

8

**Die Zahl der Tage mit Windspitzen
von mindestens 20 Metern pro Sekunde in Zürich (1934–1967)**

Von

H. Uttinger

Herausgegeben von J. C. Thams, Locarno-Monti

Bisher erschienen

- | | | | |
|---------|--|---|----------|
| Nr. 1 a | Uttinger H., | Die Niederschlagsstunden in Zürich.
22 Seiten, 1962 | Fr. 5.50 |
| Nr. 1 b | Ambrosetti Fl., | Die Niederschlagsstunden in Locarno-Monti.
12 Seiten, 1965 | Fr. 4.50 |
| Nr. 2 | Thams J. C., | unter Mitarbeit von A. Aufdermaur, P. Schmid und E. Zenone.
Die Ergebnisse des Grossversuches III zur Bekämpfung des Hagels im
Tessin in den Jahren 1957–1963.
32 Seiten, 1966 | Fr. 5.— |
| Nr. 3 | Grütter M., | Die bemerkenswertesten Niederschläge der Jahre
1948–1964 in der Schweiz.
20 Seiten, 1966 | Fr. 4.— |
| Nr. 4 | Schram K. und Thams J. C., | [Redaktion], 9. Internationale Tagung für Alpine
Meteorologie in Brig und Zermatt, 14.–17. September 1966.
366 Seiten, 1967 | Fr. 30.— |
| Nr. 5 | Ambrosetti Fl. und Thams J. C., | Die direkte Sonnenstrahlung auf die Flächen eines
nach Süden orientierten Würfels ohne Grundfläche in Locarno-Monti.
16 Seiten, 1967 | Fr. 3.50 |
| Nr. 6 | Schram K. und Thams J. C., | Der Tagesgang der Abkühlungs- und
Aufwärmungsgrösse in Locarno-Monti.
20 Seiten, 1968 | Fr. 4.— |
| Nr. 7 | Ambrosetti Fl., Schram K. und Thams J. C., | Die Intensität der direkten
Sonnenstrahlung in verschiedenen Spektralbereichen in
Locarno-Monti.
13 Seiten, 1968 | Fr. 3.50 |
| Nr. 8 | Uttinger H., | Die Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens
20 Metern pro Sekunde in Zürich (1934–1967).
22 Seiten, 1968 | Fr. 5.— |

DIE ZAHL DER TAGE MIT WINDSPITZEN VON MINDESTENS
20 METERN PRO SEKUNDE IN ZUERICH (1934 - 1967)

Von H. UTTINGER

Klimatologische Abteilung der
Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich

ZUSAMMENFASSUNG

Aus 34-jährigen Aufzeichnungen eines Universal-Windschreibers Fuess in Zürich werden die Tage mit Windspitzen von mindestens 20 m/s ausgezählt. Die Beobachtungsreihe erweist sich als inhomogen und wird unter Beizug von Registrierungen auf dem Flugplatz Kloten so gut als möglich korrigiert. Die klimatologische Auswertung der Windstärken erstreckt sich auf Jahresgang, säkulare Schwankungen und Verteilung der Sturmspitzen auf die Tagesstunden. Speziell auf die Praxis ausgerichtete tabellarische Darstellungen der Spitzengeschwindigkeiten schliessen die Arbeit ab.

RESUME

On a dénombré pour Zurich les jours présentant des rafales de vent ayant dépassé 20 m/sec. Pour ce faire, on s'est servi des enregistrements d'un anémographe universel de Fuess couvrant 34 années. La série d'observations s'est avérée inhomogène, aussi a-t-elle été corrigée sur la base d'enregistrements effectués à l'aéroport de Kloten. Le dépouillement climatique comprend les fluctuations annuelles et séculaires ainsi que la répartition des pointes de vent selon les heures du jour tout en tenant compte des vitesses atteintes. Le travail se termine par des tables de rafales maximum dont la présentation est spécialement étudiée en vue de leur usage pratique.

RIASSUNTO

Partendo dalla registrazione a Zurigo durante 34 anni di un anemografo universale Fuess, furono computati i giorni con raffiche di vento di almeno 20 m/s. La serie di osservazioni è risultata inomogenea. Fu corretta, per quanto possibile, con l'aiuto di registrazioni dell'Aeroporto di Kloten. L'elaborazione climatologica dell'intensità del vento si estende all'andamento annuale, alla variazione secolare e alla distribuzione delle punte tempestose sull'arco della giornata. Il lavoro termina con una rappresentazione sotto forma di tabelle delle punte della velocità, con speciale riguardo alla pratica.

SUMMARY

By means of a 34 years' period of registrations of the windspeed by an Universal Anemograph of Fuess in Zürich, the number of days with a wind velocity of 20 m/sec and more has been determined. The series of observations turned out to be inhomogeneous and has been corrected by means of registrations of the windspeed at the Airport at Kloten. The climatological evaluation of the wind velocity refers to the annual variation, the secular variation and the distribution of strong winds during the day. Tables of high windspeeds, which are especially adapted to practical application, are given at the end of this paper.

Die vorliegende Arbeit entstand aus den Bedürfnissen der täglichen Praxis heraus. Für die Beantwortung zahlreicher Anfragen aus Kreisen der Wirtschaft (z. B. Versicherungsgesellschaften, Baugewerbe) fehlten uns bisher Grundlagen, nach denen man Auskünfte über die Häufigkeit von Sturmspitzen bestimmter Stärke hätte geben können. Die Aufgabe, solche Grundlagen nach den Registrierungen eines Böenschreibers zu beschaffen, kann auf verschiedene Arten gelöst werden, je nachdem, wie gross man das Zeitintervall ansetzt, aus dem die Böenspitze notiert werden soll. Es kann sich von wenigen Minuten über eine Stunde bis zu einem Tag als Einheit erstrecken. Kurze Intervalle erlauben es, die Struktur eines Sturmwindes zu erfassen, erfordern jedoch einen erheblichen Zeitaufwand. Wählt man wie wir als Zeiteinheit den Tag (0-24^h MEZ) und setzt für die zu berücksichtigenden Böen eine Mindeststärke so fest, dass sie an der unteren Grenze des Sturmgebietes liegt, so erhält man eine Statistik der Sturmtage. Nun bestehen aber keine klaren Definitionen dafür, was man aufgrund von Böenspitzen als Sturm bezeichnen soll, weshalb wir einen neutralen Titel für diese Arbeit gewählt haben.

Das Beobachtungsmaterial

An der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich ist seit Ende 1933 ein mechanischer Universal-Windschreiber Fuess in Betrieb. Infolge Verlegung der Anstalt im August 1949 liegen die Reihen von Registrierungen zweier Standorte vor, die sich aber bezüglich des Grossreliefs der Umgebung nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Beide befinden sich am Zürichberg an einem nach SW orientierten Hang von etwa 13% durchschnittlicher Neigung. Die Höhe der Windfahnen mit den Staudruckdüsen über Boden und der an beiden Orten flachen Hausdächer gehen aus den nachstehenden Höhen über Meer hervor:

	<u>Gebäudefuss</u>	<u>Flachdach</u>	<u>Windfahne</u>
Physikgebäude der ETH, Gloriamstrasse (1934-1949)	477 m	499 m	510 m
Krähbühlstrasse (1949-1967)	556 m	572 m	582 m

Beide Standorte sind hinsichtlich überragender Gebäude oder Bäume genügend frei. Völlig freien Zutritt hat der Wind aus dem Halbkreis SE-SW-NW. Der Hauptunterschied besteht in der höheren Lage der neuen Station, die Verlegung in östlicher Richtung misst 966 m.

Es sind im wesentlichen zwei Apparate, die in diesen Jahren abwechselnd in Betrieb waren. Die Registrierungen sind praktisch lückenlos. Es konnten ihnen 535 Tage entnommen werden, die der Definition der Ueberschrift entsprechen. Von jedem derselben wurden das Datum sowie Tagesstunde und Betrag der Höchstgeschwindigkeit in m/s mit einer Dezimale chronologisch notiert. In den Gesamtzahlen der Sturmtage pro Jahr zeigte sich neben den üblichen Schwankungen von Jahr zu Jahr ein auffälliger Tiefstand im Zeitabschnitt 1947 - 1957, der kaum reell sein konnte. Man sah es auch der Registrierung an, dass die Empfindlichkeit des Böenschreibers gestört war: sowohl Anstieg wie auch Absinken des Zeigers erfolgten viel zu langsam, um den wirklichen Sturmschwankungen folgen zu können. Wir zogen zum Vergleich die ebenfalls mit einem Fuess-Gerät aufgenommenen Registrierungen des in einer Entfernung von 8 km liegenden Flughafens Kloten von 1949 - 1960 heran. Das Ergebnis ist eindeutig, wie nachstehende Aufstellung zeigt: Kloten hat in den Jahren 1949 - 1957 weit mehr Tage mit einer Windgeschwindigkeit ≥ 20 m/s. Von 1958 an dominiert Zürich wieder, die Registrierungen sind offenbar in Ordnung, doch beginnen nun in Kloten die Aufzeichnungen fehlerhaft zu werden.

Jährliche Anzahl der Tage mit einer Windgeschwindigkeit ≥ 20 m/s.

Station \ Jahr	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Zürich	5	5	2	9	2	14	21	9	5	24	14	14
Kloten	15	21	19	21	7	24	32	20	12	20	12	9

Dass wir die in den Jahren 1947 - 1957 für Zürich erhaltenen Ergebnisse nicht unverändert in die Statistik übernehmen konnten, war uns klar. Wir mussten diese entweder weglassen

und damit einen unliebsamen Torso von zwei getrennten Zeitabschnitten in Kauf nehmen, oder wir mussten irgendwie korrigierend eingreifen; aber wie?

