

KAPITEL 7
Dr. Alfred Wegener
Wind- und Wasserhosen in Europa

**Mehrfache Tromben, Teilung und Vereinigung;
wiederholte Tromben.**

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

| Nr. | Anzahl der Tromben | Nr. | Anzahl der Tromben | Nr. | Anzahl der Tromben |
|-----|--------------------|---------|--------------------|-------------|--------------------|
| 174 | In großer Zahl | 178 | 3—4 | 42 | 2 |
| 25 | 18 | 43 | 3 | 48 | 2 |
| 112 | 11 | 58 | 3 | 92 | 2 |
| 83 | 11 | 125 | 3 | 103 | 2 (?) |
| 199 | 10 | 131 | 3 | 108 | 2 ³⁾ |
| 240 | 8—10 | 154 | 3 | 113 | 2 |
| 185 | 7—8 | 230 | 3 | 117 | 2 (?) |
| 53 | 7 | 236 | 3 | 129 | 2 |
| 128 | 7 ¹⁾ | 195 | > 2 | 165 | 2 |
| 11 | 6—7 | 91 | Mehrere | 170 | 2 |
| 55 | 6 | 101 | " | 172 | 2 |
| 47 | 5 | 190 | " | 183 | 2 |
| 153 | 5 ²⁾ | 198 | " | 231 | 2 |
| 88 | 4 | (7 + 8) | 2 | (234 + 235) | 2 |
| 128 | Etwa 4 | 16 | 2 | 241 | 2 |
| 187 | 4 | 39 | 2 | | |

¹⁾ Nach dem Text. Die Abbildung zeigt nur 4.

²⁾ Vielleicht nur wiederholte Erscheinungen.

³⁾ Geschlossen aus zweimaligem Fall von Trümmern, mit zwei Stunden Zwischenzeit.

In dieser Tabelle sind nun aber zwei Arten von Multipel-Tromben zusammengeworfen, deren Trennung sich verlohnt. In vielen Fällen ist nämlich der räumliche Abstand der verschiedenen Tromben-Individuen so groß, daß ihr Mechanismus nicht mehr unmittelbar zusammenhängen kann; sie gehören dann zwar oft noch derselben Gewitterfront an, aber entspringen einer anderen Wolke, und die Gemeinsamkeit ihres Auftretens ist nur dem Umstand zuzuschreiben, daß die Bedingungen für die Trombenbildung eben an verschiedenen Orten oder über einem größeren Areal erfüllt waren. Man könnte diese Tromben **Doppelgänger** nennen. Demgegenüber stehen die eigentlichen Geschwistertromben, die unter derselben Wolke aus den schon beschriebenen mehrfachen Zapfen entstehen können, wenn diese sich nicht vereinigen; so kann bisweilen eine ganze Reihe von Wasserhosen entstehen, die aus derselben Wolke mit geringen Abständen herabsteigen. Für die Doppelgänger ist (7 + 8), wie schon oben erwähnt, ein Beispiel. Ähnlich auch Nr. 183, wo die eine Trombe um 11 ½^a bei München, die andere um 1P bei Heidenheim im westlichen Württemberg gesehen wird. Bei Nr. 234 trat außer der böhmischen, aus SSE ziehenden Trombe, deren Spur 260 km lang war, gleichzeitig noch eine zweite mit sehr kurzer Spur in der Pfalz auf (Nr. 235), die auch nicht mehr zu derselben Wolke, sondern höchstens noch zur selben Gewitterfront gehört haben kann.

Weniger groß sind die Abstände bei den übrigen. So beginnt bei Nr. 165 die zweite Trombenspur 38 km rechts (und 21km leewärts) von der ersten. Aehnlich gestaffelt liegen auch die Spuren der vier Windhosen bei Nr. 178 (vgl. die Karte Fig. 9, S. 52); ihre senkrechten Abstände sind 30, 15 und 5 km. Bei Nr. 113 wird ausdrücklich betont, daß die beiden Tromben zu zwei verschiedenen Böenwolken gehörten, zwischen denen sich der Beobachter befand. Ebenso heißt es bei Nr. 91: „Es bildeten sich ähnliche Tromben unter verschiedenen Wolken, so daß mehrere gleichzeitig bestanden haben“. **Echte Schwestertromben** dagegen sind folgende:

| Nr. | Zahl der Tromben | Nr. | Zahl der Tromben |
|-----|------------------|-----|------------------|
| 83 | 11 | 230 | 3 |
| 199 | 10 (?) | 195 | > 2 |
| 185 | 7 — 8, dann 2 | 16 | 2 |
| 53 | 2 + 5 | 39 | 2 |
| 11 | 3 + (3 oder 4) | 42 | 2 |
| 55 | 4 + 2 | 48 | 2 |
| 123 | 4 ¹⁾ | 92 | 2 |
| 187 | 4 | 129 | 2 |
| 43 | 3 | 170 | 2 |
| 58 | 3 | 172 | 2 |
| 125 | 3 | 241 | 2 |
| 236 | 3 | | |

¹⁾ Nach der Abbildung Fig. 27. Im Text werden 7 genannt.

Sehr wahrscheinlich gehören hierher aber noch manche andere, bei denen nur nicht ausdrücklich hervorgehoben ist, daß die Tromben aus derselben Wolke herabkamen. Wenn z. B. bei Nr. 240 auf dem Bodensee „am 16. September 1912 sogar 8—10 gleichzeitig zu sehen gewesen sind“, oder es bei Nr. 112 heißt: „Elf ähnliche Tromben bildeten sich so in weniger als einer Viertelstunde unter den Augen der Zuschauer“ oder endlich bei Nr. 25 ein Seemann 18 Stück gezählt haben will, so ist es wohl wahrscheinlich, daß auch in diesen Fällen wenigstens einige Tromben aus derselben Wolke kamen.

Da diese Fälle von Schwestertromben ein besonderes Interesse bieten, mögen hier noch einige Zitate folgen:

42. ließ sich gegen 6 Uhr abends unweit Bannersdorf eine Wolke, wie ein zugespitzter Schlauch, auf die Elbe nieder, schwankte einige Male hin und her, vereinigte sich dann mit dem Wasser und zog [es in die' Höhe. In einiger Entfernung senkte sich eine andere Wolke gleichfalls wirbelnd herab, schwankte über zehnmal hin und her . . . Nach etlichen Minuten rissen sich diese Tromben wieder vom Wasser los . . . zogen sich wirbelnd über die Stadt".

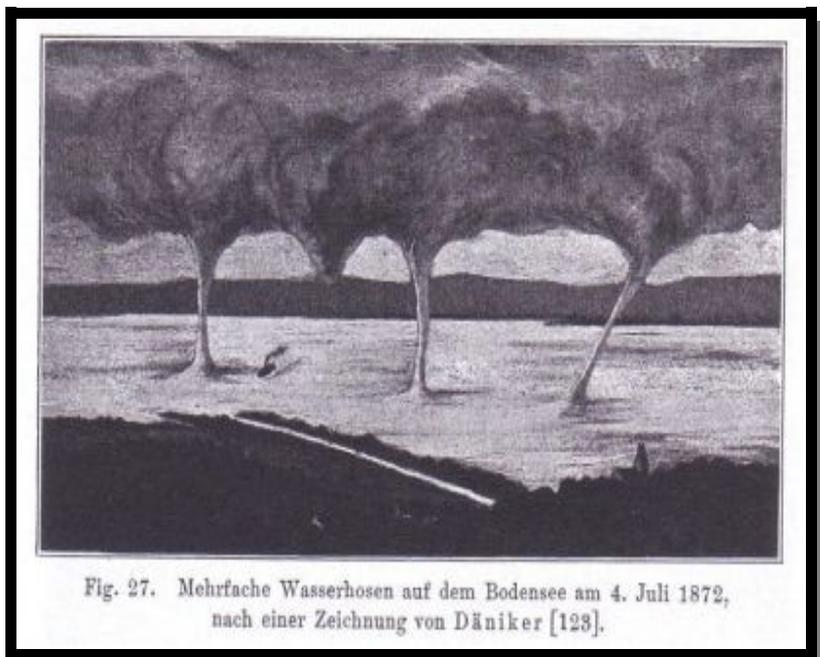


Fig. 27. Mehrfache Wasserhosen auf dem Bodensee am 4. Juli 1872, nach einer Zeichnung von Däniker [123].

43. „Während ich voller Freude dies wundervolle Schauspiel (der 1. Trombe) beobachtete, lösten sich plötzlich von demselben Wolkenwulst, der jetzt sehr schwarz war, und unaufhörlich Blitz und Donner aussandte, zwei andere Tromben, die eine dicker, die andere dünner als die erste. 123. Nach dem Text „fünf vollständige Wasserhosen und zwei Wolkentrichter nebeneinander“. Die Figur 27 gibt weniger.

53. Zuerst werden „zwei fürchterlich herabhängende Zapfen" gesehen. Eine der beiden Wasserhosen „rauschte" über das Schiff hinweg. Dann heißt es weiter: „Wir verfolgten dies angenehme Schauspiel so lange mit unseren Augen, bis es sich verlor. Aber wie erstaunten wir, da wir uns umsahen und etwas mehr nach Norden hin noch fünf neu entstandene Wasserhosen (Fig. 1, S. 18) erblickten".

55. „Anfangs erblickte ich vier solche vom Himmel sich herablassende Wolkensäulen . . . und kurz darauf entstanden noch zwei andere von eben der Gestalt und Form . . . Diese sechs senkrechten Säulen, welche das Meer mit den Wolken in Verbindung setzten, blieben nicht an einem Orte stehen, sondern bewegten sich fort, wie es schien, in der Richtung des Windes . . . Ich hoffte noch immer, daß zwei Säulen, welche einander sehr nahe waren, auf einander getrieben werden würden, und war neugierig, den Erfolg davon zu sehen, aber dies geschah nicht. Die Säulen bewegten sich immer einander parallel nach Süden fort, und zwar mit einer solchen Schnelligkeit, daß wir sie aus den Augen verloren, noch ehe die Nacht völlig einbrach."

83. Von dieser Erscheinung gibt es keine Beschreibung, sondern nur die im Titelbild dieses Buches wiedergegebene Lithographie.

92. „Das Phänomen [Fig. 28] ist um so auffallender, da sich gleichzeitig zwei, eine große und eine kleine, dicht nebeneinander zeigten . . . Beide Wasserhosen entstanden gleichzeitig, doch verschwand die kleinere b schon wieder nach drei Minuten, die größere a verschwand auch beinahe ganz nach fünf Minuten, bildete sich dann aber schnell wieder, dauerte noch etwa zwei Minuten und verlor sich in einem starken Regenguß, der die ganze Gegend einnahm."

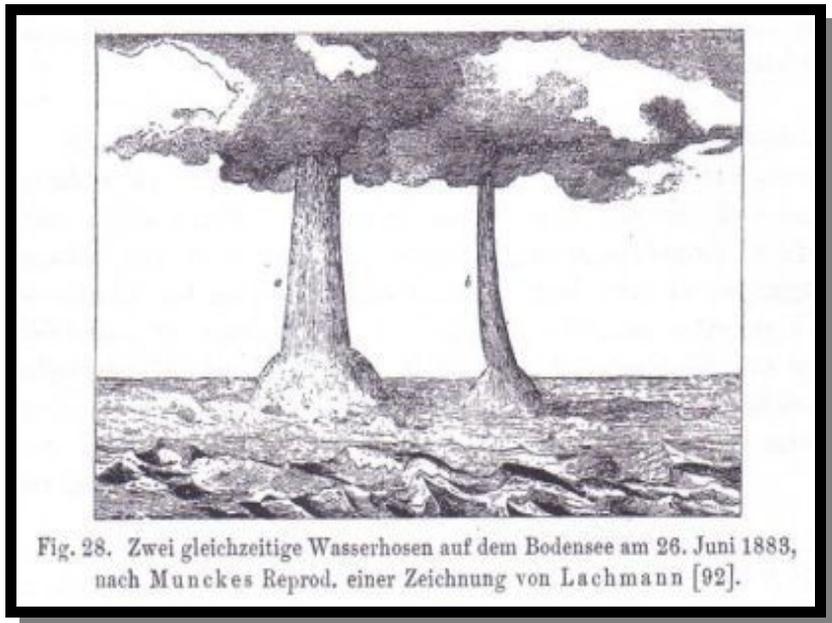


Fig. 28. Zwei gleichzeitige Wasserhosen auf dem Bodensee am 26. Juni 1883, nach Muncles Reprod. einer Zeichnung von Lachmann [92].

170. Es wird ein größerer und ein kleinerer Wasserstaubfuß nebeneinander beobachtet. — Ein Beispiel für blinde Schwestertromben.

