung bis zum Meer hinabreichte, und die Oberfläche mit seinem unteren Ende berührte — man könnte sagen mit seiner Spitze, insofern sich die Basis des Kegels in dem Wolkenwulst verbarg. Als die Spitze das Meereswasser berührte, erhob sich dies zu einem kleinen Berge, welcher so lange bestand, wie der umgekehrte Kegel unversehrt blieb ...

„Während ich voller Freude dies wunderbare Schauspiel beobachtete, lösten sich plötzlich von demselben Wolkenwulst, der jetzt sehr schwarz war und unaufhörlich Blitz und Donner aussandte, zwei andere Tromben, die eine umfangreicher, die andere geringer als die erste, welche mit fast der gleichen Geschwindigkeit herabstiegen und sich mit dem Meer vereinigten. Die Zeitdauer des Herabsteigens betrug etwas mehr als drei Minuten ...“

47. Zuerst wurde längere Zeit nur der Fuß beobachtet, welcher nach der mitgeteilten Abbildung von erstaunlicher Höhe war. Dieser Fuß blieb stehen, bis ein schiefer Wolkenzapfen durch die Wolkenbewegung gerade über ihn getrieben wurde. „Nun bemerkten wir alle drei, daß sich dieser Zipfel senkrecht gegen den Fuß zu richtete und, gleich einem ungeheuren Sacke von Gaze, vom oberen Ende hinab auseinander rollte. Nachdem die Falten und Windungen dieses Dunstsackes verschwunden waren, und der graue, halb durchsichtige Körper der Wasserhose sich in dem Boden des Fußes festgesetzt hatte, nahm er eine senkrechte Stellung an und erweiterte sich in seinem Durchmesser“.

Der „herabrollende Gasesack“ entspricht wohl einer Verstärkung der Rotation, die sich von oben nach unten durch den Wirbel fortpflanzt. Vielleicht hatte der stärker rotierende und deshalb durch Kondensation sichtbare Teil die Form der Fig. 7 auf S. 50. Die bald verschwindenden „Falten und Windungen“ scheinen identisch zu sein mit den meist schraubenartig verlaufenden, tauähnlichen Windungen, welche den Körper der Trombe bisweilen als zusammengesetzt aus mehreren, sich unmittelbar berührenden Wirbelkernen mit gemeinsamem Mantel erscheinen lassen.

55. „Indessen hatten die Wolken eine so furchtbare Lage angenommen, daß sie jeden Augenblick in ganzen Massen herabzustürzen drohten. Nie habe ich sie auf dem festen Lande so tief zur Erde herabhängend erblickt, als jetzt hier auf dem Meere . . . Auf einmal zogen sich die Wolken, deren Herabfallen wir mit so großer Besorgnis in jedem Moment erwarteten, pfeilschnell zusammen, bildeten ungeheure dicke, schwarzgraue Massen und liefen, vom Winde getrieben, nach Süden. In einer Entfernung von ungefähr 60^0 vom Horizonte blieben sie, hin und her schwankend, hängen; ein neuer Windstoß erfolgte, und wir hatten das Schauspiel, diese Wolkenmassen in Gestalt dicker zylinderförmiger Wassersäulen heruntersinken zu sehen. Anfangs erblickte ich vier solche vom Himmel sich herablassende Wolkensäulen, die so dicht waren, daß man in der Entfernung nicht unterscheiden konnte, ob es Dampf oder Wasser sei, und kurz darauf entstanden noch zwei andere von eben der Gestalt und Form. In einem Augenblick waren sie bis zu der Fläche der Meereswogen herabgeschossen . . .“

59. Zwei Gewitter, aus NW und SW, die sich treffen. „Hier standen sie ungefähr $\frac{1}{4}$ Stunde lang unerschütterlich fest, während welcher Zeit unter beständigem Blitzen und Donnern sich von dem ersten eine schwarzgraue Wolke absonderte, die sich nach der Erde herabsenkte, und gleich darauf auch von dem zweiten eine hellröthlich gemischte Wolke, die sich gleichfalls nach der Erde senkte. Diese beiden Wolken nahmen ihren Lauf gegeneinander, vereinigten sich und senkten sich immer tiefer, so daß sie nur in einer Höhe von 20 bis 30 Fuß über die bestellten Ländereien hinschwebten.“

63. „Aus einer dichten Wolke . . . trat plötzlich ein herabsteigender Kegel hervor, den einer der Beobachter mit einem umgekehrten Kirchturm verglich; dieser kehrte zur Wolke zurück. Es folgten ein zweiter und ein dritter, von denen der eine tiefer herabkam, mit einer bedeutenden perpendikulären Oszillation, und endlich sich unten öffnete, und nun sah der Arbeiter von dem erweiterten Ende desselben eine Säule, welche er mit einem Wurfspieß verglich, zur Erde herabgehen, die auch als dichterer Körper ziemlich weit aufwärts in der Wolke zu sehen war . . .“

Der „umgekehrte Kirchturm“ besagt wohl, daß der Zapfen oben an seiner Wurzel mit dem Stumpf einer Röhre größeren Durchmessers umgeben war, wie z. B. in Fig. 58 links (11. Kap.). Diese Erklärung durch die später zu besprechende Doppelröhre ist deswegen sehr wahrscheinlich, weil bei der zweiten Erscheinung derselben Trombe noch deutlicher eine typische Doppelröhre geschildert wird. Der „Wurfspieß“ ist die innere, dünnere Röhre. Vgl. hierzu das elfte Kapitel.

85. . . , „als sich plötzlich mitten in einer schwarz dunklen Wolke, die von Ostnordosten herüberzog, eine runde, lichte Masse in Bewegung setzte und gewaltig durch einander ging. Sie nahm bald nach oben die Gestalt eines Schornsteins an, aus dem ein graulichweißer, abwechselnd ziemlich feuriger Dampf durch mehrere Öffnungen mit solcher Kraft in die Höhe stieg, als würde er . . . durch viele Blasebälge mit

der größten Anstrengung herausgepreßt.“ Mit dieser recht unklaren Beschreibung ist wahrscheinlich der Wolkenrichter gemeint, dessen Wände aber nicht glatt, sondern mit stark wirbelnden, rundlichen Mammatabbildungen bedeckt waren, und der nach unten in mehrere Spitzen auslief. Ob darunter noch eine glatte Säule (der Schornstein selber) erschien, sei dahingestellt.