Eine Möglichkeit wäre die Uebernahme der Klotener Ergebnisse für die Jahre 1949 bis 1957 gewesen. Dagegen sprachen zwei Gründe: Einmal hätten wir dann für die Jahre 1947 und 1948 keine Werte. Wichtiger erscheint uns der zweite Grund: Sehr wahrscheinlich hätten wir damit eine wesentliche Inhomogenität in das Material hineingetragen. Im Laufe der Auswertungen haben wir nämlich den Eindruck erhalten, dass zwischen den beiden Beobachtungsstellen ein reeller Unterschied in der jahreszeitlichen Verteilung der Sturmtage besteht, indem in Kloten relativ mehr Sommerstürme auftreten als in Zürich, während in Zürich die Winterstürme eher stärker sind und damit mehr Fälle mit einer Windgeschwindigkeit über 20 m/s vorkommen. Inwiefern unser Eindruck richtig und der Unterschied massgeblich ist, könnte nur durch eine besondere Untersuchung abgeklärt werden. Möglicherweise liegt die Ursache für das abweichende Verhalten in der völlig anderen Topographie des Standortes Kloten am Südostrand einer rund 8 km langen und 4 km breiten Ebene, die allseitig von Hügellandschaften umgeben ist.

Wir griffen nach längerem Suchen zu einer Lösung, die angenähert richtige Werte erwarten lässt, obwohl sie vielleicht strenger wissenschaftlicher Kritik nicht standhält, die aber sicher besser ist als ein Verzicht auf die Auswertung der Registrierungen aus den erwähnten 11 Jahren. Wir gingen davon aus, dass die Gesamtzahl der Sturmtage pro Jahr in Zürich von der in Kloten nicht allzuweit abweichen dürfte. Wir werteten nun für 1947 - 1957 die Aufzeichnungen von Zürich auch noch für Tage mit Windspitzen zwischen 15 und 20 m/s aus und bestimmten für jedes Jahr den Grenzwert, bis zu dem man hinunterzusteigen hatte, um die gleiche Anzahl von Sturmtagen zu erhalten, wie sie für Kloten aus den Windspitzen von ≈ 20 m/s hervorging. Es ergaben sich folgende Grenzwerte:

Jahr	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
Grenzwert [m/sec]	17.1	16.5	15.0	16.4	16.0	18.0	16.0	18.3	17.7

Wir versuchten, um nicht allzu schematisch zu verfahren, die Jahre in Gruppen zusammenzufassen, was nur zum Teil zu sinnvollen Ergebnissen führte, und arbeiteten schliesslich auf folgender Grundlage:

Jahr	1947 - 1949	1950	1951	1952	1953	1954 - 1957
Grenzwert [m/sec]	17.1	16.4	15.0	16.4	15.9	18.0

Die Differenz zwischen 20.0 m/s und den obigen Grenzwerten ist nun der Korrekturbetrag, um den alle Spitzengeschwindigkeiten der betreffenden Jahre für Zürich erhöht wurden:

Jahr	1947 - 1949	1950	1951	1952	1953	1954 - 1957
Korrekturbetrag [m/sec]	2.9	3.6	5.0	3.6	4.1	2.0

Es tauchte die Frage auf, ob man nicht die Werte proportional hätte erhöhen sollen. Argumente dafür wären vorhanden gewesen. Das Verfahren hätte aber als unliebsame Folge nach sich gezogen, dass einige Jahresmaximalwerte rein rechnerisch in den Bereich der höchsten in Zürich beobachteten Windspitzen gelangt wären. Das wollten wir vermeiden, denn um dies verantworten zu können, müssten wirkliche Beweise für die Güte unseres Verfahrens vorliegen.

Die Gesamtzahl der Tage erhöhte sich mit der Korrektur um 111 auf 646, das sind im Durchschnitt 19 pro Jahr. Für 86 der bereits bei der ersten Auszählung erfassten Tage wurde die

Windspitze um einen der oben erwähnten Beträge heraufgesetzt. In den nachfolgenden Kapiteln wird kein Unterschied mehr gemacht zwischen beobachteten und korrigierten Werten. Das Gesamtbild der Verteilung der Fälle über den Tag oder das Jahr hin wird durch diese Eingriffe kaum wesentlich beeinflusst. Bei der Betrachtung der Zeitreihen (Tabellen 1 und 4, Abbildung 4) ist eine gewisse Reserve in den Jahren zwischen 1946 und 1958 angebracht.

Einige Bemerkungen zu den Masseinheiten der Windgeschwindigkeit seien hier eingestreut. Abgesehen von den in der Schifffahrt und im synoptischen Wetterdienst eingeführten Knoten (Seemeilen pro Stunde) sind in der Klimatologie zwei Einheiten gebräuchlich. Die mittlere Geschwindigkeit, meist mit Schalenkreuzanemometern gemessen, wird in der Regel in Kilometern pro Stunde (km/h) ausgedrückt, während für Spitzengeschwindigkeiten ihrer kurzen Dauer entsprechend Meter pro Sekunde (m/s) üblich sind. Dieser Gepflogenheit gemäss sind auch die Registrierstreifen des Universal-Windschreibers Fuess eingeteilt. Unsere Auswertung erfolgte daher ebenfalls in m/s und in den anschliessenden Untersuchungen wird diese Einheit beibehalten. Da aber, wie eingangs erwähnt, diese Arbeit durch die Praxis angeregt worden ist, haben wir einige Uebersichtstabellen auch auf km/h umgerechnet, da sich in einzelnen Wirtschaftszweigen dieses Mass durchgesetzt hat. Im übrigen gilt die Beziehung

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h} = 1.944 \text{ Knoten.}$$

Die Windstärken wurden auf Zehntel m/s genau den Registrierungen entnommen. Für die Einordnung in Stärkeklassen wurden die Dezimalen fallen gelassen; in den Tabellen 3, 4 und 5 und anderwärts finden sich somit z. B. unter 22 m/s Geschwindigkeiten von 22.0 bis 22.9 m/s. Auch die aus den Zehntel m/s errechneten km/h sind stets abgerundet, selbst in Fällen, wo der anschliessende Dezimalbruch 0.96 beträgt. Das ist unbedingt erforderlich, wenn später nach der Aufsummierung Titel und Inhalt der Tabellen 5 bis 8 übereinstimmen sollen.

Die nachfolgenden Kommentare zu den in Tabellen und Abbildungen niedergelegten Ergebnissen haben wir bewusst kurz gehalten. Dies entspricht dem eingangs umschriebenen Ziel der Arbeit, deren Erscheinen nicht durch weitere, zum Teil recht problemgeladene klimatologische Untersuchungen, die hier noch angeschlossen werden könnten, hinausgezögert werden sollte. So ist etwa der in Abbildung 2 dargestellte Jahresgang nach übergreifenden Pentaden witterungsklimatologisch nicht erschöpfend behandelt worden, und die statistischen Ueberlegungen zur Zahl der Sturmtage in den einzelnen Monaten mögen in erster Linie als Anregungen betrachtet werden.

Ganz ausser Betracht gelassen wurde die Windrichtung. Mit sehr wenigen Ausnahmen handelt es sich um Stürme aus dem Westsektor mit WSW als ungefährem Zentrum.

Die Ergebnisse

Eine Gesamtübersicht über die Verteilung der 646 Sturmtage vermittelt Tabelle 1, worin die Zahl der Tage für jeden Monat der Reihe 1934 - 1967 angegeben ist. Die Summen über alle Jahre zeigen einen ausgeprägten Jahresgang, in dem das starke Ueberwiegen der Winterstürme zum Ausdruck kommt. Dasselbe ersieht man aus der Abbildung 1, in der die Häufigkeiten durch Säulen dargestellt sind. Diese sind in Stärkegruppen unterteilt, sodass man die Verteilung der Sturmtage mit Spitzenwerten von ≥ 20 , ≥ 22 , ≥ 25 und ≥ 30 m/s herauslesen kann. So erkennt man z. B., dass im Bereich der sommerlichen Flaute nicht nur die Gesamtzahl der Sturmtage kleiner ist, sondern dass auch der Anteil der starken Stürme (≥ 25 m/s) merklich niedriger ist als im Winter. Es kommen in dieser Jahreszeit nur zwei Fälle mit Windgeschwindigkeiten ≥ 30 m/s vor, im Juli 1935 und im September 1951.

Sehr instruktiv für die Verteilung der Sturmtage über das Jahr hin ist Abbildung 2. Hier ist die jeweilige Zahl der Tage mit Sturm in übergreifenden Pentaden dargestellt, jede Pentade ist ihrem mittleren Datum zugeordnet. In der warmen Jahreszeit dürften angesichts des wenig umfangreichen Materials die zutagetretenden Anomalien, abgesehen vielleicht von der sich über 11 Tage erstreckenden Minimalzone im Mai und dem Gewittermaximum im Juli, kaum über die Zufallswahrscheinlichkeit hinausgehen. Dagegen scheinen uns die grossen Unterschiede vom ersten Maximum kurz nach der Oktobermitte bis gegen den 20. April doch überzufällig. Besonderes Interesse erweckt der in der letzten Märzdekade einsetzende Aufbau des Maximums um den 7. April,