172. „Um 12^h 30 ereignete sich der Zusammenstoß zweier Windhosen; die eine schwächere kam von Süden, die gewaltige aber von Osten; sie trafen auf der Hutweide unmittelbar am Dorf zusammen; die schwächere zog sich darauf gegen SW, gegen Palanka, zurück; die starke zog in NW-Richtung über die rechte Seite des Dorfes hin."

185. Ein Beobachter sah acht Tromben, von denen die eine bald verschwand; ein anderer zuerst sieben, später sechs. Novska wurde nach mehreren Aussagen nur von zwei Tromben erreicht, die in geringer Entfernung von einander, und zwar anscheinend gestaffelt, einherzogen; die beiden Spuren waren nämlich 800 —1200 und 2300 m breit, der senkrechte Abstand ihrer Mittellinien betrug aber nur 1200 bis 1500 m.

187. Vier solche Tromben wanderten so gemeinsam in 1, 2 und 3 km Entfernung von uns über das Meer. Sie wanderten auf derselben Linie, und diese Linie war augenscheinlich die Kontaktlinie zwischen zwei entgegengesetzten Winden."

195. „Wir hatten es offenbar mit einer Reihe von Windhosen zu tun, welche mitten in einer ruhigen Luftschichte sich bildeten, 50 bis 100 m Durchmesser hatten und in Distanzen von 180 bis 200 m aufstiegen."

199. . . . „war ich überrascht, zu beobachten, daß von ihr [der Wolke] mehrere Wasserhosen herabhingen ... Es waren nicht weniger als 10 verschiedene Wasserhosen, welche mit großer Geschwindigkeit vorwärts schritten, begleitet von einer spiralförmigen Bewegung des Wassers.“

230. „Ich . . . sah nun aus den tiefsten Wolken drei Wolkenrichter niederhängen, die mit ihrer tiefsten Spitze in korkzieherartigen Bewegungen auf und nieder züngelten“ (eine von ihnen wuchs ganz bis zum Meere herab). Vgl. Fig. 29.

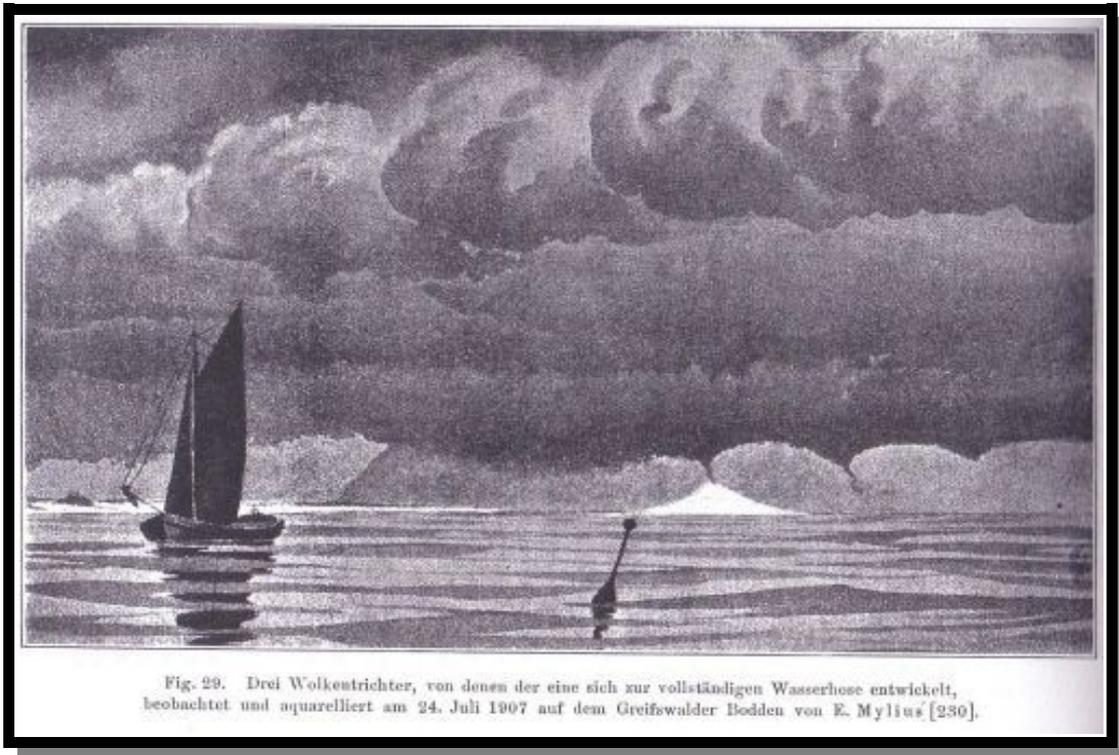


Fig. 29. Drei Wolkenrichter, von denen der eine sich zur vollständigen Wasserhose entwickelt, beobachtet und aquarelliert am 24. Juli 1907 auf dem Greifswalder Bodden von E. Mylius [230].

Man könnte auf den Gedanken kommen, daß die Schwestertromben paarweise zusammengehören und entgegengesetzt rotieren. Dies würde nämlich besonders gut zu dem theoretischen Satz passen, daß zwei parallele, entgegengesetzt rotierende Wirbel geradlinig und parallel weiter wandern (und zwar in derjenigen Richtung, in welcher sich die inneren, einander zugewandten Seiten der Wirbel bewegen). Eine klare Entscheidung aus den Beobachtungen ist nicht möglich, da noch niemals der Rotationssinn mehrerer gleichzeitig nebeneinander auftretender Tromben mit hinreichender Sicherheit beobachtet worden ist.

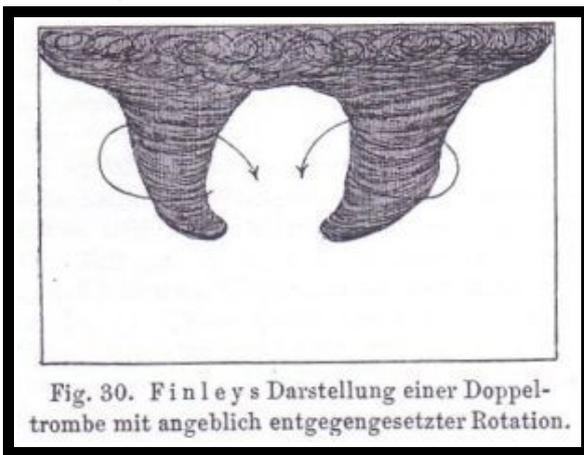


Fig. 30. Finleys Darstellung einer Doppel-trombe mit angeblich entgegengesetzter Rotation.

(Finley (Report of the Tornadoes of May 29 and 30, 1879 in Kansas, Nebraska, Missouri and Iowa. Professional Papers of the Signal Service No. 4, Washington 1881) bringt die in Fig. 30 wiedergegebene Skizze zweier unmittelbar benachbarter Tromben, wobei durch Pfeile eine entgegengesetzte Rotation derselben angedeutet wird. Es heißt dazu: „Captain Armstrong, who witnessed the approach of the storm at this point, stated that the dark cloud seemed to be formed of two wings One on the N. and the other on the S. side, propelling the central body along by an alternate upward and downward movement towards the ground, first one wing descending and then the other in an awkward, flopping manner, whirling all objects in opposite directions inward towards the Center“.

Der Abstand dieser beiden Flügel ist kleiner als derjenige von Schwestertromben, ihre Form eine andere, und Abbildung wie Beschreibung legen die Vermutung nahe, daß die beiden Flügel nur die Seitenwände eines großen Rohres darstellen, welches bei dichterem Wolkenerfüllung dasselbe Bild gäbe wie Fig. 7, S. 50.

Die Bewegung müßte dann allerdings unrichtig aufgefaßt sein. Dies ist unter den ausländischen Beobachtungen, die ich kenne, die einzige, in welcher eine entgegengesetzte Rotation zweier benachbarter Tromben behauptet wird.)

Bei A 13 schließt der Verfasser, "daß die Windhose, welche durch die Mitte des Ortes [Süsel] ging, auf der W-Seite, in $\frac{1}{4}$ Stunde Entfernung, von einer zweiten schwächeren mit entgegengesetzter Drehung begleitet wurde", allein der Hauptgrund, diese zweite Windhose anzunehmen, die keine Spur hinterließ, besteht darin, daß die an der betreffenden Stelle tätigen Arbeiter den Regen erst aus W, dann über N aus E bekamen. Es ist viel wahrscheinlicher, daß es sich hierbei um die früher besprochene Windgrenze handelt, die in der Nähe der Trombe häufig auftritt. Andere Beobachtungen für paarweise Zusammengehörigkeit mit entgegengesetzter Rotation habe ich in den europäischen Beschreibungen nicht gefunden. Und andererseits scheint alles gegen eine solche zu sprechen: In der weitaus größten Zahl der Fälle wird ja überhaupt nur eine Trombe beobachtet; in unserer Tabelle auf S. 144 ist keine Bevorzugung der geraden Zahlen vor den ungeraden zu erkennen, sondern es zeigt sich nur, daß die Häufigkeit um so mehr abnimmt, je größer die Anzahl der Schwestertromben wird. Es wurde ferner schon früher darauf hingewiesen, daß häufig eine einzige große Trombe aus dem Zusammenschluß einer Anzahl kleinerer entsteht; damit ist jedenfalls erwiesen, daß die Ausbildung einer größeren Zahl paralleler und gleichsinnig rotierender Wirbel keine Seltenheit ist; und da wäre es wohl eine unnatürliche Annahme, wenn man in den Fällen, wo diese Einzelwirbel sich nicht vereinigen, sondern als selbständige Tromben zur Erde herabreichen, entgegengesetzte Rotation annehmen wollte. Und schließlich zeugen auch die im folgenden zu besprechenden Teilungen und Vereinigungen von Tromben für gleichsinnige Rotation.

Teilung. Es kommt nämlich nicht selten vor, daß sich von einer breiteren Trombe eine schmalere abspaltet, ähnlich wie eine Teildepression sich von der Hauptdepression abgeschnürt. Dabei müssen wir offenbar annehmen, daß die beiden Wolkensäulen, solange sie noch nahe bei einander sind, noch von einem gemeinsamen Mantel umgeben werden, so daß als Übergangsstadium eigentlich eine Trombe mit zwei (auch mehreren) Kernen resultiert. Die Lostrennung kann eine definitive sein, es kann aber auch nach kurzem getrennten Lauf wieder zu einer Vereinigung kommen. Und endlich können sich auch zwei benachbarte Tromben, die von Anfang an getrennt entstanden waren, im Verlaufe der Bewegung vereinigen. Diese für die Gesamterscheinung der Tromben sehr wichtigen Beobachtungen seien im folgenden ausführlich mitgeteilt (Wie überhaupt stets bei den im Ausdruck oft unvollkommenen Trombenbeschreibungen, so ist auch besonders bei der Frage der Teilung Kritik nötig, um Mißverständnissen zu entgehen. Oft besteht nämlich die „Teilung“ darin, daß der mittlere Teil der Trombe unsichtbar wird, so daß nur noch Wolkenzapfen und Staubfuß übrig bleiben.

Z. B. heißt es bei Nr. 74: „Vom Dorfe Lambre an teilte sich der Wirbelwind in zwei Teile; der eine zerstreute sich in der Luft, der andere, welcher einer von heftigem Nordwestwinde fortgetriebenen Wolke gleich [offenbar der Staubfuß 1], gelangte zu der drei Meilen entfernten Stadt Lillers, wo er gegen 200 Bäume ausriß und sich dann gleichfalls zerstreute“. — Oder bei Nr. 102: „Endlich teilte sich der Schlauch in zwei Teile, deren einer in die Höhe stieg, der andere sich gegen die Erde zog.“). Gleich bei dem ersten Bericht wird die gleichsinnige Rotation der beiden Teiltromben ausdrücklich hervorgehoben.

129. „Bisweilen schien das Wolkenseil etwa 20 m vom Boden hochgezogen zu werden, und nach Überschreitung des Sees teilte es sich, so daß ein dünneres Seil oder Säule von gleichgerichteter Rotation sich ablöste. Das dünnere war noch drei bis vier Minuten sichtbar und ging in nördlicher, daß größere erst in westlicher und dann in nordwestlicher Richtung weiter (s. Fig. 3, S. 36). Die Zerstörungsspuren zeigen, daß das größere einen Durchmesser von etwa 24 m, das kleinere von 6 m hatte. Letzteres verfolgte seine nördliche Hauptrichtung mit wunderlichen Ausbuchtungen, die am augenfälligsten bei der Kirche von Nöttja waren.“ Hier ist die Teilung also nicht nur von Augenzeugen beobachtet, sondern auch durch die Spur nachgewiesen.

