

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Wind- und Wasserhosen in Europa

Wegener, Alfred

Braunschweig, 1917

Zwölftes Kapitel. Der Fuß der Trombe

nahegelegte Schluß, daß der Trombenwirbel über die Nullgrad-Isotherme emporreiche (die im Sommer wohl bei etwa 3000 m zu suchen ist), bedarf also vorläufig noch weiterer Bestätigung. Da Galenbeck mitten in der Hagelspur liegt, wäre es vielleicht denkbar, daß der Zweig bei etwa 2000 m Höhe aus dem hier horizontalen Trombenwirbel herausgeschleudert und von dem aufsteigenden Strom des Hagelturms noch erheblich weiter emporgeführt wurde; dadurch würde auch sein Niederfallen mitten in der Hagelspur und außerhalb des sonstigen Streufeldes erklärt.

Fassen wir die in den letzten Abschnitten angeführten Beobachtungen zusammen, so kommen wir zu dem Schluß, daß jedenfalls in vielen, vielleicht in den meisten Fällen der Trombenwirbel geschlossen umbiegt und in der untersten Wolkenetage horizontal um den Cumulus-Turm herumläuft; in manchen Fällen aber scheint er sich bei Erreichung dieser Wolkenschicht in eine Anzahl vermutlich parallel verlaufender Teilwirbel aufzulösen, vielleicht sogar überhaupt hier seine Grenze zu finden.

Zwölftes Kapitel.

Der Fuß der Trombe.

Um den Fuß der Trombe lagert meist ein kranzartiges Gebilde von wechselnder Form, welches bei Windhosen durch den Staub, bei Wasserhosen durch Wasserstaub sichtbar wird. Seine verschiedenen Formen sind lehrreich für die Mechanik des unteren Endes des Trombenwirbels.

Zunächst sei auf die mitunter buchstäblich täuschende **Ähnlichkeit des Staubfußes mit der Rauchsäule eines Feuerbrandes** hingewiesen, welche schon der alten griechischen Bezeichnung Prester (*Πρηστρη* = feuriger Wirbelwind) zugrunde liegt und die Erklärung für zahlreiche angebliche Beobachtungen über Feuererscheinungen gibt. In der Tat gibt es fast keine Windhose, die nicht von einigen der Augenzeugen mit einem Brande verwechselt worden wäre. Zunächst einige Beispiele, in denen dies Bild nur als Vergleich gewählt wird:

115. „Anfangs hatte der Anblick eine gewisse Ähnlichkeit mit einem großen Brande, dessen Kohlenqualm von heftigem Winde bewegt wird.“

178. „Der Fuß sah wie rotierende Rauchmassen aus.“

208. Der Staubfuß war „eine rauchähnliche Masse, die über den Berg rollte.“

15. Die Trombe erschien als „eine Art von Rauch, der in verschiedene Kugeln geteilt war, deren jede von einer rotatorischen Bewegung bewegt wurde.“

97. „Die Wolke glich einem dicken Rauch.“

14. „Es war wie ein Wirbel aus Feuer, der über die Erde rollte, mit einem schrecklichen Geräusch. Es ging daraus eine Art gelbroter Rauch hervor, der in der Mitte am klarsten war [Hohlröhre!], und der immer heller wurde in dem Maße wie er emporstieg. Die Säule, die er bildete, konnte $1\frac{1}{2}$ Fuß Breite haben [wohl die übliche Unterschätzung], und stieg kochend mit einer unglaublichen Geschwindigkeit empor bis zu einer schwarzen Wolke, die darüber lag.“

105. „Die Staubwolken, die daraus hervorgingen, glichen dem Rauch eines Brandes.“

A 13. „Gleich darauf sahen wir in der Richtung nach den südlichsten Häusern von Süsel zwei lange Schichtwolken von N nach S gegeneinander ziehen, sich verwickeln und einen bis auf die Erde reichenden Wirbel bilden, der wie eine dunkle Rauchwolke rasch durch Süsel zog.“

Bei den folgenden Beispielen wurde der Irrtum tatsächlich begangen, aber als solcher von anderer Seite oder nachträglich erkannt:

177. Der Beobachter sah „eine Art Pfeiler, der wie Rauch aussah. Zuerst glaubte ich, die Färberei von Åbro stände in Brand“.

73. „Die Dichtigkeit des Schlauches war so groß, daß einige Personen ihn für eine Rauchsäule hielten.“

194. „Die treibenden Massen von dunklen Wolken wurden von manchen als durch ein nahes Großfeuer verursacht aufgefaßt.“

219. „Anfänglich beobachtete ich diese wie den Rauch eines entstehenden Waldfeuers, sich dann aber in einen senkrechten Trichter nach oben formend und weitergehend.“

36. „... lief sie bald quer durch ein Kornfeld von 300 bis 400 Ackern; zehn Zeugen glaubten das Getreide brennend zu sehen, angesichts des dichten Rauches, der sich überall bei ihrem Durchgang von der Erde erhob. Welche Überraschung für die Zeugen, als sie das Kornfeld einige Augenblicke darauf durchschritten, hier keinerlei Schaden vorzufinden, als daß das Getreide ein wenig zerzaust war, ohne geknickt oder niedergelegt zu sein!“

108. „Alle sagen übereinstimmend aus, daß die von der Trombe eingehüllten Spinnereien mit Flammen und Rauch bedeckt erschienen. Man eilte von allen Seiten mit Pumpen herbei, um den vermeintlichen Brand zu löschen.“

A 1. „Während bis nach Mangschütz [das in der Trombenbahn lag] nur eine auf der Erde aufstehende, wirbelnde schwarze Wolken säule beobachtet wurde, erschien es den Bewohnern der etwa 550 Ruthen [2 km] unterhalb liegenden Kolonie Neuwelt, als ob das Dorf Mangschütz in Flammen stände.“

Bei der nun folgenden Gruppe von Beobachtungen ist die Täuschung vom Berichterstatter nicht mehr klar erkannt:

6. Die Trombe wird als „feuriger Rauch“ geschildert.

180. Hier ist „nach den Angaben aus dem Fuß der Trombe in Dreux eine Art Flammen hervorgegangen.“

24. „In diesem Augenblick sah man am Horizont eine Art großer Pyramide, bestehend aus Feuer und Rauch und verschiedene Farben zeigend.“

79. Die Trombe war „ein schrecklicher Wirbel von schwarzem Rauch und Feuer.“

92. „Eine Säule von Flammen... Die Flamme erlosch sogleich und verwandelte sich in einen Rauchwirbel, der die Atmosphäre verdunkelte.“

45. Der „korbähnliche“ Staubfuß „schleuderte Feuer in Gestalt von Spiralen aus, von denen die einen nach oben und die anderen nach unten gerichtet waren.“

5. „Da bemerkte er eine Art großen Ofens [fournaise], von dem eine orangefarbene Feuerpyramide ausging... Die Flammen der Pyramide erschienen stark mit Rauch gemischt, waren aber doch sehr glänzend. Der Glanz der Säule [wohl aus Wolkenteilchen] war lebhafter als der der Pyramide“ [aus Staub; beide waren von der Sonne beschienen und etwa 5 km entfernt].