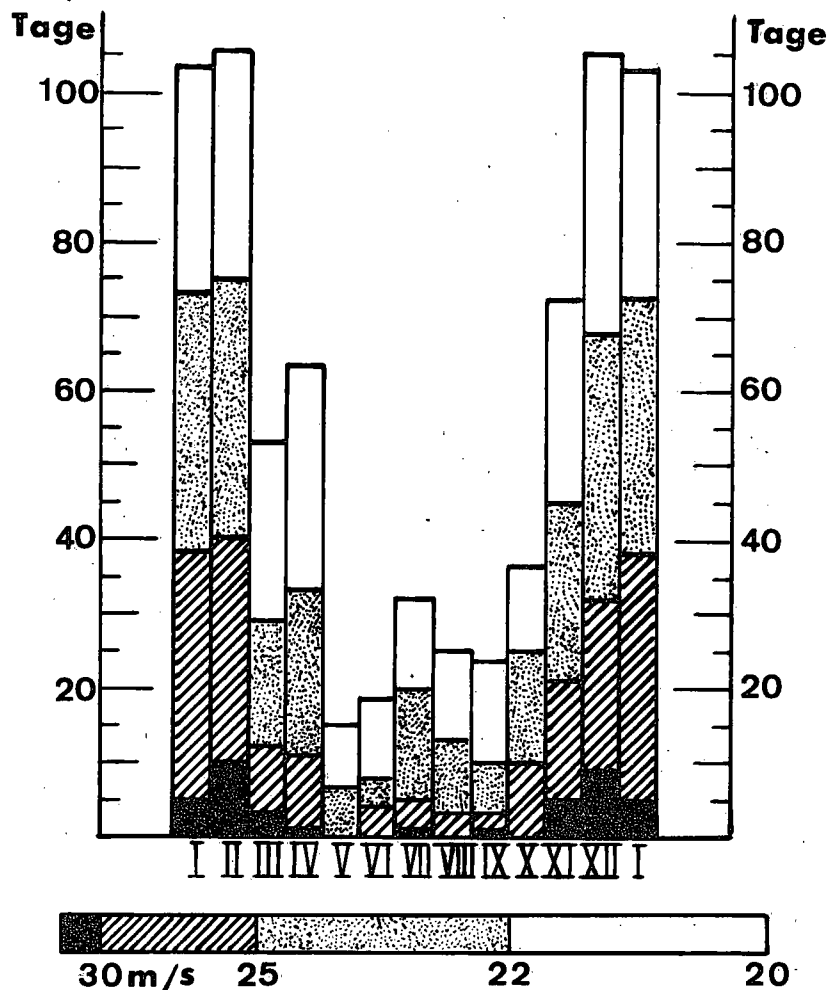


Abb. 1. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 20, 22, 25 und 30 m/s in Zürich. Verteilung auf die einzelnen Monate des Jahres (1934 - 1967).

das zwar hinter den Gipfeln der eigentlichen Wintermonate etwas zurückbleibt, nach der relativen Depression im März aber doch eindrucksvoll dokumentiert, dass der Frühling mit Brausen zu nahen pflegt.

Die Frequenzen der Sturmtage in den einzelnen Monaten (Tab. 1) liessen uns vermuten, dass diese mit genügender Annäherung mit Hilfe der negativen Binomialverteilung dargestellt werden könnten. Wir haben je eine diesbezügliche Analyse für die 102 Wintermonate Januar, Februar und Dezember 1934 - 1967 und für die Sommermonate durchgeführt; für die letzteren haben wir, um eine genügend grosse Anzahl von Fällen zu erhalten, den Sommerbegriff, üblicherweise Juni, Juli, August, auf Mai und September ausgedehnt, was in 34 Jahren 170 Monate ergibt. Gute Dienste für die Auswertung leisteten uns die Tafeln von E. WILLIAMSON und M. H. BRETHERTON [1]. Für die Interpretation der Ergebnisse halten wir uns an die Konstanten, wie sie von F. EGGENBERGER [2] umschrieben werden.

Wir zählten zunächst aus, wieviele Monate in den behandelten 34 Jahren mit 0, 1, 2, ... r Sturmtagen bedacht worden sind und berechneten hieraus die mittlere Häufigkeit h und das Streuungsquadrat σ^2 :

$$h = \frac{1}{n} \sum r \qquad \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum (r-h)^2$$

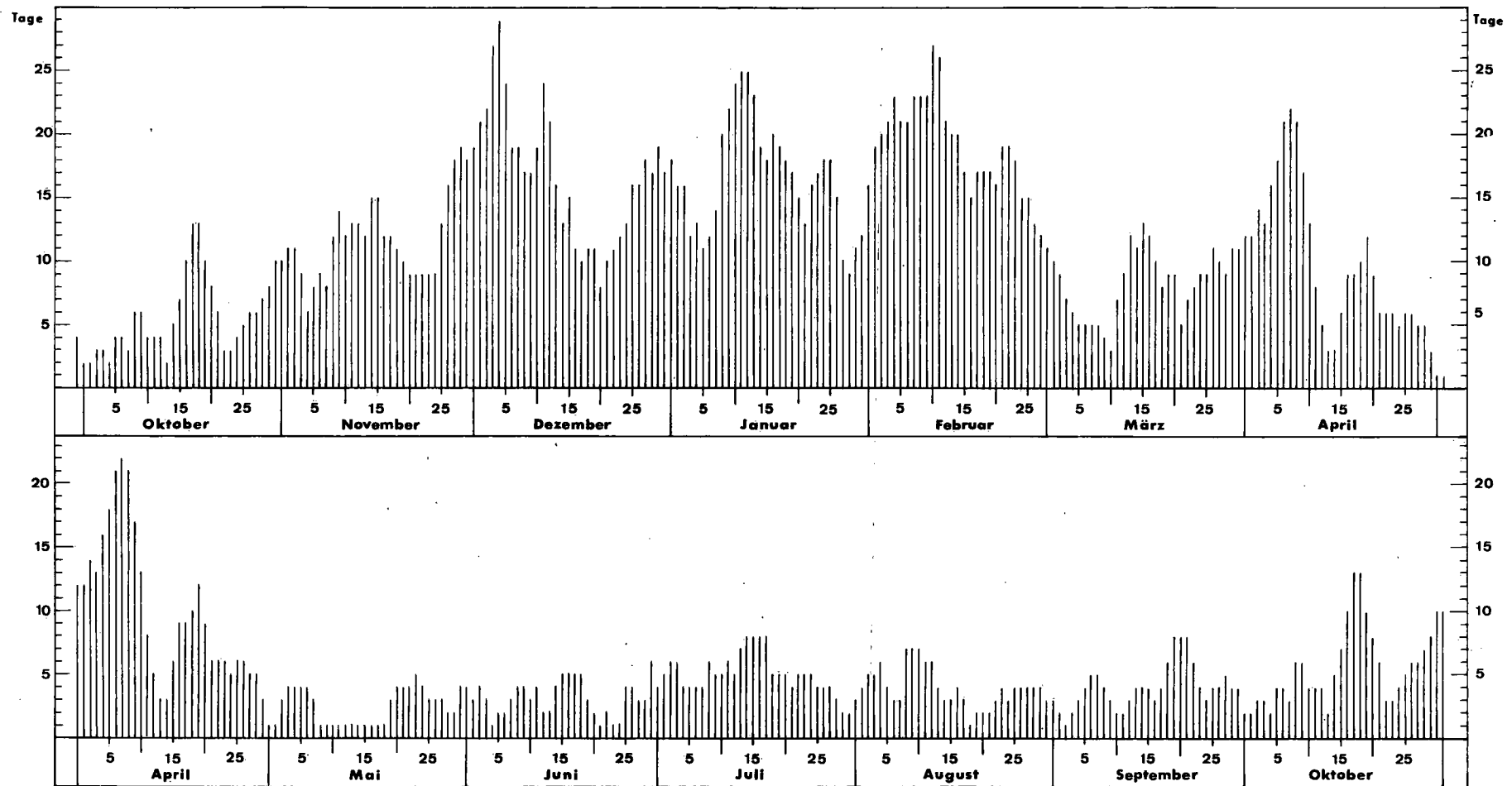


Abb. 2. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 20 m/s in übergreifenden Pentaden in Zürich (1934 - 1967).

Wäre die Verteilung der Frequenzen auf die Einzelmonate rein zufällig, so würden sie sich nach dem Poissonschen Exponentialgesetz verhalten und es wäre $\sigma^2 = h$. Dies trifft für keines unserer beiden Beispiele zu. Wir berechneten für die

Wintermonate
 $h = 3.07$ Tage, $\sigma^2 = 7.71$

Sommermonate
 $h = 0.67$ Tage, $\sigma^2 = 1.26$

Nach [2] folgt nun $\sigma^2/h = 1 + d$, wobei d als "Ansteckung" bezeichnet wird. Je grösser d ist, desto stärker sind die einzelnen Ereignisse miteinander verkettet. Wir erhalten für die

Wintermonate $d = 1.51$

Sommermonate $d = 0.88$.

Mit h und d ist die theoretische Verteilung festgelegt. Wir wollen ihre Berechnung hier nicht darlegen, sondern auf [2] und eine frühere Arbeit des Verfassers [3] verweisen. Hier haben uns die erwähnten Tafeln [1] die Berechnungen erspart. Den Vergleich zwischen beobachteter und theoretischer Verteilung ermöglicht Abb. 3. Es sind darin die von der hohen Frequenzseite her

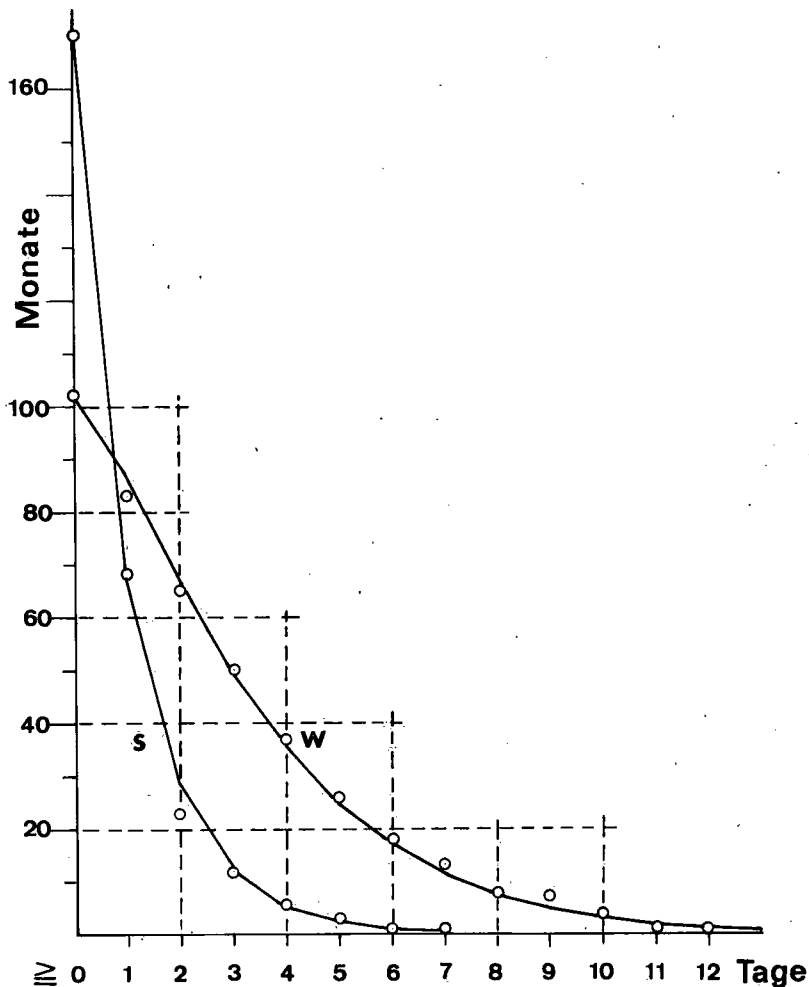


Abb. 3. Zahl der Monate mit mindestens 1, 2, 3, ... Sturmtagen im Verlauf von 34 Jahren (1934 - 1967) in Zürich. Beobachtete (o) und theoretische Häufigkeiten (Kurvenzüge) für 102 Wintermonate (Dezember bis Februar) und 170 Sommermonate (Mai bis September).