128. Auch bei dieser Trombe wird von mehreren Augenzeugen an verschiedenen Stellen der Bahn beobachtet, wie sich schmalere Wirbel von dem großen abzweigen, um sich nach kurzer Zeit wieder mit ihm zu vereinigen. Das gleiche schließt Fineman aus der Fallrichtung der Bäume, teilweise an denselben Stellen, an denen die Abzweigung direkt gesehen wurde. Bisweilen erscheint der Hauptwirbel überhaupt als ein Konglomerat zahlreicher Einzelwirbel.

Nur ein Beispiel direkter Beobachtung: „In der Nähe von Traneryd teilte sich die Säule in drei Säulen, deren eine, größer und schwärzer als die anderen, diesen vorausschritt, deren Färbung eine hellere war. Sie vereinigten sich indessen wiederum kurz vor dem See“ ... Nach den Spuren schweiften die kleineren Wirbel auch seitwärts von der Bahn ab.

24. [In Peltiers Darstellung]. „Sie [die Säule] teilte sich einmal in drei verschiedene Säulen, welche sich dann wieder zu einer einzigen vereinigten.“

In dem folgenden Bericht entsteht die Trombe erst aus der **Vereinigung** zweier Zapfen und spaltet in ihrem weiteren Verlauf wieder Satelliten ab:

207. „Drei Leute, die an einem „Svensbacken“ genannten Orte gearbeitet hatten, erzählten, daß sie um 4^h 10 nachmittags zwei Wolken, die eine von Westen, die andere von Osten kommen sahen [NB. sie standen selbst nördlich, konnten also nur westliche und östliche Bewegungskomponenten wahrnehmen], welche sich vereinigten und sich am westlichen Ufer des Ekta-Sees bis zur Erde herabsenkten . . .

„Beim Überschreiten des Viared-Sees wurde die Trombe von mehreren Personen beobachtet. Einige glaubten eine gewisse Ähnlichkeit zwischen dieser Trombe und einem Korkenzieher entdecken zu können, andere verglichen sie mit einer Wendeltreppe. Einer dieser Satelliten war nach Sjövik (dicht links der Bahn) gelangt, wo er einige Bäume umgeworfen hatte, die fast im Kreise lagen. Es scheint, daß er sich an dieser Stelle aufgelöst hat.“

126. „Einige Wolken haben sich von den anderen abgelöst und getrennte Wirbel gebildet.“

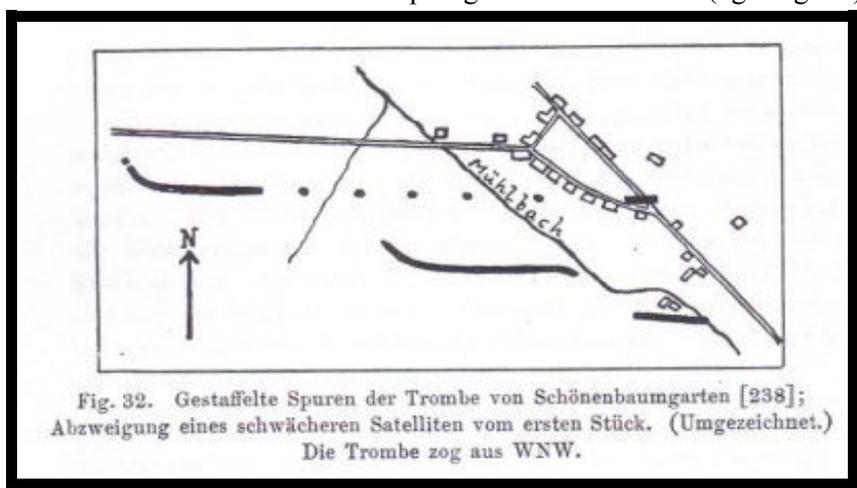
A 1. Bei der Windhose von Mangschütz schloß der Beobachter, der nur nachträglich die Spur (Fig. 31) gesehen hat, daß zwei Wirbel, die von verschiedenen Seiten in den Wald eingetreten waren, sich hier vereinigt hatten. In der Mitte des Waldes muß wiederum auf kurze Zeit eine Spaltung eingetreten sein, da sich hier mitten in der Gasse eine Insel unbeschädigter Stämme vorfand. In der Beschreibung des Augenzeugen Oberförster Kirchner heißt es: „Von Zeit zu Zeit schienen im Walde kleinere Wolken neben der Wirbelsäule aufzusteigen, ähnlich den Rauchwolken eines Kanonenschusses, die sich dann mit der Wirbelsäule vereinigten“. Die abgespaltenen Wirbel scheinen hier also nicht mehr durch Kondensation, sondern nur durch ihren Staubfuß sichtbar geworden zu sein.

Bei den bisherigen Beobachtungen war die Abspaltung einer Teiltrombe direkt gesehen. In einer Reihe anderer Fälle konnte sie wenigstens in der Zerstörungsspur nachgewiesen werden.

208. Die (hier nicht wiedergegebene) kartographische Darstellung der Zerstörungsspur dieser Trombe (bei Old Lodge) zeigt einen schmalen und bald erlöschenden Seitenarm, der sich 70° von der Hauptspur nach links abzweigt, ohne daß letztere dabei abgelenkt oder verengt wird. Im Text wird diese Erscheinung aber nicht erwähnt.

A 3. Auch bei dieser Trombe (von St. Claude) wurden an mehreren Stellen kurze Abzweigungen der Zerstörungsspur, und zwar sowohl nach rechts als auch nach links, beobachtet, wie man an der im elften Kapitel (Fig. 77) wiedergegebenen Kartenskizze erkennen kann.

Auch die folgende Beschreibung führt zur Annahme von Satelliten, die sich immer dann ablösen, wenn die Haupttrombe unter Abheben vom Erdboden einen Sprung nach rechts macht (vgl. Fig. 32):



238. „Nach einem Marsch von etwa 200 m in westöstlicher Richtung überschritt sie ein bewaldetes Tobel, um dann in der bisherigen Bewegungsrichtung zu verschwinden. Ungefähr 430 m in der östlichen Verlängerung der ersten Zerstörungstrecke wurde ganz vereinzelt noch ein Bäumchen unmittelbar über dem Boden abgedrückt. Jenseits des Tobeis setzte die Erscheinung etwa 90 m rechts seitwärts wieder zerstörend ein und wieder in westöstlicher Richtung eine Reihe der schönsten Bäume dem Tode weihend; zwei solche wurden sogar aus dem Boden ausgehoben und fortgetragen. Am Ende dieser zweiten, etwa 230 m langen Zerstörungstrecke schien sich das Phänomen nochmals zu teilen. Geradeaus wurde in einiger Entfernung noch ein kleiner Baum gebodigt und weidenes Vieh in Angst und Schrecken versetzt: ca. 60 m rechts seitwärts dagegen begann die Verwüstung zum dritten Male.“

Weniger deutlich ist Nr. 177: hier läßt sich die Spur im Walde (vgl. Fig. 33) entweder als eine große Schleife auffassen, die ein einzelner Wirbel beschrieben hat, oder, was wahrscheinlicher sein dürfte, als Auflösung des Wirbels in eine Anzahl kleinerer.

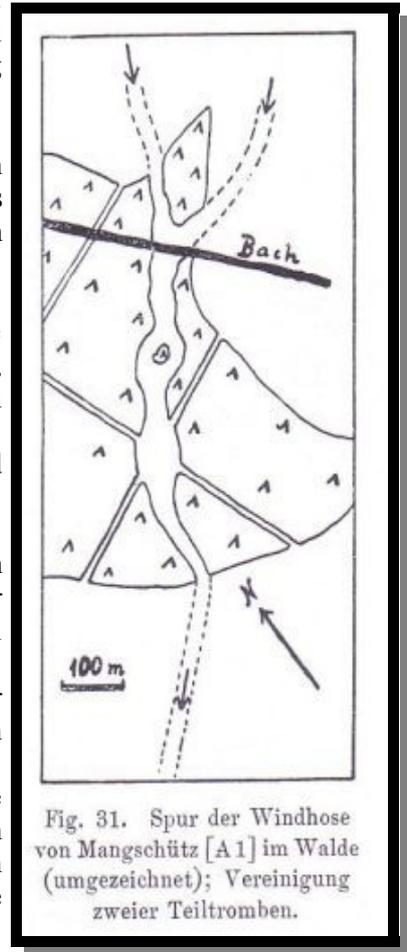
Schon bei der oben angeführten Beobachtung A 1 (Fig. 31) hatten wir an einem Waldrande ein gutes Beispiel für Vereinigung zweier anfangs ganz getrennter Tromben. Weitere Beispiele für solche Vereinigungen sind folgende:

16. „ . . . sah man in Capestang . . . eine ziemlich schwarze Säule, die von der Wolke zur Erde hinabstieg und sich nach der Erde zu verjüngte, wo sie in einer Spitze endigte . . . Es erschien eine andere Säule von derselben Form; aber sie vereinigte sich bald mit der ersten, und nachdem das ganze verschwunden war, fiel starker Regen und Hagel.“

241. [Vereinigung zweier blinder Tromben.] „Auf einmal begann sich auf der Oberfläche des Sees ein kleiner Wirbel zu bilden, der immer mächtiger wurde, und einen zweiten, der nicht weit abseits davon sich ausgebildet hatte, in sich aufnahm.“

Im Grunde genommen gehören natürlich auch diejenigen früher besprochenen Fälle hierher, in denen sich die Trombenbildung durch Vereinigung mehrerer Wolkenzapfen vollzieht.

Die Berichte über Teilungen stammen alle vom Lande, während die Vereinigung mehrerer Wolkenzapfen zu einer Trombe auch auf dem Meere beobachtet ist. Es scheint also, als ob letzterer Prozess „von selbst“ eintreten kann, während bei ersterem vielleicht die größere Reibung am Erdboden eine Rolle spielt.



Zu unterscheiden von den im vorhergehenden besprochenen mehrfachen Tromben sind die **Wiederholungen ein und derselben Trombe** nach kürzerem Abheben vom Boden oder gar Verschwinden in der Wolke. Ein solches hüpfendes Vorwärtsschreiten, durch welches die Zerstörungsspur intermittierend wird, ist eine sehr häufige Erscheinung. Sie zeigt deutlicher als alles andere, daß die Entstehung des Wirbels nicht am Erdboden zu suchen ist, sondern in höheren Schichten. Von den zahlreichen Beispielen seien nur einige wenige angeführt:

74. „Indem sie ihren Weg in der Art einer Kugel fortsetzte, die gegen die Erde schlägt und abprallend sich wieder erhebt. . . hob sich die Trombe vom Boden ab, um nach einer Wegstunde und einige Male auch nach zwei Wegstunden ihre Verheerungen aufs neue zu beginnen. . .“

106. „Indessen erreicht sie auf ihrem Marsch nicht immer in gleicher Weise den Boden; sie bewegt sich gleichsam ricochierend.“

110. Bei dieser Trombe lagen die zerstörten Objekte mit unbeschädigten Zwischenräumen von 30 bis 300 in.

189. „Der Wirbelwind schien sich eine halbe [engl.] Meile hinter uns in die Luft hinaufzuziehen, kam aber etwa 1 ½ südlich von uns wieder zum Boden herab, wo er wieder enorme Verwüstungen verursachte, obwohl außerhalb seiner schmalen Spur kein Baum angerührt war.“

In einigen dieser Beobachtungen scheint das Abheben und Niedersinken der Trombe sich in Form von rhythmischen Schwingungen zu vollziehen; es wäre nicht undenkbar, daß diese Schwingungen gleichzeitig mit den cykloidalen Ausbuchtungen der Spur entstehen, von denen später die Rede sein wird. Allein die Beobachtungen reichen wohl nicht aus, um hierüber Gewißheit zu verschaffen, und in vielen Fällen geschieht das Abheben jedenfalls unregelmäßig.

Bei Nr. 234 ist offenbar das Gelände die Ursache. Hier hob sich nämlich die Trombe unmittelbar nach Passieren des Gebirgskammes ab; sie behielt also anscheinend dieselbe Länge, die sie bei Überschreitung des Kamms gehabt hatte; erst 5 km jenseits desselben hatte sie sich dann wieder so weit nach unten verlängert, daß sie den hier Viel tieferen Boden wieder erreichte. Übrigens heißt es in dieser Beschreibung weiter:

„Derart zog diese Windhose in hüpfenden, sich windenden Bewegungen ihren Weg weiter gegen NW, indem selbe teilweise auf der Erdoberfläche, andererseits wieder in höheren Luftregionen ihr Unwesen trieb, bis sie sich an der böhmisch-sächsischen Grenze verlor.“

Auch bei Nr. 238 erscheint das Gelände als Ursache des Abhebens, denn letzteres tritt gerade beim Überschreiten eines Tobels ein.