91. ... „sah man den unteren Teil einer der Hauptwolken sich in eine abwärts gerichtete Protuberanz umbilden. Die Protuberanz verlängerte sich dann, und als ihr unteres Ende sich etwa auf $\frac{4}{5}$ der Entfernung zwischen Wolke und Meer dem letzteren genähert hatte, sah man, wie die Oberfläche des Meeres sich in der Verlängerung der Trombe bläute. Als die Verlängerung weiter fortschritt, sah man mit Bestimmtheit eine leichte Schaumbildung [clapotis], welche in dem Maße an Ausdehnung und Stärke wuchs, wie das untere Ende der Trombe sich dem Meere näherte.“

95. „Um halb 3 Uhr bildete sich am Fuße der Alexander-Festung, im Felde von Neuendorf, ein Wirbelwind, der rasch zu einer fürchterlichen Stärke heranwuchs, Sand und Staub aufwühlte und mit sich fortführte ...“ — Viel später erst wird der zugehörige Wolkenzapfen entdeckt.

97. „Während es donnerte, ohne zu regnen, bildete sich eine schwarze Wolke, in welche sich andere seitwärts stürzten, und die eine sichtbare drehende Bewegung zeigte. Bald darauf senkte sie sich herab, nahm eine schräge Richtung an, gelangte bis auf den Boden und bewegte sich ...“

107. Die Trombe bildete zuerst einen sehr spitzen, umgekehrten Kegel, der nur bis zu $\frac{2}{3}$ der Entfernung bis zur Erde herabreichte, oben von 3^0 , unten von $\frac{1}{4}^0$ scheinbarer Breite. Die Winkelhöhe der oberen Basis wurde zu 60^0 , die der unteren Spitze zu 20^0 geschätzt. Später „verringerte sich die Breite mehr und mehr, während die Länge größer wurde. Bald sah man nur noch ein weißes Band von $\frac{1}{4}^0$ Breite auf der ganzen Länge“.

112. Drohender Himmel. „Mit einem Male begannen aus dieser gleichmäßigen Wölbung, die scheinbar sehr niedrig war und aus dichten, homogenen Wolken bestand, sich Wolkenketzen niederzusenken. Diese anfangs ganz unregelmäßig, nahmen bald eine regelmäßige Form an, wobei sie immer dort dichter blieben, wo sie die Wolken berührten und nach unten sich abschwächten; schließlich bildeten sie Kegel, deren Basis an den Wolken anlag und deren Spitze sich dem Meere näherte. Wie sich die Spitze dem Meere näherte, fing dasselbe in einem kreisförmigen Raume an aufzuwallen; dieser Kreis wurde von selbst wieder die Basis eines Kegels, dessen Spitze sich mit der von den Wolken sich herabsenkenden vereinigte ...“

123. Vorher „zipfelartig herabhängendes Gewölk“. „Den Anstoß gab eine wirbelnde Windbewegung in der überhängenden Wolke. Ein unten spitzer, oben breiter Wolkensack sank pfeilschnell herunter, dem dann ebenso schnell vom Seespiegel aus ein Wasserkegel entgegen schoß,

und so stand plötzlich auf weiß aufschäumender Basis eine tanzende Wassersäule da, welche Wolke und See vollständig miteinander verband.“

137. „An mehreren Stellen des Himmels war ein Gegenstauen und Zusammenfließen der Wolken zu bemerken; plötzlich setzte eine starke Südwestströmung ein und es begann ein ganz eigentümlicher Kampf der verschiedenen Windströmungen und ein unbeschreibliches Spiel der Wolken: ein Packen und Jagen, ein Schieben, Wirbeln und Wogen, wovon sich keine Beschreibung geben läßt. Am südwestlichen Himmel wirbelten schwarze Wolkenmassen wild um sich herum, senkten sich bis zur Erde herab, wurden dann vom Sturm ergriffen und heftig weitergeschleudert. Es war außer allem Zweifel, daß dieser düstere wilde Wirbel eine Windhose sei; plötzlich packte ihn eine Luftströmung und riß ihn in halber Höhe auseinander, die eine Hälfte senkte sich zur Erde herab, wo sie sich nach ungefähr einer Minute zerteilte, die andere Hälfte wurde in großem Bogen nordwärts geschleudert und begann ihren Verheerungszug.“

174. ... „am nordöstlichen Himmel hing wie ein Vorhang schweres, finsternes Gewölk. Aus dem Rande dieses Gewölkes senkten sich kegelförmige Zapfen zur See hinab, denen entgegen die See sich in wirbelnder Bewegung erhob. So entstanden säulenartige Gebilde, welche See und Wolke miteinander verbanden.“

178. „Nach mündlicher und brieflicher Mitteilung des Herrn Lehrers Duis in Tweelbäke haben sich zuerst über dem Streeker Moor vier Zapfen in den Wolken gebildet. »In Wolkenhöhe schwebten sie anfangs in der Luft herum, bis sie nach und nach sich verbanden und die Erde berührten. Schon bevor die Spitze die Erde berührte, wurden mehrere Torfhaufen umgeworfen.« Nach einem anderen Bericht über dieselbe Trombe haben sich nur zwei Zapfen vereinigt.

