

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Wind- und Wasserhosen in Europa

Wegener, Alfred

Braunschweig, 1917

Viertes Kapitel. Statistisches

A 12. 1869, April 14. — Wallington, Northumberland, England. D. Milne-Home, On rotatory Storms, as illustrated by the phenomena of Waterspouts and Whirlwinds. Journ. of the Scott. Met. Soc., New Ser., Vol. II, S. 305—322, 1869.

A 13. 1864, Juli 26. ca. 5 p. Süsel bei Eutin, nördl. Lübeck. G. K. [Karsten?], Mittheilungen über die Windhose, welche am 26. Juli 1864, Nachmittags gegen 5 Uhr, durch das Holsteinische Kirchdorf Süsel zog. Mittheilungen des Vereins nördlich der Elbe zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse, 7. Heft, 1866. Kiel 1866. [Die Kupfertafel, welche die Trombenspur erläutert, trägt die Aufschrift: „Zu Bruhns: Gang der Windhose durch Süsel“.]

***A 14.** 1764, Juni 29. 1—2 p. Woldegk!, Mecklenburg (an der Grenze der Uckermark). G. B. Genzmer, Umständliche und zuverlässige Beschreibung des Orcans, welcher den 29. Juni 1764 einen Strich von etlichen Meilen im Stargardischen Kreise des Herzogthums Mecklenburg gewaltig verwüstet hat etc. Berlin und Stettin (Nicolai) 1765 [? unleserlich]. Mit einem schlechten, auf dem Titelblatt gedruckten Bild der Windhose u. 2 Tafeln, von denen die eine Baumschäden, die andere eine Karte der Trombenspur zeigt.

Viertes Kapitel.

Statistisches.

Absolute Häufigkeit. Bei der Unvollständigkeit unseres Trombenverzeichnisses können positive Angaben über die absolute Häufigkeit daraus kaum abgeleitet werden; doch ist es für die Beurteilung unseres Materials von Interesse, seine zeitliche und räumliche Verteilung kennen zu lernen. Eine Teilung nach Jahrzehnten gibt, wenn der Anhang mitgerechnet wird, folgendes Bild:

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|--------|-----------|------|------|------|------|------|
| (1450) | 1650 | 1660 | 1670 | 1680 | 1690 | 1700 | 1710 | 1720 | 1730 | 1740 | 1750 | 1760 |
| | 4 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1 | 3 | 1 | 4 | 2 | 9 | 5 |
| 1760 | 1770 | 1780 | 1790 | 1800 | 1810 | 1820 | 1830 | 1840 | 1850 | 1860 | 1870 | 1880 |
| | 3 | 5 | 10 | 5 | 7 | 9 | 17 | 20 | 8 | 4 | 8 | 6 |
| | | 1880 | 1890 | 1900 | 1910 | (1916) | ohne Jahr | | | | | |
| | | | 50 | 35 | 25 | 10 | 1 | | | | | |

In dem Anwachsen der Zahlen vor 1840 spiegelt sich offenbar die Sammelarbeit von Peltier und Muncke wieder; nach Abschluß derselben sinkt die Häufigkeit wieder auf das frühere Maß zurück, bis plötzlich ein gewaltiger Aufschwung im Jahrzehnt 1880—90, genauer mit dem Jahre 1884, beginnt. Den Anstoß hierzu haben offenbar die meteorologischen Zeitschriften gegeben. Diejenige der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie existierte zwar schon seit 1866, aber erst 1884 wurde sie mit der deutschen Parallelschöpfung zu der einflußreichen wissenschaftlichen Zeitschrift verschmolzen, welche sie heute ist. Und im gleichen Jahre 1884 wurde auch „Das Wetter“ gegründet, dem wir gerade eine große Zahl von Trombenbeschreibungen verdanken. Sehr lehrreich ist es aber, daß nach der Hochflut der ersten Jahrzehnte dann wieder ein starkes Abflauen des Interesses sich bemerkbar macht, das offenbar bis zur Gegenwart anhält. Die größte jährliche Anzahl von Beschreibungen gibt das Jahr 1886, nämlich 14. Bei gleicher Aufmerksamkeit hätten also seit 1700 etwas mehr als 3000 Tromben beschrieben werden müssen, während unser Verzeichnis mit dem Anhang nur 246 gibt.

Die räumliche Verteilung der Tromben unseres Verzeichnisses einschließlich des Anhanges ist folgende:

| | | |
|----------------------|---------------------|-------------------------|
| Deutschland . . . 79 | Österreich . . . 16 | Skandinavien 10 |
| Frankreich . . . 57 | Italien 16 | Balkan 2 |
| England 27 | Rußland 9 | Belgien und Holland . 2 |
| Schweiz 24 | Mittelmeer . . . 15 | Spanien 0 |
| | | Ort unbestimmt . . . 1 |

Die holländischen Hosen aus den „Onweders“ sind hierbei ebenso wie in der vorangehenden Übersicht nicht mitgezählt. Unter der Annahme, daß in dem ziemlich engen Netz von „Onweder“-Stationen keine Trombe unbeobachtet blieb, findet man, daß in den Jahren 1888—1913 durchschnittlich an acht Tagen des Jahres in Holland Tromben aufgetreten sind. Selbst wenn man annimmt, daß im Inlande diese Erscheinungen erheblich seltener sind als an der Küste, müssen hiernach doch für ganz Europa mindestens 100 Tromben pro Jahr angenommen werden. Zu einer ähnlichen Schätzung gelangt man auch auf anderem Wege; von den 14 Beschreibungen des schon genannten Jahres 1886 stammen 9 aus Deutschland. Nimmt man an, daß hier nur eine Trombe unbeschrieben blieb, also im ganzen 10

auftraten, so folgt wieder für ganz Europa mindestens 100 Tromben pro Jahr. Aber natürlich ist diese Schätzung der wirklichen Trombenzahl als ganz unsicher zu betrachten.

Es ist nicht ohne Interesse, die entsprechenden, von Finley für die nordamerikanischen Tornados erhaltenen Zahlen zum Vergleich heranzuziehen. Für das Gesamtgebiet der Vereinigten Staaten findet er¹⁾:

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1875 | 1876 | 1877 | 1878 | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 |
| 80 | 66 | 70 | 81 | 89 | 137 | 114 | 88 | 161 | 200 | 136 | 280 |

Die letzten vier Jahre 1883—1886 geben als Gesamtsumme 777, während die vier am stärksten vertretenen Jahre in Europa (1884—1887) nur 35, also noch nicht den 20. Teil, ergeben. Dasselbe Verhältnis findet man für das an Beschreibungen reichste Einzeljahr:

| | | |
|-------------------------------------|-----|------------------------|
| Vereinigte Staaten (1886) | 280 | Trombenbeschreibungen, |
| Europa (1886) | 14 | „ |

Schon der trombenreichste Einzelstaat der Union, Kansas, muß reichlich so viel Tromben haben wie Europa, denn für ihn sind 64 Beschreibungen pro Jahrzehnt berechnet worden, also noch etwas mehr, als unsere Tabelle für das am stärksten vertretene Jahrzehnt gibt.