20. „Henning und andere Personen sahen beim Rübenstechen dies Meteor wie eine große Lichterscheinung [éclair] oder eine Kugel von Feuer... Eins seiner Kinder, im Alter von sechs Jahren, rief: Der Hof Ferrybust steht in Flammen! Der Vater ging hinaus, um zu sehen, was das Kind sagte; er sah kein Feuer mehr, aber einen schrecklichen Rauch, und er hörte ein Geräusch, als ob das Feuer eine Scheune verzehrte... Sie fürchteten, daß er mit seiner Familie und seinem ganzen Haus verbrannt wäre, da sie das Feuer auf diese Stelle zu wandern sahen und ein Geräusch hörten, als ob das Haus eingestürzt wäre¹⁾.“

85. „Andere [Weiber] liefen angstvoll davon und schrieten zu Hause: Die ganze Flur stehe in Brand!... Seine [des Staubfußes] Ge-

¹⁾ Am Schlusse dieser Beschreibung hebt Peltier hervor, „daß die entfernteren Personen das Meteor ganz in Feuer sahen, während diejenigen Personen, die mitten darin waren, nichts davon bemerkten“. Diese auch in den folgenden Beobachtungen wiederkehrende Eigentümlichkeit, durch die auch Peltier wohl hätte stutzig werden können, ist für den Irrtum bezeichnend.

stalt war ziemlich kegelförmig, seine Farbe bald graulich weiß, gelblich, bald dunkelbraun und mehrmals feurig. Das erste Meteor [der Zapfen] . . . hatte während ungefähr 18 Minuten eine große Masse graulichweißen und oft feurigen Dampfes ausgeströmt.“

Dem Verfasser Nöggerath, der diese Angaben gesammelt hat, scheinen bei dem Ausdruck „feurig“ gar keine Bedenken gekommen zu sein, obwohl ein Arbeiter in den Staubfuß hineingeriet, ohne etwas von Feuer zu merken; denn im Geleitwort hebt er ausdrücklich die „merkwürdige Eigentümlichkeit“ hervor, „die in gleicher Art wohl kaum irgend vorgekommen oder beobachtet seyn mag, nämlich, daß der sogenannte Rauch oder Dampf in der Trombe zum Theil leuchtend oder feurig erschien.“

106. „Solche, die weiter entfernt waren, behaupteten, nur eine Art dicken Rauch gesehen zu haben, der sie glauben machte, die Meierei stände in Flammen.“ Zwei Personen, die in der Trombe waren, sagten aus, sie hätten Feuer gesehen; die Aussagen der anderen gehen auseinander, „indessen es scheint, als ob die, welche Feuer gesehen zu haben versichern, in der Mehrzahl sind.“ Interessant ist auch, daß die Versicherungsgesellschaft „La France“ bei der Beschädigung eines Hauses gegen ihren Vorteil auf Blitzschaden erkannte.

105. „Einige Personen behaupten, Feuer oder einen Lichtschein an den beiden Enden [der Trombe] gesehen zu haben; aber man ist sich nicht einig über diesen Umstand, und man sollte auch meinen, daß es am hellen Tage schwierig sein müßte, diesen Lichtschein wahrzunehmen.“

Gerade der Wortlaut dieser letzteren Beobachtung legt eine schon früher geäußerte Vermutung nahe, nämlich, daß durch den Hohlraum der Trombe hindurch Licht von oben herabdringt, welches bei der durch die Gewitterwolke meist verursachten großen Dunkelheit wohl imstande sein könnte, dem Trombenkörper das Aussehen zu geben, als sei er selbstleuchtend.

Dies gilt z. B. auch für die Trombe Nr. 107, wo es heißt: „Eine Erscheinung von sehr blassem Feuer zeigte sich ohne irgend eine Detonation überall wo die Trombe über den Boden hinzog.“ Und ähnlich heißt es bei Nr. 108: „Alle Arbeiter, welche diese Katastrophe erlebten [nämlich den Einsturz der Fabrik], haben leuchtende Partien [des parties lumineuses] um sich herum gesehen.“

Ein solcher Lichteffect ist aber gewiß das einzige, was wir als tatsächlich zugestehen können. Die Berichte von Flammen und Feuer dürften dagegen auf dem Mißverständnis beruhen, dessen Entstehen im vorangehenden darzulegen versucht wurde. Es gibt indessen, namentlich in der französischen Trombenliteratur, die von solchen Feuerberichten am meisten durchsetzt ist, noch viel krassere Fälle als die angeführten; wir wollen von diesen Beschrei-

bungen, bei denen Voreingenommenheit und Kritiklosigkeit die Hauptrolle spielen, nur eine einzige herausgreifen, nämlich die Trombe von Chatenay, welche Peltier untersucht hat:

102. Das Laub verdorrte „wie die Blätter, die man starker elektrischer Strahlung ausgesetzt hat.“ Ein Schäfer, der in die Trombe geriet, merkte nichts von dem Feuer, welches ein entfernter Beobachter zu sehen meinte. Damit findet sich Peltier in folgender Weise ab: „Aber was er [der entferntere] sah, und was der Schäfer Olivier nicht gesehen hatte, der durch die Staubwolke geblendet war, in deren Mitte er sich befand, das war das untere Ende des Wolkenrichters, welches nach seiner Ausdrucksweise eine rote Feuerkalotte war, die anscheinend bis 8 m über dem Boden reichte.“ Diese Feuerkalotte läßt sich wohl als kugelförmigen Staubfuß auffassen. Schwieriger ist aber die Deutung bei folgenden Berichten: „Sie [Frau Bulot] sah auch Flammen auf die

Bäume oder neben sie herabfallen. Frau Ferrière und ihr Dienstmädchen sahen das feurige Ende des Trichters; sie verglichen die daraus hervorgehende Flamme mit einer Hufschmiede. . . . [Die Trombe senkt sich auf den See von Chatenay:] Zuerst gab es eine Entladung aus der Entfernung, welche eine große Flamme erzeugte, die von dem Trichter in den Weiher zu fallen schien. Diese feurige Kugel wurde gesehen von Frau Louvet und ihrer Tochter, welche sich in diesem Augenblick neben dem Weiher befanden.“ — Ein Kommentar ist wohl unnötig.

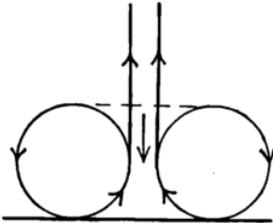


Fig. 79. Der Endwirbelring des Trombenfußes (schematisch).