aufsummierten Werte dargestellt, die beobachteten Frequenzen als Nullkreise, die sich hieraus ergebende theoretische Verteilung für jeden der beiden Jahresausschnitte als Kurvenzüge. Die Uebereinstimmung kann als gut angesehen werden, wenn auch bei den Wintermonaten kleine systematische Abweichungen zutage treten, indem die Nullkreise auf eine längere Strecke auf der gleichen Seite der Kurve liegen. Es dürfte somit nicht allzu willkürlich erscheinen, wenn wir nach den theoretischen Verteilungen die Wahrscheinlichkeiten dafür festlegen, dass ein Monat im Winter bzw. im Sommer mindestens 1, 2, 3, ... Sturmtage erhält:

Zahl der Sturmtage \geq	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Winter	0.847	0.659	0.497	0.348	0.242	0.166	0.112	0.074	0.049	0.032	0.021	0.014
Sommer	0.389	0.164	0.071	0.031	0.014	0.006	0.003	0.001				

Man beachte, dass nach Tabelle 1 die Wahrscheinlichkeiten in den Sommermonaten nicht einheitlich sein können, hat doch der Juli fast doppelt so viele Fälle als der Mai. Die Wahrscheinlichkeitsreihe für den Sommer ist also mehr als Gegensatz zu den winterlichen Verhältnissen aufzufassen.

Welche Eigenschaft im Auftreten der Sturmtage bildet nun die Ursache für die durch die "Ansteckung" aufgezeigte Verkettung und warum ist diese im Winter stärker als im Sommer? Da steht an der Spitze die bekannte Tatsache, dass die Winterstürme häufig mehrere Tage lang anhalten. Im Sommer ist ein Sturm meistens der Begleiter eines Gewitters und daher eher eine Einzelercheinung. Doch kann auch eine Gewittersituation mehrere Tage andauern, sie braucht jedoch nicht jeden Tag einen Sturm in unserem Sinne auszulösen. Hier drei Beispiele:

- 1) Februar 1935, 12 Sturmtage am 2., 3., 4., 5. / 14., 15., 16., 17. / 21., 22., 23., 24.
Drei Folgen zu je 4 Tagen.
- 2) Januar 1938, 10 Sturmtage am 9., 10., 11., 12. / 14., 15., 16., 17. / 29., 30.
Zwei Vierergruppen, der einzige dazwischenliegende Tag, der 13., hatte eine Windspitze von 17 m/s. Es ist reiner Zufall, dass nicht eine Folge von 9 Tagen zustande gekommen ist.
- 3) Juli 1936, 7 Sturmtage am 1. / 4. / 6., 7. / 9. / 15. / 18.
Nur 2 Tage folgen sich unmittelbar, ein Zusammenhang vom 4. bis 9. ist aber doch angedeutet.

Diese drei Beispiele illustrieren besser als viele Worte den wesentlichen Unterschied zwischen winterlichen und sommerlichen Sturmtagefolgen. Ihm verdanken wir die ungleich hohen "Ansteckungen".

Ordnen wir die Zahl der Sturmtage pro Jahr (Tabellen 1 und 4) nach Häufigkeitsstufen von je 5 Tagen, so ergibt sich folgende Verteilung:

Zahl der Sturmtage pro Jahr	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45
Zahl der Jahre	7	5	7	8	6			1

Auf den Bereich von 6-30 Tagen fallen 33 Jahreswerte, die nahezu gleichmässig auf die 5 Fünfergruppen verteilt sind, dazu kommt weit abliegend nach oben das Jahr 1935 mit 42 Sturmtagen. Es erübrigt sich, länger bei dieser Verteilung zu verweilen. Interessanter ist ein Blick auf die zeitliche Folge der 34 Jahreswerte. Diese ist auch aus den 34 Jahressäulen der Abbildung 4 ersichtlich. Wie in Abbildung 1 sind die Säulen in 4 Stärkegruppen aufgeteilt. Für die Tage mit Windgeschwindigkeiten ≥ 20 m/s und ≥ 25 m/s sind überdies Polygonzüge übergreifender lustrer Mittel durchgezogen, die mehr oder weniger affin zueinander verlaufen. Der säkulare Gang der Tage mit Windgeschwindigkeiten ≥ 25 m/s hat überdies eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Verlauf, den J. RICHTER [4] für Winde von Beaufort 8-12 in der Deutschen Bucht gefunden hat. Wenn jedoch die Winde bis Beaufort 6 mitgezählt werden, so setzt mit 1955 ein scharfer Anstieg ein, der

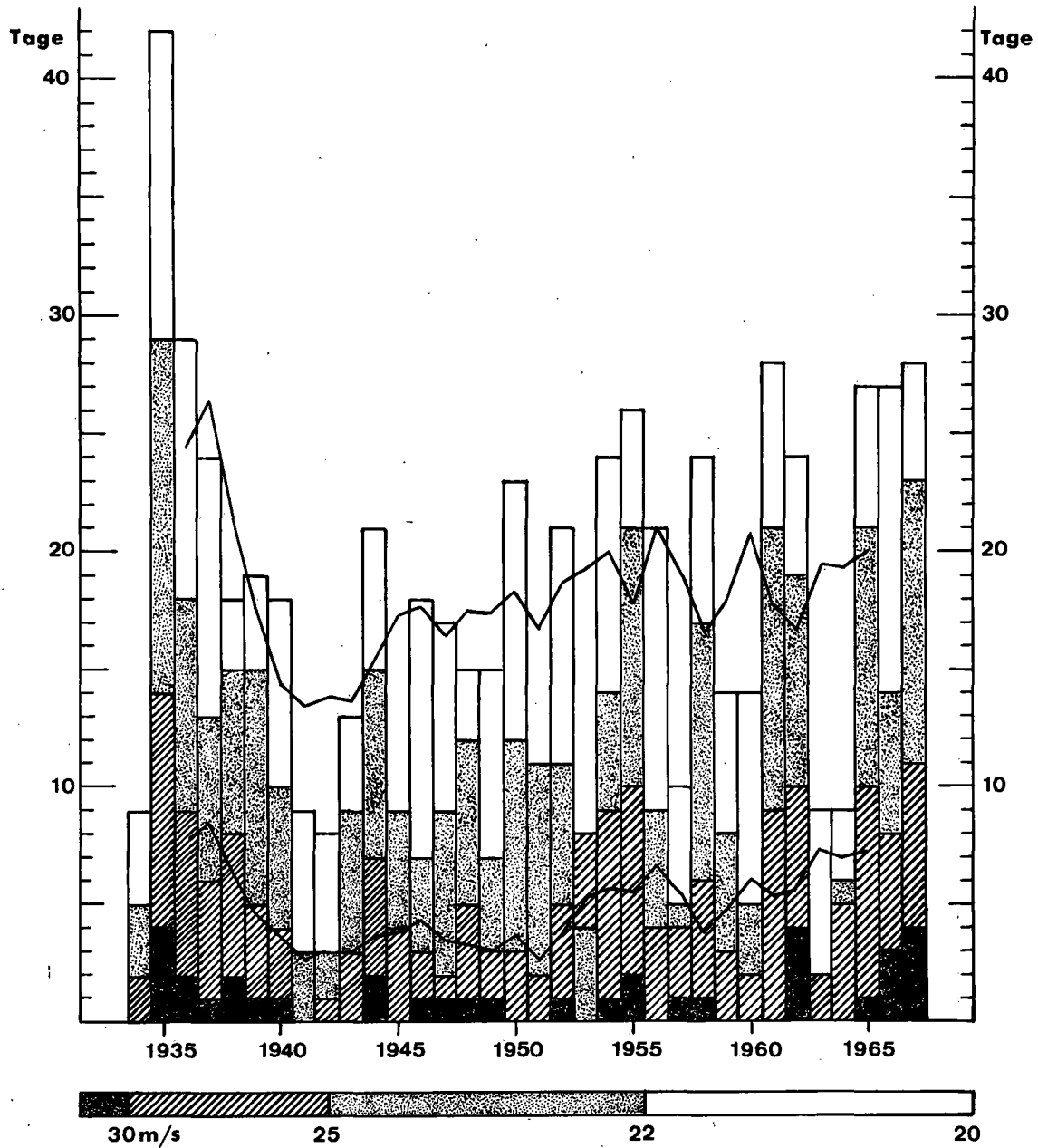


Abb. 4. Zahl der Tage pro Jahr mit Windspitzen von mindestens 20, 22, 25 und 30 m/s in Zürich (1934 - 1967). Kurven: Fünfjährige übergreifende Mittel der Zahl der Tage mit einer Windgeschwindigkeit von mindestens 20 bzw. 25 m/s.

mindestens bis 1965, wo die Darstellung endet, anhält. Die Zürcher Kurve für die Tage mit einer Windgeschwindigkeit ≥ 20 m/s zeigt für diese Zeit mehr oder minder regelmässige Schwankungen von ± 2 Tagen um das Gesamtmittel von 19 Tagen.