Es sei noch bemerkt, daß etwa 30 Proz. der europäischen Trombenbeschreibungen sich auf Wasserhosen und 70 Proz. auf Windhosen beziehen. Genau läßt sich dies Verhältnis nicht angeben, da oft Wasserhosen auf das Land übertreten und so zu Windhosen werden und umgekehrt. Die auf den Alpenseen besonders häufigen Tromben sind dabei als Wasserhosen gezählt. Einen Schluß auf das wirkliche Häufigkeitsverhältnis gestatten diese Zahlen natürlich nicht. Da jeder Seemann Wasserhosen kennt, die Mehrzahl der Landbewohner in Europa aber wohl nie eine Windhose erlebt, darf man wohl der landläufigen Ansicht, daß diese Erscheinungen auf See häufiger seien als auf dem Lande, unbedenklich zustimmen, zumal auch theoretische Gründe dafür sprechen. Der Beweis ist freilich noch zu erbringen.

Geographische Verteilung. Die Frage, ob es in Europa trombenarme und trombenreiche Gebiete gibt, liegt schon deshalb nahe,

¹⁾ J. P. Finley, Tornadoes, New York 1887, S. 111.

weil in Amerika die verschiedenen Einzelstaaten der Union offenbar aus topographischen Gründen eine sehr verschiedene Tornadohäufigkeit aufweisen. Das Material unseres Verzeichnisses reicht natürlich auch für diese Frage eigentlich nicht aus, welche jedenfalls erheblich sicherer zu lösen sein wird, wenn einmal ein historisch vollständiges Verzeichnis der europäischen Tromben-

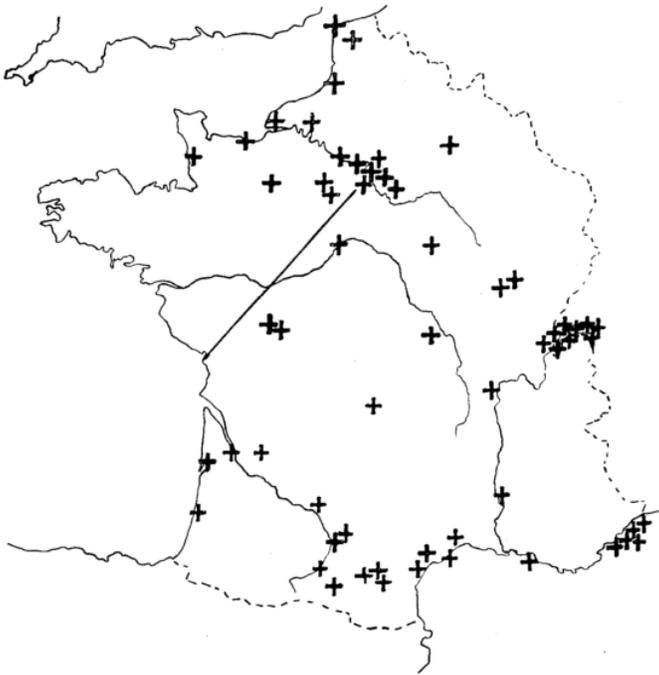


Fig. 13. Verteilung der Tromben des Hauptverzeichnisses in Frankreich.

beschreibungen zusammengestellt sein wird. Aber es scheinen doch auch jetzt schon gewisse Züge in der Verteilung hervortreten, deren Beachtung trotz ihrer Unsicherheit sich verlohnen dürfte.

Es ist z. B. offenbar keine Täuschung, daß die Tromben in Schweden viel häufiger sind als in dem benachbarten Norwegen (von wo gar keine Beschreibung vorliegt); denn die große Auf-

merksamkeit, die man in letzterem Lande schon seit langem den Witterungserscheinungen zuwendet, läßt die Annahme, sie seien dort nur unbeachtet geblieben, wohl nicht zu. Ebenso sind die Tromben offenbar in Paris erheblich häufiger als in Berlin, denn auch hier liegt kein Grund vor, wesentliche Unterschiede in der Aufmerksamkeit anzunehmen. In Fig. 13 und 14 sind die deutschen und französischen Tromben unseres Verzeichnisses (ohne den Anhang) in Karten eingetragen. Daß die Gegend von Paris

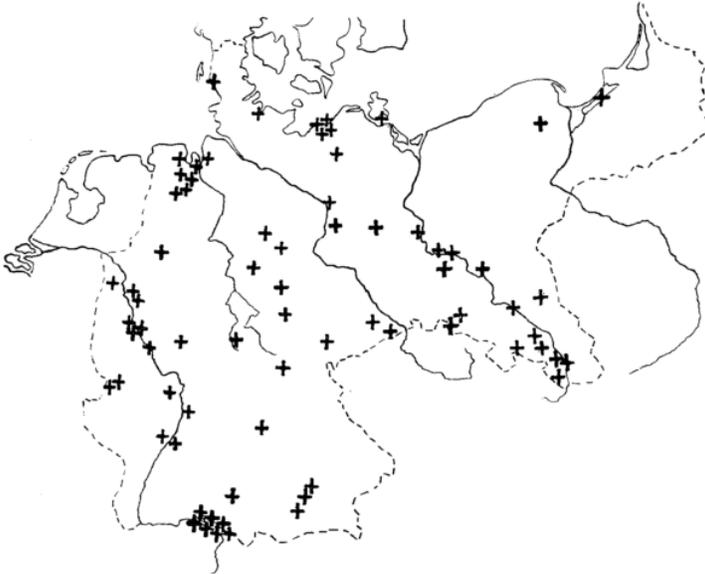


Fig. 14. Verteilung der Tromben des Hauptverzeichnisses in Deutschland.

mehr Tromben hat als das übrige Frankreich, kann natürlich Sache des Interesses sein. Dagegen möchte ich die Häufung in Südfrankreich zwischen dem Golfe du Lion und der Garonne für reell halten. Dies Gebiet hat sowohl mit Schweden als mit den tornadoreichen Staaten der Union das gemein, daß es ein relativ flaches, in Lee eines größeren Gebirgszuges liegendes Land ist. In solchen Gebieten stellen sich, wie leicht zu erklären, besonders häufig starke Windschichtungen ein, indem die untere Schicht durch das Gebirge abgelenkt wird, während die obere darüber hinweg-

weht. Der Trombenreichtum dieser Gegenden stützt also die Vermutung, daß starke Windschichtungen bei der Entstehung der Tromben eine Rolle spielen. Ob die Häufung bei Nizza in ähnlicher Weise mit dem Alpenwall in Verbindung gebracht werden darf, oder nur auf das Interesse einzelner Personen zurückzuführen ist, möchte ich dahingestellt sein lassen. Aber die starke Häufung auf dem Genfersee, deren Wiederholung wir bei den deutschen Tromben auf dem Bodensee vorfinden, ist wohl als reell zu betrachten, wenn sie vielleicht auch durch günstige Beobachtungsbedingungen infolge der freien Aussicht über den See künstlich etwas verstärkt ist. Wir wissen aus den aerologischen Untersuchungen der Drachensstation Friedrichshafen, daß hier häufig eine markante Windschichtung durch Stagnieren der untersten Luftschicht entsteht, und damit schließt sich dies Vorkommen wieder an die früher genannten an.