Nicht selten löst sich auch die Trombe ganz auf, statt sich nur abzuheben, um dann, offenbar aus derselben Wurzel, aufs neue herabzuwachsen. Ein Beispiel dafür ist die folgende Beobachtung:

241. „Die Erscheinung dauerte ungefähr 20 Sekunden, um sich nach Zusammenbruch des ersten Wirbels gleich wieder, aber mit verminderter Kraft, neuerdings auszubilden.“

Zur Ergänzung des Bildes sei auch noch eine andere Beobachtung angeführt, bei welcher die Trombe, offenbar durch An- und Abswellen der Rotationsgeschwindigkeit, zeitweise blind wird:

118. Nach Beschreibung der ersten Erscheinung heißt es: „Und dann war es vorbei, und das weiter gehende kochende Wasser [d. i. der immer noch bestehende Fuß der jetzt blinden Trombe] empfing wieder einen schwarzen Faden aus den Wolken, und dieser trieb rasch über die See . . . Und es war wieder vorüber. Aber das kochende Wasser darunter zog wieder ein Band, ein ganz, ganz dünnes zu den Wolken, das sich dann losriß, in Weiß übergang, dahinging und verging. Und noch ein viertes Mal bildete sich dann ein solches.“

Ist der Zeitunterschied zwischen beiden Erscheinungen erheblicher (wie z. B. bei Nr. 194, wo er 25 Minuten beträgt), so wird die Entscheidung, ob es sich um dieselbe Trombe oder um eine neue handelt, natürlich sehr unsicher. Ganz besonders ist dies der Fall, wenn die **Spuren gestaffelt** liegen, was häufig vorkommt. Dann hat man die Wahl zwischen der Annahme, daß die Trombe nach dem Abheben einen Seitensprung gemacht hat, oder daß es sich um eine Reihe von Tromben handelt, die dann nicht gleichzeitig, sondern nach einander in Erscheinung getreten sind. Die Annahme von Seitensprüngen wird von Hess bei Nr. 238 vertreten. (vgl. Fig. 32).

Die ganz ähnlich gestaffelten Spuren bei Nr. 178 (vgl. Fig. 9) müssen dagegen wohl von Schwestertromben oder gar von Doppelgängern abgeleitet werden.

Die Staffelung der Spur in den beiden angeführten Fällen ist auch noch insofern interessant, als die spätere Trombe beide Male mehr rechts liegt. Vielleicht hängt dies mit dem früher besprochenen Umstände zusammen, daß die Tromben mit dem unteren Winde mehr links wandern als das Gewitter; die Neubildung, die natürlich an das letztere gebunden ist, setzt möglicherweise aus diesem Grunde rechts von der früheren Trombenspur ein.

KAPITEL 8
Dr. Alfred Wegener
Wind- und Wasserhosen in Europa

Die Spur der Trombe.

Der Asgardsweg. Aus dem Zerstörungstreifen, den die wandernde Trombe hinterläßt, kann man eine Reihe von Schlüssen ziehen, was gerade deshalb große Bedeutung hat, weil diese Beobachtungen vom Fachmann angestellt werden können. Im Hochwald bricht die Trombe meist eine scharf begrenzte Gasse, die durch ihre Regelmäßigkeit und ihren Gegensatz zu den unversehrten Beständen dicht daneben die auffälligste Form bildet, die ein Windbruch annehmen kann. In den meisten Fällen wird eine vollkommene Allee von wenig über 100 m Breite fast geradlinig durch den Wald gelegt. In Schweden, wo durch die relativ große Trombenhäufigkeit, den Waldreichtum und die Zusammensetzung der Wälder aus den weniger widerstandsfähigen Fichten besonders günstige Bedingungen für das Zustandekommen solcher Waldgassen gegeben sind, werden diese von den Bauern als „Asgardswege“ bezeichnet; die Asen von Asgard haben hier ihren Weg genommen.

Die verfügbaren Angaben über die Breite dieses Asgardsweges sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Spurbreite auf Land¹⁾.

| Nr. | Spurbreite m | Bemerkungen | Nr. | Spurbreite m | Bemerkungen |
|--------|-----------------|---|--------|-----------------|---|
| 185 II | 2300 | | 15 | 82 | 73—91 m. |
| 185 I | 1000 | 800—1200 m. | 78 | 81 | 72—90 m. |
| 6 | 692 | 465—930 m. | 151 | 80 | |
| 207 | 600 | 450 u. 500—1000 m. | 144 | 78 | 100 u. 50—60 m. |
| 180 | 500 | 400—600 m. | 234 | 60 | |
| 128 | 400 | 50—750 m. | 110 | 60 | Einige Male kleiner, beim Verschwinden viel größer. |
| 65 | 300 | | | | |
| 201 | 300 | | | | |
| 228 | 300 | | 225 | 55 | |
| 189 | 274 | | 229 | 50 | |
| 196 | 225 | 150—300 m. | 231 II | 50 | |
| 108 | 214 | Im einzelnen: 30 bis 40, 60, 220, 307, 400—500 m. | 172 | 49 | |
| | | | 54 | 48 | |
| 80 | 184 | | 176 | 45 | 40—50 m. |
| 17 | 180 | | 115 | 44 | 40—48 m. |
| 126 | 151 | | 104 | 40 | |
| 81 | 150 | Feld 50, Dorf 250 m. | 175 | 40 | |
| 168 | 138 | 112—160 m. | 231 I | 40 | |
| 140 | 100 | | 5 | 30 | |
| 243 | 100 | | 158 | 30 | |
| 204 | 91 | | 232 | 30 | |
| 208 | 91 | Im einzelnen: 90, 108, 95, 81, 60 m. | 233 | 30 | |
| | | | 74 | 24 | |
| 178 | 87 | Im einzelnen: 74, 80, 88, kaum 40, < 30, 160, 120 bis 160 m. | 129 I | 24 | |
| | | | 173 | 16 | |
| | | | 85 | 11 | 8—14 m. |
| | | | 97 | 9 | 8—10 m. |
| 165 | 85 | | 129 II | 6 | |
| | | | 107 | 6 | |

1) Hierzu kämen noch folgende Werte aus dem Anhang:

A 1. Im Walde 40 – 60 m.
 „Wo die Wirkung des Meteors eine schwächere gewesen, da erscheint seine Ausdehnung größer.“

A 3. 1500, 1000, 1000, 1000, 850, 800, 650, 550, 200, 200 m.

A 13. 160 m (am Anfang nur 12 m, am Ende nur 50 m).

A 14. 104, 48, 160, 240, 80, 280, 750, 360, 230, 800 m.

Die Extreme sind 6 m und 2300 m, das Gesamtmittel 192 m.

Diese Zahlen sind wesentlich kleiner als die von Finley (a. a. O.) für die Tornados in Nordamerika gefundenen. Die Extreme für letztere sind nämlich 3 und 3200 m, und das Mittel beträgt 418 m, ist also mehr als doppelt so groß wie das für Europa.

Der Unterschied würde noch auffallender sein, wenn in Europa die Windhose von Novska (Nr. 185) nicht beobachtet worden wäre; denn dann würde sich nur 131m ergeben, also noch nicht ein Drittel des amerikanischen Mittelwertes.

Besonders häufig kommen in Europa Werte zwischen 30 und 50 m (13 Fälle) vor, ferner solche zwischen 78 und 91 m (8 Fälle) und vielleicht solche von etwa 300 m. Die erstgenannte Häufung könnte zwar auf eine Abrundung auf 100 Fuß zurückgehen, allein eine ähnliche Gruppierung ist bisweilen auch in den Einzelwerten ein und derselben Trombe zu erkennen, so z. B. bei Nr. 81 und bei 178. Die Werte der letzteren lassen sich z. B. in folgende drei Gruppen teilen:

- A. 30, 40 m, B. 74, 80, 88 m, C. 120—160, 160 m.

Wie weiter unten zu zeigen ist, zerfällt die Spur der Trombe in eine Mittel- und zwei Randzonen, die sich durch die Fallrichtung der Bäume unterscheiden. Es liegt nahe, die Stufen der Spurbreite damit in Zusammenhang zu bringen, daß die Randzonen zuweilen aussetzen oder ganz ausbleiben.

Einige Beobachtungen legen diese Auffassung in der Tat nahe, z. B. Nr. 108, wo der Mittelstreifen schon etwa 150 bis 200m früher begann als die Randzonen. Bei Nr. 231 I, wo die Spurbreite nur 40 m betrug, wird ausdrücklich hervorgehoben, daß alle Bäume in der Zugrichtung gefallen waren, was dem Mittelstreifen entspricht. Die weiter unten mitgeteilten Abbildungen der verschiedenen Trombenspuren im Walde dürften gleichfalls diese Ansicht stützen, daß durch Ausbleiben der Randzonen mitunter die Spurbreite in drei Stufen variiert.

| Nr. | Spurbreite m | Bemerkungen |
|--------|-----------------|-------------|
| 117 | 928 | 75—120 m. |
| 91 | 98 | |
| 73 | 50 | |
| 115 | 40 | |
| 53 | 39 | |
| 198 | 4 | 3—6 m. |
| Mittel | 193 | |

Es ist von großem Interesse, der Spurbreite auf dem Lande diejenige auf dem Wasser gegenüberzustellen. Leider ist man hier auf Schätzungen angewiesen, die noch dazu meist aus größerer Entfernung erhalten sind. Nur in den sechs angeführten Fällen ist bei Wasserhosen der Durchmesser der erregten Wasserfläche angegeben. Die Extreme sind etwas kleiner als diejenigen für Windhosen auf dem Lande, aber der Mittelwert ist zufällig genau der gleiche.

Der geringe Durchmesser der Zerstörungsspur und damit auch des Luftwirbels kennzeichnet die Tromben als bloße Begleiterscheinungen des Cumulo-Nimbus. Insbesondere würde schon aus diesen Dimensionen zu schließen sein, daß die Tromben nicht den aufsteigenden Luftstrom der Hagelturmwolke darstellen; denn die Breite der Hagelbahnen beträgt z. B. nach Beobachtungen in Steiermark und Kärnten 4 bis 27km; am häufigsten kommen 9 bis 10km vor.

Auch ein einzelnes Beispiel, die Trombe von St. Claude (Nr. A 3) gibt nach der im elften Kapitel (Fig. 77) dargestellten Kartenskizze als Breite der Hagelbahn etwa 10 km bei nur 0,78 km mittlerer Spurbreite der Trombe. Diese Dimensionen lassen sich nicht in Übereinstimmung bringen. Dagegen stellt die Breite der Hagelspur eine ähnliche Größe dar wie die Entfernung, bis zu welcher leichte Gegenstände von der Trombe entführt werden, und wird hierdurch vergleichbar mit der Länge der horizontalen Tromben, worauf später zurückgekommen werden wird. Auch diese Beziehung charakterisiert die Trombe aber als Randwirbel.

Die Fallrichtung der Bäume, welche durch die Trombe zu Boden gestreckt werden, gestattet es, die Richtung des Windstoßes zu bestimmen, und wenn man auch bei einem einzelnen Baum vielleicht großen Fehlern ausgesetzt ist, so leuchtet doch ein, daß bei einem „Asgardsweg“ durch eine Aufnahme der Fallrichtung ein leidliches Bild von der Bewegung im untersten Teil der Trombe gewonnen werden kann. Das beste Material hierfür liefern die schwedischen Tromben; Thure Wigert sagt mit Recht: „Nirgends werden die Spuren der Tromben so regelmäßig und typisch, als in den nordischen Tannen- oder Fichtenwäldern“. Der Grund ist wohl in der geringeren Biegsamkeit des Fichtenholzes, vielleicht auch in ihrer flachen Wurzelanlage zu suchen, welche bewirkt, daß diese Bäume leichter entwurzelt werden als Laubholz.

Indessen sind ähnliche Beobachtungen auch hier und da in anderen Ländern gemacht worden und haben dann merkwürdigerweise meist Verwirrung gestiftet. Die Fallrichtung der Bäume läßt nämlich, wie wir vorwegnehmen wollen, fast gar keine Rotation, sondern hauptsächlich nur ein Hinzuströmen zur Achse erkennen, und dies hatte zur Folge, daß gerade in Fällen mit besonders schönen Trombenspuren im Walde die Rotation überhaupt bezweifelt oder geleugnet wurde.