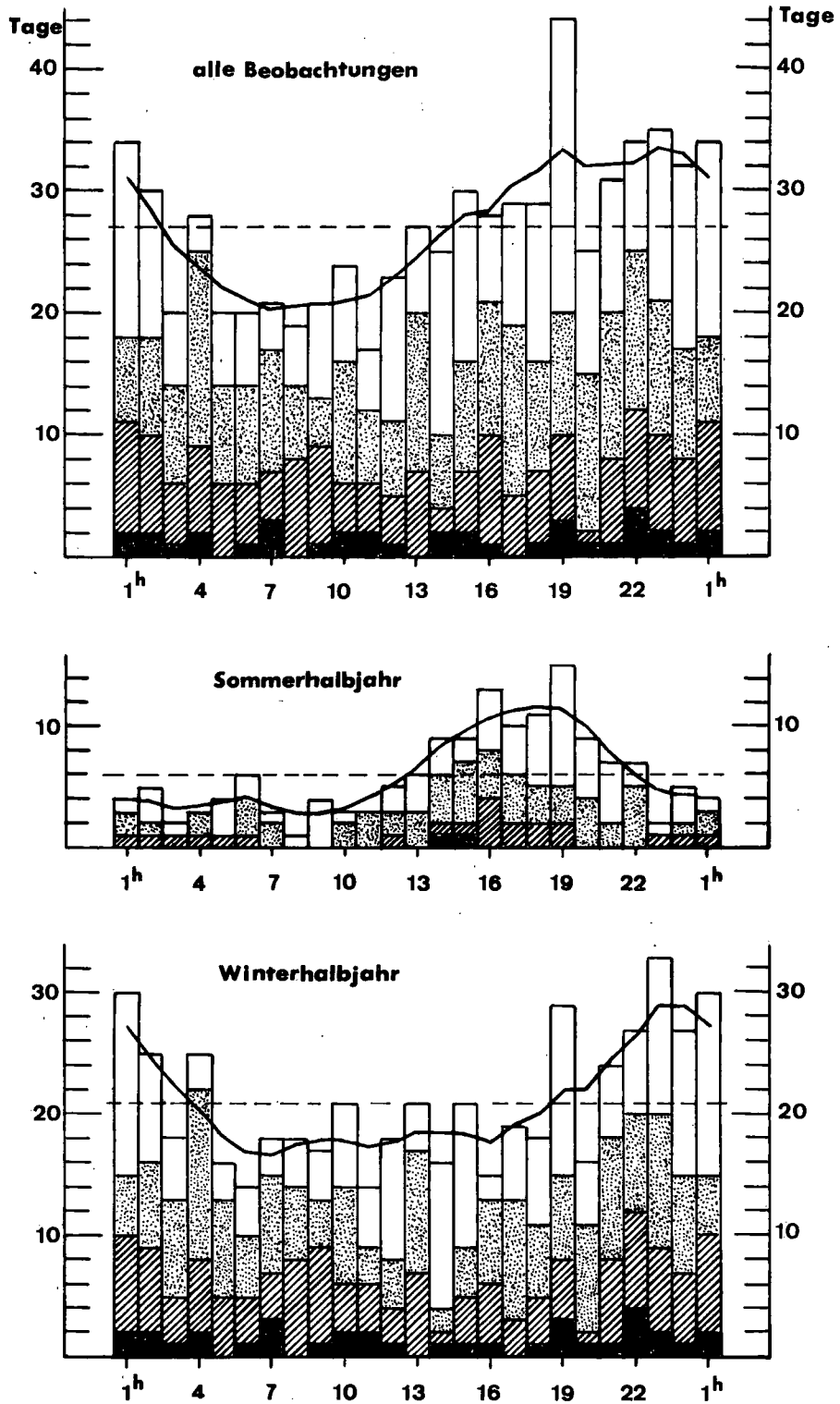


Abb. 5. Verteilung der Windspitzen von mindestens 20, 22, 25 und 30 m/s auf die Tagesstunden in Zürich (1934 - 1967). Kurven: Geglättete Häufigkeiten für mindestens 20 m/s. Gestrichelte Waagrechte: Mittlere Häufigkeit pro Tagesstunde für mindestens 20 m/s.

Ueber die Verteilung der Windspitzen auf die Tagesstunden ¹⁾ orientieren neben den Tabellen 2 und 3 die drei Darstellungen der Abbildung 5 für das gesamte Material und für die Sommer- und Winterhalbjahre. Die Aufteilung erfolgte in etwas ungewohnter Weise, rechneten wir doch den Sommer vom 16. April bis 15. Oktober, den Winter vom 16. Oktober bis 15. April. Anlass dazu gaben die in Abbildung 2 dargestellten Sturmhäufigkeiten nach Pentaden, welche die Trennungen um die Monatsmitten von April und Oktober nahelegen. Die Säulen, die wie in den Abbildungen 1 und 4 nach Stärkegruppen unterteilt sind, zeigen, wie sich die 646 Tagesspitzen im ganzen, die 146 im Sommer und die 500 im Winter auf die 24 Tagesstunden verteilen, wobei die Säule der ersten Stunde zur Vervollständigung des Verteilungsbildes jeweils am Schluss wiederholt wird. Die Bezeichnung der Stunden erfolgt in Abbildungen, Text und Tabellen stets nach ihrer Ordnungszahl, die mit dem Ende der Stunde identisch ist ($0-1^h = 1$, $1-2^h = 2$, ... $23-24^h = 24$).

Fassen wir erst einmal die beiden halbjahreszeitlichen Verteilungen ins Auge, wobei wir vorläufig die Stärkegruppen ausser acht lassen wollen. Die Verteilung im Sommer lässt ohne weiteres erkennen, dass der Nachmittag und frühe Abend gegenüber der Nacht und dem Vormittag stark mit Windspitzen besetzt sind. Man geht wohl kaum fehl, wenn man dies mit der Gewittertätigkeit in Zusammenhang bringt. In der winterlichen Verteilung ahnt man ein gehäuftes Auftreten am späten Abend bis über Mitternacht hinaus, doch ist eine genauere Lokalisation angesichts der zum Teil beträchtlichen Unterschiede benachbarter Stunden kaum möglich. Um besser vergleichen zu können, haben wir die stündlichen Häufigkeiten in beiden Bildern geglättet nach der Formel

$$x_n'' = \frac{1}{9} (x_{n-2} + 2x_{n-1} + 3x_n + 2x_{n+1} + x_{n+2}),$$

was man durch zweimalige Glättung nach dem einfachen Verfahren

$$x_n' = \frac{1}{3} (x_{n-1} + x_n + x_{n+1})$$

erreicht. Das Ergebnis ist in Form je eines Polygonzuges, den wir im weiteren einfachheitshalber als Kurve bezeichnen wollen, in die Diagramme der Abbildung 5 eingezeichnet. Ausserdem markiert eine gestrichelte Horizontale das arithmetische Mittel der Höhe der 24 Säulen und damit auch der geglätteten Werte.

Der Vergleich der Halbjahreskurven führt zu einigen überraschenden Ergebnissen, für die wir noch keine Erklärung haben. Beide zeigen ein sich über etwa 11 Stunden erstreckendes Minimum, dem sich eine Art Kuppe über die restlichen 13 Stunden anschliesst. Wie sehr sich die Kurvenbilder gleichen, erkennt man in Abbildung 6. Es sind dieselben Kurven, doch etwas überhöht gezeichnet. Die Stundenwerte sind als Abweichungen vom arithmetischen Mittel aufgetragen. Es wurden der besseren Uebersicht wegen zwei volle Tageszyklen durchgezogen, jedoch zeitlich sind Sommer- und Winterkurve gegeneinander um 6 Stunden verschoben. In jeder Kurve folgen auf 9 positive 15 negative Abweichungen und alle auf der gleichen Abszisse liegenden Wertepaare haben dasselbe Vorzeichen. Der einzige wesentliche Unterschied liegt in der stärkeren Amplitude der Winterkurve: Sommer 8.8, Winter 12.2 Tage. Geringer wird der Unterschied zwischen Sommer- und Winterhalbjahr, wenn man die durchschnittliche Abweichung (δ) der Kurvenpunkte, d. h. das Mittel aus allen Abweichungen ohne Berücksichtigung des Vorzeichens vergleicht; Sommer 2.71, Winter 3.28 Tage. Nehmen wir die durchschnittliche Abweichung der beobachteten Häufigkeiten selber, so lauten die entsprechenden Zahlen 2.94 bzw. 4.49. Die Abnahme von δ durch die Glättung ist also im Sommer weit geringer als im Winter (8% gegen 27%), was auf die stärkere Fluktuation der Einzelwerte in der kalten Jahreszeit zurückzuführen ist, auf die wir oben bereits hingewiesen haben.

Das obere Bild der Abbildung 5 ist bezüglich der beobachteten wie der geglätteten Häufigkeiten die Summe der beiden unteren Darstellungen. Negative und positive Abweichungen vom Mittel umfassen bei den geglätteten Werte je 12 aufeinanderfolgende Stunden, die stärksten

1) Auf den in der Klimatologie gebräuchlichen Begriff "Tagesgang" wollen wir trotz dadurch bedingter Unbequemlichkeiten im Ausdruck verzichten, da er in diesem Falle nicht materialgerecht ist.

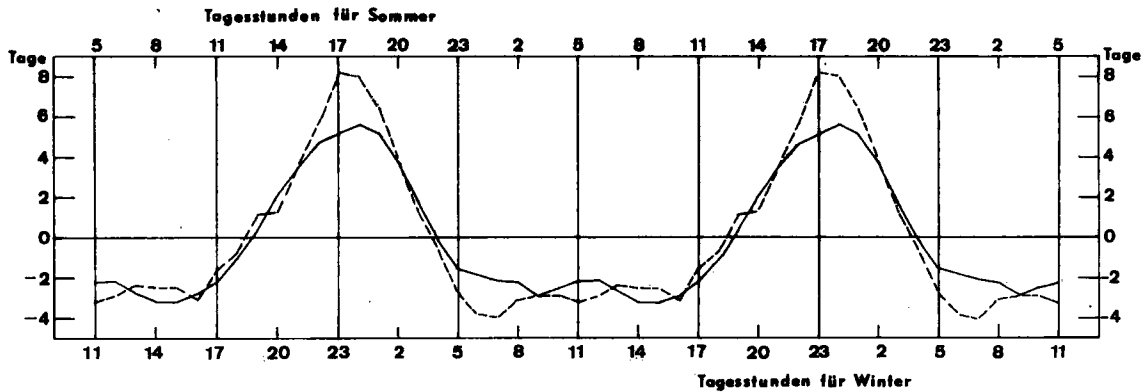


Abb. 6. Verteilung der Windspitzen von mindestens 20 m/s auf die Tagesstunden (geglättete Häufigkeiten), aufgetragen als Abweichungen von der mittleren Häufigkeit pro Tagesstunde in Zürich (1934 - 1967). Kurven ausgezogen: Sommerhalbjahr, gestrichelt: Winterhalbjahr.