In Deutschland sind lokale Häufigkeitsmaxima bei München, Warnemünde und Oldenburg vorhanden, die nicht reell zu sein brauchen; die Häufung bei Oldenburg wird man geneigt sein, auf Köppens Sammlung älterer Berichte gelegentlich der dortigen Windhose vom 5. Juli 1890 zurückzuführen. Köppen selber hält es aber doch nicht für ausgeschlossen, daß die dortigen Moorgebiete wirklich einen besonderen Trombenreichtum aufweisen¹⁾, und erinnert daran, daß v. Bezold die Hochmoore Bayerns als Gewitterherde bezeichnete. Die freilich schwache Häufung im Rhein- und Moseltal dürfte gleichfalls nicht ohne Bedeutung sein, denn diese Beobachtungen stammen aus sehr verschiedener Zeit und von verschiedenen Autoren. Freilich wird eine Trombe im Tal mit seinen Ortschaften auch eher einen Beschreiber finden als eine solche im Gebirge. Hält man die Häufung dennoch für reell, so ist sie wohl ebenso zu erklären wie die auf den Alpenseen. Eine deutliche Verstärkung der Häufigkeit scheint sich auch für Schlesien zu ergeben²⁾. Hier dürften die Sudeten wieder eine ähnliche Rolle spielen wie die Pyrenäen für Südfrankreich oder das norwegische Gebirge für Schweden.

¹⁾ Während des Druckes werden mir noch 2 Oldenburgische Windhosen bekannt: 1910, Juni 4, 5 p, 24 km westlich von Oldenburg, warf zwischen Ocholt und Zwischenahn 2 Güterwagen eines fahrenden Zuges um (Briefl. Mittel. von Herrn Baurat Behrmann); 1916, Juli 17, in Firrel, zahlreiche Häuser wurden abgedeckt, Vieh in Wassergräben geschleudert, wo es ertrank, und mehrere Menschen verletzt (Zeitungsnotiz).

²⁾ Wohin auch noch die beiden Tromben aus dem Anhang A 1 (Mangschütz bei Brieg) und A 10 (Öls) gehören.

Alle diese Anzeichen sind freilich unsicher, aber sie deuten sehr einmütig in dieselbe Richtung wie gewisse später zu besprechende Windbeobachtungen und auch wie die Wetterkarte.

Jährlicher Gang der Trombenhäufigkeit. Wegen des ursächlichen Zusammenhanges der Tromben mit den Gewittern sollen im folgenden überall die entsprechenden Angaben für letztere herangezogen werden. Für die 230 in Betracht kommenden Tromben unseres Verzeichnisses (der Anhang ist nicht berücksichtigt) und die Ge-

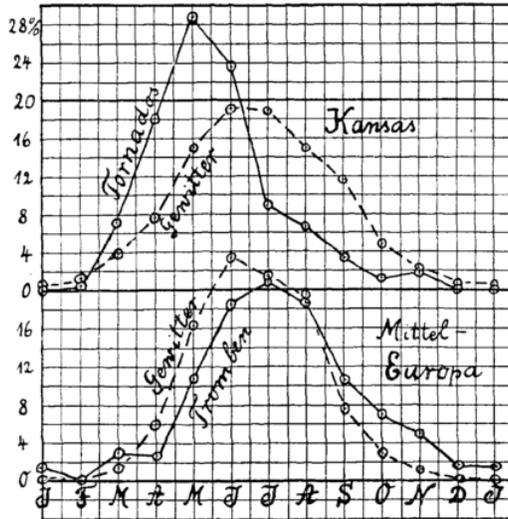


Fig. 15. Jährliche Periode der Häufigkeit der Tromben und der Gewitter in Kansas und in Mitteleuropa.

witter in Mitteleuropa (nach v. Hann) ergibt sich folgende prozentische Häufigkeit in den verschiedenen Monaten:

| Europa | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
|------------------------------------|--------------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | in Prozenten | | | | | | | | | | | |
| 230 Tromben unseres Verzeichnisses | 1,7 | 0,0 | 3,0 | 2,6 | 10,9 | 18,3 | 20,9 | 18,7 | 10,4 | 7,0 | 4,8 | 1,7 |
| Gewitter in Mitteleuropa | 0,0 | 0,1 | 1,2 | 6,0 | 16,1 | 23,7 | 21,7 | 19,5 | 7,7 | 2,9 | 1,0 | 0,1 |

Diese Zahlen sind in der unteren Darstellung der Fig. 15 veranschaulicht. Wie man an der Verteilung der fett gedruckten Zahlen sieht, sind die Gewitter des Früh- und Hochsommers arm, die des Herbstes und Frühwinters reich an Tromben.

Eine unabhängige Bestätigung dieses Ergebnisses liefern die 204 in den „Onweders in Nederland“ 1888—1913 aufgezählten, in unserem Verzeichnisse nicht enthaltenen Wind- und Wasserhosen, welche in der folgenden Tabelle mit den nach v. Hann (Lehrb., S. 679) umgerechneten Gewittertagen zu Utrecht verglichen sind:

| Holland | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
|--|--------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| | in Prozenten | | | | | | | | | | | |
| 204 Holländ. Tromben Gewittertage zu Utrecht | 0,0 | 1,5 | 2,4 | 4,4 | 9,3 | 21,1 | 20,6 | 21,1 | 10,3 | 6,8 | 2,5 | 0,0 |
| | 0,4 | 0,6 | 1,4 | 4,9 | 13,8 | 19,0 | 24,7 | 19,9 | 9,7 | 4,3 | 1,2 | 0,3 |

Wenn auch weniger deutlich, ist doch auch hier der größere Trombenreichtum der Herbstgewitter gegenüber den Frühsommergewittern gut zu erkennen.

Von großem Interesse ist es nun, hiermit die entsprechenden Angaben für die nordamerikanischen Tornados zu vergleichen. Die folgende Tabelle, die in Fig. 15 in der oberen Darstellung veranschaulicht ist, gibt die prozentische Häufigkeit der Tornados und der Gewitter für Kansas, den tornadoreichsten Staat, für den das beste Beobachtungsmaterial vorliegt¹⁾.

| Kansas | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
|-----------------------|--------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| | in Prozenten | | | | | | | | | | | |
| 228 Tornados Gewitter | 0,0 | 0,4 | 7,1 | 18,0 | 28,9 | 23,7 | 8,8 | 6,5 | 3,5 | 1,3 | 1,8 | 0,0 |
| | 0,3 | 1,1 | 3,9 | 7,5 | 14,9 | 19,1 | 18,9 | 15,1 | 11,7 | 4,7 | 2,3 | 0,3 |

¹⁾ S. D. Flora, Tornadoes in Kansas, Monthly Weather Review **43**, Nr. 12, Dez. 1915, S. 615. Seine Grundlagen sind J. P. Finley, The tornadoes of Kansas for 29 years, 1859—1887, Washington 1888, ferner A. J. Henry, Tornadoes, 1895—96, Report of the Chief of the Weather Bureau 1895—96, Washington 1896, und die monatlichen Berichte von Kansas für 1914 und 1915. — Die Gewitterhäufigkeit in Kansas habe ich aus einer in Monthly Weather Review **43**, Nr. 12, Dez. 1915, S. 619

Wie man sieht, verhält sich der Trombenreichtum der Gewitter in Amerika gerade umgekehrt wie in Europa: dort sind die Frühjahrsgewitter trombenreich, die Spätsommer- und Herbstgewitter trombenarm. Infolgedessen weicht die jährliche Periode der Tromben in beiden Gegenden sehr stark von einander ab, während die der Gewitter fast übereinstimmt. Es liegt nahe, die entgegengesetzte Lage des Ozeans für die beiden Länder als Ursache eines so gegensätzlichen Verhaltens aufzufassen, wenngleich die innere Natur dieser Beziehung noch zu klären bleibt.