Die Formen des Staubfußes auf dem Lande sind die gleichen wie die des Wasserstaubfußes auf See und sollen deshalb gleich zusammen mit diesen besprochen werden. Sie lassen sich mehr oder weniger auf eine Grundform zurückführen, welche einen um den Fuß der Wolkensäule herumliegenden Wirbelring darstellt [vgl. Fig. 79¹⁾]. Diese Form war offenbar bei Nr. 45 vorhanden, wo der Staubfuß als „korbähnlich“ bezeichnet wird, und es weiter heißt: „sich um sich selbst drehend, schleuderte sie Feuer in Gestalt von Spiralen aus, von denen die einen nach oben und die

¹⁾ Diesen Wirbelring hat auch Weyher bei seinen früher erwähnten Versuchen gefunden. Die Bewegung in ihm wird durch eine Versuchsanordnung sichtbar gemacht, welche Fig. 80 links zeigt. Durch das über der Schale befindliche Windrädchen wird eine vertikale Trombe erzeugt, und die Bewegung in dem großen Wirbelring, dessen Höhe sich durch Variieren der Geschwindigkeit verändern läßt, wird sichtbar durch

anderen nach unten gerichtet waren.“ Ist dieser Wirbelring im Verhältnis zur Höhe etwas schmaler, so daß das ganze Gebilde mehr kugelförmig ist, so erweckt es bei vielen Beschauern den Eindruck eines dicht über dem Boden hintreibenden Ballons. So erschien bei Nr. 238 „vor dem Walde eine eigentümlich grauschwarze Erscheinung, in welcher man zuerst einen ganz nahe am Boden sich vorwärts bewegendem Ballon vermutete. Aber schon nach einigen Sekunden sah man, wie diese kugelförmige Erscheinung, die einen Durchmesser von etwa 5 m zu haben schien [wohl die übliche Unterschätzung], allmählich verjüngend sich säulenförmig nach oben verlängerte... Unter beständigem Um-

kleine luftgefüllte Gummiballone von 4 bis 5 cm Durchmesser. Die Eigentümlichkeit der Luftbahnen besteht darin, daß ihr unterer, nach innen gerichteter Teil nur wenig, ihr oberer, nach außen gerichteter Teil erheblich mehr von der radialen Richtung abweicht; am Boden des Gefäßes ist also die Rotation um die vertikale Wirbelachse noch sehr gering,

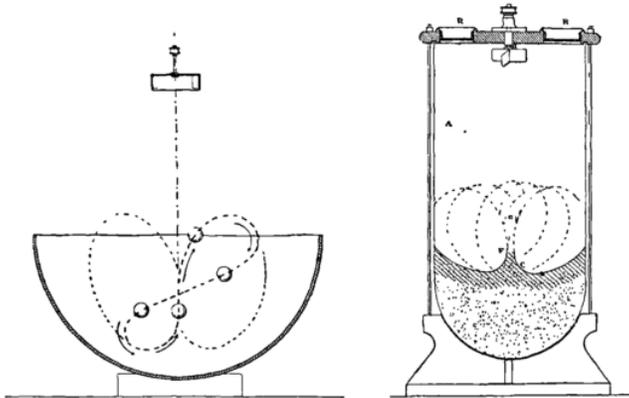


Fig. 80. Zwei Versuche von Weyher, welche den Endwirbelring der Trombe veranschaulichen.

am Oberrand des Wirbelringes aber viel stärker. Der Wirbelring wirkt also wie eine Art Kugellager für die schnell rotierende, auf ihm stehende Trombe.

Die in derselben Figur rechts dargestellte Versuchsanordnung zeigt die Form des ganzen Endwirbels und kann als getreue Nachbildung des ballonförmigen Fußes der Tromben gelten. Der Boden des Gefäßes ist hier mit einer Mehlschicht bedeckt.

drehen bewegte sich die Naturerscheinung von NW nach SE, nach und nach zu einer Höhe von mindestens 30 m [wohl immer noch unterschätzt!] ansteigend.“ Dasselbe Bild vom Ballon wird beim Wasserstaubfuß der Wasserhose Nr. 39 gebraucht: „Dieser Raum [ein Kreis voll „kochenden“ Wassers] war umgeben von einem Gürtel oder einer Atmosphäre weißlicher, durchscheinender Dämpfe, welche der Figur nach einem Ballon ähnelte, der sich nur soweit erhob, wie nötig war, um die kochende Luft einzuhüllen, und dabei einen Zustand der Ruhe ohne Bewegung bewahrte [daß dies offenbar nur die stationäre Form bezeichnet, wurde schon auf S. 179—180 gesagt], während das Ganze dem Winde folgend fortschritt“¹⁾.

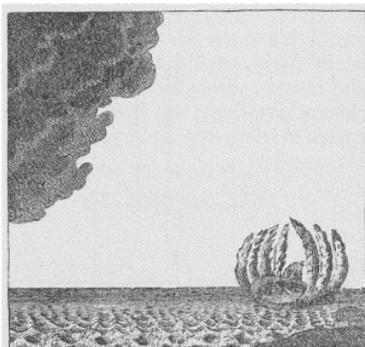


Fig. 81. Kugelförmiger Wasserstaubfuß einer blinden Wasserhose bei Nizza [47] nach Michaud.

Dieselbe Erklärung muß wohl auch für den Fuß der einen unter Nr. 47 beschriebenen Wasserhose gelten, der durch die etwas stilisierte Zeichnung (Fig. 81) dargestellt wird. Dort erschien „ein runder Fleck auf der See, von 10 oder 12 Toisen im Durchmesser [wohl wieder unterschätzt], wo das Wasser zwar noch nicht wirklich kochte, aber doch im Begriff zu seyn schien, aufzukochen... Denn rings herum, und zuweilen auch innerhalb jenes Kreises, zeigten sich acht

Toisen hoch [s. o.] und höher Dünste in Nebelgestalt, denen (nur nach einem unvergleichlich größern Maßstabe) völlig ähnlich, die sich auf der Oberfläche des Wassers erheben, wenn es anfängt zu siedend... Zu meiner großen Verwunderung erhielten sich stets dabei die rings umher befindlichen Dünste gleich aufgespannten Segeln, ungeachtet der außerordentlichen Gewalt des Windstoßes, der sie dem Ufer zutrieb.“ Wenn der Staubfuß bei Nr. 14 geschildert wird „wie ein Wirbel aus Feuer, der über

¹⁾ In Finleys Liste der Formbezeichnungen von Tornados (Tornadoes, New York 1887, S. 114) kommt 20 mal die Bezeichnung „Balloon“ vor. Vermutlich handelt es sich auch hier um den Ring- oder Kugelwirbel des Staubfußes.