Dies war z. B. im Jahre 1845 der Fall bei der Trombe Nr. 108, deren Spur 14 Tage nach dem Ereignis von Pouillet untersucht wurde. Es zeigte sich dabei eine Mittelzone mit größter Windstärke, in welcher die Bäume in der Richtung des Fortschreitens gefallen waren, und zwei Randzonen, wo sie senkrecht dazu nach innen gefallen waren, und die Windstärke etwas geringer gewesen war. Dabei war die rechte Randzone doppelt so breit wie die linke (und letztere nach einer Angabe ebenso breit, nach einer anderen dreimal so breit wie der Mittelstreifen). Obwohl nun Augenzeugen ausdrücklich von einem rotierenden Wolkenrichter berichteten („Dann bildete sich ein riesenhafter [umgekehrter] Kegel, dessen Spitze zur Erde herabstieg, und der sich mit fürchterlicher Geschwindigkeit um sich selbst drehte.“), schließt Pouillet aus diesen Fallrichtungen der Bäume, es könne keine Trombe gewesen sein, da in der Spur keine Rotation erkennbar sei, und nennt die Erscheinung deshalb „das Meteor von Malaunay.“

Obwohl in neuerer Zeit die zahlreichen schwedischen Trombenberichte gezeigt haben, daß alle Trombenspuren im Walde dieselbe Eigentümlichkeit zeigen, hat Heß im Jahre 1913 bei der nachträglichen Untersuchung der Spur der Trombe Nr. 238 wiederum auf Fehlen der Rotation geschlossen, wobei er sich der auch von Peltier gebrauchten Bezeichnung „nichtrotierende Trombe“ bedient.

Es wird später gezeigt werden, daß bei richtiger Fragestellung und genügender Vorsicht sich der Rotationssinn sehr wohl aus der Trombenspur ableiten läßt, wenn diese auch auf den ersten Blick nur ein Hinzuströmen zur Achse zeigt. Bevor wir aber hierauf eingehen, mögen die wichtigsten

Beobachtungen der Reihe nach besprochen werden.

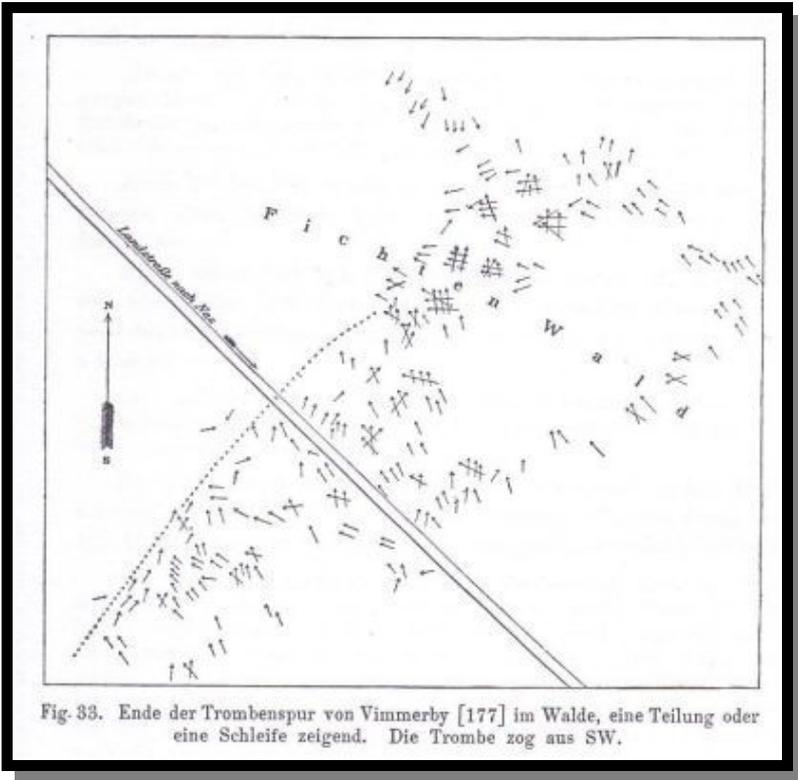


Fig. 33. Ende der Trombenspur von Vimmerby [177] im Walde, eine Teilung oder eine Schleife zeigend. Die Trombe zog aus SW.

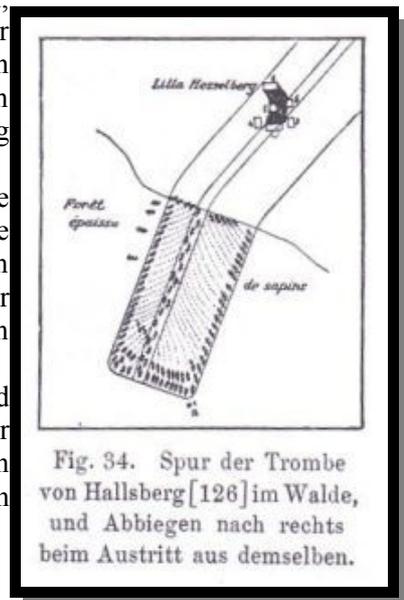


Fig. 34. Spur der Trombe von Hallsberg [126] im Walde, und Abbiegen nach rechts beim Austritt aus demselben.

126. Trombe von Hallsberg in Schweden. Die in Fig. 34 abgebildete Spur bei Lilla Hesselberg wird von Hildebrandsson folgendermaßen beschrieben:

„Auf einem rechteckigen Raum, der sich sehr regelmäßig von SSW nach NNE erstreckte, waren alle Bäume umgeworfen. Dieser Raum hatte 510 schwedische Fuß (151 m) Breite und ungefähr 1000 Fuß Länge. Die Zahl der gefallenen Bäume betrug mehr als 1000. Die Mehrzahl von ihnen war mit den Wurzeln umgelegt; indessen fanden sich an den beiden Seiten des verwüsteten Raumes mehrere, die in der Mitte abgebrochen waren. Die nächsten Bäume, die stehen blieben, hatten sichelförmig gekrümmte Spitzen, die nach einwärts gegen die Mittellinie des verwüsteten Raumes gebogen waren. Im Innern des "Waldes, wo die Bewegung begonnen hatte, lagen die Bäume alle im Sinne der Bahnrichtung, also von SSW nach NNE, und diese Richtung wurde auf einem Streifen von 60 Fuß (18 m) Breite bewahrt. Diese Mittellinie, oder Projektion des Zentrums, lag dem linken Rande näher als dem rechten, und zwar im Verhältnis 70 : 135. Beiderseits dieses Streifens, von einem Punkt 100 Fuß (29 m) vom Anfange bis zum Waldende, waren die Bäume nach innen umgelegt. Am äußeren rechten Rande fand ich mit dem Kompaß eine mittlere Richtung von SE nach NW, und am linken Rand von WSW nach ENE. Der rechte Rand war sehr scharf begrenzt, der linke dagegen unregelmäßiger, und ich fand hier einzelne Bäume, die senkrecht auf die Bahn des Zentrums gefallen waren.“

Hildebrandsson hebt selbst hervor, daß diese Spur hauptsächlich nur von einem Hinströmen zur Achse zeugt. Wie hier vorweggenommen sei, ist aber die ungleiche Ausbildung der beiden Randzonen auf eine, wenn auch kleine rotatorische Zusatzgeschwindigkeit zurückzuführen, die auf der rechten Seite im Sinne des Fortschreitens, auf der linken im entgegengesetzten Sinne wirkt, also zyklonaler Rotation entspricht. Letztere wurde in der Tat an dem Wolkentrichter von mehreren Augenzeugen beobachtet.

139. Bei der Trombe von Strömsberg wurden die in Fig. 35 wiedergegebenen Fallrichtungen beobachtet. Davon gibt die Darstellung oben links fast das gleiche Bild, wie das vorangehende Beispiel. Die Fallrichtung auf den beiden Seiten ist hier sogar senkrecht zur Zugrichtung. Außer der schwächeren Ausbildung der linken Seite ist noch eine besondere Eigentümlichkeit zum Ausdruck gebracht: Während auf der linken Seite schon unmittelbar neben dem Mittelstreifen die Bäume im rechten Winkel zur Zugrichtung gefallen sind, haben sie auf der rechten Seite zunächst eine schräge Lage. Auch dies entspricht, wie später zu zeigen ist, einer geringen zyklonalen Drehung.

Die andere Hälfte der Figur zeigt fast nur die rechte Seite und veranschaulicht so die größere Sturmstärke rechts. Außerdem scheinen am Punkte *a* die links liegenden Bäume anzudeuten, daß die Trombe hier eine Zeitlang still gestanden hat, denn die Fallrichtungen entsprechen hier einem fast geschlossenen Wirbel.

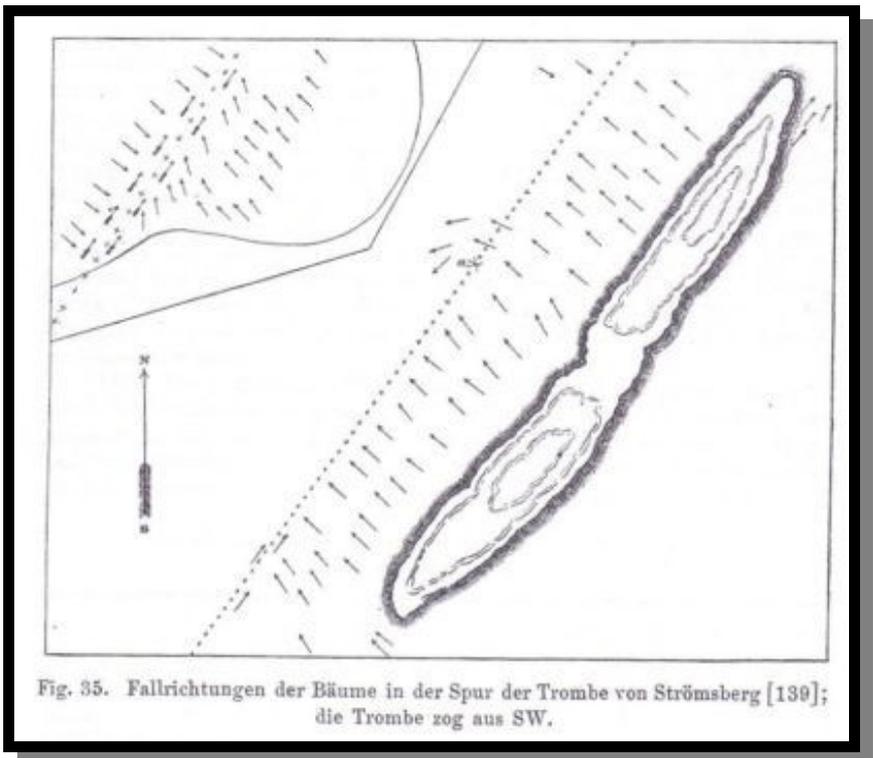
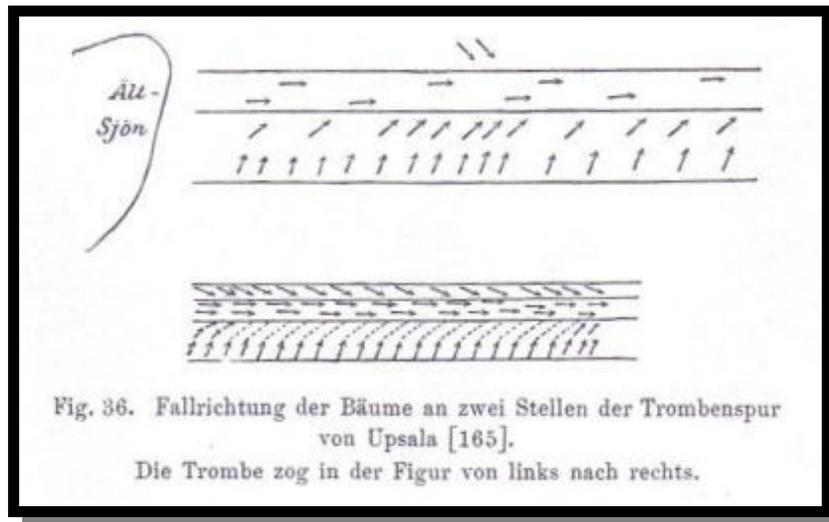


Fig. 35. Fallrichtungen der Bäume in der Spur der Trombe von Strömsberg [139]; die Trombe zog aus SW.

165. Die Trombe von Upsala zeigt wieder fast das gleiche Bild. Es genügt, einen Teil der Originalfiguren hier wiederzugeben (Fig. 36). Die Bäume der linken Randzone sind aus NW, die in der Mitte aus W, d. h. übereinstimmend mit der Zugrichtung, und diejenigen der rechten Randzone zunächst aus SW, und weiter nach dem Rande zu aus SSW gefallen. Der in der unteren Figur dargestellte Schadenraum hatte 450 m Länge und 85 m Breite. Die Regelmäßigkeit in der Lage der gestürzten Bäume war eine ganz auffallende.