Täglicher Gang der Trombenhäufigkeit. Ohne die im Anhang genannten Beobachtungen enthält unser Verzeichnis 169 Fälle, welche zur Bestimmung des täglichen Ganges der Trombenhäufig-

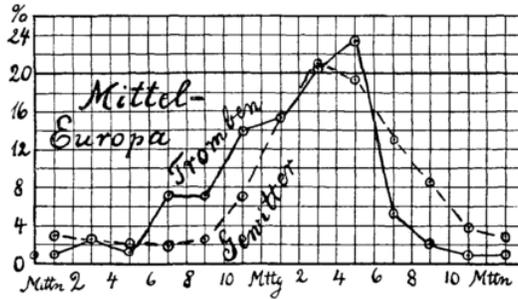


Fig. 16. Tägliche Häufigkeitsperiode der Tromben und Gewitter in Europa.

keit benutzt werden können. Sie führen zu der folgenden Zahlenreihe, welcher zum Vergleich die Zahlen für die Gewitter in Mitteleuropa (nach v. Hann) hinzugefügt sind:

| Europa | Mittn.-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | 10-Mittg.-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | 10-Mittn. | |
|------------------------------------|--------------|-----|-----|-----|------|-------------|------|------|------|------|-----------|-----|
| | in Prozenten | | | | | | | | | | | |
| 169 Tromben unseres Verzeichnisses | 0,9 | 2,4 | 1,2 | 7,1 | 7,1 | 13,9 | 15,4 | 20,4 | 23,4 | 5,3 | 2,1 | 0,9 |
| Gewitter in Mitteleuropa | 2,9 | 2,5 | 2,1 | 1,9 | 2,5 | 7,1 | 15,3 | 21,0 | 19,3 | 13,0 | 8,5 | 3,9 |

veröffentlichten Zusammenstellung (Percentage Frequency of Thunderstorms in the United States, 1904—1913) entnommen, indem ich das Mittel der fünf in Kansas gelegenen Stationen Concordia, Dodge City, Topeka und Wichita nahm.

Diese durch Fig. 16 veranschaulichten Zahlen besagen, daß die Vormittagsgewitter trombenreich, die Abendgewitter trombenarm sind, was insofern überrascht, als man zunächst erwarten sollte, daß sich der Vormittag wie der Frühling und der Nachmittag wie der Herbst verhalten müßte.

Auch dies Ergebnis findet eine unabhängige Bestätigung durch die in unserem Verzeichnis nicht enthaltenen holländischen Tromben der „Onweders in Nederland“ 1888—1913, von denen 124 die Angaben über Tageszeit enthalten. Ihre prozentische Verteilung auf die Tagesstunden zeigt die folgende Tabelle, welche zum Vergleich auch die entsprechenden Angaben für die Gewitter in Holland nach v. Hann (Lehrb., S. 680) enthält:

| Holland | Mittn.-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | 10-Mittg.-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | 10-Mittn. | |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| | in Prozenten | | | | | | | | | | | |
| 124 Tromben | 0,8 | 0,0 | 3,2 | 6,9 | 13,3 | 11,3 | 15,3 | 17,7 | 15,3 | 9,7 | 4,9 | 1,6 |
| Gewitter | 2,2 | 3,3 | 2,7 | 3,2 | 5,8 | 12,0 | 19,4 | 18,5 | 13,7 | 10,3 | 6,1 | 2,8 |

Auch hier sind also die Morgen- und Vormittagsgewitter trombenreich, und zwar sehr ausgeprägt, die Mittags-, Nachmittags-, Abend- und Nachtgewitter dagegen relativ trombenarm. Es kann somit nicht bezweifelt werden, daß dies Ergebnis reell ist. Vielleicht ist seine Erklärung in der später zu erörternden Eigentümlichkeit zu suchen, daß die Tromben sich vorwiegend im Anfangs- oder Jugendstadium der Gewitter bilden; ihre frühzeitige Auflösung nach nur kurzem Bestand scheint anzuzeigen, daß die weitere Ausbreitung des Cumulo-Nimbus, vielleicht auch das Fallen des Niederschlags, ihrem Fortbestand Schwierigkeiten verursacht, die nur relativ selten so überwunden werden, daß die Trombe das Gewitter auf seiner ganzen Bahn begleitet. Vollends bei nachlassendem und sich zerteilem dem Gewitter kommen Tromben selten oder nie vor. Der relative Reichtum der Vormittags- und die Armut der Nachmittagsgewitter an Tromben könnte also damit zusammenhängen, daß das Jugendstadium der Gewitter naturgemäß häufiger vormittags, das Altersstadium häufiger nachmittags anzutreffen ist.

Von großem Interesse wäre es, auch in dieser Hinsicht die europäischen Verhältnisse mit den amerikanischen zu vergleichen. Leider ist in Amerika die Gewitterhäufigkeit noch wenig unter-

sucht. Den von v. Hann (Lehrb., S. 734) für die Tornados abgeleiteten Zahlen, die von mir auf Dreistunden-Intervalle umgerechnet wurden, konnten in der folgenden Tabelle nur die vom Sommer 1885 für die Nordoststaaten der Union berechneten Gewitterhäufigkeiten gegenübergestellt werden:

| Nordamerika | Mittn.-3 | 3-6 | 6-9 | 9-Mittg.-3 | 3-6 | 6-9 | 9-Mittn. |
|---|--------------|-----|-----|------------|------|------|----------|
| | in Prozenten | | | | | | |
| Tornados (Verein. Staaten) | 2,5 | 1,7 | 1,7 | 6,0 | 19,9 | 39,6 | 19,3 |
| Gewitter (Nordost-Staaten, Sommer 1885) | 1,8 | 6,7 | 3,9 | 5,4 | 22,5 | 43,2 | 15,0 |

Diese Zahlen sind in Fig. 17 veranschaulicht. Die beiden Kurven schließen sich sehr eng an einander an, und es dürfte verfrüht sein, bei dem geringen Umfange des Materials, welches für die Gewitter zur Verfügung steht, aus den kleinen Abweichungen der beiden Zahlenreihen Schlüsse zu ziehen. Dagegen sei auf die viel größere

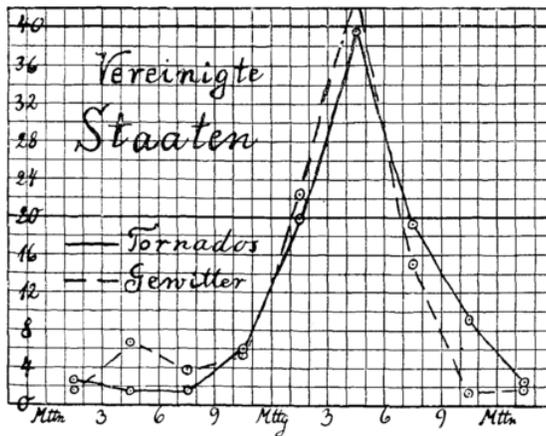


Fig. 17. Tägliche Häufigkeitsperiode der Tornados und Gewitter in Nordamerika.

Steilheit dieser Kurven gegenüber den europäischen hingewiesen, welche besagt, daß die amerikanischen Tornados sich viel mehr auf die nachmittags gelegene Zeit größter Häufigkeit zusammendrängen.