die Erde rollte“, so scheint in letzterem Wort gleichfalls eine Andeutung der Kugelform zu liegen. Auch bei Nr. 208 „rollte eine rauchähnliche Masse über den Berg“. Vielleicht gehört auch die unklare Beschreibung Nr. 15 hierher: „... sah ich von Weitem her auf mich zukommen eine Art von Rauch, der in verschiedene Kugeln geteilt war, deren jede von einer rotatorischen Bewegung bewegt wurde.“ Bei Nr. 116 scheint die äußere Begrenzung des Wirbelringes nicht mehr so glatt gewesen zu sein; hier erzeugte der herabsteigende Wolkenschlauch „ein ungeheures Gebüsch [buisson], das sich etwa 15 bis 20 m über dem Meeresspiegel erhob“ [wohl stark unterschätzt]. Bei Nr. 237 bestand der Wasserstaubfuß nur aus „mächtigen Schwaden, welche neben der Säule auf etwa $\frac{1}{6}$ der gesamten Länge in die Höhe stiegen und sich dann verloren“. Ganz gewaltige Dimensionen scheint dieser Wirbelring bei der zweiten unter Nr. 47 beschriebenen Wasserhose gehabt zu haben; nach der hier nicht wiedergegebenen Zeichnung muß die Wasserstaubwolke fast bis an die Wolken gereicht haben. „Ihr kreisförmiger Fuß allein hatte einen solchen Umfang, daß ein Kriegsschiff von 100 Kanonen mit allen seinen Segeln darein gänzlich hätte können eingehüllt und versteckt werden¹⁾, woraus man auf die Größe der Dunst- und Nebelwolken schließen mag, deren Theile in ihrem richtigen Verhältnisse in der Zeichnung dargestellt sind.“ Die Bewegung in dieser Wasserstaubwolke fand „vom Mittelpunkt aus nach dem Umkreise in parabolischen Strömen“ statt. Bei der Wasserhose Nr. 48, die von demselben Beobachter an gleicher Stelle beobachtet wurde, war der Kranz von Wasserstaub viel niedriger (vgl. Fig. 59 auf S. 218): „Ebenso auffallend war das Unvermögen in den Füßen dieser beiden Wasserhosen, ihr sie umgebendes Wassergefieder aufzurichten. Man sieht es ihnen an, daß es mit Gewalt niedergehalten und verhindert wurde, so senkrecht in die Höhe zu steigen, wie dies bei den vorher beschriebenen geschah.“

Die Angaben über die Dimensionen beruhen offenbar so gut wie alle auf Unterschätzung; die Höhe variiert nach der Schätzung zwischen 5 und 30 m; einmal ist angegeben: $\frac{1}{6}$ der Wolkenhöhe. Nehmen wir letztere zu 1200 m an, so ergibt sich 200 m Höhe für

¹⁾ Das wäre nicht viel; man muß aber die übliche Unterschätzung berücksichtigen. Die Beobachtung fand aus 2 bis 3 franz. Meilen statt.

den Staubkranz. Selbst bei nur 600 m Wolkenhöhe müßte letzterer noch 100 m hoch gewesen sein. Das Verhältnis von Höhe zur Breite des Staubkranzes, welches natürlich dem Schätzungsfehler weniger stark unterworfen ist, gibt bei Nr. 81 (80 bzw. 300 Fuß geschätzt) 3,8; bei Nr. 205 (5 bis 6 bzw. 15 m geschätzt) 2,1. Nehmen wir hiernach an, die Höhe betrage in Wirklichkeit $\frac{1}{3}$ der Spurbreite der Trombe und setzen letztere gleich 200 m, so folgt für die Höhe des Staubkranzes etwa 70 m¹⁾. Die ungewöhnlich starken Fehlschätzungen dürften daher rühren, daß der Wasserstaub zu wenig dicht ist, um aus der Nähe ein Urteil über seine Grenzen zu gestatten.

In vielen Fällen gelangt nur der innere Teil des Wirbelringes, der meist dichter ist, zur Beobachtung. Dann werden garben- oder buketartige Formen beschrieben, und je nachdem der obere oder untere Teil eines solchen Gebildes besser entwickelt ist, wird daraus ein aufrechter oder ein umgekehrter Trichter. Diese letztere Form bildet zusammen mit dem aufrechten Wolkentrichter die auf Fig. 6, Nr. 7 (S. 46), Fig. 29 (S. 147), Fig. 58 rechts (S. 218) und Fig. 62, Nr. 9 (S. 221) abgebildete Sanduhr. Es ist natürlich zweifelhaft, ob man in diesem Falle noch berechtigt ist, von einem Wirbelring zu sprechen; seine Achse müßte hier mitten zwischen Wolke und Erde liegen. Aber es gibt jedenfalls einen kontinuierlichen Übergang von dem einen zum anderen Extrem.

Bei Nr. 76 glich der Fuß einer Garbe. Bei Nr. 131 war er „ein bouquetartiger dampfender Strudel, ähnlich wie ein Segnersches Wasserrad“, bei Nr. 218 ein „Wirbel von auseinander geschleudertem Wasser ähnlich einem Spray zum Besprengen des Rasens in Gartenanlagen“.

Die aufrechte Trichterform wird in folgenden Fällen beschrieben:

174. „Das untere Stück einer solchen Säule [Wasserhose] bildete ein Kegel, der mit der Spitze nach unten in rotierender Bewegung wie ein Kreisel auf der Oberfläche der See hinzugleiten schien.“ Der Wortlaut schließt hier den naheliegenden Verdacht aus, daß der Wolkentrichter gemeint sei.

241. „Das Wasser spritzte nach allen Seiten auseinander, während im Innern des haushohen Wirbels, der die deutliche Form eines Trich-

¹⁾ Bei der Ausmessung der Wasserhose von Cottage City fand Bigelow als Höhe des Staubkranzes 128 m, bei 220 m Breite. (Verhältnis 1,7.) Die Höhe betrug hier $\frac{1}{3}$ der Wolkenhöhe (1097 m).

ters annahm, das Wasser immer höher stieg.“ Auch hier ist jedes Mißverständnis ausgeschlossen. Auch die folgende Beobachtung ist wohl so zu verstehen:

186. Die Erscheinung, vermutlich nur der Wasserstaubfuß, „zog bei Windstille langsam von der Nehrung herauf und blieb über der Mitte des Haffes vollständig stille stehen. Nur im Innern zeigte die etwa 20 m hohe trichterförmige Wasserhose eine gewaltige Bewegung, es ging ein feiner Sprühregen von ihr aus, der, von den Sonnenstrahlen beschienen, in Myriaden blitzender Fünkchen herniederfiel“.

95. „Die Staubwolke, welche wirbelnd über die Erde fortzog, war ganz grau von Farbe und undurchsichtig. . . Sie hatte die scheinbare Form eines Trichters, dessen Spitze, nach unten gekehrt, einen Durchmesser von 30—40 Fuß hatte, dessen oberer Durchmesser aber drei bis vier Mal so groß war. Die Höhe hatte bald alle nahe gelegene Häuser weit überstiegen.“ Hier ist allerdings eine Verwechslung mit dem Wolkenrichter denkbar.