129. Etwas anders sind die Fallrichtungen bei der Trombe von Nöttja, deren ausführliche Beschreibung bereits im zweiten Kapitel mitgeteilt wurde. Die dort auf S. 37 wiedergegebene Fig. 4 erläutert Pastor Rydeman mit den Worten: „Die abgebrochenen Stämme standen in der Regel an den Seiten der Gasse, welche durch die entwurzelten Bäume gebildet wurde. Die Gipfel der nächststehenden Bäume waren teils geknickt, teils geköpft. Die entwurzelten Bäume lagen in der Mitte in der Richtung, in welcher sich die Trombe bewegte, auf der linken Seite teilweise in entgegengesetzter Richtung [nach der Figur doch nur schräg von vorn. W.], doch meist nach innen zu, quer über die in der Mitte liegenden Stämme. Auf der rechten Seite lagen fast alle quer über den in der Gasse liegenden.“ In diesem Fall ist die rechte Seite nicht breiter als die linke; es besteht aber doch eine systematische Unsymmetrie der beiden Randzonen, und das Auftreten eines schräg von vorn kommenden Stoßes auf der Unken Seite entspricht wieder der zyklonalen Rotation. Unerklärt ist, daß die Bäume der linken Randzone später als die der Mittelzone fielen.

207. Bei der Trombe von Boras, wo die Fallrichtungen die gleiche Regelmäßigkeit zeigten, war der Zentralstreifen 40 m breit, der rechte Randstreifen mit Fallrichtungen schräg von rechts hinten 260 m, der linke mit solchen schräg von links hinten 150 m breit; bei letzterem „war die Verwüstung nicht vollständig, indem die kleineren Bäume stehen blieben und nur die großen fielen“.

176. Die Bäume liegen in der Zugrichtung.

208. Bei dieser aus SSW ziehenden Trombe fiel die Mehrzahl der Bäume aus SSE oder SE; auf der Karte, die hier nicht wiedergegeben werden kann, läßt sich erkennen, daß sie fast alle der rechten Randzone angehören, die hier mehrmals für sich allein in Erscheinung getreten ist.

144. Bei dieser aus SSE ziehenden Trombe sind die Bäume im Mittelstreifen vielfach aus SSE, im linken Randstreifen ganz überwiegend aus SW, im rechten ausnahmslos aus E oder ENE gefallen, also ganz entsprechend den früheren Beobachtungen. Abweichend ist nur die Bemerkung, daß die linke Grenze der Spur „wunderbar scharf“, die rechte „weniger scharf“ war; in den früheren Fällen war es umgekehrt. Beachtung verdient auch die Notiz, daß im Mittelstreifen außer den schon erwähnten, aus SSE gefallenen Stämmen, noch zahlreiche gekreuzte zu sehen waren, von denen die unteren aus ESE, die oberen aus SW gefallen waren. Die Randstreifen greifen hier sozusagen über den Mittelstreifen und sogar über sich selbst hinüber, und dabei ist charakteristisch, daß der rechte Randstreifen früher erzeugt wird als der linke. Wie unten gezeigt werden wird, ist dies wiederum ein Zeichen für zyklonale Rotation.

138. Bei der Trombe Nr. 138 ist wieder nur oder fast nur die rechte Randzone entwickelt, denn es heißt von 285 umgebrochenen Bäumen: „Sie liegen alle von rechts her in der Sturmbahn und annähernd rechtwinklig gegen diese . . . Auf der linken Seite der Sturmbahn sind aber auch an einigen Stellen zahlreiche Äste von Kiefern abgerissen und in die Sturmbahn hineingeweht worden.“

238. Der schon oben erwähnten Beschreibung Nr. 238 ist ein etwas undeutlich reproduzierter Plan beigegeben, auf dem man elf gefallene Bäume erkennen kann (nach dem Text sollen zehn große entwurzelt und fünf mittelstarke oder kleine entkront worden sein). Die fünf mittelsten liegen in der Zugrichtung, vier linke senkrecht dazu oder schräg von links hinten, und zwei rechte schräg von rechts hinten. Hess selbst sagt: „Nach meiner Aufnahme sind drei Bäume senkrecht zur Bahn gelegt worden, zwei auf der linken, einer auf der rechten Seite... Ich bin deshalb zu der Überzeugung gekommen, daß die Trombe von Schönenbaumgarten keine Wirbeltrombe war.“ Es war schon oben gesagt, daß wir dem Autor hierin nicht folgen können. Im nächsten Kapitel wird übrigens auf die Frage der Rotation zurückgekommen werden.

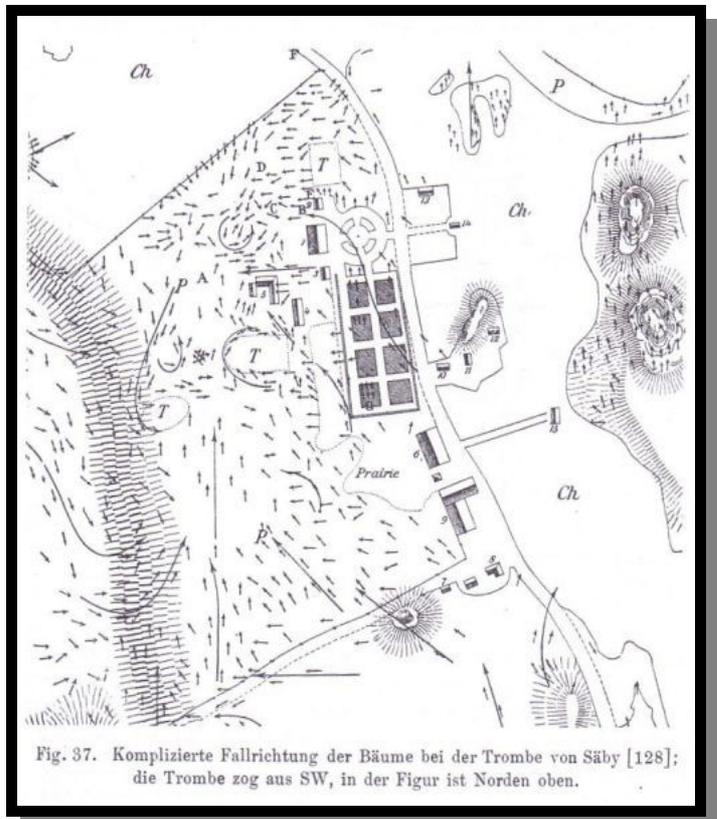
178. Die graphischen Eintragungen in den Plan durch übersichtliche Zahlentabellen zu ersetzen, die auf der Reise wohl bequemer und genauer zu erhalten sind als die ersteren, hat Köppen bei der Windhose von Oldenburg zum erstenmal unternommen. Seine Originaltabellen sind im zweiten Kapitel mitgeteilt; zusammengezogen ergeben sie:

| Anzahl der aus den verschiedenen Richtungen gefallenen Bäume. | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S |
| Westl. Rand | 2 | — | 1 | — | — | 1 | — | — | 1 |
| Mitte . . . | — | — | — | — | — | 3 | 6 | 1 | 7 |
| Östl. Rand . | — | — | — | — | — | 7 | 9 | 9 | 14 |
| | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW | N | |
| Westl. Rand | — | 6 | 4 | 4 | 1 | 5 | 1 | 2 | |
| Mitte . . . | 2 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | |
| Östl. Rand . | 4 | — | 1 | — | — | — | — | — | |

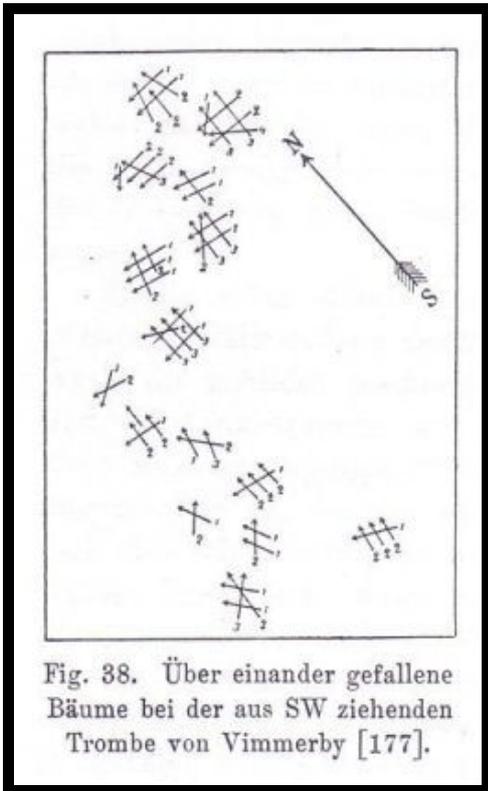
Da diese Windhose aus SSW zog, besagen die Zählen, daß im Mittelstreifen Fall- und Zugrichtung ungefähr übereinstimmen; in der rechten Randzone sind die Bäume von rechts hinten, oder von rechts gefallen, in der linken von links hinten und von links, ja sogar von links vorn. Die beiden Randzonen sind also nicht symmetrisch gebaut. Methodisch interessant ist weiter die Tabelle der übereinander gefallenen Stämme, die gleichfalls bereits im zweiten Kapitel mitgeteilt wurde und hier nicht wiederholt werden soll. Köppen stellt fest: „Es liegen also vom rechten Rande oder der Mitte acht Fälle einer Drehung mit der Uhr und ein entgegengesetzter, vom linken überhaupt nur ein Fall vor, und zwar einer gegen die Uhr.“

Bei den bisherigen Beobachtungen waren die Fallrichtungen sehr regelmäßig. Wir lassen jetzt einige andere folgen, bei denen sie unregelmäßiger und deshalb schwerer zu deuten sind.

128. Bei der Trombe von Säby in Schweden, die aus SW zog, läßt sich zwar soviel erkennen, daß die Bäume links des Mittelstreifens aus westlicher, die des rechten Randstreifens aus südöstlicher Richtung stürzten, aber im einzelnen ergibt sich ein äußerst kompliziertes Bild, wie Fig. 37 zeigt.



Diese wechselnden Richtungen aus einer einheitlichen Trombenbewegung zu erklären, dürfte schwer sein. Vielleicht hatte sich die Trombe hier in eine größere Zahl von Einzelwirbeln geteilt, oder auch die einzelnen Teile dieses Windbruches sind nacheinander entstanden, indem die Trombe zögernd und in Schleifen einherschritt.



177. Bei der Trombe von Vimmerby treten ähnlich komplizierte Fallrichtungen auf, wie bereits Fig. 33 153 zeigt. Auch hier ist man versucht, an Teilungen oder Schleifen zu denken. Eine Stelle, an der viele übereinandergefallene Bäume liegen, ist in Fig. 38 noch einmal in größerem Maßstabe wiedergegeben. An dieser Stelle soll die Trombe stillgestanden haben, um sich dann vom Boden abzuheben. „Man sieht sofort, daß überall die untersten mehr aus E, die oberen mehr aus S gefallen sind.“ Die Annahme des Autors, daß diese Rechtsdrehung bereits beweisend für eine cyclonale Rotation sei, wird zwar im folgenden widerlegt werden; aber das Fehlen der Linksdrehung, welche der linken Randzone entsprechen würde, zeigt wieder, daß die rechte Seite allein ausgebildet oder doch stark betont ist, und dies ist in der Tat ein Anzeichen cyclonaler Rotation.

185. Bei der Trombe von Novska sagt Mohorovicic: „Über 150000 im Mittel 1 m dicke Eichen- und Buchenstämmen liegen so schön cyclonal um das Zentrum auf der Erde, wie die Pfeile auf den synoptischen Karten um ein barometrisches Minimum.“ Indessen dürfte diese Angabe schwerlich

bei stillstehender Trombe erhalten werden kann. Der von Mohorovicic veröffentlichte Plan zeigt denn auch keineswegs eine so einfache Ordnung, die Fallrichtungen sind hier vielmehr ebenso verworren wie in den vorangehenden Beispielen (Die umgeworfenen Wagen eines Eisenbahnzuges entsprachen allerdings auch gut einem stillstehenden Wirbel; die ersten acht Wagen litten nicht, die folgenden zehn wurden beschädigt und teilweise nach NE aus den Schienen geworfen. Die nächsten fünf blieben auf den Schienen, der mittelste von ihnen sogar unversehrt. Die letzten fünf Wagen endlich wurden nach SW geworfen, der letzte 30m weit. Die Trombe zog aus SW, der Eisenbahnzug von WNW nach ESE.)

Nachdem wir uns so einen Überblick über die wichtigsten Beobachtungen verschafft haben, mögen nun die für eine Erklärung der Fallrichtungen in Betracht kommenden Momente im Zusammenhange an der Hand zweier graphischer Konstruktionen (Fig. 39 und 40) besprochen werden.