Beziehung der Tromben zu Depressionen. Von 89 Wetterkarten von Tagen, an denen in Europa eine Trombe beobachtet wurde, läßt sich diese überhaupt nur bei 49 einer ausgesprochenen Barometerdepression zuordnen. Die übrigen 40 zeigen die Trombe entweder in einem ausgesprochenen Hochdruckgebiet, oder (besonders häufig) in dem Hochdruckrücken zwischen zwei Depressionen, oder aber es herrschen überhaupt keine nennenswerten Druckunterschiede. Erkennbar ist eine Tendenz zu sackförmigen Ausbuchtungen der Isobaren, was ja bei dem ursächlichen Zusammenhang zwischen Gewitter und Tromben ohne weiteres zu

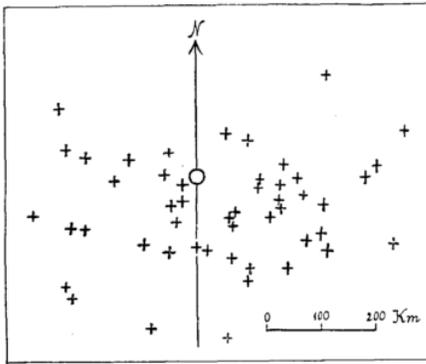


Fig. 18. Relative Lage von 49 europäischen Tromben, die sich einer Depression zuordnen lassen, zu deren Zentrum.

erwarten ist. Man kann auch sehr häufig am Ort der Trombe ein Umschlagen des Windes zwischen den beiden dem Trombentermin benachbarten Wetterkarten erkennen, und im einzelnen, worauf aber nicht eingegangen werden kann, spricht vieles für und wenig gegen die Annahme, daß am Ort und zur Zeit der Trombe zwei verschiedene Windsysteme in verschiedenen Höhen

über dem Erdboden anzutreffen sind. Besonders einleuchtend ist dies in den Fällen, wo sich die Trombe in einem schmalen Hochdrucksattel zwischen zwei Depressionen bildet.

Die 49 Tromben, die einer Depression zugeordnet werden können, gruppieren sich um deren Zentrum in der Weise, wie es Fig. 18 angibt. Eine Auszählung der Oktanten ergibt:

| | | | | | | | | | |
|---------|---|----|----|----|---|----|---|----|---|
| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | N |
| Anzahl: | 1 | 7 | 14 | 8 | 6 | 7 | 6 | 0 | |

Die wenigsten Tromben stehen also nördlich, die meisten ost-südöstlich des Zentrums. Da aber wegen der Verteilung der Depressionen überhaupt ganz Mitteleuropa am häufigsten ost-südöstlich, am seltensten nördlich des Depressionszentrums liegt,

kann man nur mit Vorbehalt hieraus auf eine prinzipielle Bevorzugung eines Depressionsquadranten schließen.

Untersucht man, in welchen Monaten die Tromben zu einer Depression gehören oder nicht, so erhält man folgende Zahlen:

| Zahl der Tromben | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
|----------------------------|------|-------|------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|
| die zu keiner Dep. gehören | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 11 | 11 | 6 | 4 | 1 | 2 | 0 |
| die zu einer Dep. gehören | 0 | 0 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 | 11 | 3 | 3 | 1 | 1 |

Der Unterschied ist nur gering, geht aber in der zu erwartenden Richtung, indem die nicht zu einer Depression gehörigen Tromben, die also den sommerlichen Wärmegewittern entsprechen, noch mehr auf die Sommermonate zusammengedrängt sind als die anderen.

Es verlohnt sich nicht, Wetterkarten für Trombentermine zu reproduzieren, da sie keine besonderen Eigentümlichkeiten aufweisen. Zwei extreme Typen bilden diejenigen vom 20. Juni 1889 (Trombe Nr. 174 in Warnemünde) und die vom 9. März 1906 (Trombe Nr. 225 bei Braunschweig). Die erstere zeigt überhaupt nur die beiden Isobaren 760 und 765 mm, die Druckunterschiede sind äußerst gering, und im Witterungsbericht werden vereinzelte Gewitter gemeldet. Am 9. März 1906 zeigt die Karte dagegen über der Biskaya ein Hoch von 770 und über Finnland ein Tief von 725 mm, und in der Gegend der Trombe selber herrscht ein Gradient von 3 mm [pro 111 km] und stürmische NW-Winde. Der Witterungsbericht spricht von stürmischen Böen mit Gewitter und Graupelschauern. Die übrigen Wetterkarten für Trombentermine, die ich gesehen habe, nehmen alle Zwischenstadien zwischen diesen Extremen ein und zeigen dieselbe Mannigfaltigkeit, welche die Wetterlagen mit Gewitterneigung auszeichnet.

Die europäischen Tromben verhalten sich also in bezug auf die Wetterlage anders als die nordamerikanischen. Nach Davis¹⁾ kommen letztere nämlich fast nur im SE-Quadranten einer Depression vor. Im Gegensatz zu der bunten Mannigfaltigkeit in

¹⁾ W. M. Davis, The Relation of Tornadoes to Cyclones. Amer. Met. Journ. I, 121, 1884.

Europa herrscht dort eine überraschende Einförmigkeit, welche zeigt, daß die dortige große Häufigkeit der Tornados eben der ständigen Wiederkehr der gleichen Wetterlage zu verdanken ist. Um diese Gleichartigkeit zur Anschauung zu bringen, hat Davis

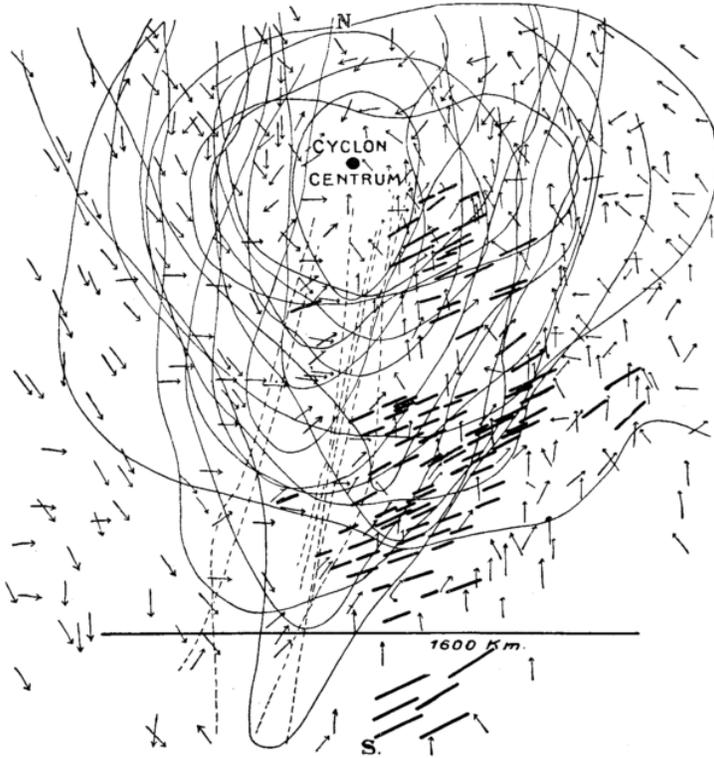


Fig. 19. Relative Lage der (dick gezeichneten) Tornadospuren im Druck- und Windsystem der Depressionen in Nordamerika.