Abweichungen betragen beiderseits 6.7 Tage, woraus sich eine Amplitude von 13.4 Tagen ergibt. Die δ -Werte sind hier 5.09, bzw. 4.35 für Säulen und Kurvenpunkte, die Glättung verursacht somit eine Abnahme von δ um 15%. Das ist ein Betrag, der angenähert dem geometrischen Mittel aus den entsprechenden Halbjahreszahlen entspricht.

Das recht klare Bild, das uns die Abbildungen 5 und 6 über das zeitliche Auftreten der täglichen Windspitzen mit einer Geschwindigkeit von ≥ 20 m/s vermitteln, wird erheblich verworren, wenn man versucht, etwas über die Verteilung der Spitzen von Stürmen der verschiedenen Stärkegruppen auszusagen. Es fällt in Abbildung 5 z. B. auf, wie unterschiedlich der Anteil der Tage mit Spitzenwerten von 20 und 21 m/s in den einzelnen Tagesstunden ist, wie sich etwa im Winterdiagramm von der dritten bis zur achten Stunde die kleinen Anteile häufen, in der 19. und von der 23. bis zur zweiten Stunde dagegen die grossen; oder wie im Sommerdiagramm eine Häufung zwischen der 16. und 21. Stunde hervorsteht. Für einen geordneten Gesamtüberblick reicht die Abbildung 5 nicht aus; der Wechsel von Stunde zu Stunde ist oftmals zu verwirrend. Wir haben daher die Häufigkeiten der Stärkegruppen ebenfalls geglättet und die Ergebnisse in der Abbildung 7 zusammengefasst. Für die obere Darstellung (ganzes Jahr) und die untere (Winter) haben wir das Material nach 20 - 21 m/s, 22 - 24 m/s und ≥ 25 m/s aufgeteilt. Wir erhielten damit Gruppen von etwa der gleichen Grössenordnung (in obiger Reihenfolge: für das ganze Jahr 240, 227, 179 Tage, für den Winter 172, 172, 156 Tage), was für Vergleiche vorteilhaft ist. Um diesen Vorteil auch für das Sommerdiagramm ausnützen zu können, führten wir wegen des weniger umfangreichen Materials nur eine Zweiteilung durch (20 - 21 m/s und ≥ 22 m/s; 68 bzw. 78 Tage).

Im Sommerhalbjahr erscheinen die Verhältnisse am durchsichtigsten. Wir haben im Grunde zwei Kurvenbilder vor uns, die sowohl einander als auch ihrer Kombination (Abbildung 5) sehr ähnlich sind. Die Kurvenmaxima liegen drei Stunden auseinander; Sommerstürme am Nachmittag scheinen die Tendenz zu haben, gegenüber jenen am Abend stärker auszufallen.

Von der Verteilung der mässigen, stärkeren und schweren Winterstürme können wir vorläufig nur Kenntnis nehmen aufgrund des unteren Diagrammes der Abbildung 7. Das gilt auch bezüglich des oberen Bildes für das ganze Jahr. Irgendeine Erklärung für diese reiche Kollektion an Verteilungen können wir nicht geben und es erübrigt sich daher auch eine Beschreibung im einzelnen.

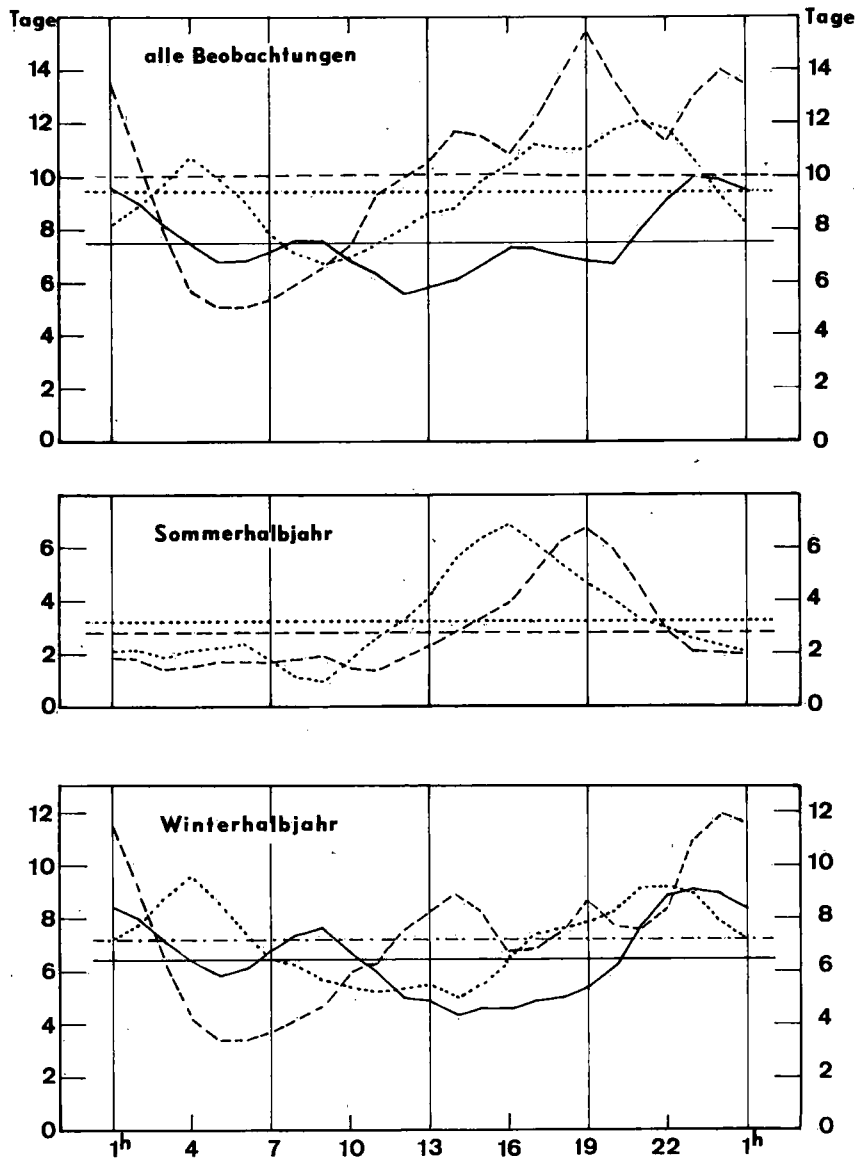


Abb. 7. Verteilung der Windspitzen auf die Tagesstunden nach Stärkegruppen (geglättete Häufigkeiten) in Zürich (1934 - 1967). Gestrichelt: Tage mit 20 - 21 m/s; punktiert: Tage mit 22 - 24 m/s (beim Sommerhalbjahr alle Tage mit mindestens 22 m/s); ausgezogen: Tage mit mindestens 25 m/s. Die mittleren Häufigkeiten pro Tagesstunde sind als Waagrechte in der gleichen Signatur wie die zugehörigen Kurven eingezeichnet. Eine Ausnahme ergibt sich im unteren Bild (Winterhalbjahr), in welchem die Mittelwerte der gestrichelten und der punktierten Kurve genau gleich sind. Die für beide gültige Waagrechte ist sinngemäss strichpunktirt.

Unseren bisherigen, vorwiegend klimatologisch orientierten Ausführungen lassen wir eine Anzahl von Tabellen folgen, die zum Ziele haben, das ausgewertete Material in geeigneter Form für die Praxis bereitzustellen. Es erhob sich die Frage, ob dazu nicht auch die Wiedergabe der Urliste gehöre, d.h. des Verzeichnisses der Spitzenwerte aller 646 Tage mit Datum und Tageszeit. Wir glauben, auf die vollständige Liste verzichten zu dürfen, geben aber einen Aus-

zug davon in Tabelle 9, die eine Zusammenstellung aller Sturmtage mit Spitzen von ≥ 100 km/h enthält. Die Gliederung des gesamten Materials nach Jahren, Monaten und Geschwindigkeitsklassen von je 1 m/s kann für beliebige Kombinationen den Tabellen 1, 4 und 5a entnommen werden.

In den meisten Fällen wird man sich weniger für die Häufigkeit bestimmter Spitzengeschwindigkeiten interessieren, sondern eher dafür, wie oft ein Schwellenwert erreicht oder überschritten wird. Oder man will wissen, welcher Schwellenwert in eine Rechnung einzusetzen ist, wenn man auf lange Sicht hin eine vorgegebene Anzahl von Ueberschreitungen in Kauf nehmen will. Das kann aus Tabelle 5b entnommen werden. Sie ist aus Tabelle 5a hervorgegangen, indem die Häufigkeitszahlen jeder Zeile von den hohen Geschwindigkeiten her, also von rechts nach links, aufsummiert worden sind. Nehmen wir zum Beispiel an, es werde eine Anlage geplant, bei der man tolerieren will, dass sie im Durchschnitt innerhalb von zwei Jahren einmal wegen Sturmes den Anforderungen nicht genügen kann; in 34 Jahren wäre das 17mal. Auf der untersten Zeile der Tabelle 5b finden wir als nächstliegende Ueberschreitungszahl 15; sie steht in der Kolonne unter 32 m/s; mit diesem Wert wäre bei der Planung der Anlage zu rechnen.