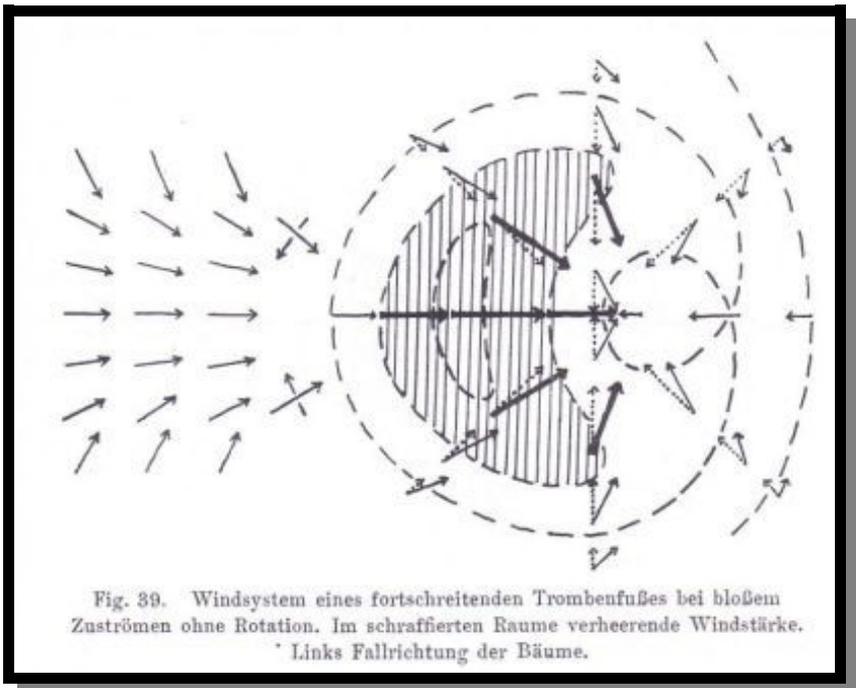
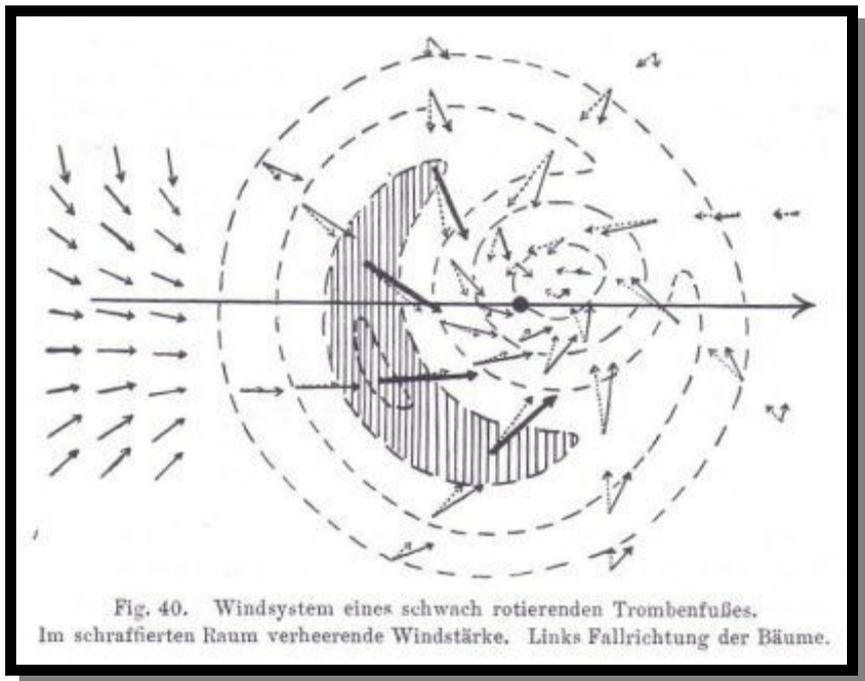


Fig. 39 stellt das Windsystem eines fortschreitenden Trombenfußes dar unter der Annahme, daß sich das Rotieren der Trombe in diesem untersten Teile überhaupt nicht mehr geltend macht, sondern nur noch ein allseitiges Hinzuströmen zu dem luftverdünnten Raum um die Achse stattfindet. Da die Luftbewegung um so steiler nach oben führt, je näher sie der Achse kommt, erreicht die in der Figur allein gezeichnete horizontale Komponente ihren größten Betrag bereits in einigem Abstände von der Achse, um dann wieder abzunehmen und in der Achse selbst Null zu werden. Richtung und Stärke dieser Horizontalkomponente ist durch die gestrichelten Pfeile angedeutet, und zwar zunächst unter der Annahme, daß die Trombe nicht wandert. Sodann wird angenommen, daß sich dieses Windsystem mit einer Geschwindigkeit fortbewege, die gleich einem Drittel der größten Zuströmungsgeschwindigkeit ist; die gestrichelten Pfeile sind demgemäß überall mit dieser Zuggeschwindigkeit zusammengesetzt und ergeben mit ihr die ausgezogenen Pfeile als endgültige Windrichtungen und Stärken. Um die Verteilung der letzteren noch deutlicher zu machen, sind dann noch die Linien gleicher Windstärken gezogen; das schraffierte Gebiet würde etwa den zerstörenden Geschwindigkeiten entsprechen. Setzt man beispielsweise die fortschreitende Bewegung gleich 15 mp. s., so würde die größte auftretende Geschwindigkeit 60 mp. s. betragen, und die Grenzkurve des schraffierten Raumes würde 45 m p. s. Entsprechen.

Links neben dieser Konstruktion ist weiter die daraus abzuleitende Fallrichtung der Bäume in der Trombenspur dargestellt. Auch die zeitliche Rechtsdrehung des Windes auf der rechten und die Linksdrehung auf der linken Seite ist durch je zwei über einander liegende Pfeile veranschaulicht, wobei allerdings angenommen ist, daß der zu unterst liegende Baum bereits außerhalb des schraffierten Zerstörungsgebietes gefallen ist. Gleichsinnige Drehungen, wenn auch von geringerem Betrage, würde aber schon das schraffierte Gebiet selber liefern.

Fig. 40 zeigt nun eine entsprechende Konstruktion unter der Annahme, daß das Zuströmen zur Mitte nicht genau radial, sondern in Spiralen mit cyklonalem Drehungssinn erfolgt. Die auch hier allein in Betracht gezogene horizontale Komponente muß auch in diesem Falle ihren größten Betrag bereits in einem gewissen Abstände von der Achse erreichen und ist in der Figur wieder durch die gestrichelten Pfeile dargestellt. Durch Zusammensetzung mit einer überall gleichen translatorischen Bewegung, welche hier gleich einem Viertel der größten Bewegung in den Spiralen gesetzt ist, werden dann als endgültige Geschwindigkeiten



die ausgezogenen Pfeile erhalten. Die Linien gleicher Windstärke, die sich hieraus ergeben, haben dieselbe Sichelform wie in der vorigen Figur, nur sind sie aus ihrer bisherigen, zur Zugrichtung symmetrischen Lage herausgedreht, und zwar im Sinne der Rotation. Die Zone größter Windgeschwindigkeit, in welcher die Bäume ungefähr in der Zugrichtung fallen, kommt hierdurch rechts von der Spur der Wirbelachse zu liegen. Im ganzen zeigen die aus der Figur abgeleiteten Fallrichtungen nur einen sehr geringen Unterschied gegen diejenigen der vorigen Figur.

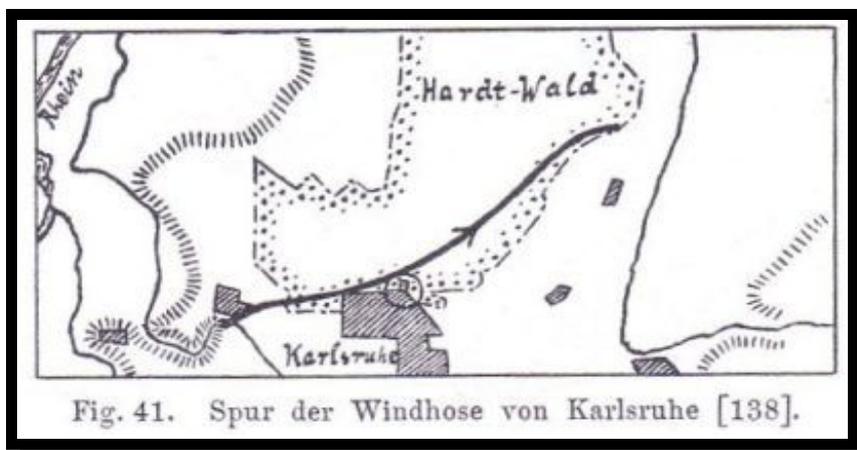
Aber gerade diese Unterschiede sind es, welche die Rotation erkennen lassen. Sie bestehen in folgenden Punkten:

- 1. Die Spur der Wirbelachse liegt bei zyklonaler Rotation links von dem sogenannten Mittelstreifen, in welchem die Bäume in der Zugrichtung fallen. Diese Spurlinie bildet aber die Grenze für die zeitliche Rechts- und Linksdrehung des Windes; also herrscht Rechtsdrehung außer in der rechten Randzone auch noch im Mittelstreifen, Linksdrehung dagegen nur im linken Randstreifen.
- 2. Die rechte Seite geht der Mitte und der linken Seite voran. Zwischen Mitte und linker Seite dagegen herrscht kein wesentlicher Zeitunterschied.
- 3. Am linken Außenrande der Bahn liegen die Bäume mehr rechtwinklig zur Zugrichtung als am rechten, wo sie mehr schräg von hinten fallen. Fälle, in denen die Stämme sogar schräg von vorn nach innen zu umgestürzt werden, müssen häufiger am linken als am rechten Rande auftreten.
- 4. Die Abnahme der Windstärke nach außen erfolgt links langsamer als rechts. Der linke Rand wird deshalb weniger scharf sein als der rechte.

Man wird unschwer die meisten dieser Beziehungen in den oben angeführten Beispielen wiederfinden. Es kommen aber auch Widersprüche vor, welche zeigen, daß die zugrunde gelegte Annahme über die Spiralförmigkeit oder irgend eine andere Voraussetzung noch zu korrigieren ist. Man wird ja auch von vornherein nicht erwarten, daß das Windsystem stets durch ein und dasselbe Schema darstellbar ist. Es wird später gezeigt werden, daß das Aufsteigen der Luft in der Trombe oft, ja vielleicht meist, nicht in der Achse, sondern auf einer sie umgebenden Zylinderfläche am stärksten ist; schon hierdurch würden die Verhältnisse geändert werden. Aus gewissen Tornadozeichnungen, die hier nicht reproduziert werden sollen, scheint auch hervorzugehen, daß sich bisweilen das unterste Stück des Trombenwirbels horizontal auf den Boden legt, wodurch sich vielleicht solche Fälle erklären lassen, in denen überhaupt nur die „rechte Randzone“ der Spur in Erscheinung tritt. Ferner ist noch gar nicht berücksichtigt, welche Veränderung durch eine etwas schräge Stellung der Trombenachse hervorgerufen würde.

Indessen reicht auch unser obiges Schema wohl aus, um zu zeigen, daß die beobachteten Trombenspuren in erster Näherung nur einem Einströmen der Luft zur Trombenachse entsprechen, daß aber die Rotation doch häufig in einer gewissen Unsymmetrie der beiden Randzonen angedeutet ist.