187. „Da sah man vom inneren Teile des Cumulus umgekehrten Kegeln gleiche Protuberanzen hervorbrechen, deren Spitzen sich fast plötzlich wie Arme verlängerten und auf das Meer herabstürzten, dasselbe aufwühlend und mehrere Meter hoch im Wirbel emporziehend.“

216. Auf dem See ein „weißer Schaumpunkt“. „Gleichzeitig lagerte über dem südlichen Teil des Sees ... eine scheinbar ruhige Wetterwolke, von der ein kurzer Rüssel oder eine spitztrichterförmige Verlängerung etwas gegen den See herabhing. Blitzschnell zog sich dieser Rüssel in ein rauchgefärbtes, peitschendes, schnurähnliches Band aus, um sich mit jenem weißen Fleck zu vereinigen. Dann stieg das Seewasser mit einem Schlage wie ein Hydrant von unglaublichem Drucke in die Höhe, scheinbar im Vergleich zu den Bergen 1 km hoch und 4 bis 5 Minuten dauernd.“

218. „Zuerst auf dunklem See ein lichter Kreis und darüber Wolke mit trichterförmiger Spitze. Plötzlich steigt aus dem Kreis ein Stalagmit empor, während sich der Trichter verlängert. Nach 1 bis 1½ Minuten ist die Wasserhose gebildet, an deren Fuß sich ein Wirbel von auseinandergeschleudertem Wasser bildet, ähnlich einem Spray zum Besprengen des Rasens in Gartenanlagen.“

236. Der Beobachter kam erst dazu, als die Zapfen bereits da waren: ... „sah nun aus den tiefsten Wolken drei Wolkenrichter niederhängen, die mit ihrer tiefsten Spitze in korkzieherartigen Bewegungen auf- und niederzüngelten. Plötzlich fuhr die eine Spitze in Röhrenform auf das Wasser nieder, und entgegen kam ihr ein Kegel weißen Wasserstaubes mit einer Schnelligkeit und Heftigkeit, die an eine Explosion erinnerte.“

Aus diesen Beobachtungen, die noch durch andere, weniger anschauliche vermehrt werden könnten, geht mit Sicherheit hervor, daß die Tromben sich **nicht vom Boden, sondern von der Wolke aus** bilden. Sie wachsen nicht hinauf, sondern hinab. Die Beschreibungen Nr. 47, 95 und 216, bei denen zuerst oder doch gleichzeitig der Fuß der Trombe zur Beobachtung gelangt, können als Gegenbeweis nicht gelten, da bei ihnen offenbar nicht die Entstehung des Wolkenzapfens beobachtet, sondern nur sein Vorhandensein entdeckt wurde. Bei Nr. 43, 55, 85, 97, 123 ist bereits vor Bildung der Trombe eine besondere Bewegung an der betreffenden Stelle der Wolke bemerkbar, ja bisweilen schon ein deutliches Kreisen. Auch bei Nr. 102 und besonders anschaulich bei Nr. 137 findet ein „Kampf der Wolken“ statt, aus dem die Trombe hervorgeht, und bei Nr. 167 heißt es: „Die Wolken stürmten auf und nieder, flogen durcheinander wie Bälle“, worauf die Trombe entstand¹⁾. Aber noch überzeugender ist das zeitliche Nacheinander der Trichterbildung und des Aufschäumens des Meeres bei Nr. 91; die erste Kräuselung des Wassers trat hier erst ein, als die Trichterspitze nur noch ein Fünftel der Wolkenhöhe von ihm entfernt war, und Schaumbildung erst bei noch weiterem Senken. Auch bei Nr. 112 braust das Meer erst auf, als die Trichterspitze sich ihm nähert, bei Nr. 43 sogar erst, als sie es erreicht (desgl. auch bei Nr. 124). Andererseits sei darauf hingewiesen, daß dies Herabwachsen mitunter auch mit ungeheurer Schnelligkeit geschieht (vgl. Nr. 123), so daß das Aufschäumen des Wassers und das Hochwirbeln des Schaumes bisweilen einen geradezu explosionsartigen Eindruck erwecken (Nr. 236).

In mehreren Fällen reicht allerdings der Wirbel bis zum Boden hinab, ohne daß der Wolkenrichter dies tut, so daß nur

¹⁾ Auffällig ist das Fehlen solcher einleitenden Wolkenbewegungen bei den sehr ausführlichen Beschreibungen Nr. 112 und 174. Vielleicht haben sie sich hier in größeren Höhen innerhalb der Wolken abgespielt.

in der Höhe ein Wolkenzapfen und über dem Boden der Fuß der Trombe aus Staub oder Wasserstaub sichtbar ist. Es sind dies die „blinden“ Tromben Nr. 47, 95, 216, 218. Auch bei Nr. 241 werden zwei solche nahe bei einander entstandene Füße beschrieben, die auch nach ihrer Vereinigung nur eine blinde Trombe ergeben. Bei Nr. 47, 216 und 218 verwandelt sich aber die blinde Trombe, offenbar durch Verstärkung der Rotation, in eine sichtbare. Daß mitunter bei diesen blinden Tromben der Wolkenzapfen ganz übersehen, und infolgedessen angenommen wird, der Wirbel beschränke sich überhaupt auf den durch Staub sichtbaren Fuß der Trombe, kann nicht wundernehmen. Findet es doch sogar Muncke „gewagt, zwischen beiden einen durchsichtigen und somit selbst nicht sichtbaren Teil als wirklich vorhanden anzunehmen“.

In vielen Fällen entsteht die Trombe durch Vereinigung einer **größeren Zahl kleinerer, paralleler Wirbel**, deren Rotationssinn dann der gleiche sein muß, da sie sich durch Vereinigung nicht aufheben, sondern einen größeren Wirbel bilden. Bei Nr. 43 reichen schon diese Elementarwirbel bis unter die Wolkenbasis herab und erzeugen hier tropfsteinartige Protuberanzen¹⁾; die Vereinigung hat hier zur Folge, daß die Protuberanzen zuerst verschwinden, worauf dann die großen, umgekehrten Kegel hervordachsen. Bei Nr. 59, 123, 178 laufen die Einzelwirbel einfach zusammen, und bei Nr. 55, 112, 174, 187 entstehen aus ihnen mehr oder weniger gleichzeitig eine entsprechende Anzahl von Tromben neben einander. Die Form dieser Protuberanzen ist meist die von Zapfen oder auch von Trichtern oder umgekehrten Kegeln; der Ausdruck „ungeheure dicke Massen“ bei Nr. 55 deutet vielleicht auf mehr halbkugelig herabhängende Ansätze hin. Alles dies sind aber wohl glatte Rotationskörper. Bei der weintraubenartigen Form von Nr. 85 (wenn meine Auffassung der wenig klaren Beschreibung die richtige ist) scheint der Zusammenschluß der Einzelwirbel zur einheitlichen Rotation noch unvollkommen zu sein: es existieren hier noch mehrere Rotationsachsen, doch sind alle bereits von einem gemeinsamen, wenn auch unsichtbaren Mantel umgeben. Die Abbildungen Fig. 23 auf nächster Seite und Fig. 8, S. 48 zeigen ähnliche Erscheinungen.