eine Reihe von Wetterkarten von den vier Tagen: 19. Februar, 11. und 25. März, 1. April 1884, so übereinandergelegt, daß die Zentren der Depressionen durch Parallelverschiebung zur Deckung gebracht wurden. Das Resultat ist in Fig. 19 dargestellt. Die 18 ausgezogenen Kurven sind die Isobaren, die Pfeile geben die Windrichtung an, und die kurzen starken Liniestücke bedeuten

die Trombenspuren. Daß an diesen vier Tagen nicht weniger als 100 Tornados beobachtet wurden, ist wieder ein Beispiel für die viel größere Häufigkeit dieser Erscheinungen in Nordamerika. Die sieben feinen gestrichelten Linien stellen die Grenze zwischen den warmen Südwinden und den kalten Westwinden dar, die stets sehr scharf ist. Die Tornados gehören noch der Region der Südwinde an, ziehen aber in einer Richtung, welche mehr dem Westwinde entspricht. Hierin zeigt sich deutlich, daß über der Südwindenschicht bereits der Westwind wehen muß, der jenseits der Trennungslinie auch am Boden bemerkbar ist. Bei den nordamerikanischen Tromben spricht also die Wetterkarte mit noch größerer Entschiedenheit als bei den europäischen für das Übereinanderliegen mehrerer Windschichten. Von diesem Gesichtspunkt aus ist auch leicht zu verstehen, in welcher Weise in Amerika das Felsengebirge, in Europa die Pyrenäen, die Sudeten und das norwegische Gebirge eine Verstärkung der Trombenhäufigkeit in dem leewärts von ihnen gelegenen Flachlande erzeugen können; denn es ist bekannt, daß durch solche Gebirgszüge in der Atmosphäre Schichtgrenzen entstehen oder schon vorhandene verstärkt werden.

Zugrichtung. Die Zugrichtung der Trombe selber (nicht des Gewitters, welches meist etwas anders zieht) ist nur in 112 Fällen angegeben. Für die einzelnen Monate getrennt ist die Anzahl der Tromben, die aus der angegebenen Richtung ziehen, die folgende¹⁾:

| | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. | Ohne Monat | Summe |
|----|------|-------|------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------------|-------|
| NE | — | — | 0,5 | — | 2 | 0,5 | — | 2 | — | — | — | — | — | 5,0 |
| E | 1 | — | 0,5 | 1 | 1 | 1,5 | — | 2 | 1 | — | — | — | — | 8,0 |
| SE | — | — | — | — | 2,5 | 1 | 3 | 2 | — | — | 1 | — | — | 9,5 |
| S | — | — | — | 0,5 | 1 | 1,5 | 3 | 2 | 2,5 | 1,5 | — | — | 1 | 13,0 |
| SW | — | — | — | 2,5 | 2,5 | 4,5 | 6 | 7 | 3,5 | 1,5 | 1 | — | 1 | 29,5 |
| W | — | — | — | — | 3 | 6,5 | 6,5 | 6 | 5 | 1 | — | 1 | — | 29,0 |
| NW | — | — | — | — | — | 3 | 1,5 | 4 | — | 2 | 1 | — | — | 11,5 |
| N | — | — | — | — | 3 | 0,5 | — | 1 | — | 1 | 1 | — | — | 6,5 |
| | | | | | | | | | | | | | | 112,0 |

¹⁾ Aus dem Anhang kämen noch folgende Fälle hinzu: A 1 = NE, Juli; A 3 = SW, August; A 7 = SSW, Mai; A 8 = SW, September; A 11 = S, August; A 14 = SSW, Juni; A 13 = SW, Juli.

Wie man sieht, läßt sich die allgemeine Beziehung zwischen Windrichtung und Jahreszeit in dem Sinne, daß östliche Richtungen im Frühjahr häufiger als im Herbst, westliche im Herbst häufiger als im Frühjahr vorkommen, auch in diesen Zahlen erkennen. Der geringe Umfang des Materials gestattet indessen bei so weitgehender Zerlegung keine genaueren Aussagen hierüber¹⁾.

Drückt man die rechte Spalte dieser Tabelle in Prozenten aus, so erhält man die in der folgenden Tabelle angegebene prozentische Häufigkeit der Zugrichtungen europäischer Tromben; zum Vergleich ist auch die der Gewitter in Mitteleuropa und ferner die der nordamerikanischen Tornados²⁾ angegeben :

| | | Prozentische Häufigkeit der Zugrichtung aus | | | | | | | |
|-------------------|----------|---|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| | | NE | E | SE | S | SW | W | NW | N |
| Mittel- europa | Tromben | 4,4 | 7,1 | 8,5 | 11,6 | 26,4 | 25,9 | 10,3 | 5,8 |
| | Gewitter | 5 | 5 | 7 | 10 | 24 | 27 | 15 | 7 |
| Nordam. Tornados | | 0,2 | 0,0 | 0,3 | 2,6 | 67,8 | 18,9 | 9,7 | 0,7 |

Im Gegensatz zu der höchst einseitigen Verteilung der Tornados schließt sich die Zugrichtung europäischer Tromben außerordentlich eng an die der Gewitter in Mitteleuropa an. Diese beiden Zahlenreihen sind noch durch die nebenstehende Fig. 20 besonders erläutert. Eine noch bessere Deckung der beiden Kurven würde erzielt, wenn man die der Tromben um einen Betrag nach rechts verschöbe, der einer Drehung aller Zugrichtungen um etwa 12° nach rechts entspräche. Es liegt sehr nahe, diesen systematischen Unterschied der Kurven auf die gewöhnliche Winddrehung mit der Höhe zurückzuführen. Die Trombe zieht etwas

¹⁾ Außer dem hier genannten Material finde ich noch die Zugrichtungen von 7 englischen „Wirbelwinden“ zusammengestellt [Symons, Quart. Journ. of the Roy. Met. Soc. **26**, 261, 1900], die in das Trombenverzeichnis nicht aufgenommen wurden, da weiter nichts über sie ermittelt werden konnte, und deshalb ihre Trombennatur nicht feststeht. Diese Wirbelwinde zogen alle aus Richtungen zwischen S 10° W und S 62° W, was ja mit den häufigsten Zugrichtungen der Tromben übereinstimmt.

²⁾ Erstere nach v. Hann, letztere umgerechnet nach Finley, Tornados, New York 1887, S. 113.

mehr nach links als das Gewitter, sie folgt also mehr dem Bodenwind. Es wird gleich gezeigt werden, daß sie auch langsamer zieht, also anscheinend auch in bezug auf Geschwindigkeit durch die erdnahen Schichten beeinflusst wird. Es ist auch wiederholt direkt beobachtet worden, daß der Fuß der Trombe stillstand oder doch stark zurückblieb, während ihr oberer Teil mit der

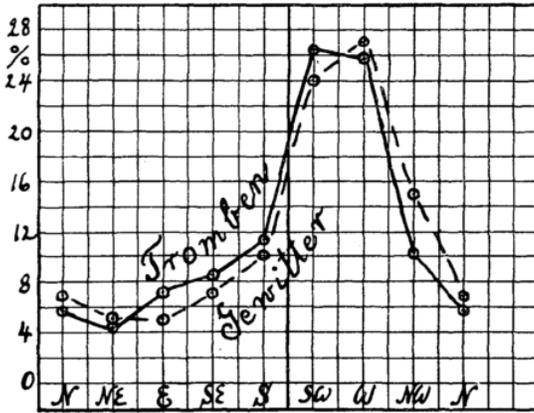


Fig. 20. Häufigkeit der Zugrichtungen aus den verschiedenen Himmelsrichtungen für Tromben und Gewitter in Europa.