Auch bei Nr. 170 wurde eine 20 bis 25 Fuß hohe „trichterartige Wassersäule“ auf der Oder beobachtet.

Während diese Beobachtungen eines aufrechten Trichters selten sind, ist die Form des umgekehrten Trichters oder des aufrechten Kegels für den Fuß der Trombe sehr häufig. Man findet diese Form auf den Bildern Fig. 6 (S. 46), Fig. 25 (S. 137), Fig. 27 (S. 145), Fig. 29 (S. 147), Fig. 58 (S. 218) und Fig. 62 (S. 221). Ausdrücklich hervorgehoben wird sie z. B. bei den Beschreibungen Nr. 5, 105, 142, 178, 210 und vielen anderen. Ein Eingehen auf diese Form, welche wenigstens bei Landtromben wohl die gewöhnlichste sein dürfte, erübrigt sich¹).

Außer diesem Staubkranz, welcher den Fuß der Trombe umlagert, treten bei Wasserhosen auch noch sehr interessante und charakteristische

Deformationen der Wasseroberfläche unter der Trombe auf. Die Art dieser Deformation scheint zu wechseln, jedenfalls geben die Beobachtungen kein eindeutiges Bild davon; bald wird von einer Vertiefung des Wasserspiegels, bald von einer Erhöhung gesprochen, und mitunter scheinen beide gleichzeitig vorhanden zu

¹ Finley (Tornadoes, New York 1887, S. 114) gibt eine Tabelle der verschiedenen Formbezeichnungen, die in den Tornadobeschreibungen auftreten. Mehr als einmal vorkommende Formen sind: „Funnel“ 981 mal, „Inverted cone“ 24 mal, „Balloon“ 20 mal, „Whirlwind“ 14 mal, „Hourglass“ 11 mal, „Cone“ 10 mal, „Waterspout“ 6 mal, „Inverted funnel“ 5 mal, „Basket“ 4 mal, „Serpent“ 4 mal, „Cylindrical“ 3 mal, „Elephant's trunk“ 2 mal.

sein, nämlich eine zentrale Vertiefung, die von einer Aufwölbung umgeben wird, wobei wahrscheinlich letztere bald als geschlossener Ring, bald nur in Sichelform ausgebildet ist. Außerdem wird aber das Wasser in der Zylinderfläche stärksten Aufsteigens in hüpfenden, spitzen Wellen emporgerissen, welche eine zackige Krone bilden können; es kann aber auch weiter mitgerissen werden und einen hohlen Wasserturm bilden, ja in Form von Gischt bis zu den Wolken emporgetragen werden. Wir wollen diese Erscheinungen der Reihe nach in den Beschreibungen verfolgen.

Eine schalenförmige Vertiefung der Wasseroberfläche, die unter dem inneren Teil der Trombe liegt und außen von der Zone mit Spitzwellen umgeben ist, wurde in folgenden Fällen beobachtet:

53. „Der Fuß der Säule schien auf einer großen kugelförmig hohlen Schale zu ruhen und mit ihr fortzugleiten. Des Schiffes Höhe, von der ich herabsah, erleichterte es mir, dieses zu bemerken. Um den Rand der Schale kochte die See mit Heftigkeit empor.“ Da die Wasserhose gleich darauf über das Schiff selber fortging, muß die Beobachtung als zuverlässig gelten.

218. Die Form des Fußes glich nach einem Beobachter „einem hübschen Becken mit unebenem Rande, ähnlich wie eine große weiße Muschel“.

51. „Der See darunter schien ausgehöhlt; wiewohl das eine Täuschung seyn konnte“ [Entfernung $5\frac{1}{2}$ km].

32. „Sie hatte im Fluß eine Vertiefung ausgehöhlt.“

43. „Da nun diese Lamelle [die Spitzwellen an der Peripherie] an mehreren Stellen zerrissen war, ließ sie sehr deutlich eine Vertiefung in ihrem Inneren erkennen, die aber nicht in der Mitte lag, und die mehr als 2 Fuß tief in das Meer eindrang ...“ [Bei der zweiten und dritten Trombe, die noch näher waren:] „Man hörte aufs Deutlichste das Geräusch der Luft, welche, vom oberen Teil der Trombe senkrecht herabfallend, mit Gewalt auf das Meer schlug, es zwang sich auszuhehlen, und um die Höhlung herum einen schäumenden Vorhang von mehreren Fuß Höhe emporhob; und die Oberfläche der Höhlung kochte und schäumte und wurde in einer kreisenden Bewegung herumgeführt.“

81. „Es war ein prachtvoller Anblick: die ungeheure Kraft des wirbelnden Windes durchbohrte etwa 24 Fuß tief das Wasser, so daß man vom Lande aus sogar den Boden in der Mitte des Stromes unterscheiden konnte, während daneben die Wellen sich 40 bis 50 Fuß hoch über den Spiegel erhoben.“ Die Behauptung, daß man vom Lande aus in dieser doch nur schmalen Vertiefung, die noch hinter einer 40 bis 50 Fuß hohen Erhebung lag, den Boden erkennen konnte, erscheint wenig wahrscheinlich, selbst wenn die hohen Rheinufer berücksichtigt

werden. Wegen des Hin- und Herpendelns des Stromstriches ist das Flußbett oft gerade in der Mitte sehr flach. Vermutlich wurde der Grund an einer solchen Stelle bloßgelegt, und der Berichterstatter hat nachträglich dafür die maximale Tiefe des Rheins gesetzt.

128. Ein Beobachter gibt an, die Trombe hätte das Wasser des Sees so aufgesogen, daß er noch ziemlich weit drinnen den Grund hätte sehen können.

42. „... und erzeugte zuletzt eine Vertiefung im Wasser, daß man fast bis auf den Grund des Flusses sehen konnte.“

Es ist unmöglich, diese Beobachtungen als Täuschungen zu deuten. Die Vertiefung unter dem mittelsten Teil der Trombe existiert also. Übrigens ist sie leicht zu erklären; freilich nicht durch den Druck des in der Achse senkrecht herabfallenden Windes. Dieser wird ja höchst wahrscheinlich erst durch die an der Wasseroberfläche herrschende Luftverdünnung erzeugt und unterhalten; dann können wir ihn aber nicht umgekehrt als Ursache eines ebendort herrschenden Überdruckes, der das Wasser niederdrückt, verantwortlich machen. Dies ist aber auch gar nicht nötig; die Wasserfläche kann trotz des Unterdruckes vertieft werden, wenn das Wasser durch die Trombe mit in Rotation versetzt wird. Und hierfür spricht sehr entschieden die Beobachtung Nr. 43, wo ausdrücklich die kreisende Bewegung des Wassers erwähnt wird. Auch die Bemerkung, daß die tiefste Stelle nicht in der Mitte lag, bestätigt diese Vorstellung. Denn der einmal erzeugte Wasserwirbel besitzt eine gewisse Selbständigkeit und bleibt hinter der fortschreitenden Bewegung der Trombe naturgemäß etwas zurück. Da die Übertragung der Wirbelbewegung auf das Wasser immer einige Zeit erfordert, muß hernach erwartet werden, daß bei den schneller fortschreitenden Tromben diese Vertiefung der Wasserfläche geringer ist und gleichzeitig zurückbleibt; dann muß aber die Luftverdünnung um so mehr zur Geltung kommen, welche eine Aufwölbung des Wassers verursacht. Als statische Erscheinung muß diese Wirkung nämlich momentan eintreten, also auch bei schnellen Tromben unvermindert in Erscheinung treten. Ein Beispiel hierfür ist die auf S. 137 in Fig. 25 wiedergegebene Abbildung einer amerikanischen Wasserhose, welche diese Aufwölbung sehr deutlich zeigt. Aber auch unter den europäischen Beschreibungen finden sich Beispiele:

115. „Die schöne Erscheinung glich einer sich drehenden Krone, deren weiße Schaumstrahlen 20 bis 30 Fuß aufschossen. Die innere

Kreisfläche [Durchmesser etwa 50 Schritt geschätzt] zeigte sich dabei zu einem Schilde aufgewölbt (was deutlich von der Mehlemer Au, aus halbstündiger Entfernung zu erkennen war) und mit Schaum bedeckt. Man hätte wähnen können, es habe sich im Rheine eine flache Insel erhoben, um welche im Kreise das Wasser aufspritzte.“

A 14. [Gleichzeitig Vertiefung und Erhebung] „... [Die Fischer wurden gewahr,] daß in dem See und dessen Wasser, nicht weit vom Ufer, eine merkliche Vertiefung ... wohl über Mann tief entstanden (es habe geschienen, so drücken sie sich hievon aus, als ob die Hälfte des Wassers aus dem See hinweggenommen wäre); daß zugleich das Wasser aus dem See bey zwanzig bis dreyßig Schritte weit schnell über das hier seichtere Ufer ausgetreten, die Kähne mit sich fortgerissen, und solche, nebst einigen Fischen, bey seinem baldigen Zurückflusse auf dem trockenen Lande liegen lassen (Ja ein Paar Kähne wären von den aufschwellenden Wellen über den drey Fuß hohen Bohlen- oder Schlietenzaun geworfen worden, der sich zwischen dem See und den Fischerhäusern befindet).“ Das Ansteigen des Wassers am Ufer, welches dann von einem Fallen abgelöst wird, ist auch von dem Pastor beobachtet worden, dessen Kahn sich wohl etwa in der Peripherie der Trombe befand, als er das Ufer erreichte: „Das Wasser war hoch am Ufer, und mein Knecht mußte den Kahn halten, daß er nicht wegtriebe ... [der Knecht schöpft das Wasser aus] ... zu unserer Verwunderung aber war das Wasser verlaufen, und der ledige Kahn lag nunmehr auf trockenem Lande“. (Anmerkung Genzmers: „Man verstehe recht: mit dem einen Ende, so daß das andere noch im Wasser war.“)

Man wird hiernach zugeben müssen, daß die Wassererhebung jedenfalls zweifellos vorhanden ist, aber ihr Verhältnis zu der zentralen Vertiefung noch nicht vollkommen klargestellt ist. Zu erwarten wäre, daß bei stillstehenden Tromben sich die Erhebung ringförmig um die zentrale Vertiefung herumzieht, während sie bei fortschreitenden auf der Rückseite durch die jetzt zurückbleibende Vertiefung teilweise aufgehoben wird und sich daher hauptsächlich an der Vorderseite geltend macht. Es ist übrigens theoretisch einleuchtend, daß die Aufwölbung nicht so große Beträge erreichen kann wie die Vertiefung. Denn wenn die Druckerniedrigung in der Trombe z. B. 50 mm beträgt, so wird der Wasserspiegel statisch nur um $\frac{1}{2}$ m gehoben, eine Größe, die zu den angeführten Beispielen gut zu passen scheint.

Dagegen scheint die zentrale Vertiefung in dieser uhrglasförmigen schwachen Erhebung, wenn man den Beobachtungen trauen darf, oft erstaunlich tief hinabzugreifen.

Die Vertiefung ist umgeben von einer Zone tanzender Spitzwellen. Ist diese Zone sehr breit, so zeigt sich aus der

Entfernung nur ein runder Fleck mit starker Schaumbildung. Mehrmals, z. B. bei Nr. 39 und 198, wird das Bild eines versenkten Kessels mit kochendem Wasser gebraucht. Die Erscheinung kann sich aber mehr nach der Peripherie des inneren Kreises zu konzentrieren. Z. B. heißt es bei Nr. 53:

53. „Um den Rand der Schale kochte die See mit Heftigkeit empor. Eine Menge kleiner und größerer Wassermassen *bb* (Fig. 1, S. 18) tanzte um sie herum. Sie erhoben sich zugespitzt zu einer Höhe von 12 bis 16 Fuß, und sanken, während andere wieder stiegen, herunter ... [Nach Hinweggehen der Wasserhose über das Schiff] Es kam mir so vor, als wenn unser Schiff den Tanz der Spitzsäulen unterbrochen und den Umfang ihres Springplatzes verringert hatte. Sie erhoben sich nicht gleich wieder zu der Höhe, die ich in gleicher Weise bei ihrem Anzuge wahrnahm.“

Die Erklärung dieser Spitzsäulen, die in ihrer Form von gewöhnlichen Wellen so stark abweichen, ist wohl teilweise durch Kreuzung der verschieden gerichteten Wellensysteme möglich. Aber die auf diese Weise erzeugten Wellenspitzen werden durch lokale Druckunterschiede höher gezogen und von der aufsteigenden Komponente der Luftbewegung erfaßt und mitgerissen. Gerade die letztere dürfte die Hauptursache der auffälligen Form sein, weil sie eben nur auf die Erhöhungen wirkt.

Wenn sich die aufsteigende Bewegung und damit die Spitzwellen noch mehr auf eine bestimmte Zylinderfläche konzentrieren, so entsteht die Wasserkrone, wie sie besonders in der Beschreibung Nr. 115 vorkommt:

115. „Da erhob sich das Wasser, indem auf der Peripherie eines Kreises, dessen Durchmesser 50 Schritte betragen mochte, Kämme und Strahlen von Wasser und Schaum emporprangen. Die schöne Erscheinung glich einer sich drehenden Krone, deren weiße Schaumstrahlen 20 bis 30 Fuß aufschossen ... Anfangs sah man das gegenüberliegende Rheinufer durch die Wasserkrone, was später nicht mehr möglich war ... Dem linken Ufer nahe war die Krone schon in eine 40 bis 50 Fuß hohe Wassersäule verwandelt.“

43. Ganz ähnlich ist die schon mehrfach zitierte Beschreibung Nr. 43. Dort war es „eine Wasserlamelle, welche sich einige Fuß hoch über den Wasserspiegel erhob“, so daß man die Vertiefung im Inneren erkennen konnte.