¹⁾ Dieselbe Erscheinung zeigt eins der in Fig. 62 (11. Kap.) dargestellten Tornadobilder von Finley.

Es kann nicht bewiesen werden, daß die Trombenbildung stets in der Vereinigung einer größeren Zahl kleinerer paralleler Wirbel besteht. Aber möglich ist dies durchaus, da sich die Vorgänge im Innern der Wolke unserer Beobachtung entziehen. Unmittelbar scheinen die Beobachtungen zu zeigen, daß sich die Elementarwirbel tatsächlich zu einem einzigen größeren vereinigen, wenn sie hinreichend nahe benachbart sind, während solche mit größerem Abstände von einander sich zu einer Mehrzahl paralleler Tromben entwickeln.

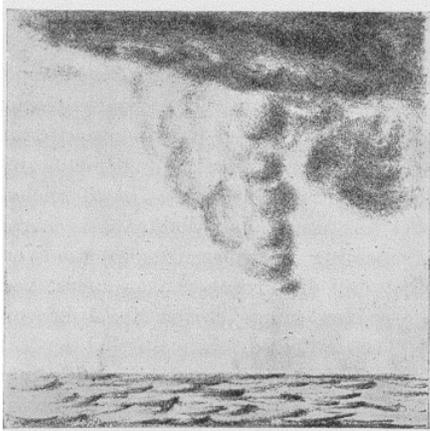


Fig. 23. Weintraubenartige, aus noch nicht vereinigten Elementarwirbeln bestehende Trombe, angeblich von Michaud beobachtet, nach Peltier (ohne nähere Angaben).

Diese Verhältnisse sind zunächst deshalb interessant, weil sie zu der Annahme führen, daß in den reihenartig auftretenden Geschwister-tromben, von denen im nächsten Kapitel ausführlicher die Rede sein wird, der gleiche Rotationssinn herrscht. Aber auch vom theoretischen Gesichtspunkte aus bietet die Entstehung der Trombe aus einer Mehrzahl kleinerer Wirbel großes Interesse. Nach der Theorie müssen nämlich zwei parallele, gleichsinnig rotierende Wirbel, wenn sie sich

nahe genug sind, um sich zu beeinflussen, um einander kreisen; wenn die Achsen horizontal liegen, wird dies Kreisen auf einen gewissen Widerstand stoßen infolge der stabilen Schichtung der Atmosphäre, die alle Höhenänderungen zu hemmen sucht; dagegen fehlt ein solcher Widerstand, wenn die Achsen vertikal stehen. Handelt es sich also um horizontale Wirbel, deren Enden herabhängen, so wird diese Tendenz zum Kreisen dazu führen, daß die im horizontalen Teil getrennten Wirbel da, wo sie vertikal werden, sich umeinanderschlingen und zu einem größeren Wirbel verschmelzen. Auf diese Weise ließe sich die

Entstehung der Tromben aus einer größeren Zahl kleiner Wirbel mit der später auf andere Weise zu begründenden Annahme in Übereinstimmung bringen, daß der Trombenwirbel innerhalb der Wolke umbiegt und horizontal wird.

Die angeführten Beobachtungen über die Entstehung der Tromben bestätigen weiterhin auch unser früheres Ergebnis, daß sie Randgebilde des Cumulo-Nimbus sind. Sie bilden sich unter einem **Wolkenwulst** am Rande der untersten, vorgeschobenen Schicht des cu-ni. In manchen Beschreibungen und Abbildungen hat dieser Wulst eine gewisse Ähnlichkeit mit dem bekannten Boenkragen, z. B. bei Nr. 43, 112, 174, und in der Fig. 27 (S. 145). Bei Nr. 218 zeigen die Photographien Fig. 11 und 12 (S. 56 und 57), daß die Trombe nahe dem Rande einer sehr dunklen Wolke entsprang; vom Beobachter wurde der Ober- rand dieser Wolke zu 1600 m, die Basis zu 1000 m geschätzt, was jedenfalls zeigt, daß es sich hier nur um die flachen, vorgeschobenen Teile des Cumulo-Nimbus handeln kann. Bei Nr. 39 heißt es geradezu: „... eine Trombe, welche von den vorgestreckten Teilen einer Gewitterwolke, die man in der Ferne sah, ausging“, und bei Nr. 142 ist die Mutterwolke „eine schmale, lange, dunkle Wolke“. Daß die Trombe am Rande der Wolke sich befindet, wird aber noch in zahlreichen anderen Beobachtungen ausdrücklich hervorgehoben (z. B. Nr. 47, 113 und 144, wo es heißt: „aus dem östlichen Rande der Wolke usw.“). Die wenigen entgegenstehenden Beobachtungen (wie Nr. 81 und 233), wo die Trombe dem Beobachter unter dem mittleren, höchsten Teil der Wolke zu stehen schien, sind wohl perspektivisch zu erklären. Übrigens wird diese Stellung am Rande auch durch zahlreiche Abbildungen bestätigt.

2. Auflösung der Trombe.

Die Beobachtungen über die Auflösung der Tromben sind naturgemäß noch zahlreicher als diejenigen über die Entstehung, da der Beobachter, wenn die Trombe einmal entdeckt ist, das Schauspiel gern bis zu Ende beobachtet. Wir wollen deshalb diese Beschreibungen gleich in Gruppen einteilen. In der ersten Gruppe sind fünf Fälle zusammengestellt, in denen einfach ein **allmähliches Abklingen der Rotationsgeschwindigkeit** beobachtet wird,

so daß die Trombe, und zwar zuerst in mittlerer Höhe, blind wird, bevor sie ganz erlischt:

142. ... „schritt die Wolke in der Richtung von NE nach SW fort. Der Faden [= Trombe] folgte, indem die Wolke weiterzog, auf dem Wasser nach, jedoch mit geringerer Geschwindigkeit, so daß er allmählich sich immer schräger zur Wasseroberfläche stellte. Schließlich zerriß er ungefähr in der Mitte. Der untere Teil fiel sehr langsam in sich (nicht geschlängelt wie ein Tau) zusammen, worauf sofort der Dampfkegel im Wasser verschwand. Das obere Ende zog sich wieder in die Wolke zurück, ohne daß scheinbar Stücke verloren gegangen wären. Die Retraktion des Fadens in die Wolke war etwas später vollendet, als das Herabsinken des unteren Endes ins Wasser. Auch dies Zusammensinken ging relativ langsam vor sich; es währte nach Schätzung etwa 15 bis 30 Sekunden. Es war nicht, als ob eine schwere Wassermasse fiel; sie würde rascher gefallen sein. Die Riffenden des Fadens waren spitz, der Faden selbst war sehr dünn, wie der Stiel eines Regenschirms im Verhältnis zum Schirm, wenn die Wolke den Schirm repräsentiert. Als die Wolke sich weiterbewegte, verlor der Faden allmählich an Stärke. Die ganze Erscheinung dauerte etwa eine viertel Stunde.“

11. Die große Trombe war zuerst undurchsichtig, erschien aber später in ihrem unteren Teil wie eine Hohlröhre. „Nach einigen Augenblicken zerriß die Trombe oder die Röhre in der Mitte und verschwand; die Erregung des Meeres dauerte noch einige Zeit an.“

32. „Die Säule zerriß dann ungefähr in $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe, die untere Partie fiel als Regen zurück und die obere wurde von der Wolke mit solcher Lebhaftigkeit aufgesaugt, daß sie in einer Sekunde verschwunden war.“

174. „Wenn eine Wasserhose sich wieder auflöste, verschwand der untere helle Teil in der See, der obere dunkle zog sich mit reißender Schnelligkeit und noch immer in wirbelnder Bewegung in das Gewölk zurück.“

178. Nach dem einen Beobachter wurde die vorher breite Säule sehr schmal und stärker geneigt, worauf sie plötzlich zerging und nur einen von der Wolke herabhängenden Zapfen zurückließ. Nach anderen Beobachtungen derselben Trombe bestand sie in ihrem letzten Teil überhaupt nur aus einem stumpfen, umgekehrten Kegel oder Zapfen oben und einem davon getrennten Fuß aus Staub und Trümmern, war also blind. Doch waren auch in diesem Stadium noch die Zerstörungen „kaum schwächer“ als an den früheren Orten, wo die Säule voll sichtbar war. Indessen hört die Zerstörungsspur dann auf.

Daß die Tromben in der Regel sowohl beim Entstehen wie bei der Auflösung ein „blindes“ Stadium haben, hat Kapitän Maxwell in der Zusammenfassung seiner (meist wohl ausländischen) Beobachtungen zum Ausdruck gebracht. Er erläutert

dies durch die Skizze Fig. 24; beim Entstehen bilden sie einen Trichter mit scharfer unterer Begrenzung, von dem herab bis zu dem Fuß aus Wasserstaub die Trombe vollständig blind ist; in voller Wirksamkeit stellen sie undurchsichtige Säulen dar, und vor dem Verschwinden wird die untere Hälfte der letzteren eine dünnwandige, durchsichtige Röhre¹⁾. Von der letzteren Erscheinung soll noch später ausführlich die Rede sein. Die in diesem Kapitel bereits angeführten und noch folgenden Beob-

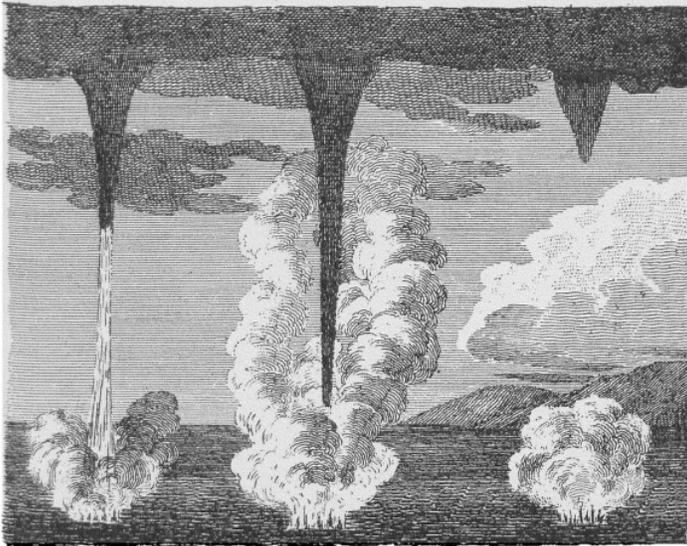


Fig. 24. Kapitän Maxwells Skizze einer Wasserhose im Entstehen (rechts), in voller Tätigkeit (Mitte) und vor dem Erlöschen (links).

achtungen zeigen allerdings, daß sowohl die Entstehung wie die Auflösung der Tromben auch ein von dem Maxwellschen Schema recht abweichendes Aussehen haben kann.

Im Gegensatz zu den bisherigen Beobachtungen, wo unter dem Wort „Zerreißen“, wenn es überhaupt gebraucht wird, nur das Erlöschen der Kondensation zu verstehen ist, wird in der

¹⁾ Gilbert, Von Wasserhosen und Erdtromben usw., Gilb. Ann. d. Phys. 73, 95, 1823.

folgenden ein wirkliches **Zerreißen des Wirbels** in zwei getrennte Stücke durch Windschichtung geschildert:

43. „Ihre Aufhebung geschah folgendermaßen: Der Bogen, aus dem sie bestand, wurde immer schärfer, und allmählich bildete sich in der Mitte ein Winkel; darauf zerriß sie in zwei Stücke, und kaum hatte die Zerreißung stattgefunden, als auch schon die Wassererhebung zurück-sank. Die beiden Bogenstücke hörten indessen nicht sofort auf zu existieren; sie blieben noch 11 Minuten lang sichtbar, dann verblaßten sie unmerklich, wie es bei einer Wolke sein kann, wenn sie sich in Nichts auflöst“ ... [Von der zweiten und dritten Trombe:] „Sobald die Säulen abgerissen waren, verloren die beiden Stellen des Meeres unter ihnen sofort ihre Aushöhlungen, ihre schäumenden Wasserlamellen [= Wasserkrone, vgl. die späteren Ausführungen über den Fuß der Trombe] glätteten sich und wurden wieder so ruhig wie das übrige Meer. Die abgerissenen Bögen der Tromben waren noch einige Zeit hindurch zu sehen, indem der obere Teil mit den Wolken verbunden blieb, und der untere vom Winde entführt wurde¹⁾“.