Gewitterwolke weiterzog, und sehr häufig findet schon nach kurzer Lebensdauer die Auflösung der Trombe in der Weise statt, daß sie immer mehr in die Länge gezogen wird und schließlich zerreißt. Beispiele hierfür werden im sechsten Kapitel gegeben werden.

Zugeschwindigkeit. Die verfügbaren Angaben über die Zuggeschwindigkeit der Tromben sind noch viel spärlicher als die über die Zugrichtung. Nur sehr selten findet sich diese Zuggeschwindigkeit direkt angegeben. In einigen anderen Fällen werden Angaben gemacht, die eine ungefähre Überführung in mps. gestatten. Oft sind aber diese Angaben so allgemein („schnell“, „langsam“ usw.), daß eine solche Umsetzung nicht möglich ist. Die 40 Fälle, die überhaupt vorhanden sind, sind in der folgenden Tabelle vereinigt.

Zuggeschwindigkeit der Tromben¹⁾.

| Nr. ²⁾ | mps. | Bezeichnung | Nr. ²⁾ | mps. | Bezeichnung |
|-------------------|--------|---|-------------------|--------|---|
| 40* | 0 | 3/4 Stunde lang stillgestanden. | 218* | 3,3 | Nicht schneller als ein laufender Mensch. |
| 44 | 0 | | 73* | ca. 4 | |
| *41 | fast 0 | 1/4 Stunde lang stillgestanden. | 116* | ca. 5 | Wie ein mittelschn. Dampfschiff. |
| 64 | fast 0 | | 97 | 6 | |
| *151 | fast 0 | „Äußerst langsam.“ | *185 | 6 | Geschwindigkeit d. zugehörigen Gewitters. |
| 200* | 0,2 | | *238 | 6 | |
| 24 | 0,6 | „Äußerst langsam, so daß man ihr bequem ausweichen konnte.“ | *228 | 7,2 | „Schnell.“ |
| 58* | — | | *178 | 9,5 | |
| 223* | 1 | „Mit der Geschwindigkeit eines Trajektkahns.“ | 5* | 10 | „Schnell.“ |
| *105 | ca. 2 | | 96* | — | |
| 222* | ca. 2 | „Mit der Geschwindigkeit eines Trajektkahns.“ | 101* | — | „Schnell.“ |
| | | | 28* | — | „Schnell.“ |
| *144 | ca. 2 | Man konnte zu Fuß nachfolgen. | 129* | 9—12 | „Mit Schnellzugsfahrt.“ |
| | | | *239 | ca. 15 | |
| 115* | 2 | Man konnte gehend Schritt halten. | *54 | 15—16 | „Mit ungläublicher Schnelligkeit.“ |
| *85 | ca. 2 | | 234* | 17—19 | |
| *9 | — | „Langsam.“ | *121 | 18—19 | „Mit ungläublicher Schnelligkeit.“ |
| 14* | — | „Langsam.“ | 6 | 20 | |
| *94 | — | „Langsam.“ | *38 | — | Geschwindigkeit d. zugehörigen Gewitters. |
| *95 | — | „Langsam.“ | *165 | 24 | |
| *166 | — | „Langsam.“ | | | |
| 107 | 3 | | | | |

Als Gesamtmittel ergibt sich aus den 30 Zahlenwerten 6,4 mps. oder 23,2 km pro Stunde. Im Vergleich zur Geschwindigkeit der Gewitter ist diese Zahl auffallend klein; denn es beträgt z. B. die stündliche Kilometerzahl für Gewitter in Norwegen 38, Rußland 41, Frankreich 41, Niederlande 38,7, Süddeutschland 36,8, Steiermark, Kärnten, Krain 30,4, Oberitalien 35,1, Mittel- und Unteritalien 39,0, oder im Gesamtmittel etwa 38. Die mittlere Geschwindigkeit der Tromben beträgt hiervon nur 61 Proz. Es kann wohl kaum bezweifelt werden, daß dem schon oben erwähnten Zurückbleiben des Trombenfußes mindestens ein großer Teil dieser Abweichung zugeschrieben werden muß. Dies schließt aber natür-

¹⁾ Hierzu kommen noch folgende Angaben aus dem Anhang: A 1 6 mps.; A 3 18 mps. (nach einer zweiten Berechnung 27 mps.); A 8 9 mps.; A 9 eine halbe Stunde lang gestanden; A 14 7,5 mps.

²⁾ Die Bedeutung der * wird später erklärt.

lich nicht aus, daß daneben noch ein systematischer Zusammenhang der Art besteht, daß langsam ziehende Gewitter trombenreicher sind als schnellziehende. Gewisse noch zu besprechende Eigenschaften der Tromben, nämlich ihre Vorliebe für Windstille und stagnierende, nicht turbulente Luft, machen dies wahrscheinlich.

Mittelt man diejenigen Zuggeschwindigkeiten für sich, bei denen die Trombe aus Richtungen zwischen WNW und SSW zog (in der Tabelle die 13 durch * links bezeichneten Zahlenwerte), so ergibt sich 8,3 mps. oder 29,9 km pro Stunde, wogegen die aus Richtungen zwischen S über E und N bis NW ziehenden (die 11 durch * rechts bezeichneten Zahlenwerte), nur 5,1 mps. oder 18,4 km pro Stunde geben. Daraus scheint hervorzugehen, daß die Tromben in den häufigsten Zugrichtungen schneller fortschreiten als in den seltenen.

Für die nordamerikanischen Tornados gibt Finley als Mittel 20 mps. oder 71 km pro Stunde Zuggeschwindigkeit; die Extreme sind 3 mps. (11 km pro Stunde) und 45 mps. (161 km pro Stunde). Diese Werte übertreffen nicht nur die Zuggeschwindigkeiten der europäischen Tromben, sondern sogar die der europäischen Gewitter weitaus, und legen wiederum Zeugnis ab für die eigenartige Ausbildung dieser Erscheinungen in Nordamerika.

Weglänge. Die Angaben über die von den Tromben zurückgelegte Weglänge — soweit sich solche in den Beschreibungen

| Nr. | Weglänge ¹⁾ km | Nr. | Weglänge km | Nr. | Weglänge km |
|-----|------------------------------|--------|----------------|--------|--------------------------------|
| 4 | 400 | 180 | 9 | 85 | 2,5 |
| 1 | 260 | 97 | 8 | 17 | 2 |
| 234 | 260 | 54 | 7 | 229 | 2 |
| 207 | 115 | 121 | 6,5 | 231 I | 1,2 |
| 6 | 74 | 110 | 6 | 223 | 1 |
| 175 | 45 | 129 | > 5,6 | 238 | 1 |
| 108 | 45 | 218 | 5 | 204 | 0,8 |
| 208 | 32 | 115 | 4 | 104 | 0,4—0,5 |
| 178 | 25 | 162 | 4 | 231 II | „Nur wenige Hundert Meter.“ |
| 228 | 23 | 20 | 3,7 | | |
| 5 | 15 | 185 II | 3,5 | 215 | |
| 105 | 15 | 77 | 3,2 | 44 | fast 0 |
| 128 | 13,5 | 189 | 3,2 | 64 | fast 0 |
| 144 | 9 | 24 | 3 | | |

¹⁾ Hierzu kämen aus dem Anhang noch folgende Angaben: A 1 2,3 km; A 3 80 km; A 8 (soweit auf Land) 50 km; A 9 fast 0; A 14 27 km.

finden — sind in der beifolgenden Tabelle zusammengestellt. Der Wert dieser Zahlen wird durch den Umstand etwas beeinträchtigt, daß die Tromben sich oft vom Erdboden abheben. In vielen Fällen ist deshalb die Spur nur intermittierend. Andererseits ist natürlich auch oft eine spätere Fortsetzung der Spur unbeachtet geblieben.