Die auf die Masseinheit m/s bezogene Tabelle 5b haben wir nun auch noch in km/h umgerechnet, und zwar für Klassenbreiten von 3 km/h (Tabelle 6) und 5 km/h (Tabelle 7). Die Zuteilung der Windspitzen von 100 km/h an aufwärts erfolgte nach den Werten der Tabelle 9; für die Uebertragung der tieferen Stufen erwies sich ein graphisches Verfahren als vorteilhafter. Das rein rechnerische Verfahren im stark besetzten Bereich führt zu einem pseudoperiodischen Verteilungsbild für die nicht aufsummierten Häufigkeitszahlen. Das kommt einerseits daher, dass sich die ganzzahligen km/h teils aus 3, teils aus 2 aufeinanderfolgenden Zehntel m/s zusammensetzen, andererseits kommt die Dezimale 0 in den m/s der Urliste 2.6mal so oft vor als jede der anderen im Durchschnitt. Das ist nicht die Folge einer unsorgfältigen Auswertung der Diagramme, sondern hängt mit den Strichdicken in diesen zusammen. Wie sich diese beiden Umstände auf die Gewichte der einzelnen 3-km/h-Klassen auswirken, mag der interessierte Leser selber nachrechnen. Hier nur so viel: Immer dort, wo die Multiplikation der ganzzahligen m/s mit 3.6 eine ganze Zahl für die km/h ergibt, sind die aufsummierten Häufigkeiten in den betreffenden Kolonnen der Tabellen 5b und 6 identisch. Das gilt für 20 m/s = 72 km/h, 25 m/s = 90 km/h, 30 m/s = 108 km/h und 35 m/s = 126 km/h, und damit ergeben sich für die Gliederung der Tabellen Gruppen von 5 bzw. 6 Kolonnen. Die Gliederung in Dreiergruppen bei Tabelle 7 begründet sich damit, dass je die erste Kolonne einer Gruppe auch in Tabelle 6 enthalten ist. Für die Jahreszeile haben wir schliesslich noch für alle in den Tabellen 6 und 7 nicht enthaltenen km/h die aufsummierten Häufigkeiten ausgezählt, bzw. interpoliert und alle in Tabelle 8 zusammengefasst.

Die schon mehrfach erwähnte Tabelle 9 umfasst 69 Tage mit Windspitzen von ≥ 100 km/h, das sind im Mittel zwei Tage pro Jahr. Die Streuung ist aber sehr gross, denn in Wirklichkeit traten

	0	1	2	3	4	5	6	7	Tage
in	9	5	9	3	6	0	1	1	Jahren

auf. Man beachte ferner, dass die km/h bei der Umrechnung aus den m/s stets abgerundet worden sind, wie das bereits begründet wurde.

Schlussbemerkungen

Einige Hinweise darauf, was unsere Darstellung nicht zeigen konnte, was jedoch bei praktischen Anwendungen zu beachten ist, mögen hier folgen. Unsere Bemerkungen bieten an sich nichts Neues, doch dürfte es angebracht sein, im Anschluss an die hier veröffentlichten Statistiken gewisse Gegebenheiten in Erinnerung zu rufen.

1) Man halte sich stets vor Augen, dass die bisher gebräuchlichen, fest aufgestellten registrierenden Windmesser nur die Geschwindigkeit horizontaler Luftbewegungen messen. Von aufwärtsgerichteten oder fallenden Böen wird daher nur die Stärke der horizontalen Komponente registriert.

Auch kurze, scharfe Schlagböen, die sich vielfach aus wechselnden Richtungen folgen, treffen die Staudruckdüse nicht immer genau von vorne und werden daher auch nicht in ihrer vollen Stärke erfasst, ganz abgesehen davon, dass meist auch das Schreibgerät für ihre volle Registrierung zu träge ist.

2) Für die Schadenwirkung eines Sturmwindes sind nicht allein die Spitzengeschwindigkeiten seiner Böen massgebend, sondern auch ihre zeitliche Folge. Harmoniert diese einigermassen mit der Eigenschwingung der angeblasenen Gegenstände (Bäume, Leitungsmasten, Häuser, Eisenbahnwagen), so können sich die Windkräfte infolge Resonanz summieren und Zerstörungen hervorrufen. Geländeformen oder grössere Kunstbauten erzeugen unter Umständen auf ihrer Leeseite Richtungsinstabilitäten des Sturmes, die ähnliche Auswirkungen nach sich ziehen können, wenn sie nicht gar zu eigentlichen Wirbelbildungen Anlass geben, die Torsionsschäden zur Folge haben.

LITERATUR

- [1] WILLIAMSON, E. und BRETHERTON, M. H. : Tables of the Negative Binomial Probability Distribution. London / New York 1963
- [2] EGGENBERGER, F. : Die Wahrscheinlichkeitsansteckung. Ein Beitrag zur theoretischen Statistik. Diss. ETH. Bern 1924
- [3] UTTINGER, H. : Die Niederschlagsverhältnisse der Südschweiz 1901 - 1940. Annalen der MZA 1945, Anh. No. 6, S. 32 - 33, Zürich 1946
- [4] RICHTER, J. : Ueber Starkwind- und Sturmhäufigkeit in der deutschen Bucht. Wetterkarte des Seewetteramtes, Hamburg, 8. - 11. Juni 1967

Tabelle 1. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 20 m/s pro Monat und Jahr von 1934 bis 1967 in Zürich.

Jahr \ Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
1934	1	.	1	.	.	.	2	1	.	2	.	2	9
1935	1	12	1	9	1	1	2	1	3	4	2	5	42
1936	9	.	.	2	.	.	7	.	2	5	2	2	29
1937	4	8	2	4	1	1	1	1	.	.	.	2	24
1938	10	3	.	1	.	.	1	1	.	.	2	.	18
1939	1	.	4	3	.	.	3	.	.	2	6	.	19
1940	.	1	3	2	.	.	1	1	.	1	5	4	18
1941	1	1	.	.	1	.	1	.	.	3	1	1	9
1942	2	.	.	2	2	.	1	.	.	1	.	.	8
1943	2	2	1	4	1	.	.	.	.	.	3	.	13
1944	4	1	1	.	.	.	.	.	1	2	8	4	21
1945	4	2	.	3	2	1	1	1	.	.	1	2	17
1946	3	9	1	.	.	.	.	1	3	.	.	1	18
1947	1	.	3	3	.	.	.	1	.	.	4	5	17
1948	7	5	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	15
1949	.	2	3	3	1	.	.	2	.	.	1	3	15
1950	.	6	1	4	.	3	1	2	.	.	4	2	23
1951	4	2	4	1	.	.	.	1	.	.	3	2	17
1952	4	3	2	.	.	.	.	.	1	1	7	3	21
1953	1	3	1	.	.	.	.	.	3	.	.	.	8
1954	2	3	.	2	.	.	3	.	5	2	.	7	24
1955	4	6	1	.	1	4	.	.	1	.	.	9	26
1956	6	1	4	.	.	.	1	5	.	.	3	1	21
1957	1	4	.	.	.	1	.	.	2	.	.	2	10
1958	4	7	2	1	.	1	1	1	.	1	.	6	24
1959	6	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	5	14
1960	1	3	.	.	.	.	.	1	1	2	3	3	14
1961	4	7	3	.	1	1	4	.	.	1	.	7	28
1962	5	5	3	6	1	.	.	1	1	.	.	2	24
1963	.	.	1	.	.	1	2	1	.	.	4	.	9
1964	.	.	.	1	1	.	.	.	.	3	3	1	9
1965	5	1	2	1	1	2	.	.	.	.	5	10	27
1966	3	3	5	.	.	2	.	.	.	2	2	10	27
1967	3	5	3	3	1	.	.	2	1	4	3	3	28
Summe	103	105	53	58	15	18	32	25	24	36	72	105	646

Tabelle 2. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 20 m/s für die einzelnen Monate und Tagesstunden von 1934 bis 1967 in Zürich.

Tageszeit \ Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
1	7	5	3	1	1	.	.	1	.	3	4	9	34
2	4	9	5	1	1	.	.	1	1	2	5	1	30
3	5	5	2	1	.	.	.	.	1	1	.	5	20
4	6	4	3	2	.	1	.	.	.	2	7	3	28
5	2	1	3	2	1	2	.	.	.	1	1	7	20
6	6	.	.	1	.	3	.	1	1	2	1	5	20
7	4	6	1	2	1	.	.	1	.	1	3	2	21
8	5	1	1	3	.	.	.	.	1	3	2	3	19
9	3	5	1	2	2	.	1	.	1	1	1	4	21
10	4	4	6	3	.	.	.	.	3	1	1	2	24
11	3	3	.	4	.	.	.	1	.	.	2	4	17
12	3	3	2	2	.	.	.	3	.	1	6	3	23
13	5	7	4	3	.	.	1	1	2	.	2	2	27
14	4	2	3	2	.	2	3	1	2	2	2	2	25
15	4	3	2	2	1	.	5	2	.	3	1	7	30
16	4	5	.	6	1	2	4	1	2	.	1	2	28
17	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	7	4	29
18	5	4	1	3	1	3	3	1	1	.	4	3	29
19	5	8	5	3	1	2	3	3	3	2	3	6	44
20	2	5	1	4	1	.	1	3	2	3	1	2	25
21	4	6	4	2	1	1	2	.	1	.	4	6	31
22	7	5	1	1	1	.	4	1	1	3	7	3	34
23	2	7	4	4	.	.	2	.	.	2	4	10	35
24	7	5	.	2	.	.	1	2	1	1	3	10	32
Summe	103	105	53	58	15	18	32	25	24	36	72	105	646

Tabelle 3. Zahl der Tage mit Windspitzen von 20, 21, 22, ... m/s für die einzelnen Tagesstunden von 1934 bis 1967 in Zürich.