Die weitere Entwicklung der Wasserkrone, wie sie bereits in dem vorstehenden Beispiel Nr. 115 geschildert ist, führt zur Entstehung eines hohlen Wasserturms.

115. In derselben Beschreibung wird dieser Turm noch eingehender beim zweiten Übergang der Trombe über den Rhein geschildert: „Mit einem Male erhob sich aus dem wogenden Schaume eine Masse von Wasser und Wasserdunst fast senkrecht, ein wenig nach rechts geneigt.“ Sehr interessant ist, daß auch der Wasserturm aus mehreren konzentrischen Röhren bestand, die dadurch sichtbar wurden, daß die inneren

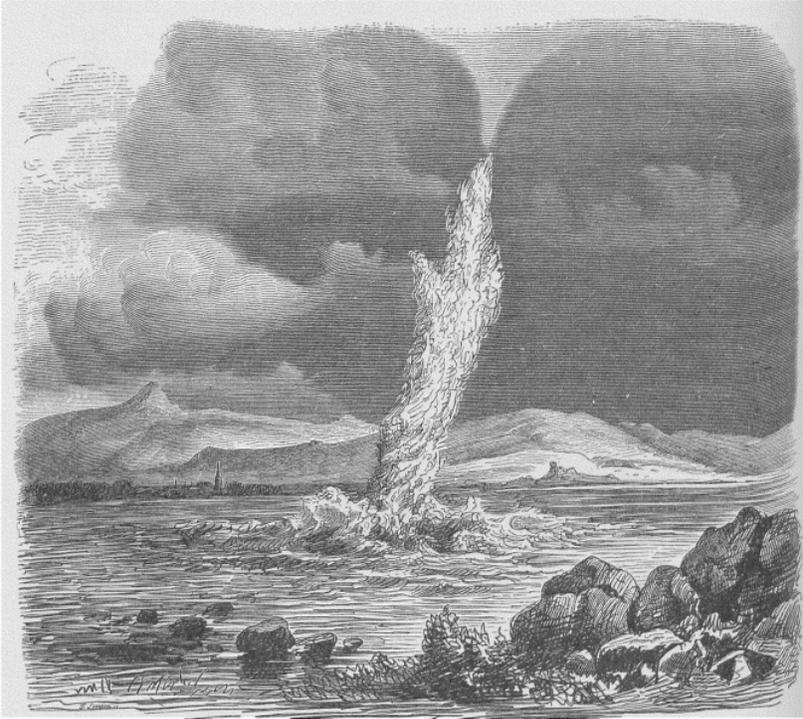


Fig. 82. Wasserturm der Trombe von Königswinter [115].

höher emporragten: „Sie theilte sich alsbald in drei Strahlen, welche mit einander parallel und einander nahe aufwärts streckten [strebten?] ... Die beiden seitlichen Strahlen schienen sich nun in je zwei zu zertheilen, so daß nun fünf erblickt wurden. Der mittelste stieg immer höher, der sich herabsenkenden Wolkenspitze zu. Beide vereinigten sich ... Einige Minuten lang hatte die Wassersäule die auffallendste Ähnlichkeit mit einem gothischen Thurme.“ Die zugehörigen Figuren der Originalabhandlung in Pogg. Ann. sind bereits auf S. 31 mitgeteilt

worden. Fig. 82 zeigt eine andere Abbildung des Wasserturms angeblich derselben Trombe, welche sich in Müller-Pouillet's Lehrbuch der Experimentalphysik findet. Ihre Herkunft habe ich nicht ermitteln können¹⁾.

73. Bei dieser Trombe „trieb der Wirbelwind den Schaum des Wassers bis zu den Spitzen der höchsten Masten empor“.

2. Die Erscheinung kommt auch schon in Scheuchzers Trombenbeschreibung vor: „... hat eine Windsbraut nächst bey Meilen das Wasser also in die Höhe getrieben, daß es einem ziemlich hohen Thurn gleich gesehen“.

177. Bei dieser Trombe war es ein „Pfeiler aus Wasser“.

207. „... erhob die Wolke das Wasser in einer Säule höher als die Bäume“.

10. Bei dieser Trombe heißt es: „Bis einige Yards [= einige Meter] über der Meeresoberfläche erhob sich das Wasser wie eine Säule oder ein Pfeiler, und dann zerstäubte es und löste sich in Wolken auf.“

218. „Zuerst auf dunklem See ein lichter [Schaum-]Kreis und darüber Wolke mit trichterförmiger Spitze. Plötzlich steigt aus dem Kreis ein Stalagmit empor ...“

123. „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 mit einander verband.“ Hier ist also der Wasserturm, wohl nach oben allmählich aus immer lufthaltigerem Gischt und schließlich wolkenähnlichen Tröpfchen bestehend, bis zur Wolke hinauf verlängert, wie es ja auch bei Nr. 115 in einer bestimmten Entwicklungsphase der Fall war.

216. Auch bei dieser Beobachtung heißt es: „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 Kilometer hoch.“

Es entspricht durchaus den früher erläuterten Vorstellungen von dem um den Trombenfuß herumliegenden Ringwirbel, wenn dieser Wasserturm bisweilen am oberen Ende sich trichterförmig erweitert und das Wasser dort in einem Sprühregen nach außen schleudert. Diese Beobachtungen sind bereits oben besprochen worden, so daß ein Hinweis darauf genügt. Es sind hauptsächlich die Nummern 170, 174, 186.

¹⁾ Noch eine dritte Abbildung dieser Trombe, welche in der Ausführung etwa in der Mitte zwischen den beiden anderen steht, findet sich in Müllers Lehrb. d. Kosmischen Physik, 5. Aufl., herausgegeben von Peters, Braunschweig 1894, S. 715.

Aus dem Angeführten geht hervor, daß die Höhe des Wasserturms sehr variieren kann. An dem einen Ende dieser Formenfolge steht die Wasserkrone, am anderen die bis zur Wolke reichende Säule, die unten vielleicht noch aus einer zusammenhängenden Wasserlamelle oder wenigstens grobem Gischt, oben aber aus feinstem Wasserstaub besteht. Die Zahlen seien noch einmal zusammengestellt:

	Nr.	Höhe
Krone . . .	43	Etwa 1 m (einige Fuß)
	10	Einige Meter
	170	6—7½ m
	115	6—9 m
Turm . . .	115	12—15 m
	207	Höher als die Bäume
	30	20 m
	186	20 m
	92	21—24 m
	73	Bis zu den höchsten Mastspitzen (etwa 30 m)
Säule . . .	98	33 m
	115	Bis zur Wolke
	216	Bis zur Wolke
	123	Bis zur Wolke

Auch bei diesen Zahlen darf man wohl Unterschätzungen annehmen, so daß die Lücke zwischen 33 m und der doch mindestens 500—1000 m betragenden Wolkenhöhe nicht reell zu sein braucht.