Diese 39 Angaben ergeben als Gesamtmittel 36 km, die Extreme sind 400 und fast 0. In Nordamerika sind auch diese Zahlen, wie zu erwarten, größer; als Mittel ergibt sich dort 41 km, und die Extreme sind 483 und 0,3 km.

Die Angaben unserer Tabelle lassen sich übersichtlicher in folgender Weise zusammenfassen:

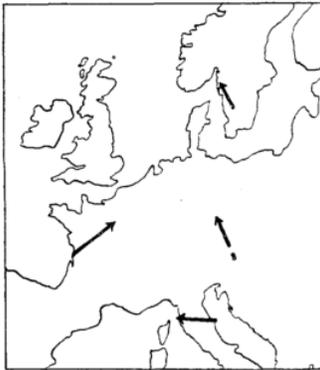


Fig. 21. Die vier längsten Trombenbahnen in Europa.

| Weglänge km | Anzahl |
|----------------|--------|
| < 1 | 5 |
| 1— 10 | 21 |
| 10—100 | 9 |
| > 100 | 4 |

Mehr als die Hälfte aller Fälle ergibt also Weglängen zwischen 1 und 10 km.

Eine sehr ausgesprochene, aber wenig aussagende Beziehung besteht zwischen der Weglänge und der Zuggeschwindigkeit in dem Sinne, daß eine Gruppe von Fällen mit höherer Geschwindigkeit auch eine größere mittlere Weglänge ergibt. Daß diese Beziehung nichts Neues an den Tag bringt, sieht man besonders bei der Gruppe mit der Geschwindigkeit Null, deren zugehörige Weglänge auch nur Null sein kann. Bei höheren Geschwindigkeiten gilt diese Beziehung nur für ganze Gruppen, während Einzelfälle sich oft umgekehrt verhalten. Von einer Wiedergabe der Zahlen, die sich aus den beiden vorigen Tabellen leicht ableiten lassen, soll hier abgesehen werden.

Eine Beziehung der Weglänge zur Zugrichtung ist nicht erkennbar, was schon durch das obenstehende Kärtchen mit den vier längsten Trombenbahnen erläutert werden kann.

Lebensdauer. Schließlich seien noch die Angaben über die Lebensdauer der europäischen Tromben in der folgenden Tabelle zusammengestellt¹⁾:

| Nr. | Lebensdauer | Nr. | Lebensdauer | Nr. | Lebensdauer |
|------|--------------------------------|-------|----------------------------|-------|--------------------------------|
| 234 | 3h 20 ^m | 58 II | 25 ^m | 129 | > 8-10 ^m |
| 162 | 2 | 218 | 25 | 54 | mindestens 7-8 ^m |
| 88 | Einige Stunden | 10 | 20 | 7 | 7-8 ^m |
| 24 | 1 ^b 30 ^m | 97 | mindestens 20 ^m | 236 | 5-8 |
| 144 | 1 10 | 223 | 20 ^m | 205 | 7 |
| 64 | 1 (fast) | 242 | 20 | 121 | 6 |
| 6 | < 1 | 43 II | 18 | 226 | 6 |
| 228 | 55 ^m | 181 | 17 | 232 | 5 |
| 40 | > 45 | 151 | > 15 | 243 | ca. 5 |
| 58 I | reichl. 45 | 32 | 15 | 183 | 4 |
| 178 | ca. 45 | 63 | 15 | 220 | Ein paar Min. |
| 115 | 35 | 107 | ca. 15 | 230 | Mehrere Min. |
| 5 | 30 | 171 | 12 | 152 | Wenige Min. |
| 36 | 30 | 182 | 12 | 191 | 3 |
| 60 | 30 | 94 | > 10 | 227 | 2 |
| 85 | 30 | 57 | 10 | 238 | 2 |
| 192 | 30 | 146 | 10 | 31 | 1 ^m 30 ^s |
| 211 | 30 | 219 | 10 | 241 I | 20 |
| 43 I | 27 | 210 | fast 10 | 170 | ca. 5 |

Die 57 Werte schwanken zwischen 5 Sekunden und 3¹/₂ Stunden. Der weitaus größte Teil, nämlich 61 Proz. (35 von 57) liegt zwischen 5 und 30^m einschließlich. Kürzer als 5^m dauern nur 18 Proz. (10 von 57), länger als 30^m 21 Proz. (12 von 57).

Diese Zahlenwerte und die der vorigen Tabelle würden noch größeres Interesse beanspruchen, wenn auch für die Lebensdauer und die Weglängen der Gewitter in Europa Zahlenangaben vorlägen. Aus den wenigen, in v. Hanns Lehrbuch hierüber enthaltenen Andeutungen geht nur soviel hervor, daß in beiden Fällen die Zahlenwerte für Tromben viel kleiner ausfallen als die für Gewitter. Gewitterzüge, die sich 1000 km weit verfolgen lassen, sind keine Seltenheit, und auch die kurzlebigen Sommergewitter dürften doch nur sehr selten eine kürzere Bahn als 10 km zurücklegen, während mehr als die Hälfte aller Tromben Weglängen aufweisen, die kleiner sind als diese Zahl. Wenn z. B.

¹⁾ Hierzu kommen noch aus dem Anhang folgende Werte: A 1 5-8^m; A 3 ca. 1^h; A 8 mehrere Stunden; A 9 fast 1¹/₂ Stunde; A 14 ca. 1^h.

Prohaska bei Ableitung der Breite der Hagelspuren nur solche Fälle benutzt, wo die Spur länger als 20 km ist, so ist wohl anzunehmen, daß dies die Mehrzahl der Fälle umfaßt. Hiernach scheint es, daß nicht einmal der Hagelfall, geschweige denn das Gewitter auf seinem ganzen Wege von der Trombe begleitet wird. Und zu demselben Resultat führen die Angaben über die Lebensdauer der Tromben. Denn Gewitter von einer Lebensdauer von nur 5 bis 30^m dürften selten sein.

Alles dies deutet darauf hin, daß die Tromben — wenigstens die weitaus häufigsten kurzlebigen — nur einer vorübergehenden Wachstumsphase des Cumulo-Nimbus entsprechen, eine Vorstellung, welche wir schon zur Erklärung der täglichen Periode verwendet haben, und auf die wir auch später noch zurückkommen werden. Andererseits freilich zeigen die in Europa selteneren langlebigen Tromben, daß der Vorgang unter besonderen Umständen auch lange Zeit stationär bleiben kann.

Fünftes Kapitel.

Witterung in der Umgebung der Trombe.

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

Von 153 Beschreibungen, die Angaben über die Witterung enthalten ¹⁾, berichten 92 von Gewittern, darunter 33 von Hagel.

¹⁾ Die im Anhang des Verzeichnisses angeführten Beschreibungen sind hier wie in den folgenden Auszählungen nicht mitgerechnet.