Tageszeit \ m/s	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	Total
1	8	8	3	1	3	3	4	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	34
2	6	6	1	6	1	1	1	4	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	30
3	3	3	2	2	4	3	.	1	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	20
4	1	2	9	4	3	2	1	2	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	28
5	2	4	3	3	2	3	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20
6	3	3	3	3	2	1	2	.	.	2	.	.	.	.	1	.	.	.	.	20
7	1	3	2	6	2	1	.	2	1	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	21
8	2	3	2	2	2	1	4	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
9	6	2	3	1	.	4	1	1	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	21
10	6	2	5	1	4	.	2	1	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	24
11	2	3	3	2	1	2	1	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	17
12	5	7	1	5	.	2	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	23
13	2	5	9	2	2	3	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27
14	10	5	5	.	1	1	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	25
15	7	7	4	4	.	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	30
16	4	3	4	2	5	2	4	2	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	28
17	7	3	5	5	4	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29
18	8	5	5	2	2	2	2	2	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	29
19	15	9	3	5	2	1	3	1	.	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.	44
20	7	3	6	4	3	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	25
21	9	2	2	5	5	2	2	2	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	31
22	5	4	3	4	6	3	1	1	3	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	34
23	11	3	3	5	3	4	2	1	1	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	35
24	9	6	5	2	2	1	1	1	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	32
Summe	139	101	91	76	60	49	38	25	20	12	10	10	6	2	3	2	1	.	1	646

Tabelle 4. Zahl der Tage mit Windspitzen von 20, 21, 22, ... m/s in den einzelnen Jahren von 1934 bis 1967 in Zürich.

Tageszeit \ m/s	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	Total
1934	3	1	1	1	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
1935	6	7	7	4	4	3	3	1	3	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.	42
1936	9	2	3	4	2	.	4	1	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	29
1937	6	5	4	3	.	3	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	24
1938	2	1	1	3	3	2	3	1	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	18
1939	2	2	4	3	3	3	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	19
1940	3	5	2	2	2	1	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	18
1941	2	4	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
1942	3	2	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
1943	2	2	.	4	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
1944	4	2	4	3	1	.	2	1	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	21
1945	5	3	2	2	1	1	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17
1946	5	3	3	1	3	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	18
1947	5	3	3	2	2	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	17
1948	1	2	3	2	2	2	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	15
1949	6	2	2	2	.	.	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	15
1950	9	2	4	3	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23
1951	4	2	6	2	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17
1952	5	5	1	4	1	1	1	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	21
1953	3	1	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
1954	5	5	1	1	3	4	1	1	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	24
1955	3	2	5	3	3	2	1	3	1	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	26
1956	8	4	.	3	2	.	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21
1957	4	1	1	.	.	.	1	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10
1958	5	2	9	2	.	2	1	2	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	24
1959	5	1	1	2	2	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14
1960	1	8	1	.	2	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14
1961	5	2	5	5	2	4	2	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	28
1962	3	2	3	1	5	1	4	1	.	.	2	1	.	1	.	.	.	.	.	24
1963	4	3	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
1964	2	.	1	1	.	2	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
1965	1	5	3	4	4	3	2	3	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	27
1966	7	6	2	3	1	2	.	3	.	.	1	1	.	.	.	.	1	.	.	27
1967	1	4	6	4	2	4	1	.	1	1	1	.	1	.	.	1	.	.	1	28
Summe	139	101	91	76	60	49	38	25	20	12	10	10	6	2	3	2	1	.	1	646

Tabelle 5a. Zahl der Tage mit Windspitzen von 20, 21, 22, ... m/s in den einzelnen Monaten von 1934 bis 1967 in Zürich.

Monat \ m/s	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
I	16	14	13	11	11	8	7	9	6	3	3	1	1	.	.	.	.	.	.
II	14	16	14	10	11	11	6	5	5	3	3	3	1	.	2	1	.	.	.
III	14	10	7	5	5	2	2	3	.	2	.	1	.	.	.	.	1	.	1
IV	16	9	11	5	6	4	5	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
V	6	2	2	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VI	5	5	2	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VII	6	6	5	4	6	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
VIII	8	4	3	6	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
IX	11	3	4	1	2	1	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
X	5	6	10	4	1	5	2	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
XI	13	14	8	10	6	6	2	3	5	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.
XII	25	12	12	15	9	9	7	2	2	3	2	2	2	2	1	.	.	.	.
Jahr	139	101	91	76	60	49	38	25	20	12	10	10	6	2	3	2	1	.	1

Tabelle 5b. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 20, 21 ... m/s in den einzelnen Monaten von 1934 bis 1967 in Zürich. Diese Tabelle ergibt sich durch zeilenweises Aufsummieren obiger Häufigkeitszahlen von rechts her.

Monat \ m/s	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
I	103	87	73	60	49	38	30	23	14	8	5	2	1	.	.	.	.	.	.
II	105	91	75	61	51	40	29	23	18	13	10	7	4	3	3	1	.	.	.
III	53	39	29	22	17	12	10	8	5	5	3	3	2	2	2	2	2	1	1
IV	58	42	33	22	17	11	7	2	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.
V	15	9	7	5	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VI	18	13	8	6	5	4	3	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VII	32	26	20	15	11	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.
VIII	25	17	13	10	4	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
IX	24	13	10	6	5	3	2	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.
X	36	31	25	15	11	10	5	3	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
XI	72	59	45	37	27	21	15	13	10	5	5	3	1	.	.	.	.	.	.
XII	105	80	68	56	41	32	23	16	14	12	9	7	5	3	1	.	.	.	.
Jahr	646	507	406	315	239	179	130	92	67	47	35	25	15	9	7	4	2	1	1

Tabelle 6. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 72, 75, 78, ... km/h in den einzelnen Monaten von 1934 bis 1967 in Zürich.

Monat \ km/h	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	135	
I	103	89	78	67	56	47	38	32	26	18	13	8	5	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
II	105	93	80	68	58	50	40	31	25	20	16	12	10	7	4	4	3	1	1	.	.	.	.
III	53	41	32	25	20	16	12	10	9	7	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1
IV	58	45	37	27	20	16	11	8	4	2	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
V	15	10	8	6	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VI	18	14	10	7	6	5	4	3	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VII	32	27	22	18	14	10	5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.
VIII	25	18	14	12	8	5	3	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
IX	24	15	11	8	6	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.
X	36	32	27	20	13	11	10	6	4	3	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
XI	72	61	50	41	33	26	21	16	13	11	7	5	5	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.
XII	105	83	72	62	51	40	32	25	19	15	13	10	9	7	5	4	2	1	.	.	.	.	.
Jahr	646	528	441	361	289	232	179	139	106	80	59	43	35	26	16	12	8	5	4	2	1	1	

Tabelle 7. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 75, 80, 85, 90, ... km/h in den einzelnen Monaten von 1934 bis 1967 in Zürich.

Monat \ km/h	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
I	89	70	53	38	28	16	8	2	1	.	.	.	.
II	93	72	55	40	27	18	12	9	4	3	1	.	.
III	41	28	19	12	9	5	4	3	2	2	2	2	1
IV	45	30	19	11	5	1	1	1	.	.	.	.	.
V	10	7	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VI	14	8	5	4	2	1	.	.	.	.	.	.	.
VII	27	19	13	5	3	1	1	1	1	1	1	.	.
VIII	18	12	7	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.
IX	15	9	5	3	1	1	1	1	1	.	.	.	.
X	32	23	13	10	5	2	1	.	.	.	.	.	.
XI	61	43	30	21	14	10	5	4	1	.	.	.	.
XII	83	65	47	32	21	14	10	8	5	2	.	.	.
Jahr	528	386	269	179	116	69	43	29	15	8	4	2	1

Tabelle 8. Zahl der Tage mit Windspitzen von mindestens 72, 73, 74, ... km/h pro Jahr von 1934 bis 1967 in Zürich.

km/h	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	-	-	646	605	565	528	497	468	441	412
80	386	361	335	311	289	269	250	232	213	195
90	179	164	151	139	127	116	106	97	88	80
100	69	66	59	52	47	43	38	35	35	30
110	29	26	22	20	16	15	13	12	9	9
120	8	7	7	5	5	4	4	2	2	2
130	2	2	1	1	1	1	1	1	.	.

Tabelle 9. Tage mit Windspitzen von mindestens 100 km/h (27.8 m/s) in chronologischer Ordnung von 1934 bis 1967 in Zürich.

Jahr	Monat	Tag	Zeit	m/s	km/h	Jahr	Monat	Tag	Zeit	m/s	km/h
1935	I	25	21	28.7	103	1954	I	16	8	28.0	100
	II	2	16	28.8	103		XII	22	6	29.6	106
	II	16	9	28.6	102		XII	23	14	32.3	116
	II	17	4	31.0	111	1955	I	17	2	29.4	105
	II	23	11	34.0	122		II	8	22	28.1	101
	VII	20	15	35.2	126		II	19	19	31.4	113
	XII	1	18	33.5	120		XII	30	6	34.5	124
1936	I	3	22	28.7	103	1956	III	4	10	29.4	105
	I	17	24	28.4	102		XI	28	13	28.1	101
	I	18	1	30.0	108	1957	II	25	9	28.5	102
	I	31	20	30.0	108		XII	8	24	30.0	108
1937	I	7	11	31.1	111	1958	I	7	2	32.2	115
	II	19	24	29.3	105	1960	X	30	7	28.3	101
1938	II	10	21	34.0	122		XII	5	6	29.0	104
	XI	22	12	30.5	109	1961	I	31	5	29.7	106
1939	XI	19	10	32.2	115		II	12	4	28.3	101
1940	III	14	19	29.0	104	1962	II	13	9	30.8	110
	XII	6	7	31.4	113		II	16	19	31.0	111
1944	XI	7	19	31.4	113		II	17	1	30.0	108
	XI	8	23	28.2	101		XII	16	3	33.2	119
	XI	20	22	31.4	113	1964	X	10	3	29.5	106
	XII	4	5	28.2	101		XI	16	22	28.2	101
1945	II	12	1	29.4	105		XI	17	2	28.6	102
1946	III	22	23	31.3	112	1965	VI	17	4	28.8	103
1947	XI	15	7	30.9	111		XII	5	22	32.5	117
1948	I	5	10	27.8	100	1966	I	2	16	27.8	100
	I	12	22	30.0	108		III	27	23	36.4	131
	II	3	24	29.1	104		XII	10	22	30.6	110
1949	IV	7	10	31.9	114		XII	25	2	31.3	112
	XII	17	19	29.0	104	1967	I	26	24	28.6	102
1951	I	18	12	28.5	102		I	27	1	29.3	105
	IX	27	14	32.6	117		II	21	7	30.8	110
	XI	7	8	28.6	102		II	23	15	35.2	126
	XII	21	11	28.8	103		II	28	16	32.5	117
							III	13	4	38.2	137