Das Zurückziehen der Trombe in die Wolken geschieht bis-
weilen unter **schlangenartigen Windungen**:

105. ... „ahmte vollständig die Bewegung eines ungeheuren Reptils nach“.

183. „Schließlich wurde der ganze Schlauch sehr rasch nach oben in die dunkle Wolke hineingezogen, unter Bewegungen, welche ganz den Eindruck machten, als ob sich ein Reptil in seinen Schlupfwinkel zurückzöge.“ Nach einem anderen Bericht über dieselbe Trombe „drängte sich das Band [= Trombe] eng zusammen, nahm eine schlangen-förmige Gestalt an, die sich zu einer Art wie ein Korkzieher (schrauben-förmig) umwandelte (der Prozeß dieser Formenveränderung ging von unten nach oben von statten), es erfolgte zuerst eine zitternde, dann eine äußerst lebhafte Bewegung, die von unten nach oben ging, und dann wurde das Ganze in den Wolken aufgenommen“.

¹⁾ Fig. 26 zeigt ein ausländisches Beispiel für diese der Natur der Sache nach nicht sehr häufige Erscheinung, daß die Trombe unten durch eine Schichtgrenze abgeschnitten ist. Die früheren, an derselben Wolke beobachteten Wasserhosen (Fig. 25) hatten, teilweise allerdings blind, bis zum Meere hinabgereicht. Der Beobachter unterschied dann drei Wolkenschichten: Eine sehr hohe, eine sehr dunkle mittlere (aus dieser entsprangen die Tromben), und eine tiefe, „aus zahlreichen kleinen dunklen Wolken nahe dem Meeresspiegel“ bestehend. Die in Fig. 26 abgebildete Wasserhose „entsprang aus einer großen Wolke in der zweiten oder mittleren Schicht, und anstatt bis zum Meere herabzureichen, heftete sie sich an eine der Wolken der dritten, tiefsten Schicht, welche anscheinend zu ihr hin und unter sie gezogen wurde“. [Quart. Journ. R. Met. Soc. 9, 163, 1883].

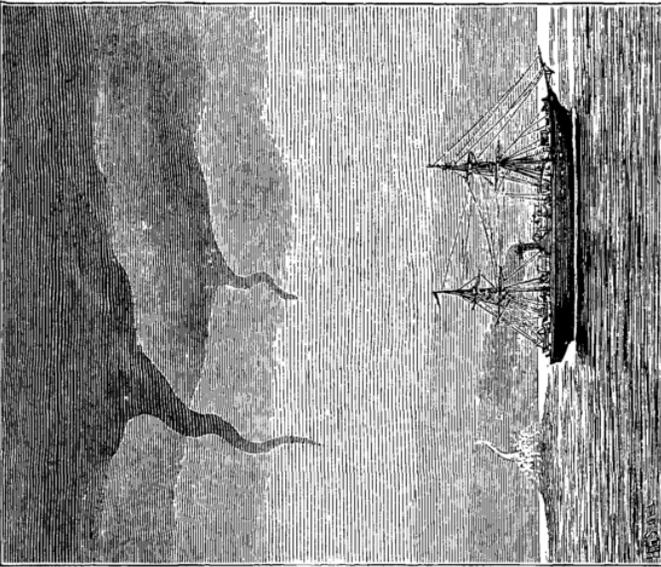


Fig. 25. Zwei blinde Wasserhosen auf den Gewässern von Mittelamerika, nach G. Attwood.

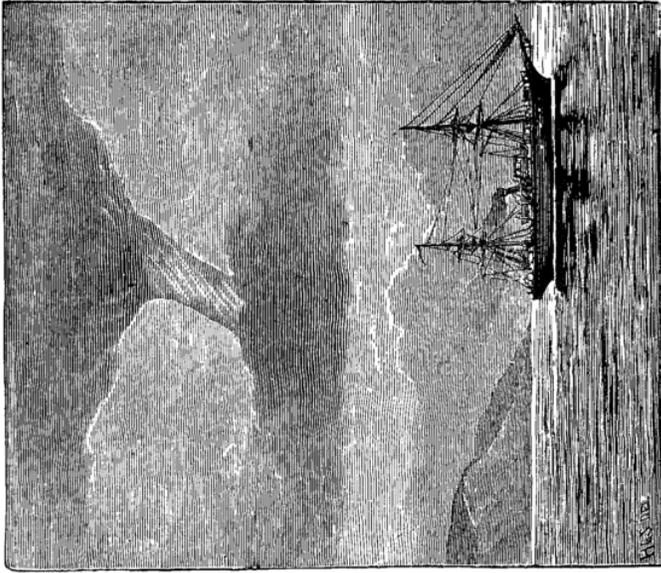


Fig. 26. Wasserhose aus derselben Wolke wie Fig. 25; das untere Ende geht in einen Fractocumulus über.

163. „Plötzlich brach sie und stieg in die Wolke empor, gleich einer sich verkriechenden Schlange.“

Das schon bei Nr. 183 erwähnte **Zittern vor der Auflösung** der Trombe finden wir auch in den beiden folgenden Beschreibungen wieder:

200. ... „begannen die bis dahin ganz schlichten Ränder zu zittern und es bildeten sich, von unten beginnend, wulstförmige, um den Schlauch herumlaufende Hervorragungen, wie ringförmige Wirbel mit horizontaler Achse. In 2 bis 3 Sekunden durchlief die Bewegung den ganzen Schlauch, der sich dabei von Grau in schmutziges Gelb verfärbte, alsbald verschwand und nur eine leichte, rasch verfließende Trübung der Luft an seiner Stelle zurückließ“ [beobachtet aus 1600 m Entfernung mit einem Handfernrohr].