Zum Schluß dieses Kapitels haben wir noch eine Erscheinung zu besprechen, welche noch immer recht dunkel ist, nämlich die **Ablenkungen der Trombenbahn** von ihrer geradlinigen Zugrichtung. Nicht selten wird die Bahn, wie bei Nr. 105, als zickzackförmig bezeichnet. Leider ist das gesicherte Tatsachenmaterial noch nicht groß, und obendrein scheint es sich um eine kompliziertere Erscheinung zu handeln, so daß man im wesentlichen noch auf Vermutungen angewiesen ist. Bezeichnend sind die folgenden Worte bei der Beschreibung Nr. 228: „Täler und Schluchten, die in der Richtung des Weges lagen, sind zeitweilig benutzt worden, doch ist auf der anderen Seite eine gewisse Unabhängigkeit vom Terrain zu bemerken. Dem Beobachter des Zerstörungswerkes mußte es auffallen, daß gerade die geschützt liegenden Orte im Tale sehr stark gelitten haben, sowie diejenigen, die jenseits einer Anhöhe, also sozusagen im Windschatten derselben liegen.“



Einige Beobachtungen scheinen dafür zu sprechen, daß die Spur schwach cykloidisch ist. Ein Kennzeichen solcher cykloidischen Bewegung ist es, daß die Trombe immer an den Punkten starker Richtungsänderung still steht oder sich wenigstens langsamer bewegt als in den zwischenliegenden Stücken. Dies ist z. B. der Fall bei Nr. 95, wo die Trombe aus WNW oder NW über die Mosel aufs Deutsche Eck hinübertrat. „Hier schien das ganze Meteor einen Augenblick still zu stehen, nahm aber gleich seine Richtung in gerader Linie quer über den Rhein gegen den Ehrenbreitenstein hin“, d.h. die Zugrichtung war jetzt aus WSW. Möglicherweise ist auch die in Fig. 32 auf S. 152 dargestellte Spur der Trombe von Schönenbaumgarten (Nr. 238) als cykloidisch aufzufassen, wofür hier besonders die regelmäßige Lage und Länge der drei Spurstücke spricht. Bei der nebenstehenden Kartenskizze der Trombe von Karlsruhe (Nr. 138) bildet die Spur eine Art Wellenlinie, die gleichfalls als Cykloide gedeutet werden kann. Auch bei der Trombe von Königswinter (Nr. 115), deren Bahn auf S. 31 (Fig. 2) abgebildet ist, kommt wenigstens an einer Stelle auf dem Rhein eine cykloidische Schleife vor, wenn auch der Rest der Spur nicht ohne weiteres in diesem Sinne zu deuten ist.

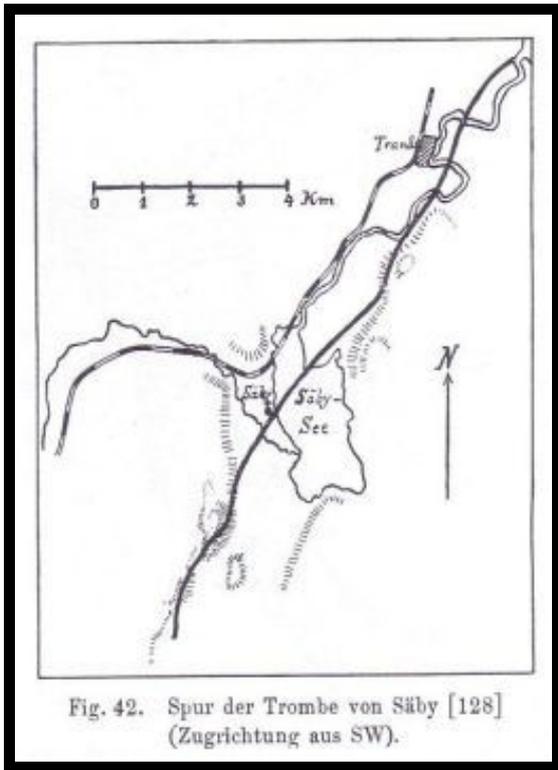


Fig. 42. Spur der Trombe von Säby [128]
(Zugrichtung aus SW).

Weiter sei hier auch noch die Kartenskizze der Trombe von Säby (Nr. 128) wiedergegeben (Fig. 42), wo die Spur gleichfalls an eine Cykloide erinnert.

Hier wurde auch von Augenzeugen mehrmals der „Zickzacklauf“ der Trombe hervorgehoben, und ihre Bewegung als ruckartig bezeichnet. Ähnliches gilt auch für die Trombe von Boras (Nr. 207), wie das Kärtchen Fig. 43 zeigt.

Auch bei einer Wasserhose, nämlich bei Nr. 117, wurde eine Cykloidenbewegung beobachtet, und zwar hier direkt mit dem Auge: „Dabei machte das Rüsselende eine unzweifelhafte Kreisbewegung über der weißen Meeresstelle, so daß es ungefähr alle 10 bis 20 Minuten auf denselben Punkt zurückkehrte.“ (Für die Tornados der Vereinigten Staaten unterscheidet Finley außer der Rotation, der Translation und dem „Steigen und Fallen“ noch eine vierte Bewegung, nämlich die Zickzackbewegung oder die schwingende Bewegung zu beiden Seiten der

mittleren Bahn, welche mit unserer Cykloidenbewegung identisch sein dürfte. „Sie tritt meist dann ein, wenn die Tornadowolke die Erde berührt, also die herabsteigende Bewegung ausführt. Zuerst schwingt sie stets nach links und dann nach rechts und bildet einen stumpfen Winkel auf der Nordseite der großen Achse der Bewegung, und dann ebenso auf der Südseite. Diese Bewegung kann auf mehrere (englische) Meilen hin fortauern, zuweilen aber hört sie schon nach den ersten Schwingungen wieder auf. Die Schwingungsweite, d. i. die Abweichung von der mittleren Bahnlinie nach N oder S hin, unterliegt beträchtlichen Verschiedenheiten, sie kann von 40—50 m bis zu 200—250 m betragen“ (v.Hann).)

Auf eine andere Gesetzmäßigkeit dieser Richtungsänderungen hat Hildebrandsson auf Grund der schwedischen Trombenbeobachtungen hingewiesen. So sagt er bei der Trombe von Nöttja (Nr. 129) nach Wiedergabe von Pastor Rydemans Bericht: „Merkwürdig ist, daß in diesem Falle, ebenso wie bei Hallsberg, die Bahn plötzlich in dem Augenblick zur Rechten abbiegt, wo die Trombe von einem Wald auf das offene Feld hinausgeht. Es ist dies eine Entfernung von der Normalen, genau als wenn ein Lichtstrahl aus einem dichteren in ein dünneres Medium übertritt.“ In Rydemans Bericht selber ist allerdings nur von wunderlichen Ausbuchtungen die Rede, von denen die Karte nur die größeren zeigt; und da auf der Karte die Waldgrenzen nicht verzeichnet sind, ist Hildebrandssons Angabe nicht zu kontrollieren. Dagegen ist das Abbiegen bei der Trombe von Hallsberg (Nr. 126) sehr deutlich in der auf S. 161 (Fig. 34) wiedergegebenen Karte zu sehen. Bei der Trombe von Boras (Nr. 207), deren Spur (Fig. 43), wie oben erwähnt, als Cykloide gedeutet werden kann, sagt der Verfasser Jansson ebenfalls, die Trombe sei jedesmal nach rechts abgelenkt, wenn sie vom Wald auf freies Feld kam.

Auf der Karte läßt sich dies schlecht erkennen, dagegen sieht man hier unmittelbar, daß die Bahn jedesmal nach rechts biegt, wenn die Trombe vom Lande auf das Wasser übertritt, und umgekehrt nach links beim Übertritt auf das Land. Die beiden von Sven Landin beschriebenen schwedischen Tromben Nr. 231 zogen im Walde aus WNW, beim Abtritt bogen sie nach rechts ab und bewegten sich nach NW. In sehr auffälliger Weise tritt die Erscheinung auch in der Kartenskizze (Fig. 31, S. 151) der Windhose von Mangschütz (A. 1) hervor, ohne im Text der Beschreibung Erwähnung zu finden.

Der Sachverhalt ist hier allerdings der, daß die Trombe zunächst im Walde, 120 m vom Rande entfernt, nach links abbiegt, und durch die scharfe Rechtsbiegung am Waldrande selbst wird dann die ursprüngliche Richtung wieder hergestellt.

Daß dieselbe Erscheinung auch beim Überschreiten eines Gebirgskammes eintritt, hat Schiefer Edler v. Wahlburg bei der böhmischen Trombe Nr. 234 entdeckt. Eine Übersichtskarte dieser Trombenspur, welche übrigens auch die im vorhergehenden besprochenen Krümmungen aufweist, zeigt Fig. 44.

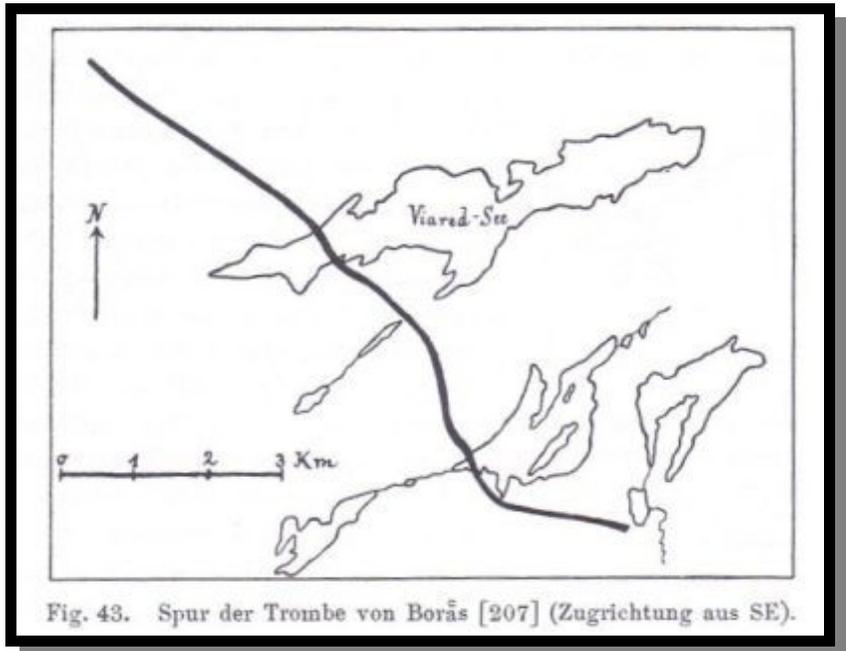


Fig. 43. Spur der Trombe von Borås [207] (Zugrichtung aus SE).



Fig. 44. Gesamtspur der böhmischen Trombe [234], nach v. Wahlburg.

Das Kärtchen Fig. 45 zeigt dann das Abbiegen beim Überschreiten eines Gebirgskammes. „Mit dem Moment als der Wirbel diesen Wald [am Südabhange] von SE erreichte, senkte sich der Wirbeltrichter zu der Erdoberfläche herab und rasierte in einem etwa 60 m breiten Streifen den Wald bis zum Kamm des Bergrückens vollständig ab ... Am Kamm angelangt, bog die Windhose unter einem rechten Winkel ab, um sich gleich darauf vom Erdboden zu heben und ihr Vernichtungswerk aufzugeben.“

Eigentlich handelt es sich hierbei um eine Doppelschwankung, erst schwach nach links, dann stark nach rechts, denn die mittlere Zugrichtung war nicht aus SE, sondern aus SSE. Obwohl diese Beobachtungen verhältnismäßig klar sind, so ist ihre Deutung doch schwierig. Der oben von Hildebrandsson gebrauchte Vergleich mit der Brechung des Lichtstrahles an der Grenze zweier verschieden dichter Medien würde voraussetzen, daß keine Ablenkung bei rechtwinklig zum Waldrand oder zum Gebirgskamm gelegener Zugrichtung eintritt, was aber den Beobachtungen zu widersprechen scheint.

Auch die Annahme, welche sich durch verschiedene dieser Beobachtungen stützen ließe, daß nämlich Bodenerhebungen oder Wald eine gewisse Anziehungskraft auf den Fuß der Trombe ausübten, würde von der gleichen, schwer aufrecht zu erhaltenden Voraussetzung ausgehen (In der Beschreibung Nr. 81 findet sich diese Idee sogar ausgesprochen: „Auf dem Wesselinger Felde schien sich, nach dem Wege der Zerstörung, die Fortbewegung des Meteors von der geradlinigen Richtung abgewendet zu haben; es kam von WSW gerade auf das Dorf Nieder-Wesseling zu, gleich als wäre es von den Häusern angezogen worden.“ (Die allgemeine Zugrichtung war aus SSW.). Dagegen würde die Ablenkung auch bei senkrechtem Schnitt des Waldrandes eintreten müssen, wenn sie mit der Rotation zusammenhängt; man würde dann erwarten, daß der Knick der Bahnlinie bei anticyklonischer Rotation und bei cyclonischer nach entgegengesetzten Richtungen ginge. Darüber liegen noch keine Beobachtungen vor. Auch ist nicht ohne weiteres einzusehen, wie die Ablenkung in diesem Falle erzeugt werden sollte, wenn auch die Möglichkeit zugegeben werden darf (Man ist versucht, an das bekannte Ausweichen der Kreisellachse im rechten Winkel zur wirkenden Kraft zu denken. Die Kraft würde dabei durch die Reibung am Boden bzw. deren plötzliche Änderung dargestellt.



Fig. 45. Spur der böhmischen Trombe beim Überschreiten eines Bergkammes; Abbiegen im rechten Winkel nach rechts, dann Abheben.

Leider müßte aber hiernach eine cyclonal rotierende Trombe nach links statt nach rechts ausweichen, wenn sie vom Walde aufs Feld übertritt.). Die Erscheinung muß also einstweilen noch als ungeklärt gelten.