

KAPITEL 5
Dr. Alfred Wegener
Wind- und Wasserhosen in Europa

Witterung in der Umgebung der Trombe.

Der erzeugende Cumulo-Nimbus. Daß die Tromben meist im Gefolge von Gewittern auftreten, ist eine so alte und allgemein bekannte Tatsache, daß es hieße Eulen nach Athen tragen, wollte man Belege dafür erbringen. Interesse beansprucht aber die umgekehrte Frage: Gibt es auch Tromben ohne Gewitter? Beschränkt man die letztere Bezeichnung, wie üblich, auf die Fälle, in denen elektrische Entladungen auftreten, so ist die Frage zu bejahen; es kommt, wenn auch selten, vor, daß in der Umgebung der Trombe keinerlei elektrische Erscheinungen auftreten. Da die Sicherstellung dieser Fälle für die Erklärung der Tromben nicht ohne Bedeutung ist, müssen wir sie etwas näher ins Auge fassen.

Von 153 Beschreibungen, die Angaben über die Witterung enthalten (Die im Anhang des Verzeichnisses angeführten Beschreibungen sind hier wie in den folgenden Auszählungen nicht mitgerechnet.) , berichten 92 von Gewittern, darunter 33 von Hagel.

Letzterer wird aber auch noch in weiteren 15 Beschreibungen erwähnt; auch bei diesen müssen also wohl elektrische Entladungen vorhanden gewesen sein, obwohl sie nicht notiert wurden, so daß für 107 Fälle Gewitter als nachgewiesen gelten darf. Von dem Rest bleiben 39 Fälle unentschieden, und bei 7 Fällen wird die Anwesenheit elektrischer Erscheinungen ausdrücklich verneint (Auch im Anhang finden sich noch zwei solche Fälle, nämlich A 4 und A 5.). Für die letzteren seien die Stichworte hier angeführt:

17. Starker Platzregen, aber ohne Blitz und Donner.
87. Nach Auflösung der Trombe scharfer, ausgiebiger Regen ohne Blitz.
112. Wolkenbruchartiger Regen ohne Blitz. Völlig bedeckt, grau bis schwarz.
205. Vier Stunden vorher Gewitter, aber während der Trombe wurden Blitz und Donner nicht beobachtet. Nach derselben schwacher, kurzer Regen.
61. Luft gewitterhaft, aber in der Nähe des Beobachters zur Zeit der Trombe kein Gewitter.
91. Luft drückend und gewitterig, aber ohne Blitz und Donner. Isolierte Wolken von kleinen Dimensionen und leicht pyramidalen Form; aus der größten entwickelte sich die Trombe.
182. Dunkle Wolkenmassen. Keine elektrischen Erscheinungen.

Die Beurteilung dieser Angaben ist aus verschiedenen Gründen nicht ganz leicht. Viele Tromben befinden sich, wie später gezeigt werden wird, erheblich seitwärts vom Gewitter, so daß ein Beobachter, der durch das Schauspiel der Trombe gefesselt wird, das Gewitter übersehen kann. Es gibt Fälle, in denen die Trombe, eben weil sie am Rande des cu-ni auftritt, von der Sonne hell beschienen wird, und in ihrer Spur das gute Wetter keine Unterbrechung erfährt. Dazu kommt, daß manche Tromben nur aus meilenweiter Entfernung beobachtet wurden. Da Blitze zur Mittagszeit leicht übersehen, und Donner selten weiter als 10 km gehört wird, ist es natürlich möglich, daß in einigen dieser sieben Fälle in Wirklichkeit doch elektrische Entladungen stattgefunden haben und nur unbemerkt geblieben sind. Aber z.B. bei Nr. 17 und 112, wo doch der Platzregen über den Beobachter fortzog, hätten solche Entladungen kaum unbemerkt bleiben können. Es scheint daher festzustehen, daß Tromben auch ohne solche auftreten, wenn auch selten; auf 1 Trombe ohne kommen 15 mit Gewitter (Finley (a. a. O., S. 145) findet für Tornados:

- 287 Fälle mit Blitzen vor Erscheinen des Tornados,
113 „ „ „ gleichzeitig mit demselben,
57 „ „ „ nach Verschwinden des Tornados,
8 Fälle, in denen das Fehlen elektrischer Entladungen notiert wurde.)

Hieraus scheint hervorzugehen, daß die elektrischen Entladungen unmittelbar nichts mit der Trombe zu tun haben; beide sind nur Begleiterscheinungen desselben Vorgangs, nämlich der Cumulo-Nimbus-Bildung.

Auch in denjenigen Fällen, in welchen Gewitter oder Hagel nicht ausdrücklich vermerkt wird, sprechen die Beschreibungen fast immer von schweren Wolken, welche offenbar als cu-ni anzusprechen sind. Eine vollständige Angabe der Wolkenbeschreibungen würde auch hier zu weit führen. Dagegen ist es notwendig, die bei älteren Autoren häufig auftretende Behauptung zu prüfen, es gebe auch Tromben ohne Wolken. Ein großer Teil der hierfür meist angeführten Argumente scheidet allerdings sofort aus, weil es sich in diesen Fällen offenbar um Kleintromben handelt, welche man früher nicht von den Großtromben unterschied, und welche ja in der Tat gerade bei starker Sonnenstrahlung und schönem Wetter auftreten. Allein auch unter den Beschreibungen echter Großtromben mit zerstörenden Wirkungen gibt es einige, welche als Beleg für die genannte Ansicht angeführt werden. Es ist kein Zufall, daß die fünf in Betracht kommenden Fälle sämtlich von Peltier herrühren, dessen elektrischer Theorie alles Wunderbare willkommen war (Nr. 72, 90, 5, 20, 64). Die Deutung dieser Fälle bedarf, wie im folgenden gezeigt werden wird, dringend der Richtigstellung.

72. Peltiers Überschrift lautet: „Ciel pur qui se couvre a mesure que la trombe s'avance“, wodurch die genannte mißverständliche Auffassung sehr nahe gelegt wird; es genügt aber, auf den Satz in der Beschreibung hinzuweisen: „Kurze Zeit nach ihrem Verschwinden fiel ein starker Regenguß.“

90. Nach Peltier eine „trombe sans nuages.“ Es handelt sich um eine blinde (nicht kondensierende) Trombe, von welcher nur der 20 bis 30 m hohe Wasserturm auf dem See gesehen wurde, während der zugehörige Wolkenzapfen der Beobachtung entging. Früh gibt an Nachdem sie sich gesenkt und aufgelöst, trat SW-Wind mit Regen ein.“ Peltier dagegen läßt, wohl durch Mißverständnis, die Wassersäule selbst „se repandre en pluie“ und schreibt weiter: „Le ciel etait uniformement voile par des rapeurs brunieus qui occupaient les regions elevees, et il n'y avait plus de nuages proprement dits sur l'horizon“, wonach doch wohl anzunehmen ist, daß Bewölkung 10 geherrscht hat. 5. Peltier gibt in der Überschrift an: „Die Trombe bildete sich, als es nur wenige kleine Wolken gab, die in großer Höhe lagen (eleves) und durchscheinend waren (transparentes)“. Nach der Beschreibung selber war der Sachverhalt aber ein anderer; der Beobachter stand am Fenster seines hochgelegenen Hauses mit mehr als 60 km weiter Aussicht; „le ciel n'etait Charge que de petits nuages rares, assez eleves, et qui n'ötaiet rien a l'eclat des rayons du soleil.“ Die Trombe erschien dann in 5 km Entfernung, und wurde von der Sonne beschienen, was darauf hinzudeuten scheint, daß die erzeugende Wolke noch jenseits vom ihr lag. Ob „eleve“ nicht sinngemäßer mit hochragend zu übersetzen wäre, sei dahingestellt. Aber „transparent“ ist jedenfalls ein Mißverständnis; der unbehinderte Sonnenschein dürfte beim Beobachter geherrscht haben.

20. Von Peltier überschrieben: „Ciel sans nuages.“ In der Beschreibung heißt es: „Das Wetter war heute schön und es gab kein Anzeichen von Gewitter oder Sturm.“ Versteht man unter Anzeichen soviel wie Vorzeichen, so bezieht sich die ganze Angabe auf die Zeit vor dem Gewitter; Peltiers Tendenz zeigt sich auch darin, daß er aus „schönem Wetter“ ohne weiteres „wolkenlosen Himmel“ macht, was doch nicht dasselbe ist.

64. „Au milieu d'un ciel serein.“ Leider ist dies die einzige, auf das Wetter bezügliche Bemerkung in der sehr unvollkommenen, nur zwölf Zeilen umfassenden Beschreibung, die sich fast nur mit der von der Trombe aufgehobenen und entführten Wäsche beschäftigt. Eine Kritik ist deshalb unmöglich.

Berücksichtigt man, daß dies die einzigen Großtromben unseres Verzeichnisses sind, welche sich als Argument für die genannte Meinung anführen lassen, und daß nach Peltiers Zeit ähnliche Fälle nicht mehr vorkommen, so kann kein Zweifel herrschen, daß die „Tromben ohne Wolken“ — sofern nicht Kleintromben gemeint sind — völlig in das Reich der Fabel zu verweisen sind.

Die Trombe steht immer mit einem Cumulo-Nimbus oder jedenfalls einem großen Cumulus in unmittelbarem Zusammenhang; bei der weit überwiegenden Mehrzahl der Beobachtungen ist dies klar ausgesprochen, und der Rest gestattet wenigstens die gleiche Annahme. Eine Aufzählung der Stichworte würde, wie gesagt, zu weit führen. Wird Regen erwähnt, so ist es fast immer Platzregen, und auch wo gar kein Niederschlag und kein Gewitter notiert wird, ist fast stets von schweren dunklen Wolken, hochgetürmten Cumulusmassen, gewaltigen Wolkenmassen und ähnlichem die Rede; auch in den wenigen Fällen, wo von einer gleichmäßigen Stratusdecke berichtet wird, nötigen die sonstigen Angaben zu der Annahme oder lassen sie wenigstens zu, daß ein cu-ni vorhanden war, aber sich durch eine untere Schichtwolke den Blicken des Beobachters entzog.

Es sprechen also alle Anzeichen dafür, daß die Wolkenform des cu-ni oder wenigstens eines großen cu eine notwendige Bedingung für die Trombenbildung darstellt. Aus der Seltenheit der Tromben im Gegensatz zur Häufigkeit der Gewitter folgt allerdings, daß noch bestimmte andere, nicht häufig vorhandene Bedingungen hinzutreten müssen, damit ein solcher Wirbel entsteht. Daß diese Bedingungen nicht etwa nur in einer ungewöhnlichen Heftigkeit des Gewitters oder des Aufsteigens der Luft bestehen, geht aus den Fällen ohne elektrische Entladungen hervor. Auch an die Hagelbildung ist die Trombe offenbar nicht gebunden, da Hagel nur 48 mal unter den 153 Fällen mit Witterungsangaben notiert ist. Die Trombenbildung bleibt offenbar ohne Einfluß auf die sonstigen Äußerungen des Gewitters; denn die Gewitter, bei denen Tromben auftreten, unterscheiden sich in keiner Weise von solchen ohne Tromben.

Es sei gleich hier zur Orientierung vorweggenommen, daß die entscheidenden Bedingungen für die Trombenbildung höchstwahrscheinlich in den Windverhältnissen, speziell in der Vertikalen, zu suchen sind. Die Gründe für diese Annahme können allerdings erst später erörtert werden.

Tromben im Jugendstadium des Cumulo-Nimbus. Die überraschend kleinen Zahlen, welche wir für die Lebensdauer der meisten Tromben fanden, legen die Frage nahe, in welches Entwicklungsstadium des Cumulo-Nimbus die Trombenbildung fällt. Prüfen wir die Beobachtungen daraufhin, so ergibt sich das wichtige Resultat, daß zwar in den meisten Fällen die Trombe gleichzeitig mit dem Regensturz sichtbar ist, also zu einer Zeit, wo der Niederschlag des cu-ni bereits die Erde erreicht — schon zahlreiche Abbildungen zeigen dies —, daß aber doch auch Fälle nicht selten sind, in denen die Trombe sich bildet, bevor Niederschlag aus der Wolke fällt, und sie sich auflöst, sobald die Wolke zu regnen beginnt. Es sind folgende Fälle:

218. -Aus der cu-ni-Wolke fiel während der Wasserhose kein Regen. Dieser setzte nach übereinstimmenden Mitteilungen gleich nach dem Zusammensturz derselben ein."

63. „Das Meteor war eine halbe Stunde lang sichtbar, als ein beträchtlicher Platzregen aus der Wolke fiel, mit der sie in Verbindung stand."

85. „Gleich nach Auflösung der Trombe entlud sich über dem nordwestlich davon gelegenen Walde ein Gewitter mit außerordentlich dicken Hagelkörnern."

230. Die Tromben bildeten, sich, als das Gewitter sich noch „zusammenbraute" und hatten sich wieder aufgelöst, als es zum Ausbruch kam.

So gering die Zahl dieser Beobachtungen ist, gewinnt sie doch etwas an Bedeutung, wenn man berücksichtigt, daß als Gegenprobe nur 13 Fälle zur Verfügung stehen, in denen die Gleichzeitigkeit von Trombe und Niederschlag ausdrücklich ausgesprochen ist.

Aber allerdings müßten auf dieser Seite auch noch die Fälle gebucht werden, in denen der Niederschlag zeitlich der Trombe voranging. Wenngleich also für die überwiegende Mehrzahl Gleichzeitigkeit anzunehmen ist, so kommt den angeführten Fällen meines Erachtens doch ein besonderes Interesse zu. Denn sie lassen den Schluß zu, daß der Trombenwirbel nicht durch den fallenden Niederschlag erzeugt wird — er scheint im Gegenteil durch ihn bisweilen zerstört zu werden —, sondern durch das dem Niederschlag schon etwas vorausgehende Aufsteigen der Luftmassen.

Mit diesem Ergebnis stimmt das frühere überein, daß Vormittagsgewitter trombenreicher sind als Nachmittagsgewitter, und damit stimmt beispielsweise auch die in Fig. 77 (elftes Kapitel) mitgeteilte Gewitterspur, welche zeigt, daß die Trombe aufhörte, als der Hagel begann.

Natürlich darf nicht übersehen werden, daß manche Tromben stundenlang das Gewitter begleiten können, und dabei eine allen Änderungen des Gewitters spottende Beständigkeit zeigen. Allein diese Art ist in Europa viel seltener als die kurzlebige; und letztere bevorzugt offenbar das Jugendstadium des cu-ni.

Von großer Bedeutung wäre es, wenn es gelänge, den Ort der Trombe relativ zum Regenguß näher zu bestimmen; als erste Frage ergibt sich dabei: Steht sie innerhalb oder außerhalb des Regensturzes? Für ersteres habe ich keine eindeutige Beobachtung finden können. Dagegen befand sich die Trombe mehrmals gerade im Rande des Regen- oder Hagelsturzes. So erreichte die Trombe Nr. 189 den Beobachter zugleich mit großen Hagelkörnern, auf welche dann Schnee folgte.

Bei Nr. 185 ist die Schilderung besonders eingehend; hier wurde in der späteren Spur der Tromben zwar schon vor ihrer Ankunft langsamer Regen beobachtet; gleichzeitig mit ihrer Ankunft aber setzte schwerer Hagelschlag ein, dessen Schloßen bis 8 cm Länge bei 2 bis 3 cm Dicke aufwiesen.

Indessen sind dies Ausnahmen. In der Mehrzahl der Fälle befindet sich die Trombe in einer Entfernung vom Regenguß, die zwischen einigen Hundert Metern und etwa 10 km variiert, wie die folgenden Beispiele erläutern mögen.

Bei Nr. 34 heißt es: Während des Einherziehens des Meteors gingen Blitze und Hagel aus einer der Säule im Süden benachbarten Wolke hervor. Bei Nr. 39 fiel der Niederschlag nicht in der Bahn der Trombe, sondern erst in erheblichem seitlichen Abstände, nämlich beim Beobachter. Bei Nr. 95 zog die Trombe vor dem Hagelsturz von W nach E über das Deutsche Eck bei Coblenz nach Ehrenbreitenstein; der Hagel erreichte Coblenz erst einige Minuten, nachdem die Trombe sich bei Ehrenbreitenstein aufgelöst hatte, so daß 1 bis 2 km Zwischenraum zwischen der Trombe und dem Rand des Hagelsturzes gewesen sein müssen.

Bei Nr. 115 — gleichfalls am Rhein — wurde der Beobachter von dem aus S heraufziehenden Hagelsturz erreicht, als sich die Trombe etwa 2 km nordöstlich von ihm befand; auch hier muß also der kleinste Abstand 1 bis 2 km betragen haben. Bei Nr. 181 heißt es geradezu: Etwa 5 km hinter der Säule konnte man Regen beobachten. Vielleicht noch größer war der Abstand bei Nr. 106. Hier spielte sich die Trombe in Escalquens ab, während gleichzeitig das 10 km westlich davon gelegene Toulouse „und Umgegend“ Hagel und Wolkenbruch hatte; der kürzeste Abstand läßt sich hier allerdings nicht ermitteln. In den zeichnerischen und photographischen Abbildungen, die gleichzeitig Trombe und Regenguß zeigen, läßt sich der Abstand meist auf etwa 1 bis 5 km schätzen. Übrigens spricht auch die Zeitdifferenz, die nach fast allen Beschreibungen zwischen Regenguß und Trombe liegt, trotz ihrer Vieldeutigkeit dafür, daß die Tromben gut außerhalb des Platzregens stehen.

Befindet sich nun die Trombe vor oder hinter dem Regensturz? Zwei unzweifelhafte Belege für die Stellung vor demselben bilden die schon soeben genannten Beschreibungen Nr. 95 und 115, bei denen der Hagel auf die Spur der Trombe fiel. Ebenso klare Belege bilden die vorher erwähnten Nummern 185 und 189, bei denen der Hagel den Tromben auf dem Fuße folgte. Ferner müssen die beiden Tromben Nr. 231 auf der Vorderseite des Hagelsturzes gewesen sein, denn die Beschreibung sagt: „An mindestens zwei Orten, die in dem Hagelgebiet gelegen sind, hat man Tromben beobachten können, welche zur selben Zeit auftraten, zu welcher die Isochronen, die den Beginn des Hagels bezeichnen, diese Gegenden passierten.“

Bei Nr. 159 heißt es: „Während von Westen her ein mächtiges Hagelwetter über das Erzgebirge hinzog, entstand aus den vorgelagerten, ungefähr in Höhe des Gebirges schwebenden Wolken ein hornartiges Gebilde [die Trombe].“ Bei Nr. 107, wo der Beobachter sich der Trombe bis auf 5 m näherte, begann bei ihm, oder was in diesem Falle dasselbe ist, in der Spur der Trombe, der Platzregen fünf Minuten nach Vorübergang derselben. Auch die oben genannte Trombe von Toulouse (Nr. 106) befand sich vor dem Hagel, denn sie zog aus W, und der Hagelfall fand gleichzeitig 10 km westlich von ihr statt.

Diesen, wie ich glaube, einwandfreien acht Beobachtungen für die Stellung der Trombe auf der Vorderseite des Regensturzes lassen sich gleich klare Belege für die umgekehrte Stellung nicht gegenüberstellen; zwar gibt es eine Reihe von Beschreibungen (wie z. B. Nr. 206), bei denen schon vor der Trombe auf ihrer späteren Spur Hagel gefallen zu sein scheint, allein die Darstellung läßt stets an Klarheit zu wünschen übrig und ist nicht eindeutig. Wenngleich daher die letztere Anordnung keineswegs abgeleugnet werden kann, so muß die erstere doch offenbar die häufigere sein.

Zu dem gleichen Resultat, daß die Tromben sich vorwiegend auf der Vorderseite des Regensturzes befinden, kommen wir auch auf einem ganz anderen, freilich auch nicht ganz einwandfreien Wege, nämlich indem wir auszählen, wie oft die Trombe zeitlich vor und wie oft sie nach dem Niederschlag notiert wurde. Für ersteres finden sich 31, für letzteres nur 13 Fälle. Wie gesagt, ist das Resultat vieldeutig, da die Trombe oft aus meilenweiter Entfernung beobachtet wird, der Niederschlag aber sich fast immer auf den Ort des Beobachters bezieht; aber immerhin deutet auch dies Zahlenverhältnis in die gleiche Richtung wie unser früheres Ergebnis.

Es darf also wohl angenommen werden, daß die Mehrzahl der Tromben sich auf der Vorderseite des Regensturzes befindet, daß aber ein Vorkommen auf der Rückseite keineswegs ausgeschlossen ist (Bei Tornados scheinen beide Fälle vorzukommen. Finley gibt folgende Zahlen (Tornadoes, New York 1886, S. 146):

*377 Fälle mit Regen vor dem Tornado,
437 „ „ „ nach dem Tornado,
176 „ „ „ während des Tornados,
317 „ „ Hagel vor dem Tornado,
124 „ „ „ nach dem Tornado,
163 „ „ „ während des Tornados.)*

Die nächste Frage muß lauten: Befinden sich die Tromben **rechts oder links der Mittellinie** der Niederschlagsspur? In sieben Fällen (Nr. 95, 115, 185, 189, 206, 107, 105) überlagern sich die Spuren der Trombe und die des Hagels oder Regens. Wenn es auch unwahrscheinlich ist, daß dabei die Trombenspur gerade die Mitte der Niederschlagsspur gehalten habe, so läßt sich doch nicht entscheiden, ob sie sich rechts oder links davon befand. Bei Nr. 185 wird zwar berichtet, daß die Tromben am SE-Ende eines großen, aus SW kommenden Gewitterzuges auftraten, doch ist damit ihre relative Stellung zu dem einzelnen Hagelturm immer noch unbestimmt. Es gibt aber mehrere Fälle, in denen die Trombe sicher linksseitig, und auch mehrere solche, in denen sie rechtsseitig war. Eine Sicherstellung dieser beiden Tatsachen scheint mir für eine Erklärung der Tromben so wichtig zu sein, daß im folgenden diese Fälle ausführlicher besprochen werden sollen. Beispiele für linksseitige Tromben sind folgende:

39. Der Beobachter befindet sich bei Nizza am Lande, die Trombe zieht südlich von ihm auf dem Meere aus E. Der Niederschlag fällt auf dem Lande und nicht mehr in der Bahn der Trombe, welche also links vom Niederschlage einherzieht.

47. Ort und Verhältnisse wie bei 39. Die erste Trombe befindet sich noch ausgesprochen am Vorderrande des großen cu-ni, doch am linken Ende; die zweite, kurz darauf entstandene, am linken Seitenrand. Der Vorderrand hatte zu dieser Zeit nicht nur das Zenit überschritten, sondern es war bereits der ganze westliche Himmel bedeckt, nur im Süden war noch ein unbewölktes Segment; während sich hier die zweite Trombe abspielte, hatte der Beobachter am Lande Hagel.

85. Gleich nach Auflösung der Trombe entlud sich über dem nordnordwestlich davon gelegenen Walde ein Gewitter mit außerordentlich dicken Hagelkörnern. Da die Trombe aus ENE zog, war sie links vom Niederschlag.

181. Der Beobachter befand sich etwa 500 m westlich der aus S ziehenden Trombe und konnte etwa 5 km hinter derselben Regen beobachten; die Trombe befand sich also 5 km links des Regengusses. Diesen kaum anzuzweifelnden linksseitigen Tromben stehen folgende rechtsseitige gegenüber:

113. „Um 6 a. m. bilden sich schwere, böenartige Wolken im SE und NW; eine Wasserhose bildet sich am E-Ende der SE-Böe, eine andere am W-Ende der NW-Böe; beide Böen ziehen gegen das Schiff auf.“ Unter Berücksichtigung der entgegengesetzten Marschrichtung waren beide Tromben offenbar rechtsseitig.

128. An einem Orte, der wenig links von der Trombenbahn lag, begann im Augenblick des Vorbeiziehens der Trombe ein Hagelsturz. In Tranas, $\frac{1}{2}$ km links von der Trombenspur, war schon vor dem Vorbeigang der Trombe etwas Hagel gefallen, und fiel wieder beträchtlicher Hagel, nachdem sie ein Stück vorbeigezogen war. In der Bahn der Trombe selber scheint nur vor ihr etwas Regen gefallen zu sein. Die Trombe befand sich also anscheinend rechts vom Hagelsturz.

137. Der in der Trombenbahn befindliche Beobachter sah das Gewitter am westlichen Horizont sich langsam nach Norden schieben, befand sich also rechts davon.

230. „Aus dem allen schließe ich, daß die Tromben sich bei Fortschreiten des Gewitters nach Osten rechts seitwärts von dem Regenguß befanden.“ Vorher wird allerdings die Unsicherheit dieses Schlusses betont. A 3. Aus Fig. 77 (11. Kap.) geht unmittelbar hervor, daß die Trombe von St. Claude sich dicht am rechten Rande des Hagelturms befand; freilich hört die Trombenspur da auf, wo die Hagelspur beginnt. Durch die Lage des Streufeldes, welches später noch eingehender besprochen werden wird, wird die Annahme bestätigt, daß der obere Teil der Trombe und folglich auch der erzeugende Cumuluskopf sich links vom Fuße der Trombe befunden hat. Zu beachten ist allerdings, daß die Trombe in diesem Falle am Seitenrande nicht des ganzen cu-ni, sondern nur des Hagelturmes einhergezogen ist; denn rechts und links der Trombenspur hat es geregnet, rechts bis etwa 10km, links bis etwa 50km Abstand. A14. In derselben Weise geht unmittelbar aus der Betrachtung der Fig. 78 (11. Kap.) hervor, daß sich die Trombe von Woldegk gleichfalls am rechten Seitenrande des Hagelturmes befand. Auch bei ihr zeigt das Streufeld, daß ihr oberer Teil sich links vom Fuße befand. Aus dem Umstand, daß das Gewitter schon eine Stunde vor der Trombe an den in der Spur der letzteren gelegenen Orten vorbeizog, geht ferner hervor, daß sie rechts hinter dem Gewitter zog.

Man wird zugeben müssen, daß auch diese Beobachtungen rechtsseitiger Tromben nicht gut angezweifelt werden können, und somit darf als nachgewiesen gelten, daß sowohl linksseitige wie rechtsseitige Tromben vorkommen. Ein Überwiegen der einen Art gegenüber der anderen ist nicht erkennbar.

Es gibt endlich eine Reihe von Fällen, in denen die Trombe gerade an der **Berührungsstelle zweier neben einander vorrückender Gewitter** entsteht, so daß es unsicher bleibt, zu welchem von ihnen sie gehört. Auch diese Fälle mögen kurz angeführt werden:

102. Zwei Gewitter, die zusammenwachsen; an ihrer Berührungsstelle wird ein Kampf der Wolken beobachtet, aus welchem die Trombe hervorgeht.

194. Ein Gewitter, das aus E und NE heraufzieht, teilt sich, und zwischen beiden Teilen erscheint die Trombe; nach Vorübergang schließen sich beide Teile wieder zusammen.

59. Es treffen sich zwei Gewitter, die aus SW und NW heraufziehen. „Hier standen sie ungefähr $\frac{1}{4}$ Stunde lang unerschütterlich fest, während welcher Zeit unter beständigem Blitzen und Donnern sich von dem ersteren eine schwarzgraue Wolke absonderte, die sich nach der Erde herabsenkte, und gleich darauf auch von dem zweiten eine hellrötlich gemischte Wolke, die sich gleichfalls nach der Erde senkte. Diese beiden Wolken nahmen ihren Lauf gegen einander, vereinigten sich und senkten sich immer tiefer.“ Nach dem Vorübergang „nahmen die beiden Gewitter denselben Weg, den diese schrecklichen vereinigten Wolken genommen hatten.“

161. Nach dieser Beschreibung „zogen schwere Gewitterwolken von Osten und Westen gegen einander ... Es bildete sich ungefähr an der Stelle, an welcher die Gewitterwolken einander trafen, eine schwarze Säule...“

144. ... „zogen sich am südwestlichen und südöstlichen Horizont zwei, wie es schien, getrennte Gewitterherde beiderseits vom Stoppelberge zusammen. Beim Näherrücken derselben verschmolzen sie in eine einzelne sehr dunkle und schwere Wolke ... Unter der Gewitterwolke bemerkte man starke Staubwolken [zwei Tromben].“

241. „Im Winkel von Pertisau stand ein mächtiges, sehr drohend aussehendes Gewitter, während ein zweites vom Inntal gegen Seespitz heraufzog und sich mit jenem über Pertisau vereinigte usw.“

Es ist immerhin auffällig, daß sich sechs so gleichartig lautende Beschreibungen finden, von denen z. B. Nr. 59 kaum anders zu deuten ist, als daß beide Gewitter an der Erzeugung der Trombe mechanisch beteiligt waren. Es wird jedenfalls gut sein, bei künftigen experimentellen wie theoretischen Untersuchungen über die Entstehung der Tromben auch diese Fälle im Auge zu behalten. Freilich wäre nichts verkehrter als anzunehmen, daß zwei sich berührende Cumulo-Nimbus-Wolken eine notwendige Bedingung am Bande eines einzelnen Gewitters steht, sind unter allen Umständen häufiger. Es könnte sich also nur darum handeln, ob etwa an einer solchen Berührungsstelle besonders günstige Bedingungen herrschen.

In ihrer Gesamtheit zeigen diese Beobachtungen über die relative Stellung der Trombe soviel, daß dieselbe nicht zentral, sondern peripher ist.

Die Trombe ist ein Randgebilde des Cumulo-Nimbus, und zwar ein ziemlich seltenes. Auch ohne den später zu besprechenden Unterschied der Spurbreite von Trombe und Hagel heranzuziehen, müssen wir schon nach dem vorangehenden die früher von Ferrel, Sprung u. a. vertretene und noch in der Gegenwart hier und da geäußerte Ansicht zurückweisen, als stellten die Tromben die Achse des aufsteigenden Luftstroms der Gewitterwolke dar. Ferrels Annahme, der Mangel an Niederschlag in der Umgebung der Trombe selber erkläre sich aus dem heftigen Aufsteigen der Luft in dieser Region, ist zwar folgerichtig, aber mit den Beobachtungen unvereinbar, denn niemals ist eine Anordnung beobachtet worden, bei welcher die Stellung der Trombe als zentral aufgefaßt werden könnte. Es ist unerläßlich, davon auszugehen, daß die Tromben bloße Randwirbel sind, durch deren Zustandekommen oder Ausbleiben das Wachstum der Gewitterwolke und die Bildung der Niederschläge überhaupt nicht erkennbar beeinflußt wird. Daß sie eine so überraschende Kraft entfalten können, steht hiermit keineswegs im Widerspruch.

Auch die Angaben über die Windverhältnisse, die in der Nähe der Trombe herrschen, lassen wichtige Schlüsse hinsichtlich ihrer Entstehung zu. Zunächst gilt es dabei, die Behauptung zu prüfen, welche von den älteren Vertretern der mechanischen Trombentheorie trotz Widerspruchs von anderer Seite immer wieder aufgestellt und auch noch in neuester Zeit von Defant in der Beschreibung der Trombe vom Achensee vertreten worden ist, nämlich daß sich die Tromben **an der vertikalen Grenzfläche zweier entgegengesetzt fließender Luftströme** befänden. Wir können zwei Beobachtungen hierfür anführen:

241. [Achensee.] „An der Stelle, wo die Wasserhosen sich ausbildeten . . ., waren deutlich an dem schäumenden Wellenschlage zwei entgegengesetzte Windrichtungen zu beobachten; sehr schön war zu sehen, wie die Wellenberge sich kreuzten und das Wasser dadurch auf weite Strecken in kochenden Zustand geriet. [Es folgt die Bildung zweier blinder Tromben, die sich vereinigen] . . .

Stets deutlich zu beobachten waren an der Entwicklungsstelle des Wirbels die entgegengesetzten Luftströmungen, die wohl an der Grenze der zwei fast gegen einander ziehenden Gewitter geherrscht haben mögen."

187. [Nizza.] „Plötzlich drehte sich der Wind von Ost gegen West und wurde sehr heftig, Da sah man ... [Entstehung der ersten Trombe in 1 km Entfernung]. Vier solche Tromben wanderten so gemeinsam in 1, 2 und 3 km Entfernung von einander über das Meer. Sie wanderten auf derselben Linie, und diese Linie war augenscheinlich die Kontaktlinie zwischen zwei entgegengesetzten Winden."

Bei dem zweiten dieser Fälle kann man vielleicht Zweifel hegen, ob der Beobachter imstande war, das was er behauptet, mit Sicherheit und für unsere Zwecke hinreichender Genauigkeit zu erkennen (Die Abstände wurden vielleicht noch unterschätzt, da auch die Wolkenhöhe nur auf einige Hundert Meter, also wahrscheinlich zu klein geschätzt wurde, und überhaupt bei Tromben starke Unterschätzungen sehr gewöhnlich sind.)

Immerhin muß man hiernach wohl zugeben, daß derartige Fälle vorkommen, die der genannten Vorstellung entsprechen. Dagegen muß die Frage, ob diese Windverhältnisse eine notwendige Bedingung für die Trombenbildung darstellen, bestimmt verneint werden. Denn bei Nr. 77 z. B. wird ausdrücklich angegeben, daß die Meeresoberfläche, abgesehen von der Spur der Wasserhose, spiegelglatt war, und ähnliche Verhältnisse haben auch bei Nr. 25 und 73 geherrscht. Überhaupt sprechen alle Fälle mit Windstille in der Umgebung der Trombe dagegen, wenn diese Angaben auch meist nicht dieselbe Gewähr für völlige Luftruhe geben, wie der genannte Fall mit der spiegelglatten Meeresoberfläche.

Es muß ferner hervorgehoben werden, daß die in Rede stehenden entgegengesetzten Luftströme auch nicht den Anspruch haben, als ausreichende Bedingung für die Trombenbildung gelten zu dürfen. Namentlich durch das neuere Studium der Böen sind solche scharfen Grenzlinien zwischen zwei verschiedenen Luftströmungen genauer bekannt geworden, aber Tromben sind bei solchen Gelegenheiten nicht zur Beobachtung gelangt. Man müßte folgerichtig auch noch weitergehen und verlangen, wenn eine vertikale Grenzfläche vertikale Tromben erzeugen soll, so müßte eine horizontale Grenzfläche auch Anlaß zu horizontalen Wirbeln geben. Diesen Einwand machte Muncke 1842 der Windgrententheorie. Freilich kennen wir heute auch horizontale Tromben, ja es spricht, wie wir sehen werden, manches dafür, daß die meisten, vielleicht alle Tromben in ihrem oberen Teil horizontal sind, dies berührt aber nicht die Tatsache, daß horizontale Schichtgrenzen mit Windsprung, aber ohne Tromben eine alltägliche Erscheinung sind.

Wenn es aber Tromben gibt, bei denen eine Windgrenze nicht vorhanden ist, und andererseits Windgrenzen, bei denen keine Tromben auftreten, und also die Windgrenze weder eine notwendige noch eine ausreichende Bedingung, geschweige denn beides, für die Trombenbildung darstellt, so kann dieser Erklärungsversuch nicht zum Ziel führen. Die Windgrenze hat mit der Trombe keinen unmittelbaren mechanischen Zusammenhang.

Wir wollen weiter die Frage prüfen, wie weit die oft ausgesprochene, aber gerade in neuerer Zeit auch vielfach widersprochene Behauptung zutrifft, daß die Tromben sich mit Vorliebe bei **Windstille** bilden. Einige Fälle, in denen dies zutrifft, wurden bereits im vorhergehenden genannt. Im ganzen finden wir 23 Fälle — bei der Seltenheit von Witterungsangaben eine große Zahl —, wo in der näheren Umgebung der Trombe Windstille herrschte.

Wir wollen nur 3 davon herausgreifen, in denen die Stille besonders auffällig war. So heißt es bei Nr. 81: „Außerhalb des Bereiches des Phänomens war aber durchaus völlige Windstille, und im oberen Teil des Dorfes hatte man von jenen Verheerungen [im unteren] selbst nicht die entfernteste Ahnung". — Oder bei Nr. 54: „... indeß, was äußerst merkwürdig ist, außerhalb dieser Breite [von 60 Schritten] eine Windstille herrschte.

Man denke sich das Erstaunen einer Bauersfrau in Dittersdorf, welche durch das Fenster in der Wohnstube ihres Hauses die Scheune neben demselben mit dem größten Gepressel einstürzen sieht, indem sie sich an ihrem Beobachtungsposten ganz ruhig und ohne Erschütterung befindet." Bei Nr. 107 ließ der Beobachter die Trombe, deren Spur nur 6 m Durchmesser hatte, bis auf 5 m herankommen; „aber als er den Wind zu merken begann, der sich in ihrer Umgebung bemerkbar machte", entfloher er.

Die unbestreitbar große Häufigkeit der Tromben bei Windstille entspricht unserem früheren Ergebnis, daß die Tromben-Wetterkarte oft nur sehr geringe Druckunterschiede aufweist. Da aber manche dieser Wetterkarten auch kräftige Luftdruckgradienten zeigen, ist schon hiernach zu erwarten, daß es auch Tromben gibt, die **bei kräftigem, und zwar nicht nur lokalem Winde** entstehen. Dies ist in der Tat der Fall.

So heißt es in der Beschreibung der Wasserhose Nr. 52 (Ostsee zwischen Reval und Flensburg): „Der Wind war meistens Westwind und also ganz conträr, mitunter auch Sturm... Ein paar Tage darauf ward der conträre Wind noch heftiger, so daß mein Schiffer für rathsam hielt, in einem Hafen vor Anker zu legen, wo wir wegen des immerfort so ungünstigen Windes, der auch von vielen Gewittern begleitet war, 7 1/2 Tage liegen mußten. Der andere Schiffer [der gleichzeitig von Reval abfuhr], wollte aber schlechterdings etwas früher ankommen als der meinige. Dieses bestimmte ihn, keinen Hafen zu suchen, sondern mit vieler Beschwerde, auch für die Reisenden, immer See zu halten. Während eines Gewitters trifft eine Wasserhose, die sie wegen des Regens und der trüben Witterung nicht eher gesehen hatten, als bis sie ganz nahe und kein Ausweichen mehr möglich war, von der Seite gegen das Hinterteil des Schiffes". — Ein Beispiel von heftigem Ostwind ist die zu Nizza im Januar beobachtete Trombe Nr. 47; am 4., 5. und 6. Januar herrschte hier strenge Kälte mit Schneedecke, am 6. heftiger Ostwind, der schwere cu-ni-Wolken und mehrere Tromben mitführte. Der heftige Wind dauerte noch die ganze folgende Nacht und verursachte viel Schiffbruch an den benachbarten Küsten; bei Nizza selbst kam nur ein kleineres Fahrzeug ins Treiben. — Auch die drei Warnemünder Tromben Nr. 140, 141 und 142 entstanden bei westlichen und nordwestlichen Winden von der Stärke 4—7.

Wir dürfen hiernach schließen: Ebenso wie die Gewitter nicht nur an Wetterlagen mit schwachen Winden gebunden sind, sondern bisweilen auch im Bereich von tiefen Depressionen mit starken Winden auftreten („Wirbelgewitter"), ebenso tun dies auch die Tromben, und die größere Häufigkeit der „Wärmegewitter" gegenüber den „Wirbelgewittern" entspricht vollkommen der größeren Häufigkeit der Windstille oder schwachen Windes bei der Trombe gegenüber den Fällen mit starkem Wind.

Eine andere Frage von prinzipieller Bedeutung ist die, ob der gewöhnliche Gewittersturm in den Fällen, wo das Gewitter mit einer Trombe verbunden ist, fehlt. Man könnte nämlich meinen, daß die Trombe nur eine andere Erscheinungsform der mechanischen Energie des Gewittersturms darstellt und ihn ersetzt; um so näher liegt dieser Gedanke, als einerseits der Gewittersturm nicht selten in Gestalt eines Wirbels mit horizontaler Achse aufzutreten scheint, — wengleich dies neuerdings auf Grund der Versuche von

Wilhelm Schmidt bezweifelt worden ist, — und andererseits auch die Trombe in ihrem oberen Teil, wie wir später sehen werden, oft oder stets horizontal wird. Man könnte deshalb versucht sein, anzunehmen, daß Trombe und Gewitterböe nicht gleichzeitig auftreten könnten, und diese Annahme würde durch die zahlreichen Fälle mit Windstille in der Umgebung der Trombe gestützt.

Aber es gibt auch Beschreibungen, nach denen die **Gewitterböe gleichzeitig mit der Trombe** vorkommt. Die Darstellungen lassen im Einzelfall meist an Klarheit zu wünschen übrig, aber in ihrer Gesamtheit scheinen mir die folgenden sechs Beobachtungen zu zeigen, daß an dem gleichzeitigen Vorkommen beider Erscheinungen kaum zu zweifeln ist:

11. [Tromben weit entfernt.] „Nach ihrem Verschwinden bekamen wir für eine halbe Stunde starken NE mit einem kleinen Regen.“

24. „Um 4 Uhr nachmittags gab es einen Sturm, auf den ein starker Donnerschlag folgte. In diesem Augenblick sah man am Horizont eine Art große Pyramide [Trombe].“

27. „... als ein schrecklicher Orkan, begleitet von Blitz und Donner, das verheerende Meteor ankündigte, welches ihm bald folgen sollte.“ Nach Vorübergang „vollkommene Ruhe“.

234. 700 Schritt von dem durch die Trombe verursachten Windbruch Gewittersturm.

129. „Ein klarer Streifen im Wasser kennzeichnete die Bahn der Trombe über den im übrigen vom [Gewitter-]Sturm erregten See.“

144. „Stürmische Windstöße wurden auch in weiterer Umgebung verspürt.“

Da also die Tromben bei Gewittern mit und ohne Böen auftreten, so kommen wir zu dem merkwürdigen Resultat, daß die Ausbildung der Böe und die Trombenbildung sich anscheinend nicht beeinflussen. Natürlich soll aber damit nicht behauptet werden, daß nicht Stromlinien und Wirbellinien beide Gebilde miteinander verknüpfen; es ist fast unmöglich, anzunehmen, daß zwei so markante Stromgebilde passiv neben einander existieren oder sich durchdringen; sie müssen vielmehr in irgend einer Weise ineinandergreifen und einander ergänzen.

Neuerdings ist auch wiederholt, insbesondere seit C. H. Seemann (1886), darauf hingewiesen worden, daß in der Umgebung der Trombe oft **umlaufende und böige Winde** herrschen. Schiffe, die in die Nähe von Wasserhosen kommen, beobachten ein plötzliches Umschlagen des Windes. Wie man sieht, kommt man hier auf die Windgrenzentheorie zurück, aber nicht in dem Sinne, daß die Trombe sich gerade an dieser Windgrenze befindet und unmittelbar durch sie erzeugt wird, sondern die Windgrenze befindet sich nur in der Umgebung der Trombe. Ich habe 11 Beobachtungen — also eine immerhin erhebliche Anzahl — gefunden, welche als Beispiele dienen können:

53. Erst NW-Wind, dann Stille; kurz vor Zusammenstoß von Trombe und Schiff wieder etwas Wind, der auch nach Passieren anhält. 89. ENE-Wind, der kurz vor Entstehen der Trombe mehrmals schnell die Richtung wechselt.

167. „Während der Regen in Strömen goß, ging der Wind schnell von Nord nach Nordost um. Bald darauf ... [Trombe].“ 181. Vorher still, nachher Windstärke 3.

197. „Der Wind war entweder eine Totenstille, oder blies zuerst aus der einen Himmelsrichtung und dann aus einer anderen.“

230. „Der Ostwind der vorhergehenden Tage machte Anstalt, in Westwind überzugehen.“

28. Vorher schwacher südlicher Wind; Trombe zwischen 5 und 6P; um 8P Gewitterregen mit stellenweise zerstörenden Windstößen, dann frische Brise aus NE.

38. Ostwind, während die Trombe (um 6 1/2 p) schnell aus SW zieht. Zwischen 8 und 9P schlägt der Wind gleichfalls in SW um.

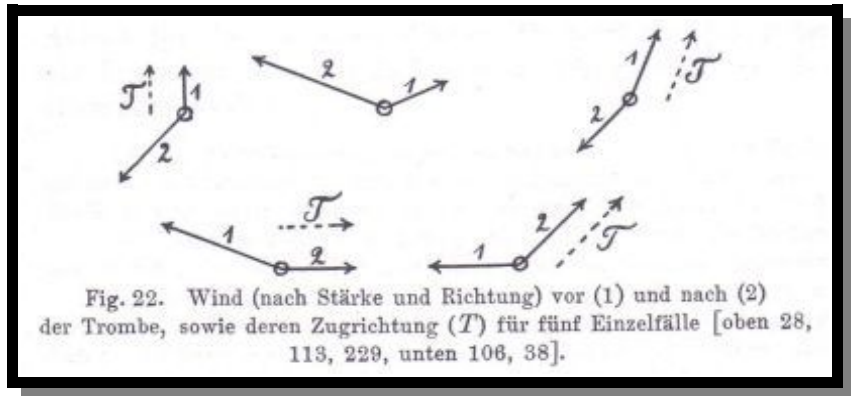
113. Leichter, gleichmäßiger WSW bis zum Zusammenstoß von Schiff, und Trombe. „Einige Augenblicke später trat Windstille ein, dann schwere Böen mit schwerem Gewölk und starkem Regen aus ESE.“

229. Um 2P SSW; um 4P Trombe, gleichfalls aus SSW; der Wind geht gleichzeitig nach NE um. Um 9P wieder S.

106. Vorher starker ESE. Mit der aus W ziehenden Trombe kommt Westwind auf.

Es ist nicht ganz leicht, aus diesen Beschreibungen außer dem Wechsel von Windrichtung und Stärke etwas Gemeinsames herauszulesen. Besonders in den ersten sechs Fällen waren die Verhältnisse anscheinend sehr wechselnd, auch läßt die Beschreibung mitunter an Deutlichkeit zu wünschen übrig.

Aber die letzten fünf Fälle (28, 38, 113, 229, 106) zeigen recht gleichartige Verhältnisse, was besonders in der graphischen Darstellung, Fig. 22, hervortritt. Der Winkel zwischen der Windrichtung vor und nach dem in der Nähe der Trombe beobachteten Umschlag ist fast überall der gleiche, nämlich etwa 150° . Die drei oberen Fälle der Figur zeigen ferner die gemeinsame Eigentümlichkeit,



daß die nach dem Umschlag beobachtete Richtung um den genannten Winkel links der anfänglichen liegt, während die unteren beiden Fälle eine gleich große Drehung nach rechts geben. Dabei folgt die Trombe in den oberen Darstellungen dem ersten, in den unteren dem zweiten Winde, so daß der von der Zugrichtung der Trombe abweichende Wind in allen Fällen um 150° von dieser nach links gedreht erscheint. Ob hierin wirklich eine strenge Gesetzmäßigkeit zum Ausdruck kommt, läßt sich allerdings nach den vorliegenden Beobachtungen wohl nicht entscheiden; vielleicht darf eine solche überhaupt nicht erwartet werden.

Nach diesen Beobachtungen kommt jedenfalls recht häufig eine scharfe Windgrenze in der Umgebung der Trombe vor. Aber dieser Windsprung liegt, wie z. B. die Beobachtungen Nr. 28 und besonders 38 zeigen, oft in erheblicher Entfernung von der Trombe, jedenfalls so weit entfernt, daß an einen unmittelbaren mechanischen Zusammenhang nicht gedacht werden kann. Interessanterweise verhalten sich die Böen ganz ebenso: wie Köppen bei der Böe vom 9. September 1913 nachwies (Köppen, Über Böen, insbesondere die Böe vom 9. September 1913. Ann. d. Hydrogr. 1914, 42, Heft VII.), lag dort die scharf ausgeprägte Windgrenze 20 km vor der Linie, an welcher die Windgeschwindigkeit plötzlich auf Sturmesstärke anwuchs. Der Wilhelmshavener Anemograph, über den die Böe fortzog, registrierte den Windumschlag (von SSW auf NNW) bereits kurz vor 7P, während die Böe erst um 9P ohne weitere Richtungsänderung einsetzte, und auch in Hamburg lagen noch 17 Minuten zwischen dem „Ausschießen“ des Windes und der plötzlichen Zunahme der Stärke. Köppen hebt hervor, daß eine so auffällige Trennung der beiden Erscheinungen selten ist; in der Regel fallen sie ganz oder doch nahezu zusammen.

Wie man sieht, verhält sich die Windgrenze zur Böe ähnlich wie zur Trombe: mit beiden kann sie zusammenfallen, aber sie kann auch mehr oder weniger weit von ihnen entfernt sein. Vielleicht darf man daraus schließen, daß Böe und Trombe beide mit der Windgrenze nur in mittelbarem Zusammenhang stehen, während ihr gegenseitiger Zusammenhang möglicherweise gar mechanisch bedingt ist. Zu einer Klärung dieser Verhältnisse sind aber weitere Beobachtungen, sei es in der Natur oder im Experiment, erforderlich.

Im vorangehenden ist schon mehrmals die Vermutung geäußert worden, daß starke **Windänderungen in der Vertikalen** eine notwendige Vorbedingung für die Trombenbildung seien. Nach dieser Vorstellung, die meines Wissens von früheren Autoren noch nicht geäußert worden ist, würde der Trombenwirbel dadurch entstehen, daß die aufquellende Luftmasse des Cumulo-Nimbus in eine anders bewegte Schicht hineinstößt.

Daß auf solche Weise experimentell Wirbel erzeugt werden können, scheint aus den am Schlusse dieses Buches zu besprechenden Versuchen von Vettin hervorzugehen. Hier sei nur die Frage untersucht, ob die Beobachtungen einen Anhalt für die Annahme solcher Windschichtungen geben. In der Tat scheint dies der Fall zu sein. Wir geben zuerst die Beobachtungen wieder:

12. „Es herrschte wenig Wind am Erdboden, aber er [der Beobachter] glaubte, daß solcher in den höheren Schichten herrschte, weil er die Wolken sich stark bewegen und herumlegen [se placer en rond] sah." 36. Die untersten Windfahnen zeigten ESE-Wind, die höchstgelegenen WNW; das Gewitter zog aus NW, und die Wolken „kreuzten sich". 58. Unten sehr windstill. „Ich muß gestehen, daß ich aus der Richtung der Wolken in den verschiedenen Höhen zu bemerken glaubte, daß es mindestens drei oder vier Winde oberhalb der Wolkenregion gab, und daß sie ziemlich entgegengesetzte Richtung hatten."

123. „An jenem Morgen war der See vollständig ruhig, nur in der Höhe begann sich eine W-E-Strömung der Luft einzustellen, wie man an dem dunklen zipfelartig herabhängenden Gewölk deutlich bemerken konnte."

137. „Während das Gewitter in nicht sehr schneller Bewegung sich am westlichen Horizont nach Norden hin schob, wehte die untere Luftströmung aus Osten, die niedrigste Wolkenschicht kam sehr schnell aus Süden, eine obere aus Osten."

142. „Die Wolke zeigte eine Bewegung, die jedoch nicht mit der allgemeinen Windrichtung übereinstimmte. Während der Wind mäßig aus W-WNW wehte, schritt die Wolke in der Richtung von NE nach SW fort."

230. „Das Gewitter zog, trotzdem wir Ostwind hatten, offenbar mit Westwind über die See."

238. Bei dieser Trombe, die am 19. Juli um 8 ¼ P am Südufer des Bodensees stattfand, können wir die aerologischen Beobachtungen von Friedrichshafen verwenden. Die Trombe liegt zeitlich zwischen den beiden folgenden Beobachtungen:

19. Juli 5P30 (Pilotballon)				20. Juli 6 ¹ / ₂ —7 ^a (Fesselballon)			
Bis	560 m	S 80° W	1,5 m p. s.	In	395 m	ENE	3 m p. s.
"	620 "	S 65 W	6,5 "	"	500 "	E	3 "
"	1040 "	S 60 W	8,0 "	"	1000 "	C	"
"	1520 "	S 60 W	12,5 "	"	1500 "	C	"
"	2150 "	S 55 W	16,0 "	"	2000 "	WSW	4 "
"	2300 "	S 50 W	16,0 "	"	2500 "	SW	10—11 "
				"	3000 "	SW	11—12 "
				"	3310 "	SW	11—12 "

Wie man sieht, ist zwischen beiden Aufstiegen eine erhebliche Änderung eingetreten, indem die untere, zwischen den Bergen liegende Schicht zu stagnieren begann; ganz unten macht sich sogar ein leichter Gegenzug bemerkbar. In 2000 in Höhe herrschte nach dieser Änderung ein starker Windsprung. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Zustand bereits abends vor Erscheinen der Trombe eingesetzt hatte, da bei letzterer gesagt wird: „Um den Bodensee herum wehten Winde der verschiedensten Richtungen, aber alle nur von geringem Stärkegrad". 38. Weiter ist hier auch noch die oben angeführte Beobachtung Nr. 38 zu nennen, bei der die Trombe aus SW zog, während unten noch Ostwind herrschte. Ich halte es aber für wahrscheinlich, daß auch die anderen oben genannten Beobachtungen über Windgrenzen als Beispiele für vertikale Windrichtungen betrachtet werden können, da diese Windgrenzen wohl kaum etwas anderes als die auseinanderlaufenden Enden einer unteren Schicht darstellen dürften.

Berücksichtigen wir einerseits die relativ große Zahl dieser Beobachtungen mit vertikaler Windschichtung, und andererseits die Schwierigkeiten für den Beobachter, eine solche festzustellen, so läßt sich die Vermutung nicht von der Hand weisen, daß solche Windschichtungen sogar in allen Fällen vorkommen und eine notwendige Bedingung für die Trombenbildung darstellen. Beweisen läßt sich dies allerdings aus den Beobachtungen nicht, aber die Seltenheit der Tromben würde mit dem Umstande stimmen, daß auch solche

markanten Windsprünge in der Vertikalen nach den neueren aerologischen Erfahrungen nicht sehr häufig sind.

Die sonst noch für diese Annahme sprechenden Gründe, von denen einige schon in den vorangehenden Abschnitten erwähnt wurden, werden im letzten Kapitel dieses Buches zusammengefaßt werden.

Nur kurz sei die Frage gestreift, ob die **Turbulenz** der Luftbewegung einen störenden Einfluß auf die Trombenbildung hat. Da man erst neuerdings auf den großen Gegensatz zwischen geradliniger und turbulenter Luftströmung aufmerksam geworden ist, kann man nicht erwarten, in den Beobachtungen direkt hierauf bezügliche Angaben zu finden. Nur Nr. 47 sagt etwas darüber aus. Wie schon oben erwähnt, entstanden diese Tromben bei heftigem Ostwind, der in der Umgegend Schiffbruch verursachte; der Beobachter gibt dabei an, daß dieser Wind „nicht schräg von oben herab, sondern parallel mit der Oberfläche der See wehte“, worauf er die starke Wirkung auf ein abtreibendes Schiff bei nur mäßigem Seegange zurückführt. Diese Beschreibung legt die Auffassung nahe, daß trotz der großen Windstärke wenig Turbulenz herrschte.

Auch die Bevorzugung der Alpenseen mit ihrer stagnierenden unteren Luftschicht, ferner die häufige Entstehung der Trombe an der einen Seite des Rheintales und Auflösung an der anderen, und schließlich überhaupt ihre Häufigkeit bei Windstille sprechen dafür, daß Mangel an Turbulenz die Trombenbildung begünstigt.

Trombenschießen. Von diesem Gesichtspunkte aus hat der alte Seemannsbrauch, eine Wasserhose mit Kanonen zu beschießen, um sie zur Auflösung zu bringen, einiges Interesse. Während es beim Hagelschießen gänzlich aussichtslos erscheint, mit dem kleinen, dem Geschütz enteilenden Rauchringe das Riesengebilde eines Hagelturms auch nur im geringsten mechanisch zu beeinflussen, hat ein solches Unternehmen bei den Wasserhosen offenbar ungleich günstigere Aussichten, womit natürlich nicht behauptet werden soll, daß es hier wirkt. Wie alt der Brauch ist, habe ich nicht feststellen können; Dampier, der 1687 Wasserhosen beobachtete, kannte ihn, hatte aber, wie er in seiner Reise um die Welt versichert, niemals gehört, daß dies Mittel wirklichen Nutzen gebracht hätte. Auch Pater Tachard erwähnt den Brauch in seiner 1686 in Paris erschienenen *Voyage de Siam*. Von erfolgreicher Beschießung einer Wasserhose bei Cuba berichtet Bassard (Gilberts Ann. d. Phys. 7, 73, 1801.): „Als beide [Wolke und Trombe] sich einigen Schiffen der Flotte bis auf Kanonenschußweite genähert hatten, wurden mehrere Kanonenkugeln gegen sie abgefeuert. Diese taten die beste Wirkung, indem sie das Zuströmen des Meereswassers, welches schnell in die Höhe kreiselte, unterbrachen. Die Wasserhose wurde nun unten schwächer und trennte sich bald darauf ganz von ihrem Fuße, worauf das Kochen und Aufbrausen aufhörte.“ Auch Papier hatte Erfolg (Gilberts Ann. d. Phys. 73, 95, 1823.) bei einer in denselben Gewässern beobachteten Wasserhose, welche durch „das in solchen Fällen übliche Mittel“, nämlich einen Kanonenschuß, auf Vs Seemeile Entfernung „geteilt“ wurde, sich aber bald wieder herstellte. Bonnafont (Sur les trombes de mer et sur une nouvelle theorie de ce phenomene, Publ. de l'Union Medicale (nouv. Serie), des 17 et 20 Mai 1859.) 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 ausgeschlossen (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“..).

KAPITEL 6
Dr. Alfred Wegener
Wind- und Wasserhosen in Europa

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 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 [9,3km] 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 Gazesack“ 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.

Indessen hatten die Wolken eine so fruchtbare 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° 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 ersteren 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 Wurfspieße verglich, zur Erde herabgehen, die auch als dichter 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 Wolkentrichter 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 5 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 2/3 der Entfernung bis zur Erde herabreichte, oben von 3°, unten von ¼ ° scheinbarer Breite. Die Winkelhöhe der oberen Basis wurde zu 60°, die der unteren Spitze zu 20° geschätzt. Später „verringerte sich die Breite mehr und mehr, während die Länge größer wurde. Bald sah man nur noch ein weißes Band von 1/4° 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 Wolkenfetzen 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 entgegenschöß, 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 weitgeschleudert. 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 Strecker 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 1 1/2 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 ans 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 entstand (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.). 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 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 Protuberanzen (Dieselbe Erscheinung zeigt eins der in Fig. 62 (11. Kap.) dargestellten Tornadobilder von Finley.); die Vereinigung hat hier zur Folge, daß die Protuberanzen zuerst verschwinden, worauf dann die großen, umgekehrten Kegel hervorstehen. 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 und Fig. 8 zeigen ähnliche Erscheinungen.

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. Diese Verhältnisse sind zunächst deshalb interessant, weil sie zu der Annahme führen, daß in den reihenartig auftretenden Geschwistertromben, 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 Böenkragen, 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 Oberrand 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.



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

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 Reißenden 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 Zerstörungspur 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

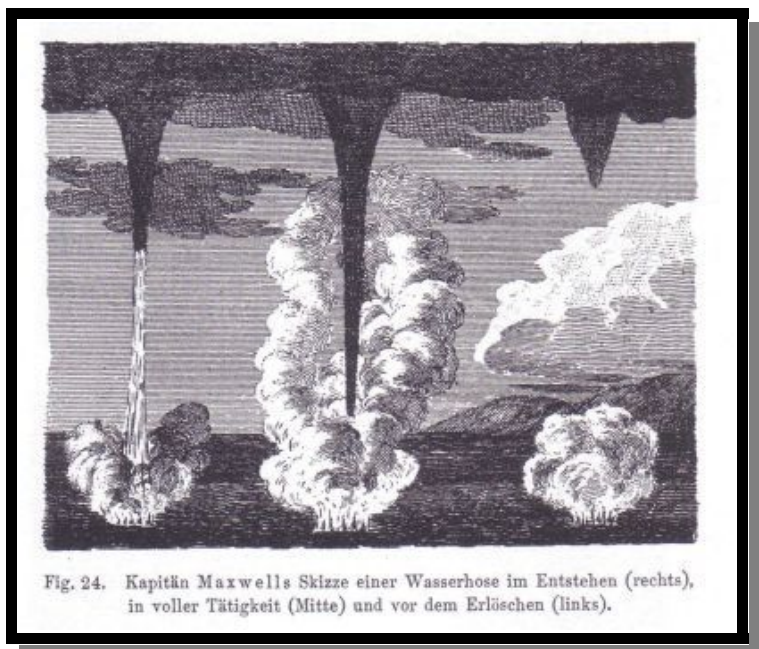


Fig. 24. Kapitän Maxwells Skizze einer Wasserhose im Entstehen (rechts), in voller Tätigkeit (Mitte) und vor dem Erlöschen (links).

dünnwandige, durchsichtige Röhre (Gilbert, Von Wasserhosen und Erdtromben usw., Gilb. Ann. d. Phys. 73, 95, 1823.). Von der letzteren Erscheinung soll noch später ausführlich die Rede sein.

Die in diesem Kapitel bereits angeführten und noch folgenden Beobachtungen 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 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 zurücksank. 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 wurde (Fig. 26 zeigt ein ausländisches Beispiel

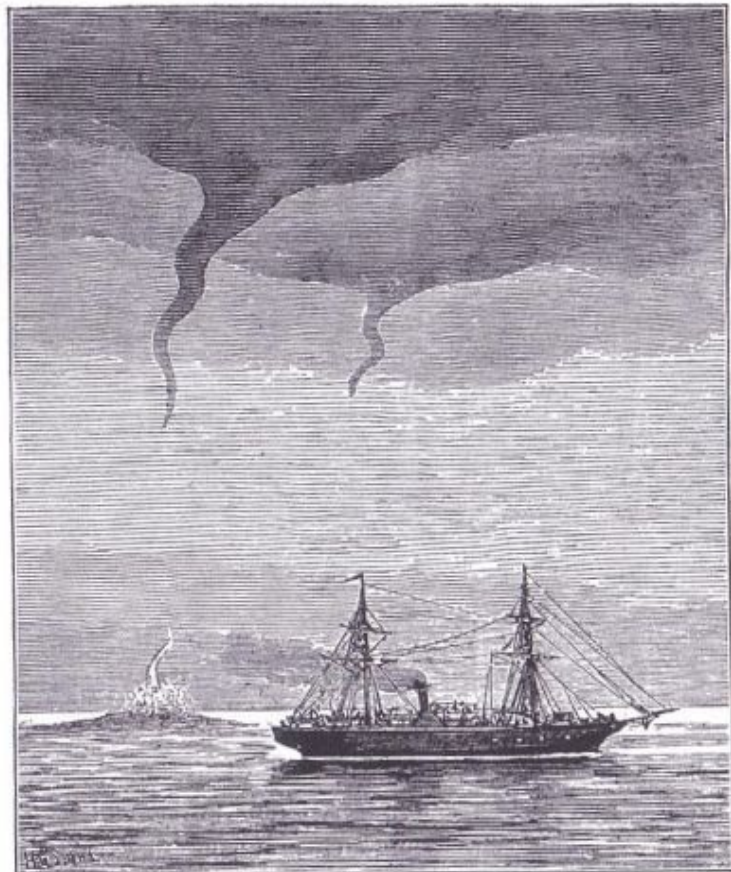


Fig. 25. Zwei blinde Wasserhosen auf den Gewässern von Mittelamerika, nach G. Attwood.

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. E. Met. Soc. 9, 163, 1883].“

Das Zurückziehen der Trombe in die Wolken geschieht bisweilen unter **schlangentartigen 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.“

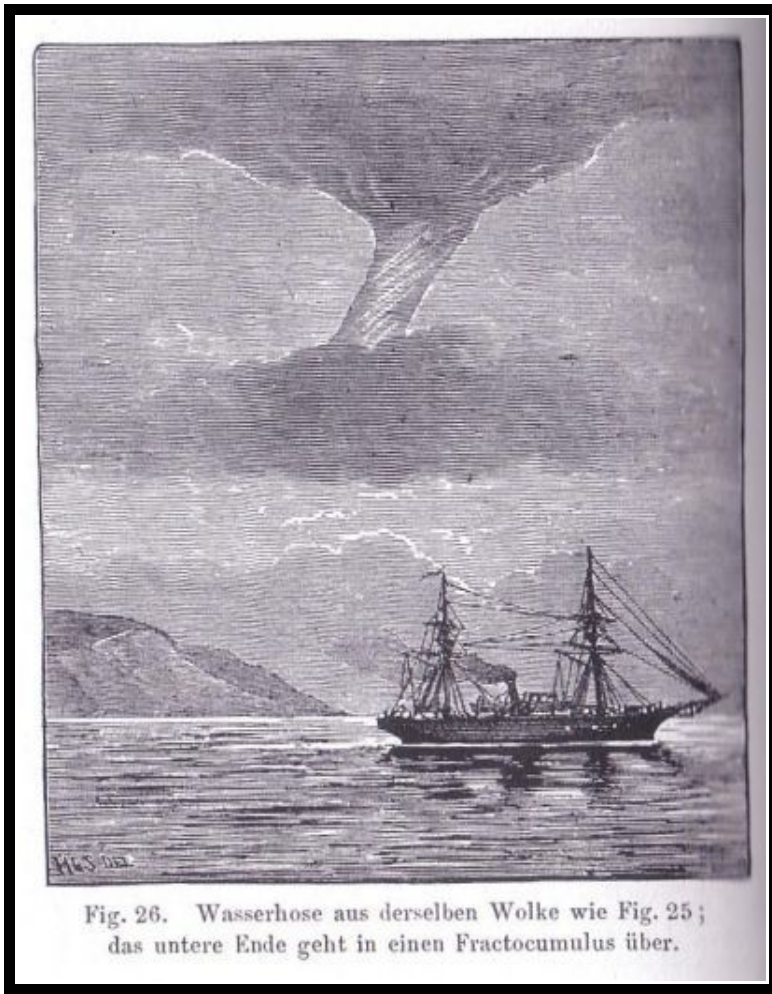


Fig. 26. Wasserhose aus derselben Wolke wie Fig. 25; das untere Ende geht in einen Fractocumulus über.

Nach einem anderen Bericht über dieselbe Trombe „drängte sich das Band [= Trombe] eng zusammen, nahm eine schlangenförmige Gestalt an, die sich zu einer Art wie ein Korkzieher (schraubenförmig) umwandelte (der Prozeß dieser Formenveränderung ging von, unten nach oben von statten), es erfolgte zuerst eine zitternde, dann eine äußerst lebhafteste Bewegung, die von unten nach oben ging, und dann wurde das Ganze in den Wolken aufgenommen“.

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 Bänder 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, schlangenartig 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 $\frac{1}{4}$ ° 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 Teil wurde breiter und verdünnte sich immer mehr, und das vereinigte 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 Wolkenrichters, 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 60m, 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 Seespiegel 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 hinausschießenden 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 öffnete 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). Über diese Erscheinung der Teilung soll im folgenden ausführlicher berichtet werden.