191. ... „bis endlich im oberen Teil der Wolke, dem Trichter, ein Blitz sichtbar wurde, welcher anscheinend gleichzeitig nach zwei entgegengesetzten Seiten verlief [dies scheint auf einen horizontalen Blitz hinter der Trombe hinzudeuten. W.]. Sofort veränderte dann die Wolke ihr Aussehen, indem sie sich, von der Spitze ausgehend, von unten nach oben hin schnell auflöste, wobei zur Seite des Schlauches und des Trichters schwarze Wölkchen in rollender Bewegung nach oben stiegen, einem schwarzen, aufwirbelnden Rauch sehr ähnlich; nach kurzer Zeit verschwand die Wolkenbildung [Trombe] gänzlich“.

Vielleicht gehört hierher auch die im folgenden beschriebene **Abschnürung von Teilen am unteren Ende** des Wolkenschlauches.

242. ... „beobachteten wir ... einen schlauchförmigen, schlangentartig sich windenden Fortsatz, der sich gegen den Erdboden unter tanzenden Bewegungen senkte und diesen zu berühren schien. Von diesem Schlauche trennte sich unten Stück um Stück unter rotierender Bewegung des Ganzen, bis endlich der Rest des Fortsatzes sich wieder in die Wolke zurückzuziehen schien“.

Während bei den zum Schluß blind werdenden Tromben das Nachlassen der Rotation so langsam erfolgt, daß die Verdampfung der Wolkenteilchen damit Schritt halten kann, wird in den folgenden Beobachtungen, ebenso wie in der oben angeführten Nr. 200, ein **herumtreibender Nebel** noch nach Erlöschen der Trombe in der Luft wahrgenommen:

51. „Dieses [Verschwinden] geschah plötzlich, so daß binnen einer halben Minute auch alle Spuren derselben fort waren; fast so, wie die Dichter das Verschwinden der Geister zu schildern pflegen, und ihr unterster Teil zuerst. Während die Säule sich auflöste, zeigten sich einen Augenblick lang einige Dünste, zerstreuten sich aber so schnell, daß man sie kaum wahrnehmen konnte. Die letzte Spur von Dünsten war über der Wasserfläche.“

122. „In der Mitte des Hafens angelangt, sah man dieselbe sich biegen, auflösen und nur der feine von ihr aus dem Meere emporgehobene Wasserstaub erschien noch einige Zeit, indem er sich vom Winde getrieben einherbewegte. Derselbe streifte sogar in der Gestalt eines leichten Nebels den Turm, wo die Autographen aufgestellt sind. Da die eigentliche Wasserhose sich früher bereits aufgelöst hatte, so nahm man durchaus keine Wirkung wahr, weder auf die Windfahne, noch auf den Anemometer. Ich konnte dies sehr sicher konstatieren, da ich mich zufällig ganz in der Nähe meines Observatoriums befand.“

Nicht selten wird von einer **Verringerung des Durchmessers des Wolkenschlauches** kurz vor dessen Verschwinden berichtet. Dies steht im Gegensatz zu dem oben erwähnten Schema Maxwells, nach welchem die Kondensation sich auf den Mantel eines Zylinders beschränkt, die Röhre also nur immer durchsichtiger, aber nicht enger wird. Die Beobachtungen sind folgende:

10. „Darauf zog sich der Körper der Trombe zusammen und verschwand bald darauf.“

47. Die Wasserhose löste sich beim Übertritt auf das Land auf: „Sie fuhr fort, ihren Lauf gegen Antibes zu nehmen; einige Zeit, ehe sie an der Küste ankam, zog sie sich nach allen Ausdehnungen zusammen, und als sie das Land berührte, verschwand ihr Fuß ganz und gar“.

107. „Bald sah man nur noch ein weißes Band von $\frac{1}{4}^0$ Breite auf der ganzen Länge. Dieses Band schrumpfte ziemlich schnell ein, wurde fadenförmig und verschwand schließlich.“

178. Auch bei dieser Trombe, die schon oben erwähnt war, wurde die vorher breite Säule vor dem Verschwinden sehr schmal.

Von großem Interesse ist nun eine andere, unmittelbar vor dem Verlöschen eintretende Erscheinung, welche auf den ersten Blick mit dem vorangehenden in unversöhnlichem Widerspruch zu stehen scheint, nämlich eine **Verbreiterung des Wolkenrichters in der Höhe** sowohl als auch des Fußes und seiner Spur. Daß aber in Wirklichkeit diese Verbreiterung mit einer Verjüngung der Wolkenröhre nicht nur vereinbar ist, sondern sogar sie ergänzt, geht gleich aus dem ersten der folgenden Zitate hervor, welches die unmittelbare Fortsetzung der oben unter Nr. 47 angeführten Worte darstellt. Höchstwahrscheinlich handelt es sich dabei um den Übergang zwischen zwei Rotationssystemen, welche später ausführlicher erläutert werden sollen, und von denen eines eine starke aber begrenzte, das andere eine geringere, jedoch ausgedehntere Druckverminderung erzeugt. Hier seien zunächst nur die Beobachtungen wiedergegeben:

47. „Sie zog sich unmerklich aufwärts; der ausgedehnte konische Teil wurde breiter und verdünnte sich immer mehr, und das Ganze vereinte sich endlich völlig mit der Wolkenmasse, wie ein Nebel sich in den anderen verliert.“

7. „Sie zeigte sich in derselben Erscheinung während einer halben Viertelstunde, worauf die Wirbelbewegung geradweise abnahm; die Säule verkürzte sich von unten und verbreiterte sich oben, schien hinaufzusteigen und vereinigte sich bald darauf mit der darüber liegenden Wolke, mit der sie sich vermengte.“

210. „Allmählich verbreiterte sich das spitze Ende des Wolkentrichters, zog [sich] mit bedeutender Schnelligkeit in die Höhe, und die ganze Erscheinung ging in die Wolke über.“

Diese Beobachtungen beziehen sich auf den oberen Teil der Trombe; eine **Verbreiterung des Fußes** zeigen die folgenden:

110. Die Spurbreite war 60 m, einige Male kleiner; „sie ist dagegen viel größer an dem Punkt, wo das Meteor verschwand“.

123. „Anfangs stand jede Wassersäule senkrecht, bald aber wurde der obere Teil von einer westlichen Windströmung nach Osten verschoben, so daß ihre Stellung eine schiefe wurde und sie dann plötzlich in der Mitte riß. Beim Zurückfallen des Wasserstrahls wurde der See in einem ziemlich weiten Umkreis wellenförmig und schäumend aufgeregt, was man von Heiden aus, 400 m über dem [Boden-] See, selbst mit unbewaffnetem Auge deutlich sehen konnte.“

216. „Dann zerriß der Schlauch, wodurch der See in besondere Wallung geriet.“

222. „Dauer 7 Minuten, darauf starkes Aufschäumen des Sees.“

21. Früh berichtet von dieser Trombe: „Nachdem die Trombe verschwunden, begann der See zu kochen“ und setzt ein Fragezeichen in Klammern dahinter.