Zur Erklärung des Wasserturms kann die statische Wirkung der Druckverminderung in den Tromben kaum einen Beitrag liefern. Denn einmal müßten dann die Erhebungen stets unterhalb 10 m bleiben, da schon hierzu eine völlige Leere im Trombeninneren nötig wäre. Es war schon oben hervorgehoben, daß auf diese Weise nur eine schildförmige Erhebung um etwa ½ m unter der Trombe entsteht. Vor allem wäre aber hierdurch auch die Form des Turmes auf keine Weise zu erklären. Daß der Turm hohl ist und sogar eine Vertiefung der Wasseroberfläche enthält, ist aus Analogie zur Wasserkrone zu schließen. Die richtige Erklärung ist offenbar die, daß die dünne Wasserlamelle, welche die Wandung des Turmes darstellt, durch Reibung an der mit großer Schnelligkeit aufstrebenden Luft schwebend gehalten wird.

Die Entstehung des Turmes ist also an die Ausbildung einer Zylinderfläche schnellsten Aufsteigens gebunden. Daher kann der unterste Teil des Turmes fortgenommen werden, ohne daß letzterer zusammenfällt:

115. „Darauf verengte sich die Wassersäule an ihrem Fuße, wo sie auf der wirbelnden und kochenden Wasserstaubmasse ruhte (Fig. 2, Nr. 5, S. 31). An der Stelle, wo diese Zusammenziehung stattfand, befindet sich im Rhein eine Untiefe, welche zur Zeit des Ereignisses nur 1 bis 2 Fuß Wasser besaß. Es war also nicht Wasser genug im Strome, um die Wassersäule zu unterhalten.“

Der Wasserturm enthält also viel weniger Wasser, als seiner Größe entspricht, weil er hohl ist. Immerhin sind es beträchtliche Massen, und wenn eine solche Wasserhose auf das Land übertritt, wo durch die Reibung die Bewegungsverhältnisse in ihrem unteren Teile plötzlich geändert werden, und das Wasser infolgedessen herabfällt, so gibt letzteres dem Beobachter meist Anlaß zu einer besonderen Erwähnung¹⁾.

115. So wird bei Nr. 115 berichtet, daß die Trombe, am rechten Rheinufer angelangt, „das Wasser 8 bis 10 Fuß hoch auf das Ufer“ warf.

15. Bei dieser Trombe heißt es, „daß bald darauf, als der Wirbel sich auf den See geworfen hatte, er eine große Menge Wasser emporhob . . . Ohne jeden Zweifel stammte das Wasser, mit dem das Dorf überschwemmt wurde, aus dem See“ . . .

172. Die Trombe zog über ein „Wasserloch“ fort: „Das Wasser wurde aufgehoben und auf die 60 Klafter weit entfernte Dampföhle geworfen; die Leute drinnen meinten, es sei ein Wolkenbruch.“

52. Die Wasserhose traf das Schiff, welches dabei einen starken Stoß erhielt. „Auch wurde durch die Gewalt der Wasserhose die Thür der Kajüte eingeschlagen, worauf ein großer Schwall von Wasser eindrang.“

73. Die Wasserhose füllte auf ähnliche Weise einige Leichterschiffe mit Wasser.

117. Bei dieser nächtlichen, von W. v. Siemens beobachteten Wasserhose, die das Schiff überschritt, „ergossen sich über das Schiff gewaltige Fluthen, die von allen Seiten heranzustürmen schienen, mit einer Kraft, der ich nur durch krampfhaftes Festhalten an dem eisernen Geländer des oberen Decks widerstehen konnte . . . Ob man sich über oder unter Wasser befand, war kaum zu unterscheiden. Es schien

¹⁾ Natürlich haben Beobachtungen dieser Art gelegentlich auch das Mißverständnis verursacht, als bestehende eine Wasserhose stets und wesentlich aus einem herabstürzenden Wasserschwall, während doch z. B. Nr. 53 beim Fortgang über das Schiff nur einige große Tropfen gab, die offenbar von den Spitzwellen stammten.

Schaum zu sein, den man mühsam athmete . . . Auch die in der Kajüte gebliebenen . . . waren zu Tode erschreckt durch das prasselnde Geräusch der auf das Deck niederfallenden Wassermassen.“

Da die Wassermassen dann herabstürzen müssen, wenn eine plötzliche Änderung des Bewegungszustandes der Trombe eintritt, so ist klar, daß die früher (vgl. S. 141) als „Platzen“ bezeichnete Erscheinung hierzu stets Anlaß geben wird.

Nur kurz sei schließlich erwähnt, daß der Wasserturm offenbar auch diejenige Erscheinung darstellt, durch welche die Trombe imstande ist, flache Gewässer gänzlich leer zu pumpen und den oben besprochenen Fischregen herbeizuführen.

Dreizehntes Kapitel.

Geräusch, Geruch, elektrische Erscheinungen.

Die Tromben sind stets mit einem Geräusch verbunden, welches bei Windhosen auf dem Lande sehr stark, aber auch bei Wasserhosen noch recht vernehmlich ist und bisweilen die Beobachter überhaupt erst auf die Erscheinung aufmerksam macht.

Geräusch der Windhosen. Die Art des Geräusches, welches die Windhosen verursachen, wird am besten durch den immer wiederkehrenden Vergleich mit einem Lastwagen gekennzeichnet, der über steiniges Pflaster fährt; die Stichworte, welche in den verschiedenen Beschreibungen dafür gebraucht werden, sind folgende:

81. Gerassel von schwer beladenen, über felsige Wege fahrenden Frachtwagen. 178. Eigentümliches knatterndes Geräusch, dem Rasseln vorbeifahrender Wagen zu vergleichen. 201. Lärm mehrerer Artilleriewagen, die mit voller Geschwindigkeit auf einem schlecht gepflasterten Wege fahren. 73. Getöse gleich dem von fahrenden, schwer beladenen Wagen. 13. [aus nur 9 m Entfernung] Getöse wie schwere Lastwagen auf einem Steinpflaster. 14. Rollen eines Wagens, der unter wiederholten Stößen über das Pflaster fährt [$\frac{3}{4}$ Stunden lang hörbar]. 17. Schreckliches Geräusch wie über das Pflaster rollende Artilleriekolonnen. 36. Geräusch wie von einem mit Brettern beladenen Wagen, der einen steilen und steinigen Abhang hinunterrollt. 74. Geräusch ähnlich dem eines schweren Wagens, der im Galopp über einen Pflasterweg fährt. 107. Geräusch ähnlich dem mehrerer Wagen, die schnell auf einem steinigen Wege fahren.