Es liegt kein Grund vor, diese Beobachtungen in Zweifel zu ziehen, die dem Berichterstatter wohl nur deshalb verdächtig erschienen, weil ihm das starke Aufbrausen des Sees mit einem Erlöschen der Trombe nicht vereinbar zu sein schien. Dieses Aufbrausen braucht aber keineswegs einer Vergrößerung der Wirbelintensität zu entsprechen, sondern ist mit einer Verminderung derselben sehr wohl vereinbar. Denn gleichzeitig sinkt ja der bisher vorhandene Wasserturm zusammen (vgl. Nr. 123).

Die Beobachtungen über den Wasserturm werden später im Zusammenhange besprochen werden. Nur um das Verständnis des folgenden zu erleichtern, sei erwähnt, daß er an ein bestimmtes Rotationssystem gebunden ist und zusammenstürzt, wenn dies

sich ändert. In den vorliegenden Fällen ist aber gerade von einer solchen Änderung die Rede, welche in einer plötzlichen Erweiterung des Wirbels unter Verminderung seiner Rotationsgeschwindigkeit besteht. Die Verjüngung der kondensierenden Säule bis zum völligen Blindwerden derselben, die gleichzeitige Verbreiterung des oberen Wolkentrichters und der Spur auf der Erde, und das Zusammenfallen des etwa vorhandenen Wasserturms erscheinen als gleichzeitige Wirkungen dieser einen Veränderung. Die Plötzlichkeit dieses Übergangs ist es wohl, welche manche Beobachter von einem **Platzen der Trombe** reden läßt. Mit einer über das Ziel hinauschießenden Verallgemeinerung hat Dampier, der diese Erscheinung am 30. November 1687 bei Celebes zu beobachten Gelegenheit hatte, seine Erfahrung in folgender Weise formuliert (nach Peltier): „Diese Erscheinung setzt sich während einer halben Stunde mehr oder weniger fort, bis die ansaugende Kraft erschöpft ist; dann zerreißt die Säule, das ganze Wasser, welches sich unter dem Wolkentrichter befindet, fällt mit großem Getöse auf das Meer zurück und entfesselt auf ihm einen großen Aufruhr. Es ist für ein Schiff sehr gefährlich, sich unter einer Trombe in dem Augenblick zu befinden, wo sie zerreißt“. Er führt als Beispiel das Schiff *Blessing*, Kapitän *Records* an, welches 1674 von einer Wasserhose überschritten wurde, kurz nachdem diese „geplatzt“ war: „Sie näherte sich schnell und platzte kurz bevor sie das Schiff erreichte, wobei sie gewaltigen Lärm machte und das Wasser rings herum emporschleuderte, als ob ein großes Haus oder ein ähnlicher Gegenstand hineingestürzt wäre“. Bugspriet, Fock- und Besan-Mast gingen über Bord, nur der Großmast blieb stehen; Dampier schloß hieraus, daß die Trombe nicht immer nach dieser plötzlichen Veränderung erlischt. — Durch das Vorangehende wird auch die auf den ersten Blick phantastische Beschreibung Nr. 123 verständlich:

123. „Kaum waren die Fischer 50 Schritte weit geflohen, als tatsächlich die Katastrophe eintrat. Heulend öffneten sich der untere Teil der Wasserhose, und nun ergoß sich ein Strom ins Haff, der dasselbe auf einer Fläche von mindestens 200 Fuß [66 m] Durchmesser in eine derartige Aufregung brachte, daß davon betroffene Boote unbedingt dem Untergange geweiht gewesen wären. Welche Wassermassen die Wasserhose enthalten haben muß, läßt sich daraus erkennen, daß dieselbe mindestens 7 Minuten mit ungeschwächter Kraft herniederströmte.“

Dampiers Bemerkung, daß diese eigentümliche Veränderung der Trombe keineswegs immer ihr Ende bedeute, findet sich auch in unseren Beobachtungen bestätigt, wofür noch ein Beispiel gegeben sei:

81. „Auf dem Felde konnte man die Beschädigungen höchstens in einer Breite von 50 Schritt wahrnehmen, während in Wesseling die Wirkungen sich über 250 Schritt ausdehnten; jedoch wurde in dieser Breite nicht alles von dem Windstrudel ergriffen; manche Gegenstände waren so ruhig in ihrer Lage geblieben, als wenn eine völlige Windstille geherrscht hätte.“

Die letztere Bemerkung scheint anzudeuten, daß in der zweiten, breiteren Form die Einheitlichkeit der Rotation gestört war, und man wird die Vermutung nicht von der Hand weisen können, daß es die vermehrte Reibung an den Häusern war, welche diese Störung herbeigeführt hat. Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint es auch nicht als Zufall, daß sich die Trombe von Nöttja gerade nach Erreichung des Ufers teilte (vgl. Fig. 3, S. 36). Über diese Erscheinung der Teilung soll im folgenden ausführlicher berichtet werden.

Siebentes Kapitel.

Mehrfache Tromben, Teilung und Vereinigung; wiederholte Tromben.

Häufiger, als meist wohl angenommen wird, tritt der Fall ein, daß **mehrere gleichzeitige Tromben** zur Beobachtung gelangen. Wenn man Nr. 7 und 8, die sich am selben Tage, die eine östlich von Paris, die andere in Yorkshire nahe der Humber-Mündung abspielten, als zusammengehörig betrachtet, so haben wir es in 47 von 255, d. h. in 18 Proz. aller Fälle mit Multipel-Tromben zu tun. Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht hierüber: